

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

# **ВІСНИК**

**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

Серія «Технічні науки»

**№ 6 (104), 2016**

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

*Київ 2016*

**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 (104)  
2016** Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія KB №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-Данченка, 2

---

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

**Заступник  
головного редактора:** Каплун В.В., д.т.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України

---

**Київський національний університет технологій та дизайну є членом Асоціації університетів текстильного профілю (Autex) з 2006 року**

**Київський національний університет технологій та дизайну – повний індивідуальний член Асоціації Європейських університетів (EUA) з 20 жовтня 2005 року**

Тематична спрямованість журналу «Вісник КНУТД»: Мехатронні системи. Енергоефективність та ресурсозбереження. Матеріалознавство, швейне і текстильне виробництво. Метрологія та сертифікація. Технології хімічні, біологічні, фармацевтичні. 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-Данченка, 2, корп. 1, к. 1-0252

тел./факс: +38 (044) 256-29-86

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

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

---

**Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну, протокол № 4 від 30.11.2016 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.

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**

# **BULLETIN**

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

Technical Science Series

**№6 (104), 2016**

Scientific Specialized Edition

Issued: 6 times a year

Founded: December, 1999

*Kyiv 2016*

**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 (104)  
2016** The state registration of print media is KB № 19330-9130 ПП, originating date 08.08.2012

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

The journal is listed & reregistered in Higher Attestation Commission of Ukraine:

- № 747, originating date 13.07.2015. Fields: technological, economical.

---

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

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

---

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

---

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

---

**Deputy Editor:** **Viktor V. Kaplun** - Dr., professor, Honored Worker of Science and Technology

---

*Kyiv National University of Technologies and Design is the member of the Association of Universities for Textiles (AUTEX) since 2006*

*Kyiv National University of Technologies and Design is the general member of European University Association (EUA) since 20 October, 2005*

Scientific fields: Mechatronic Systems. Energy Efficiency & Resource Saving. Materials Science. Textile and Apparel Manufacturing. Metrology, testing and quality certification. Chemical, Biological & Pharmaceutical 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-Danchenka, Str., office 1-252

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

e-mail: [vistnuk@knutd.com.ua](mailto: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 30.11.2016**

---

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

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

ЗМІСТ

**МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ.  
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ**

1. **КУЛІК Т.І., ЗЛОТЕНКО Б.М.** Математичне моделювання процесу течії розплаву полімерного матеріалу в матеріальному циліндрі інжекційної машини 11
2. **БЕРЕЗІН Л.М., КОВАЛЬОВ Ю.А.** Особливості процесу переміщення об'єктів транспортування зі змінним центром мас 18
3. **КАПЛУН В.В., КРАВЧЕНКО О.П., МАНОЙЛОВ Е.Г.** Оцінювання рівнів генерації електричної енергії сонячною батареєю на основі статистичних даних 26
4. **ГОРОБЕЦЬ В.А., МАНОЙЛЕНКО О.П.** Новий спосіб утворення плоского ланцюгового стібка та визначення параметрів робочих органів 34
5. **РУБАНКА М.М., ППА Б.Ф.** Вибір робочих параметрів різьбових муфт та підвищення надійності їх роботи 47
6. **ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Є.О.** Кінематика механізму відтягнення полотна круглов'язальної машини 54
7. **СТАЦЕНКО В.В., БІЛА Т.Я., БУРМІСТЕНКОВ О.П.** Системна і параметрична моделі бункерних пристроїв в агрегатах для приготування композицій із сипких матеріалів 60
8. **ШАВЬОЛКІН О.О., РОСІНСЬКА Г.П.** Реалізація режиму джерела струму для каскадної схеми з послідовним з'єднанням однофазних інверторів напруги 70
9. **БЕРЕЗІН Л.М.** До визначення відмов голок панчішно-шкарпеткових автоматів 79

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

10. **ЄВЛАШКІНА О.В., КУРГАНСЬКИЙ А.В., ВАСИЛЕНКО В.М.** Дослідження механічних властивостей з'єднувальних швів формуючого шару на основі нетканих матеріалів в пакетах одягу 87
11. **ВОДЗІНСЬКА О. І., ПАНІНА Н. О.** Обґрунтування вибору вишивальних ниток для виконання вишивки на сорочці 94
12. **ДОНЧЕНКО С.В., ШАРАВІНА Х.О., РУБАХА Н.М.** Ситуаційний аналіз прогнозування теплозахисних властивостей зимового одягу 100
13. **ГОРБАЧЕНКО А. М., САДРЕТДІНОВА Н. В.** Систематизація вимог та показників, що забезпечують відповідний рівень комфортності канонічного одягу 109
14. **КИЗИМЧУК О.П., МЕЛЬНИК Л.М., ЄРМОЛЕНКО І.В.** Аналіз асортименту захисних текстильних матеріалів 115
15. **КОЖУШКО Р.Ю., ПОЛЬКА Т.О.** Удосконалення конструкції курток чоловічих з використанням сигнальних елементів 126
16. **БАБИЧ А.І.** Особливості дореалізаційної оцінки якості шкіряного взуття 133
17. **ЧЕПЕЛЮК Е.В., ДЕМИДОВА Н.С., ЯКИМЧУК Е.В.** Технологические аспекты проектирования и изготовления валянной сумки с фермуаром. сообщение №1. Технология проектирования валянной сумки 144

## ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНІ, БІОЛОГІЧНІ, ФАРМАЦЕВТИЧНІ

18. **БЕССАРАБОВ В.І., ВАХІТОВА Л.М., КУЗЬМІНА Г.І., БАУЛА О.П., КУРИШКО Г.Г., МАТВІЄНКО К.В.** Реакційна здатність гідропероксид аніону в системах деконтамінації фосфорорганічних сполук 152
19. **КУЗЬМІНА Г.І., БЕССАРАБОВ В.І., БАУЛА О.П., ВАХІТОВА Л.М., ЛЕОНТЮК І. І., ТЮХА А.Г.** Сучасні аспекти розробки концептуального проекту фармацевтичного виробництва 160
20. **РОМАНЮК О.О., ПЛАВАН В. П., КОМАНОВСЬКА К. М.** Перспективи переробки жировмісних шкіряних відходів у екологічно безпечне рідке паливо 166
21. **КАТАШИНСЬКИЙ А. С., БАРСУКОВ В. З., СЕНИК І. В.** Адсорбційні властивості шпінелі  $MnCo_2O_4$  175
22. **ТАРАСЕНКО Г. В., ЛЕЛЕКА Т. О.** Дослідження реологічних властивостей гелів, що містять натрію диклофенак 181
23. **ЧЕРНИШ О.В., ХОМЕНКО В.Г., БАРСУКОВ В.З.** Вплив морфології поверхні алюмінієвого струмовідводу на адгезію електродного матеріалу і опір електрохімічного конденсатора 188
24. **ГЕЙЧУК О.В., ШЕВЧУК М.В., ПОЛОСУХІНА А.І., САВЧЕНКО Б.М.** Дослідження впливу мінеральних наповнювачів на нетканий матеріал 195
25. **КИСЛОВА О.В.** Електрохімічні ферментативні біосенсори 204

## ДИЗАЙН ТА МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

26. **ПАРАНЬКО Н.П., НІКОЛАЄВА Т.В., НІКОЛАЄВА Т.І.** Порівняльний аналіз формоутворюючих елементів та колористики верхнього одягу українок середини ХІХ століття 212
27. **САФРОНОВА О.О., АГЛУЛЛІН Р.М., ЧЕБИКІНА М.В., ВОЗНІЮК А.М.** Особливості дизайну громадських приміщень в умовах реновації інженерних споруд баштового типу 221
28. **ЗДОЛЬНИК І. Г., ДОВЖЕНКО І.Б., ПОТАНІН С. Є.** Дослідження особливостей створення кінетичної типографіки 230
29. **СЕМЧЕНКОВА О. Р., ДОВЖЕНКО І.Б.** Проморолик як візуалізація концепції дизайн-проекту. Етапи створення 236
30. **СЕЛЬСЬКА О.О., ЗАСОРНОВА І.О., ЗАСОРНОВ О.С.** Визначення місць розташування та наповненості орнаментами вишивки деталей подільської національної сорочки для оздоблення сучасної жіночої сукні, виконаної в етно-стилі 242

УДК 685.34.023.4 +  
678.057.74

**КУЛІК Т.І., ЗЛОТЕНКО Б.М.**

Київський національний університет технологій та дизайну

### **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕЧІЇ РОЗПЛАВУ ПОЛІМЕРНОГО МАТЕРІАЛУ В МАТЕРІАЛЬНОМУ ЦИЛІНДРІ ІНЖЕКЦІЙНОЇ МАШИНИ**

**Мета.** Прогнозування параметрів процесу подачі розплаву полімеру у відкриту прес-форму при інжекційно-пресовому формуванні.

**Методика.** У основу роботи покладені аналітичні методи досліджень. Для отримання математичних моделей були використані методи механіки рідини із врахуванням реологічних властивостей розплаву полімеру як неньютонівської рідини, що підкоряються степеневому закону.

**Результати.** Розроблено математичну модель течії розплаву полімеру у матеріальному циліндрі інжекційної машини.

**Наукова новизна.** Визначено залежність витрати розплаву полімеру від геометричних параметрів інжекційного вузла литтєвої машини: кута підйому, кроку та глибини витків черв'яка, його діаметру, а також параметрів процесу лиття: тиску та швидкості обертання шнека.

**Практична значимість.** Розроблені практичні рекомендації щодо розрахунку технологічних параметрів процесу інжекційного формування полімерних деталей взуття.

**Ключові слова:** полімерні деталі взуття, лиття під тиском, інжекційно-пресове формування, реологія, розплав полімеру.

**Вступ.** У виробництві полімерних деталей взуття найбільшого розповсюдження отримав метод лиття під тиском: у режимі екструзії розплав полімеру обертанням черв'яка подається до прес-форми та заповнює її, після чого черв'як зупиняється і осьовим рухом підживлює форму, компенсуючи природну усадку розплаву при його охолодженні. Даний спосіб використовується в основному для отримання товстостінних виробів. При цьому об'єм виробу може перевищувати паспортний обсяг уприскування литтєвої машини, але тиск, що розвивається у прес-формі невеликий, внаслідок чого геометрія виробу не повинна бути складною. Також утруднюється виготовлення тонкостінних виробів, обмежується гнзідність прес-форми, крім того, необхідно враховувати термостабільність полімеру.

**Постановка завдання.** У зв'язку із вищенаведеним постає питання розробки енергоефективного та ресурсозберігаючого методу виготовлення взуттєвих деталей із полімерних матеріалів. Враховуючи, що технологія переробки матеріалу значною мірою визначає якість готового виробу, дуже важливим є встановлення закономірностей процесу формування виробів з метою визначення оптимальних технологічних параметрів та конструктивних параметрів обладнання.

**Результати дослідження.** Для лиття деталей взуття із складними елементами доцільно використовувати метод лиття у відкриту форму з подальшим її закриттям та компресією за рахунок переміщення пуансона [1]. Такий спосіб забезпечить рівномірне затікання розплаву в оформлюючі елементи. Метод використовується для отримання виробів з великою площею пресування, коли заповнення форми супроводжується істотним падінням тиску розплаву в її периферійних частинах, що викликає ефект різномісності виробів. Сутність технології полягає в тому, що тиск на розплав у формі створюється не тільки

зусиллям інжекції, а й за рахунок пресового механізму вузла змикання - з використанням ливарних форм, конструкція яких допускає переміщення пуансона і після змикання (рис. 1).

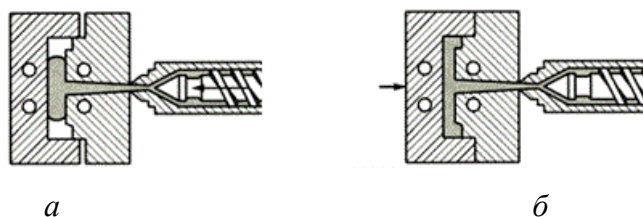


Рис. 1. Інжекційно-пресовий метод формування полімерних виробів:  
 а – заповнення форми; б – змикання форми та отримання виробу

З метою прогнозування параметрів процесу подачі розплаву у відкриту прес-форму розглянемо його течію в матеріальному циліндрі.

Течію розплаву в зазорі між шнеком і циліндром можна розглядати як рух між двома паралельними пластинами (рис. 2, а).

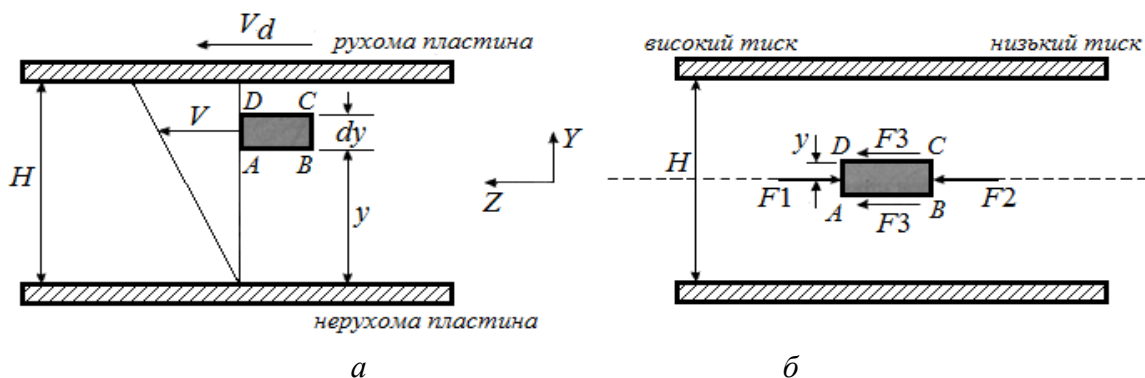


Рис. 2. Течія розплаву між двома паралельними пластинами:  
 а – схема безнапорної течії розплаву; б – схема напорної течії розплаву

Для малого елемента розплаву ABCD об'ємна витрата  $dQ$  дорівнює:

$$dQ = V \cdot dx \cdot dy, \quad (1)$$

де  $V$  – швидкість руху елемента розплаву;

$dx, dy$  – розміри елемента розплаву.

Вважаючи градієнт швидкості лінійним, отримаємо:

$$V = V_d \cdot \left[ \frac{y}{H} \right],$$

де  $V_d$  – швидкість руху пластини;

$y$  – відстань від виділеного елемента розплаву до нерухокої пластини;

$H$  – висота каналу.

Підставляючи цей вираз в (1) та інтегруючи по висоті каналу  $H$  та по відстані між поверхнями витків черв'яка  $T$ , отримаємо об'ємну витрату в каналі  $Q_d$ :

$$Q_d = \int_0^T \int_0^H \frac{V_d \cdot y}{H} \cdot dy \cdot dx = \frac{1}{2} \cdot T \cdot H \cdot V_d. \quad (2)$$

На рис. 3. показано положення такого елемента рідини в зазорі між черв'яком та циліндром, для якого швидкість руху пластини може бути представлена у вигляді:

$$V_d = \pi \cdot D \cdot N \cdot \cos \varphi ,$$

де  $D$  – діаметр черв'яка;  
 $N$  – частота обертання черв'яка;  
 $\varphi$  – кут підйому витків черв'яка.

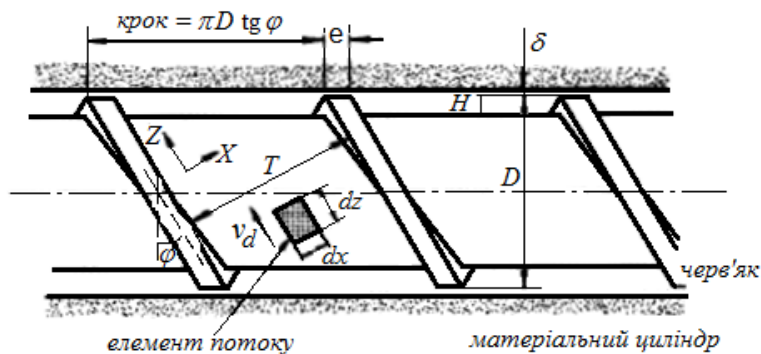


Рис. 3. Схема черв'яка литтєвої машини

$$T = (\pi \cdot D \cdot \tan \varphi - e) \cdot \cos \varphi ;$$

$$Q_d = \frac{1}{2} \cdot (\pi \cdot D \cdot \tan \varphi - e) \cdot (\pi \cdot D \cdot N \cdot \cos^2 \varphi) \cdot H .$$

У більшості випадків величина  $e$  набагато менша ніж  $\pi \cdot D \cdot \tan \varphi$  тому можна цей вираз спростити до вигляду:

$$Q_d = \frac{1}{2} \cdot \pi^2 \cdot D^2 \cdot N \cdot H \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi . \quad (3)$$

Виділимо елемент рідини, як показано на рис. 2, б. На цей елемент діють сили:

$$F_1 = \left( P + \frac{\partial P}{\partial z} \cdot dz \right) \cdot dy \cdot dx ; \quad F_2 = P \cdot dy \cdot dx ; \quad F_3 = \tau_y \cdot dz \cdot dx ,$$

де  $P$  – тиск;  
 $\tau_y$  – зсувні напруження.

Для усталеної течії елемент рідини знаходиться в рівновазі, тому сили можуть бути прирівняні наступним чином:

$$F_1 = F_2 + 2 \cdot F_3 ,$$

Підставляючи значення сил у цей вираз, отримаємо:

$$y \cdot \frac{dP}{dz} = \tau_y . \quad (4)$$

Зсувні напруження  $\tau_y$  можуть бути виражені через в'язкість  $\mu$  і швидкість деформації  $\dot{\gamma}$  [2]:

$$\tau_y = \mu \cdot \dot{\gamma}^n = \mu \cdot \left( \frac{dV}{dy} \right)^n ,$$

де  $n$  – індекс течії розплаву.

Підставляючи це значення в (4), отримаємо:

$$y \cdot \frac{dP}{dz} = \mu \cdot \left( \frac{dV}{dy} \right)^n$$

Інтегруючи, отримуємо:

$$\int_0^V dV = \left( \frac{1}{\mu} \cdot \frac{dP}{dz} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \int_{-\frac{H}{2}}^{-y} y^n dy$$

$$V = \left( \frac{1}{\mu} \cdot \frac{dP}{dz} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{n}+1} \cdot \left( \left( \frac{H}{2} \right)^{\frac{1}{n}+1} - y^{\frac{1}{n}+1} \right). \quad (5)$$

Для елемента рідини глибиною  $dy$  витрата розплаву  $dQ$  буде:

$$dQ = V \cdot T \cdot dy. \quad (6)$$

Після підстановки (5) в (6) та інтегрування по висоті каналу отримуємо витрату розплаву  $Q_p$ , яка визначається перепадом тиску по довжині каналу:

$$Q = 2 \cdot T \cdot \left( \frac{1}{\mu} \cdot \frac{dP}{dz} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{n}+2} \cdot \left( \frac{H}{2} \right)^{\frac{1}{n}+2}. \quad (7)$$

По відношенню до елемента рідини, що знаходиться між витками черв'яка, як показано на рис. 3, це рівняння може бути перетворене, враховуючи наступні підстановки.

Оскільки  $e$  – мала величина, то відстань між поверхнями витків черв'яка (рис. 2, а) може бути виражена як:

$$T = \pi \cdot D \cdot \tan \varphi \cdot \cos \varphi.$$

Крім того:

$$\sin \varphi = \frac{dL}{dz}$$

Звідки:

$$\frac{dP}{dz} = \frac{dP}{dL} \cdot \sin \varphi.$$

Таким чином, вираз для  $Q_p$  набуває вигляду:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot D \cdot (\sin \varphi)^{\frac{1}{n}+1} \cdot \left( \frac{1}{\mu} \cdot \frac{dP}{dL} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{n}+2} \cdot \left( \frac{H}{2} \right)^{\frac{1}{n}+2}. \quad (8)$$

Гرادієнт тиску виразимо у вигляді:

$$\frac{dP}{dL} = \frac{P}{L},$$

де  $L$  – довжина матеріального циліндра.

Сумарна витрата розплаву складатиме:

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \pi^2 \cdot D^2 \cdot N \cdot H \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi - 2 \cdot \pi \cdot D \cdot (\sin \varphi)^{\frac{1}{n}+1} \cdot \left( \frac{1}{\mu} \cdot \frac{P}{L} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{n}{1+2n} \cdot \left( \frac{H}{2} \right)^{\frac{1}{n}+2}. \quad (9)$$

На рис. 4 наведена залежність витрати розплаву в матеріальному циліндрі від кута підйому витків черв'яка, розрахована за виразом (9) для наступних характеристик: діаметр черв'яка  $D=40$  мм; глибина витка  $H=3$  мм; відношення  $L/D=24$ .

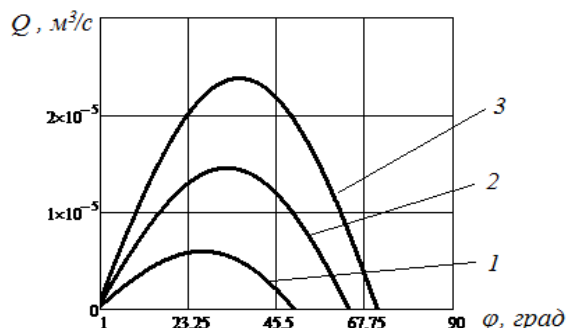


Рис. 4. Залежність витрати розплаву від кута підйому витків черв'яка:  
 1 –  $N=50$  об/хв; 2 –  $N=100$  об/хв; 3 –  $N=150$  об/хв

При вільному витіканні розплаву з матеріального циліндра витрата розплаву, згідно з (9) буде:

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \pi^2 \cdot D^2 \cdot N \cdot H \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi. \quad (10)$$

На рис. 5 і 6 наведені залежності витрати розплаву від діаметра і висоти каналу черв'яка при вільному витіканні розплаву, розраховані за виразом (9).

При зупинці потоку на виході з матеріального циліндра  $Q=0$  і тиск в дозі розплаву згідно (9) буде:

$$P = P_{\max} = \mu \cdot L \cdot \left[ \frac{\pi \cdot D \cdot N \cdot H \cdot (1 + 2n) \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{4 \cdot n \cdot (\sin \varphi)^{\frac{1}{n}+1} \cdot (H/2)^{\frac{1}{n}+2}} \right]^n. \quad (11)$$

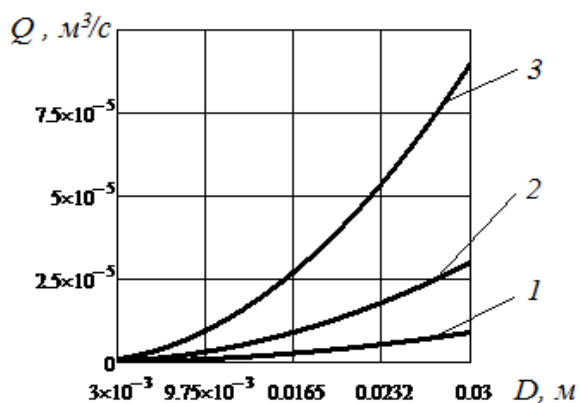


Рис. 5. Залежність витрати розплаву від діаметра черв'яка при вільному витіканні розплаву: 1 –  $H=3 \cdot 10^{-3}$  м; 2 –  $H=10 \cdot 10^{-3}$  м; 3 –  $H=30 \cdot 10^{-3}$  м

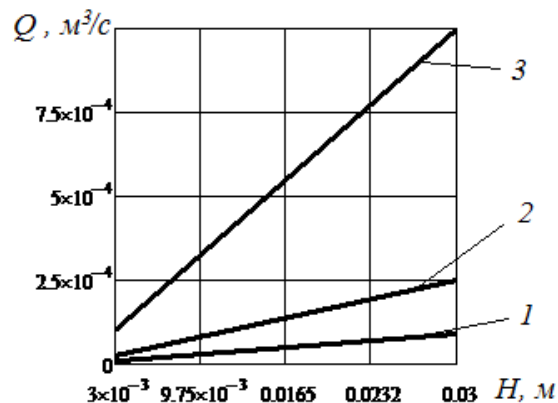


Рис. 6. Залежність витрати розплаву від висоти каналу черв'яка при вільному витіканні розплаву: 1 –  $D=30 \cdot 10^{-3}$  м; 2 –  $D=50 \cdot 10^{-3}$  м; 3 –  $D=100 \cdot 10^{-3}$  м

На рис. 7 наведена залежність максимального тиску в закритому матеріальному циліндрі від кута підйому витків черв'яка, розрахована за виразом (11).

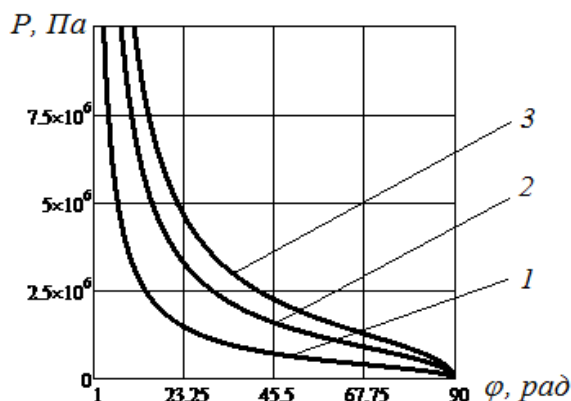


Рис. 7. Залежність максимального тиску в закритому матеріальному циліндрі від кута підйому витків черв'яка: 1 –  $N=20$  об/хв; 2 –  $N=100$  об/хв; 3 –  $N=200$  об/хв

**Висновки.** У результаті дослідження розроблена математична модель для прогнозування параметрів процесу подачі розплаву полімеру у відкриту прес-форму при інжекційно-пресовому формуванні. Це дало змогу визначити залежність витрати розплаву полімеру від геометричних параметрів інжекційного вузла литтєвої машини: кута підйому, кроку та глибини витків черв'яка, його діаметру; а також параметрів процесу лиття: тиску та швидкості обертання шнека. Отримано вираз для визначення максимально можливого тиску розплаву всередині матеріально циліндра інжекційної машини на стадії підживлення закритої прес-форми при інтрузійному формуванні виробів. Отже, на основі розробленої математичної моделі дані практичні рекомендації щодо розрахунку технологічних параметрів енергозберігаючого процесу інжекційного формування полімерних деталей взуття.

#### Список використаної літератури

1. Суберляк О. В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів [Текст] : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / О. В. Суберляк, П. І. Баштанник. — Л.: Растр-7, 2007. — 376 с.
2. Хан Ч. Д. Реология в процессах переработки полимеров. Пер. с англ. / Под ред. Г. В. Виноградова и М. Л. Фридмана. — М.: Химия, 1979. — 368 с.

#### References

1. Suberlyak O. V. Tekhnolohiya pererobky polimernykh ta kompozytsiynykh materialiv [Tekst] : pidruch. dlya stud. vyshch. navch. zakl. / O. V. Suberlyak, P. I. Bashtannyk. — L.: Rastr-7, 2007. — p. 376.
2. Khan Ch. D. Reologiya v protsesakh pererabotki polimerov. Per. s angl. / Pod red. G. V. Vinogradova i M. L. Fridmana. — M.: Khimiya, 1979. — p. 368.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕЧЕНИЯ  
РАСПЛАВА ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА В МАТЕРИАЛЬНОМ  
ЦИЛИНДРЕ ИНЖЕКЦИОННОЙ МАШИНЫ**

КУЛИК Т.И., ЗЛОТЕНКО Б.Н.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Прогнозирование параметров процесса подачи расплава полимера в открытую пресс-форму при инжекционно-прессовом формировании.

**Методика.** В основу работы положены аналитические методы исследований. Для получения математических моделей были использованы методы механики жидкости с учетом реологических свойств расплава полимера как неньютоновской жидкости подчиняющейся степенному закону.

**Результаты.** Разработана математическая модель течения расплава полимера в материальном цилиндре инжекционной машины.

**Научная новизна.** Определена зависимость расхода расплава полимера от геометрических параметров инжекционного узла литьевой машины: угла подъема, шага и глубины витков червяка, его диаметра, а также параметров процесса литья: давления и скорости вращения шнека.

**Практическая значимость.** Разработаны практические рекомендации по расчету технологических параметров процесса инжекционного формования полимерных деталей обуви.

**Ключевые слова:** полимерные детали обуви, литье под давлением, инжекционно-прессовое формирование, реология, расплав полимера.

**MATHEMATICAL MODELING OF FLOW PROCESS OF POLYMER  
MATERIAL MELT IN THE MATERIAL CYLINDER OF INJECTION MOLDING  
MACHINE**

KULIK T., ZLOTENKO B.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Purpose.** Prediction of parameters the process of polymer melt flow into an open mold at the injection molding forming.

**Methodology.** Research is based on analytical methods. For mathematical models have been used methods of fluid mechanics based on the rheological properties of the polymer melt as a non-Newtonian fluid.

**Findings.** A mathematical model of the flow of the polymer melt in the material cylinder of injection machine is developed.

**Originality.** The dependence of the flow of polymer melt from the geometric parameters of the injection unit of an injection molding machine is determined: lead angle, depth and pitch of turns of the screw, the diameter and the molding process parameters: pressure and screw speed.

**Practical value.** Practical recommendations for the calculation of technological parameters of the process of injection molding of polymer parts of footwear are proposed.

**Keywords:** polymeric parts of shoes, injection molding, injection-pressing formation, rheology, polymer melt.

УДК 621.86.

**БЕРЕЗІН Л.М., КОВАЛЬОВ Ю.А.**

Київський національний університет технологій та дизайну

### **ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗІ ЗМІННИМ ЦЕНТРОМ МАС**

**Мета.** Систематизація, узагальнення та подальший розвиток методології розв'язування прикладної задачі по забезпеченню заданих параметрів переміщення об'єктів транспортування зі змінним центром мас на стадії проектування перевантажувальних пристроїв.

**Методика.** Використання положень кінематичного та динамічного дослідження об'єктів транспортування при взаємодії їх з конструктивними елементами пристроїв для перевантаження та з урахуванням їх ваг, розташування центру мас, реакцій опорних поверхонь та сил опору. Для отримання розв'язків диференціальних рівнянь плоского руху об'єктів транспортування зі змінним положенням центру мас в формі зручній для подальшого аналізу використовували чисельний метод.

**Результати.** Одержані теоретичні положення доцільні для математичного обґрунтування раціональних траєкторій та кінематичних параметрів переміщення контейнера при його плавному обкочуванні та сході з барабану з подальшим переходом на наступний елемент транспортної системи.

**Наукова новизна.** Вперше запропонований комплексний підхід, який сприяє математичній підтримці при розробці сукупності організаційно-технічних заходів для раціонального переміщення об'єктів транспортування зі змінним положенням центру мас перевантажувальними пристроями при проектуванні логістичних систем транспортування у виробництві.

**Практична значимість.** Представлені теоретичні викладки та практичні рекомендації, що враховують конструктивні та технологічні особливості переміщення об'єктів транспортування зі змінним положенням центру мас, які необхідні щодо регламентованих вимог їх транспортування. Запропонована постановка задачі по створенню логістичних систем, які забезпечать контроль, управління та безпосереднє транспортування об'єктів взуттєвого виробництва.

**Ключові слова:** об'єкт транспортування, центр мас, динаміка, конвеєр, перевантажувальні пристрої, логістичні системи.

**Вступ.** Аналітичне визначення параметрів переміщення об'єктів при їх переміщенні з одного транспортуючого засобу на інший достатньо та різнобічно висвітлено в роботах [1, 2], а в статті [3] представлено математичне моделювання процесів перевантаження об'єктів транспортування з одного конвеєра на інший. Запропоновано рух контейнера розглядати як сукупність етапів переміщення під дією ваги та навантажень конструктивних елементів пристроїв для перевантаження. Використовували диференціальні рівняння для плоского руху або теореми про зміну кількості руху та кінетичного моменту стосовно твердого тіла. Для спрощення кінцевих рівнянь приймали ряд припущень, які, в першому наближенні розв'язування, суттєво не впливали на характер процесів дослідження. Зокрема розглядали завантажений контейнер при транспортуванні як абсолютно тверде тіло, центр тяжіння якого співпадає з геометричним, є незмінним та задається чисельно для кожного окремого положення нахиленого контейнеру.

**Постановка завдання.** В статті розглядається традиційна схема переміщення об'єкту транспортування з одного стрічкового конвеєру на інший, які мають дворівневе розміщення,

різні, взаємно перпендикулярні напрямки руху та певні задані швидкісні режими. Об'єктом досліджень обрано контейнер зі штучними вантажами насипом або сипучих матеріалів (надалі – вантаж) та методологічний підхід до вивчення особливостей їх транспортування. Завантажений контейнер розглядаємо як систему тіл, яка складається з самого контейнера та його вантажу, положення центру мас (надалі – ЦМ) якої з нахилом контейнеру змінюється. Метою роботи є систематизація, узагальнення та подальший розвиток методології розв'язування прикладної задачі по забезпеченню заданих параметрів переміщення об'єктів транспортування зі змінним центром мас на стадії проектування перевантажувальних пристроїв в логістичних системах виробництва.

**Результати досліджень.** Рух завантаженого контейнеру разом із стрічкою конвеєру з горизонтальною несучою площиною (рис. 1) є усталеним, поступальним, без впливу положення ЦМ системи та характеризується законом:

$$x_1 = x_{10} + V_{CT} \cdot t,$$

де  $x_1$  та  $x_{10}$  – поточне та початкове значення координати ЦМ точки С;

$V_{CT}$  – швидкість стрічки конвеєра.

Другим є етап переміщення завантаженого контейнеру при його повороті відносно приводного барабану, коли ЦМ системи контейнер-вантаж виходить за точку  $O$ , яку приймаємо за початок координат (рис. 1). Оскільки рух зазначеної системи тіл є плоским, то складені диференціальні рівняння руху системи мають вид:

$$M\ddot{x}_C = \sum_{k=1}^n F_{kx}^e \quad \text{або} \quad M\ddot{x}_C = N \sin \varphi_1 - S \cos \varphi_1; \quad (1)$$

$$M\ddot{y}_C = \sum_{k=1}^n F_{ky}^e \quad \text{або} \quad M\ddot{y}_C = -N \cos \varphi_1 - S \sin \varphi_1 + Mg; \quad (2)$$

$$J_C \ddot{\varphi} = \sum_{k=1}^n m_C (\overline{F}_k^e) \quad \text{або} \quad J_C \ddot{\varphi} = N \cdot \rho + S \cdot h. \quad (3)$$

де  $M$  – маса системи тіл;  $\ddot{x}_C$ ,  $\ddot{y}_C$  – проекції прискорення ЦМ системи тіл точки  $C$  на координатні вісі  $x$  та  $y$ ;  $F_{kx}^e$ ,  $F_{ky}^e$  – проекції зовнішніх сил  $\overline{F}_k^e$ , що діють на тіла системи на відповідні вісі;  $J_C$  – момент інерції мас системи тіл відносно вісі, яка проходить через ЦМ системи тіл точку  $C$ ;  $\ddot{\varphi}$  – кутове прискорення у відносному обертальному русі системи тіл навколо ЦМ системи тіл точки  $C$ ;  $m_C(\overline{F}_k^e)$  – момент зовнішньої сили  $\overline{F}_k^e$  відносно ЦМ системи тіл точки  $C$ ;  $N$  та  $S$  – нормальна та дотична складові реакції стрічки конвеєра на об'єкт транспортування при його перекочуванні разом із стрічкою конвеєра без відносного ковзання, коли точка їх дотику є миттєвим центром швидкостей при відносному обертанні;  $\varphi_1$  – поточне значення кута повороту приводного барабану конвеєра (при сталому обертальному русі з частотою обертання  $n_1$  або кутовою швидкістю  $\omega_1$  маємо  $\varphi_1 = \omega_1 \cdot t = \pi \cdot n_1 \cdot t / 30$ );  $\rho$  та  $h$  – плечі нормальної реакції  $N$  та її дотичної складової  $S$  відносно ЦМ системи тіл точки  $C$ .

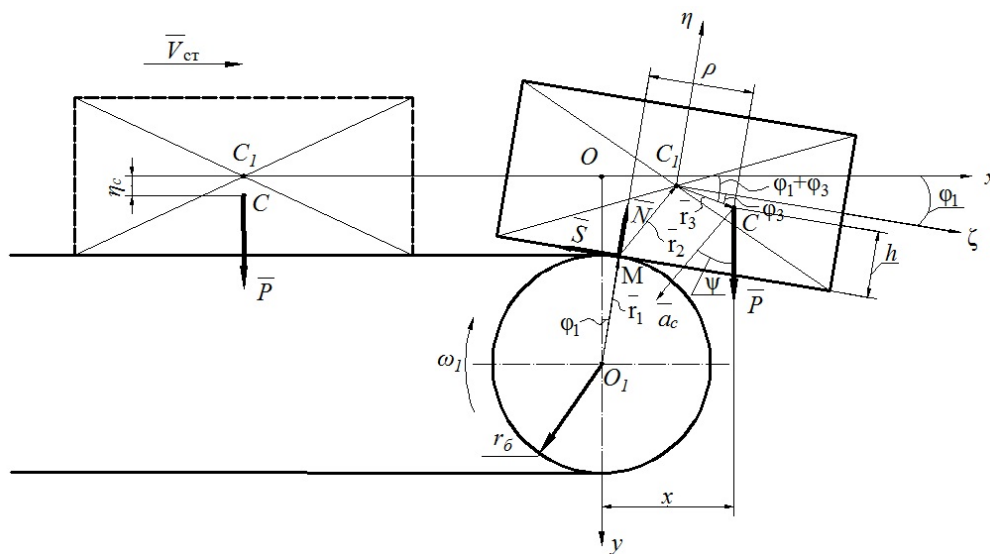


Рис.1. Розрахункова схема переміщення завантаженого контейнеру при його повороті відносно приводного барабану:  $\omega_1$ ,  $r_0$  - кутова швидкість та радіус приводного барабану;  $C$ ,  $C_1$  - ЦМ контейнеру та контейнера з вантажем;  $\phi_1$  - кут повороту барабану;  $\phi_3$  - кут, який утворює відрізок центрів  $C_1C$  з віссю  $\zeta$ ;  $\zeta_C$ ,  $\eta_C$  - координати ЦМ системи тіл;  $\bar{r}_1 = \overline{OM}$ ,  $\bar{r}_2 = \overline{MC}$  та  $\bar{r}_3 = \overline{CC_1}$  - радіус-вектори, що визначають положення характерних точок  $M$ ,  $C$  та  $C_1$ ;  $P = Mg$  - вага завантаженого контейнеру;  $N$  та  $S$  - нормальна та дотична складові реакції стрічки конвеєра;  $\rho$  та  $h$  - плечі реакцій відносно ЦМ системи тіл точки  $C$

Рівняння (1) та (2) характеризують переносний поступальний рух разом з полюсом, який розміщений в ЦМ системи тіл точці  $C$ , рівняння (3) - відносний обертальний рух навколо вісі, яка проходить через цей центр та перпендикулярна площині руху  $xMy$  (рис. 1).

Враховуючи, що на даному етапі обертальний рух системи тіл є сталим ( $\omega_1 = const$ ), проекції прискорення точки  $C$  приймуть вид:

$$\ddot{x}_C = -a_C \sin \psi = -\omega_1^2 R \sin \psi ; \quad (4)$$

$$\ddot{y}_C = a_C \cos \psi = -\omega_1^2 R \cos \psi , \quad (5)$$

де  $a_C$  та  $R$  - повне прискорення ЦМ системи тіл точки  $C$  та відповідний радіус обертання цієї точки ( $R = CO$ );

$\psi = \bar{a}_C \wedge M \bar{g}$  - кут, який утворений векторами повного прискорення  $\bar{a}_C$  та вагою системи тіл  $\bar{P}$ .

З роботи [3] маємо

$$R = \frac{h \sin \phi_1 + V_{cm} \cdot t \cdot \cos \phi_1}{\sin \psi} \quad (6)$$

та

$$\psi = \frac{\sin \phi_1 (V_{cm} \cdot t + tg \phi_1)}{V_{cm} \cdot t (\cos \phi_1 - 1) + \sin \phi_1 (h - 0.5 r_0 \sin 2\phi_1)} , \quad (7)$$

де  $r_0$  - радіус приводного барабану конвеєра.

Після підстановки (4) та (5) в рівняння (1) та (2) отримаємо наступні розв'язки:

$$S = Mg \sin \phi_1 + M \omega_1^2 R \sin(\psi - \phi_1) ; \quad (8)$$

$$N = \frac{M\omega_1^2 R(\sin(\psi - \varphi_1) \cos \varphi_1 + \sin \varphi_1)}{\sin \varphi_1} + Mg \cos \varphi_1. \quad (9)$$

Для визначення  $\ddot{\varphi}$  з рівняння (3) необхідні плечі  $\rho$  і  $h$  та момент інерції мас  $J_C$ .

З геометричних співвідношень маємо (рис. 1):

$$\rho = \frac{x - \sin \varphi_1 \cdot (r_0 + h)}{\cos \varphi_1}; \quad (10)$$

$$h = \frac{h_1}{2} - \eta_C, \quad (11)$$

де  $\eta_C$  – зміщення ЦМ системи тіл точки  $C$  вздовж вісі  $\eta$  при повороті контейнера на кут  $\varphi_1$ .

Попередньо визначаємо залежності  $\zeta_C(\varphi_1)$  та  $\eta_C(\varphi_1)$ , оскільки координати ЦМ системи тіл точки  $C$  при різних положеннях контейнера не співпадають з геометричним центром  $C_1$  самого контейнера. Враховуючи, що контейнер та вантаж є тілами зі спільною площиною симетрії та з однаковою шириною контейнера  $d$ , то для визначення положення ЦМ системи тіл достатньо інформації про координати  $\zeta_C$  та  $\eta_C$  з початком в точці  $C_1$  перетину діагоналей бокової поверхні контейнеру в площині рисунку.

Використовуємо традиційні з курсу опору матеріалів формули виду [4]:

$$\zeta_C = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \zeta_i / P; \quad (12)$$

$$\eta_C = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \eta_i / P, \quad (13)$$

де  $P_i = \gamma_i \cdot V_i = \gamma_i \cdot F_i \cdot d$  – вага  $i$ -ої складової системи тіл з відповідною питомою вагою  $\gamma_i$ , об'ємом  $V_i$ , який представляємо через площу  $F_i$  складової в площині симетрії при спільних для всіх тіл довжині  $l$  та ширині  $d$ ;  $P$  – вага системи тіл (контейнер-вантаж) в цілому.

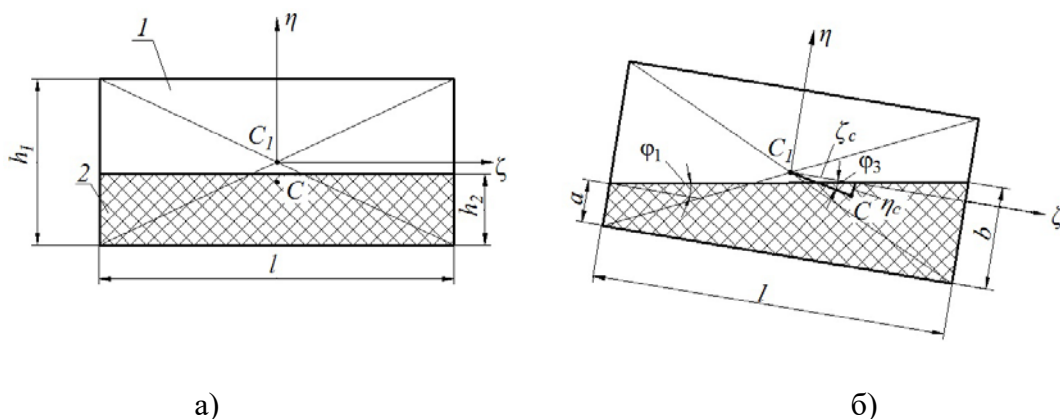


Рис.2. Визначення центру мас системи тіл (контейнера з вантажем):  $C, C_1$  - ЦМ контейнеру та контейнера з вантажем;  $h_1, h_2$  - висоти контейнеру та вантажу;  $a, b$  - рівні вантажу по краям контейнеру при його нахилі на кут  $\varphi_1$ ;  $\varphi_3$  - кут, який утворює відрізок центрів  $C_1 C$  з віссю  $\zeta$ ;  $\zeta_C, \eta_C$  - координати ЦМ системи тіл

Для окремого випадку горизонтально розміщеного контейнеру ( $\varphi_1 = 0$ ) при його поступальному переміщенні разом зі стрічкою конвеєра (рис. 2, а) отримуємо:

$$\zeta_C = 0 \quad \text{та} \quad \eta_C = -0,5 \frac{(h_1 - h_2)\gamma_2}{\gamma_1 \frac{h_1}{h_2} + \gamma_2},$$

де  $h_1$  та  $h_2$  – висота контейнера та рівень його заповнення вантажем відповідно;  $\gamma_1$  та  $\gamma_2$  – питома вага контейнера та вантажу відповідно.

Для визначення координат ЦМ системи тіл у випадку  $\varphi_1 \neq 0$  (рис. 2, б), фігуру вантажу в площині  $\eta C_1 \zeta$  представляємо через прямокутник та трикутник з відповідними висотами  $a$  та  $b$ . Після підстановки складових в формули (12) та (13), представлення  $b - a = l \cdot \operatorname{tg} \varphi_1$  та відповідних скорочень отримуємо:

$$\zeta_C = A \cdot \operatorname{tg} \varphi_1; \quad (14)$$

$$\eta_C = B + C \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi_1, \quad (15)$$

$$\text{де } A = \frac{\gamma_2 l^2}{12(\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2)}; \quad B = \frac{h_2(h_2 - h_1)\gamma_2}{2(\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2)} \quad \text{та} \quad C = \frac{11}{24} \frac{\gamma_2 l^2}{(\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2)}.$$

Момент інерції мас системи тіл відносно центру  $C$  визначаємо за теоремою Штейнера [ 4]:

$$J_C = J_{C_1} + M(CC_1)^2, \quad (16)$$

де  $CC_1 = \zeta_C / \cos \varphi_3$  – відстань між паралельними осями, що проходять через ЦМ точку  $C_1$  контейнера та ЦМ системи тіл  $C$ ;  $\varphi_3$  – кут, який утворює відрізок центрів  $CC_1$  з

$$\text{віссю } \zeta: \quad \varphi_3 = \operatorname{arctg} \frac{\eta_C}{\zeta_C} = \operatorname{arctg} \frac{B + C \sin^2 \varphi_1}{A \sin \varphi_1}. \quad (17)$$

$$\text{Остаточно отримуємо:} \quad J_C = M \left( \frac{h_1^2 + l^2}{3} + \left( \frac{\zeta_C}{\cos \varphi_3} \right)^2 \right). \quad (18)$$

Після підстановки в (3) виразів сил (8) і (9), плечей (10) і (11), моменту інерції мас системи (18) та певних перетворень отримуємо залежність виду:

$$\ddot{\varphi} = \frac{K + L}{(A \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 / \cos \varphi_3)^2 + (h_1^2 + l^2) / 3}, \quad (19)$$

$$\text{де } K = (g \sin \varphi_1 + \omega_1^2 R \sin(\psi - \varphi_1))(0,5h_1 - (B + C \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi_1)),$$

$$L = (\omega_1^2 R (\sin(\psi - \varphi_1) \cos \varphi_1 + \sin \varphi_1) + 0,5g \sin 2\varphi_1)(x - \sin \varphi_1(r_{\bar{o}} + h))/0,5 \sin 2\varphi_1.$$

Рівняння (19) розв'язували чисельним методом для отримання значень  $\varphi(t)$  та  $\dot{\varphi}(t)$  в поточний момент часу  $t$ . Для окремого випадку при  $l = 0,6$  м,  $h_1 = 0,21$  м,  $h_2 = 0,12$  м,  $r_{\bar{o}} = 0,12$  м,  $V_{CT} = 0,3$  м/с результати розрахунків представлені на рис. 3.

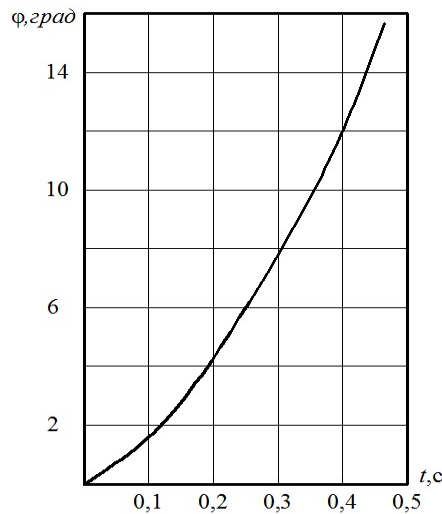


Рис. 3. Графік зміни кута  $\varphi$  відносно повороту завантаженого контейнера при його переміщенню по приводному барабану

Графічна залежність  $\varphi(t)$  дозволяє зробити висновок про незначний вплив зміни кута повороту приводного барабану конвеєра на початку плоского руху контейнера з подальшим збільшенням. Окрім того, очевидно, що розміщення ЦМ системи тіл точки  $C$  ближче до передньої стінки контейнеру призводить до скорочення часу на його перевантаження.

Необхідною умовою початку третього етапу переміщення контейнеру є

$$\varphi_1 > \arctg f,$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя між поверхнями контейнеру та стрічки, що охоплює приводний барабан конвеєру, з подальшим використанням в рівняннях (1) та (3) сили тертя  $F = f \cdot N$ .

В доповнення положень розрахунку параметрів руху контейнеру на цьому етапі його перевантаження [3] з урахуванням проковзування відносно приводного барабану, пропонується застосовувати при складанні закону руху ЦМ системи тіл точки  $C$  спочатку векторний спосіб:

$$\bar{r}_C = \bar{r}_1 + \bar{r}_2 + \bar{r}_3, \quad (20)$$

де  $\bar{r}_1 = \overline{OM}$ ,  $\bar{r}_2 = \overline{MC}$  та  $\bar{r}_3 = \overline{CC_1}$  – радіуси-вектори, що визначають положення характерних точок  $M$ ,  $C$  та  $C_1$ , використання якого дозволяє перейти до визначення ЦМ системи тіл точки  $C$  в системі координат на площині  $xOy$ :

$$x_C = r_\delta \sin \varphi_1 + MC \cos(\varphi_2 - \varphi_1) + CC_1 \cos(\varphi_1 + \varphi_3); \quad (21)$$

$$y_C = r_\delta \cos \varphi_1 + MC \sin(\varphi_2 - \varphi_1) + CC_1 \sin(\varphi_1 + \varphi_3), \quad (22)$$

де  $CC_1 = \sqrt{\eta_C^2 + \zeta_C^2}$ ;  $MC = \sqrt{(0,5h_1)^2 + (\varphi_1 \cdot r_\delta)^2}$ ;  $\varphi_1 \cdot r_\delta$  – дуга кола стрічки конвеєра при повороті його барабану на кут  $\varphi_1$ , що відповідає пересуванню контейнера разом із стрічкою конвеєра.

Двічі послідовно диференціюючи рівняння (21) та (22), отримаємо уточнені вирази для визначення проєкцій швидкостей та прискорень на координатні осі, що впливає на

точність складеного в [3] диференціального рівняння руху контейнеру на третьому етапі його перевантаження.

**Висновки.** Використання одержаних теоретичних положень при плануванні переміщень об'єктів транспортування у відповідності до регламентованих вимог спрощує вибір раціональних траєкторій та кінематичних параметрів переміщення контейнера при його плавному обкочуванні та сході з приводного барабану конвеєра з подальшим переходом на перевантажувальний пристрій або на наступний елемент транспортно-логістичної системи підприємства. Практичні рекомендації, що враховують конструктивні та технологічні особливості переміщення об'єктів транспортування зі змінним положенням центру мас, дозволяють забезпечити регламентовані вимоги до переміщення об'єктів транспортування та оперативну оцінку ефективності цих рекомендацій. Доповнюються загальні положення розрахунку параметрів руху об'єкту транспортування на третьому етапі його перевантаження. В подальшому для використання в інженерній діяльності запропоновані математичні моделі доцільно представити в спрощеному виді, наприклад поліномів.

#### Список використаної літератури

1. Ковалев Ю.А. Динамика движения контейнера по наклонному рольгангу и взаимодействие его с ограничивающими элементами / Ковалев Ю. А., Пискорский Г. А. :КТИЛП. – К., 1988. – 16 с.; Деп. в ЦНИИТЭИ легпром, 1988, № 2289-лп.
2. Ковалев Ю.А. Перегрузка объектов транспортирования обувного производства с горизонтальной несущей плоскости на наклонную, образованную роликами / Ковалев Ю. А., Пискорский Г. А. : КТИЛП. – К., 1988. – 21 с.; Деп. в ЦНИИТЭИ легпром, 1988, № 2290-лп.
3. Ковальов Ю.А., Князев В.І., Макатьора Д.А. Закономірності перевантаження контейнерів з конвеєра на рольганг / К.: Вісник КНУТД. – 2004. – №5. – С.59-64.
4. Павловський М.А. Теоретична механіка. - К: Техніка, 2002. – 510 с.

#### References

1. Kovalev Yu.A. Dinamika dvizheniya konteynera po naklonnomu rol'gangu i vzaimodeystvie ego s ogranichivayushchimi elementami / Kovalev Yu. A., Piskorskiy G. A. 1988. p. 16.
2. Kovalev Yu.A. Peregruzka ob"ektov transportirovaniya obuvnogo proizvodstva s gorizontal'noy nesushchey ploskosti na naklonnuyu, obrazovannuyu rolnikami / Kovalev Yu. A., Piskorskiy G. A. 1988. p. 21.
3. Koval'ov Yu.A., Knyazyev V.I., Makat'ora D.A. Zakonomirnosti perevantazhennya konteyneriv z konveyera na rol'hanh / Visnyk KNUVD. – 2004. № 5. p. 59-64.
4. Pavlovs'kyu M.A. Teoretychna mekhanika. [Book] 2002. P. 510.

#### ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ ЦЕНТРОМ МАСС

БЕРЕЗИН Л.Н., КОВАЛЕВ Ю.А.,

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Систематизация, обобщение и дальнейшее развитие методологии решения прикладной задачи по обеспечению заданных параметров перемещения объектов транспортирования с изменяемым центром масс при проектировании перегрузочных систем.

**Методика.** Использование положений кинематического и динамического исследования объектов транспортирования в процессе взаимодействия их с конструктивными элементами перегрузочных устройств. Учитывалось положения центра масс объекта транспортирования, силы тяжести, реакции несущих опорных поверхностей на

объект и силы сопротивления. Для получения решений дифференциальных уравнений для плоского движения объектов транспортирования с изменяемым центром масс в форме, удобной для дальнейшего анализа, применялся числовой способ.

**Результаты.** Получены теоретические выводы целесообразные для математического обоснования рациональных траекторий и кинематических параметров перемещения в качестве объекта транспортирования контейнера при его плавном сходе с барабана и дальнейшем переходе на следующий элемент транспортной системы.

**Научная новизна.** Впервые предложен комплексный подход, который способствует математической поддержке при разработке совокупности организационно-технических мероприятий для рационального перемещения объектов транспортирования с изменяемым центром масс перегрузочными устройствами при проектировании логистических систем транспортирования в производстве.

**Практическая ценность.** Представлены теоретические положения и практические рекомендации, которые учитывают конструктивные и технологические особенности перемещения объектов транспортирования с изменяемым центром масс, необходимые для регламентации требований по их перемещению. Предложена постановка задачи по созданию логистических систем, обеспечивающих контроль, управление и непосредственное транспортирование объектов обувного производства.

**Ключевые слова:** *объект транспортирования, центр масс, динамика, конвейер, перегрузочные устройства, транспортная система, логистическая система.*

## **FEATURES OF THE PROCESS OF MOVING TRANSPORTATION OBJECTS WITH VARIABLE CENTER OF MASS**

KOVALEV Y. A., BEREZIN L. N.

*Kyiv national University of technologies and design*

**Purpose.** The systematization, generalization and further development of the methodology for the solution of applied tasks to ensure specified parameters of moving objects transport with variable center of mass when designing handling systems.

**Methodology.** The use of the kinematic and dynamic study of objects transportation in the process their interaction with the structural elements of devices for overload. Account was taken of the position of the center of mass transport, reaction bearing support surfaces on the object and the drag force. To obtain solutions of the differential equations of plane motion of object transportation with a variable center of mass, convenient for further analysis, applied numerical method.

**Findings.** Theoretical conclusions are suitable for the mathematical study of rational trajectories and kinematic parameters of movement of the object transportation of the container when it's smooth exit from the drum and further the transition to the next element of the transport system.

**Originality.** First proposed a comprehensive approach that promotes mathematical support for developing total organizational and technical measures for the rational move transportation objects with variable center-of-mass transfer device in the design of logistics systems transportation in production.

**Practical value.** The presented theoretical provisions and practical recommendations that take into account the constructive and technological features of moving objects transport with variable center of mass, which required milking regulation requirements for their movement. The proposed formulation is to create logistics systems that provide control, management and direct transportation objects Shoe production.

**Keywords:** *object transportation, center of mass, dynamics, conveyor, handling devices, transport system, logistic system.*

УДК 620.97: 621.31

КАПЛУН В.В.<sup>1</sup>, КРАВЧЕНКО О.П.<sup>1</sup>, МАНОЙЛОВ Е.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Київський національний університет технологій та дизайну

<sup>2</sup> Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України,  
м. Київ

## ОЦІНЮВАННЯ РІВНІВ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СОНЯЧНОЮ БАТАРЕЄЮ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ

**Мета.** Одержання математичних залежностей для визначення кількості електричної енергії, що генерується сонячною батареєю за обраний проміжок часу з використанням функції Гауса.

**Методика.** Апроксимація кривих значень потужностей для обґрунтування аналітичного виразу залежності потужності сонячної батареї від часу за допомогою функції Гауса з використанням власно розробленого програмного забезпечення.

**Результати.** На основі статистичних даних одержані математичні залежності для оцінювання рівня генерації електричної енергії сонячною батареєю. Запропонована методика дає можливість оцінювати кількість електричної енергії, що генерується сонячною батареєю за визначений проміжок часу.

**Наукова новизна.** Запропонований метод оцінювання енергетичного потенціалу сонячної батареї шляхом апроксимації часової залежності її потужності від рівня сонячної радіації, одержаної на основі статистичних спостережень з використанням функції Гауса.

**Практична значимість.** Використання середньодобових, середньомісячних або середньорічних рівнів сонячної радіації дає можливість розрахувати середні значення потужності сонячної батареї та кількість електроенергії, що генерується нею за визначений проміжок часу. Запропонована методика може бути використана при розробці алгоритмів керування системою електроживлення з поновлюваними джерелами енергії.

**Ключові слова:** сонячна батарея, рівень генерації електроенергії, середня потужність, мікроенергетична система, апроксимація статистичних даних, функція Гауса.

**Вступ.** Система електроживлення з використанням поновлюваних джерел енергії характеризується стохастичними залежностями рівнів генерації електроенергії у зв'язку з очевидною залежністю від природних факторів: сонячної радіації, сили вітру, тощо [1]. Разом з тим, використання таких джерел пов'язано з необхідністю визначення прогнозованих рівнів генерації електроенергії за обраний період часу, що дасть можливість оптимізувати режими роботи мікроенергосистем.

Основною потребою, що виникає при спробі ймовірного опису випадкових процесів є наявність статистичної інформації, яка базується на тривалих спостереженнях за функціонуванням цих процесів. На теперішній час найбільш повна статистична інформація оцінки кліматичних умов (а саме сили вітру та сонця) базується на метеорологічних даних кліматичних зон України. З метою формування оптимальних алгоритмів керування мікроенергетичних систем з декількома джерелами електроенергії необхідне узгодження енергетичних параметрів (потенціалу первинної енергії, рівнів генерації електроенергії, графіків електроспоживання, якості електричної енергії, надійності роботи електроенергетичної системи, тощо) для забезпечення мінімальної вартості електроенергії.

Можливості моделювання процесів генерації електроенергії у мікроенергетичних системах обмежені, оскільки відсутній простий математичний інструментарій для визначення енергетичного потенціалу поновлюваних джерел. В даній роботі запропонований метод оцінювання енергетичного потенціалу сонячної батареї (СБ) шляхом апроксимації часової залежності її потужності від рівня сонячної радіації, одержаної на основі статистичних спостережень з використанням функції Гауса.

**Постановка завдання.** Відомо, що для сонячної батареї потужність, яка нею генерується, нелінійно залежить від рівня сонячної радіації, температури, пори року і ін. [2]. Основна складність при моделюванні СБ як джерела живлення полягає в прогнозуванні величини електричної енергії, яку генерує сонячна батарея за визначений проміжок часу. Таке прогнозування необхідне для точної оцінки забезпеченості споживачів достатньою кількістю електроенергії та керування джерелами генерації електроенергії в мікроенергетичних системах, виходячи з максимального використання енергетичного потенціалу кожного окремого джерела.

Метою цієї роботи є одержання аналітичних виразів для визначення кількості електроенергії, що генерується СБ, за обраний проміжок часу на основі функції Гауса як зміну потужності в часі.

**Результати досліджень.** Рівняння (1) описує вольт-амперну характеристику (ВАХ) I-U ідеального сонячного елемента (СЕ) [3]:

$$I = I_{\phi c} - I_{\delta} = I_{\phi c} - I_0 \left( \exp\left(\frac{eU}{kT}\right) - 1 \right) \quad (1)$$

де:  $I_{\phi c}$  - фотострум, який генерується світлом;

$I_{\delta}$  - струм діода;

$I_0$  - темновий струм р-п переходу;

$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$  - заряд електрону;

$k = 1.38 \times 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$  - стала Больцмана.

На рис.1 наведена ВАХ ідеального сонячного елемента, який знаходиться в темряві (крива 1) та при освітленні (крива 2). При освітленні сонячного елемента всі точки кривої 1 зміщуються на одну і ту саму величину струму короткого замикання  $I_{кз}$ , для ідеального СЕ струм  $I_{кз} = I_{\phi c}$  [4]

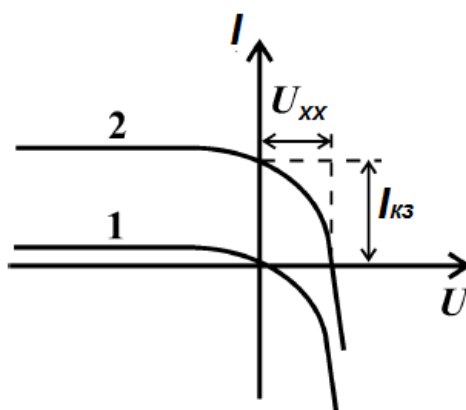


Рис.1. Вольт-амперна характеристика ідеального сонячного елемента (перший квадрант): 1 - в темряві; 2 - при освітленні

Еквівалентна схема ідеального СЕ являє собою паралельно з'єднаний генератор струму та ідеальний діод (рис.2).

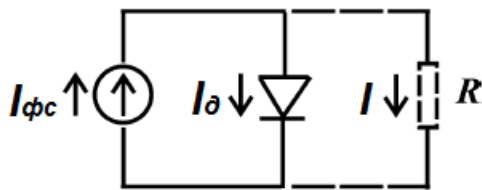


Рис.2. Еквівалентна схема ідеального сонячного елемента, R - опір навантаження

Формула (1) для ідеального діода неадекватно співвідноситься з даними для ВАХ, одержаних експериментальним шляхом. Тому перетворення рівняння діода здійснюється шляхом введення в знаменник експоненти коефіцієнта А, який враховує неідеальність ВАХ і визначається експериментально (2) [3]:

$$I = I_{\phi c} - I_{\delta} = I_{\phi c} - I_0 \left( \exp\left(\frac{eU}{AkT}\right) - 1 \right) \quad (2)$$

Однак, цей вираз також не повністю узгоджується з експериментальними даними, оскільки через СЕ протікають порівняно високі величини густини струму, і навіть при малих величинах опору спостерігається значний спад напруги. Тому виникає необхідність урахування паралельного опору сонячного елемента  $R_{np}$  (опір витоку, який в ідеальному СЕ є нескінченно великим) і послідовного опору  $R_{nc}$  [5]. З урахуванням цієї обставини запропонована еквівалентна схема заміщення СЕ (рис. 3), що характеризується співвідношенням (3) для визначення ВАХ.

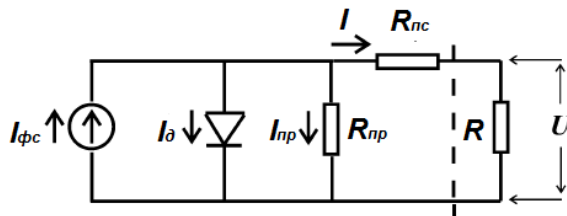


Рис.3. Еквівалентна схема сонячного елемента

$$I = I_{\phi c} - I_{\delta} = I_{\phi c} - I_0 \left( \exp\left(\frac{eU + IR_{nc}}{AkT}\right) - 1 \right) - \frac{IR_{nc} + U}{R_{np}} \quad (3)$$

У формулі (3) всі величини визначаються експериментальним шляхом для кожного окремого сонячного елемента. [6]

Як відомо, параметри СЕ залежать від рівня освітленості та від температури. В більшості випадків при визначенні параметрів СЕ використовують декілька ВАХ, що одержані при різних рівнях інтенсивності сонячної радіації [7,8,9]. Більш ефективною методикою для визначення параметрів СЕ є визначення цих параметрів з результатів вимірювання світлової ВАХ при фіксованому випромінюванні і температурі (параметри визначаються лише з однієї ВАХ) і, як було показано було в [10],  $I_{kз} \approx I_{\phi c}$ . Отже, прийнятним можна вважати, що фотострум  $I_{\phi c}$  прямо пропорційний величині освітленості СЕ [11]. Таким чином,

$$I_{\phi c|G} = \left( \frac{G}{G_0} \right) I_{\phi c|G_0}, \quad (4)$$

де:  $G$  - інтенсивність сонячного випромінювання в поточний момент часу,  $В/м^2$ ;  
 $G_0$  - стандартна інтенсивність сонячного випромінювання ( $1000 В/м^2$ );  
 $I_{\phi c|G}$  - фотострум в поточний момент часу;  
 $I_{\phi c|G_0}$  - фотострум при стандартній інтенсивності сонячного випромінювання.

Потужність СБ обчислюється за формулою (5) [12]:

$$P_{сб} = \left( \frac{G}{G_0} \right) P_{ном} \alpha \quad (5)$$

де:  $P_{ном}$  - номінальна потужність СБ, яка декларується виробником за умови інтенсивності сонячної радіації  $1000 Вт/м^2$  та температури навколишнього середовища  $+25\text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 $\alpha$  - коефіцієнт втрат в СБ.

Таким чином, за наявності даних середньодобової, середньомісячної або середньорічної потужності сонячної батареї є можливість розрахунку її середньої потужності за визначений проміжок часу. Це можливо зробити на основі апроксимації кривих потужностей, з наступним визначенням аналітичного виразу кривої залежності потужності сонячної батареї від часу.

Для дослідження була обрана сонячна батарея KV – 180 W / 24 V. Для виконання апроксимації був використаний графік середньодобової потужності СБ KV – 180 W / 24 V за літній період [12] (рис.4).

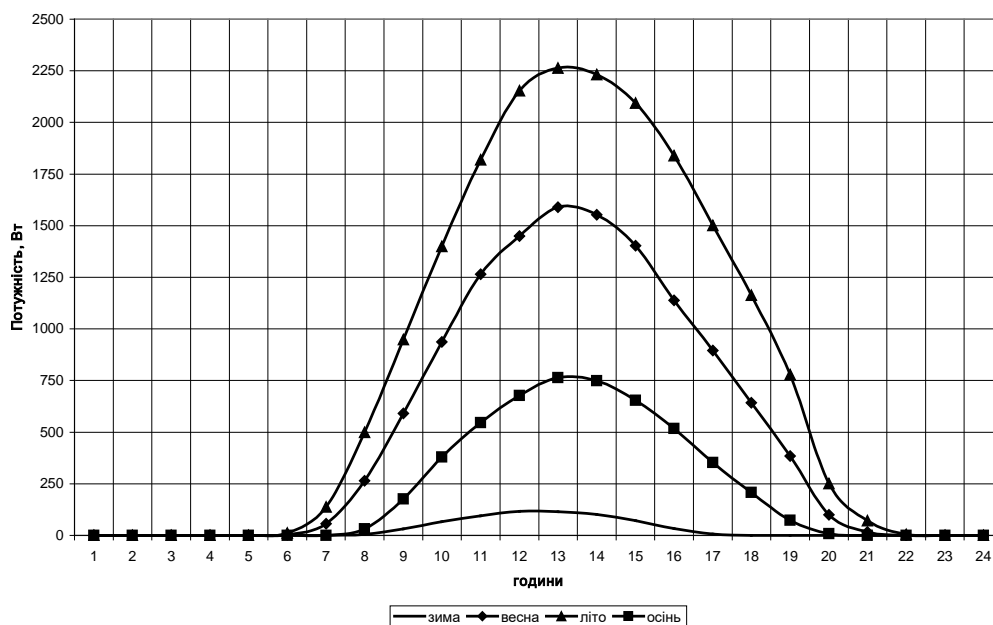


Рис.4. Середньодобова потужність СБ KV – 180 W / 24 V за сезонами року

Апроксимація кривої проводилася за допомогою функції Гауса шляхом підбору відповідних коефіцієнтів у формулі Гауса за методом найменших квадратів, використовуючи власно розроблене програмне забезпечення. Крива розподілу середньодобової потужності є нерівномірною на часовому проміжку, тому для точної апроксимації використовувалася сума значень кількох кривих розподілу Гауса (рис.5). Одержана апроксимаційна крива описується наступним аналітичним виразом (6):

$$P(t) = f_1(t) + f_2(t)$$

де:

$$f_1(t) = \frac{A_1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}}; \quad f_2(t) = \frac{A_2}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu_2)^2}{2\sigma_2^2}} \quad (6)$$

Для першої функції Гауса	Для другої функції Гауса
$A_1=1.41002020493764E+0004$	$A_2=5.36091577318218E+0003$
$\mu_1= 1.24576711783162E+0001$	$\mu_2=1.68368259498389E+0001$
$\sigma_1=2.59449100810093E+0000$	$\sigma_2=1.99220628650231E+0000$

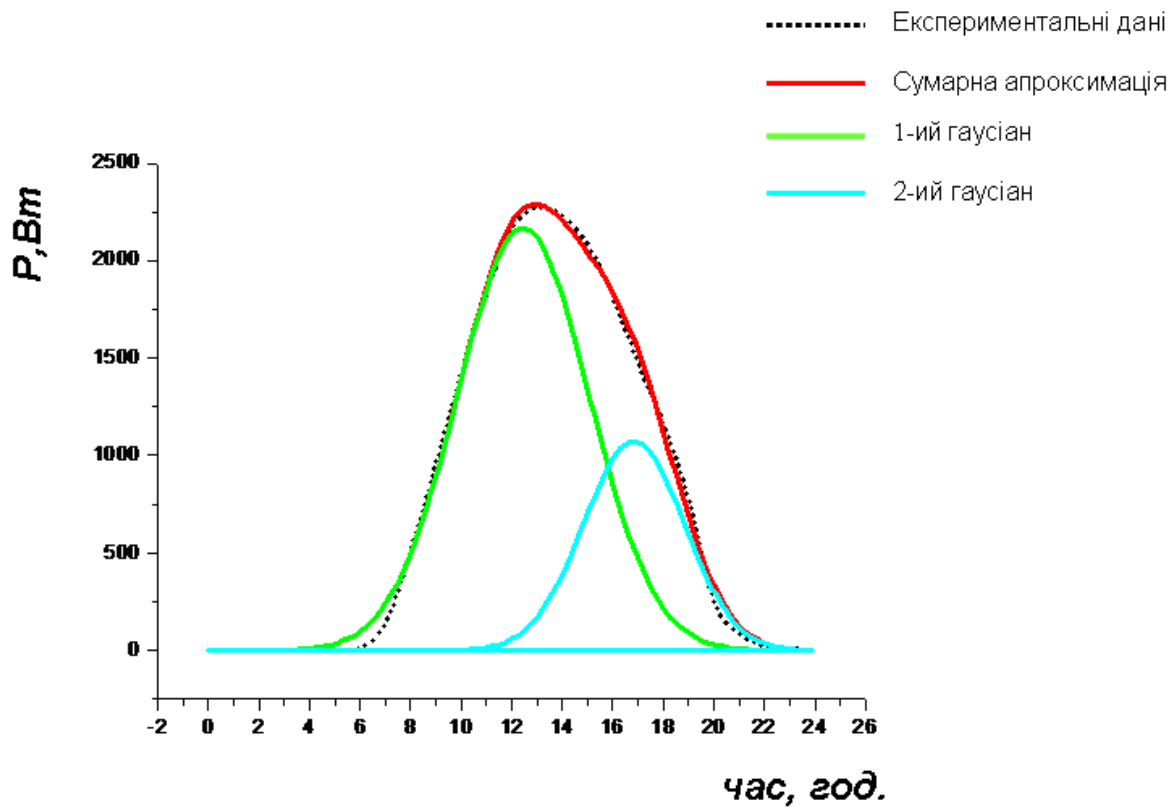


Рис.5. Потужність сонячної батареї для літнього періоду

Середньодобовий розподіл потужності СБ з інтервалом 30 хвилин зображений на рис.6, а в табл.1 наведена кількість електроенергії, що генерується СБ за визначений проміжок часу.

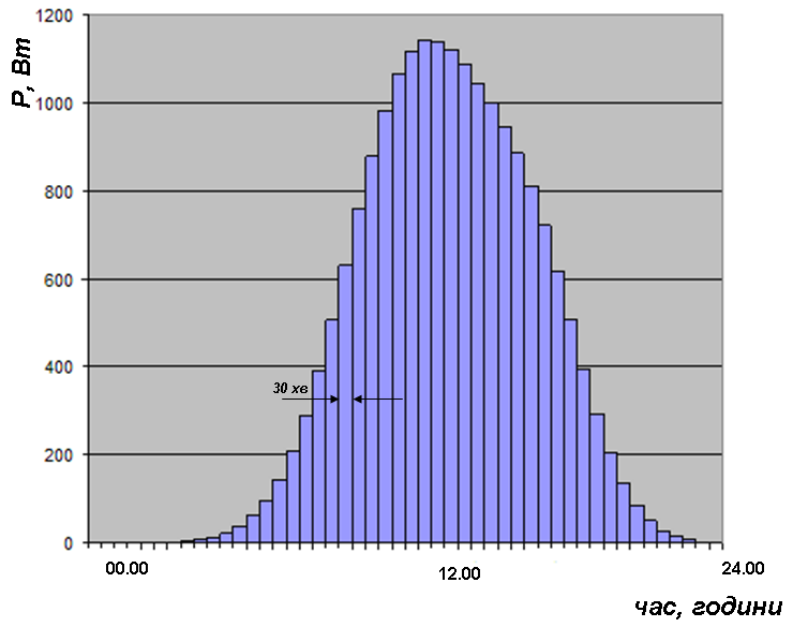


Рис.6. Середньодобовий розподіл потужності СБ з інтервалом 30 хвилин

Таблиця 1

Кількість електроенергії, що генерується СБ на 30-хвилинному інтервалі

Інтервал часу, год.	Енергія СБ, Вт×год.	Інтервал часу, год.	Енергія СБ, Вт×год.
0.0-0.5	0.017	12.0-12.5	1117
0.5-1.0	0.042	12.5-13.0	1142
1.0-1.5	0.099	13.0-13.5	1140
1.5-2.0	0.222	13.5-14.0	1119
2.0-2.5	0.482	14.0-14.5	1085
2.5-3.0	1.009	14.5-15.0	1044
3.0-3.5	2.032	15.0-15.5	998.103
3.5-4.0	3.944	15.5-16.0	946.757
4.0-4.5	7.378	16.0-16.5	885.89
4.5-5.0	13.3	16.5-17.0	811.47
5.0-5.5	23.104	17.0-17.5	721.633
5.5-6.0	38.676	17.5-18.0	618.269
6.0-6.5	62.39	18.0-18.5	507.066
6.5-7.0	96.988	18.5-19.0	396.091
7.0-7.5	145.292	19.0-19.5	293.586
7.5-8.0	209.748	19.5-20.0	205.918
8.0-8.5	291.806	20.0-20.5	136.403
8.5-9.0	391.253	20.5-21.0	85.216
9.0-9.5	505.625	21.0-21.5	50.16
9.5-10.0	629.925	21.5-22.0	27.8
10.0-10.5	756.802	22.0-22.5	14.501
10.5-11.0	877.323	22.5-23.0	7.116
11.0-11.5	982.291	23.0-23.5	3.285
11.5-12.0	1064	23.5-24.0	1.427
Сумарна кількість електроенергії за добу, Вт×год			19461.44

**Висновки.** Математичні вирази для визначення кількості електричної енергії, що генерується сонячною батареєю за обраний проміжок часу, одержані шляхом апроксимації кривих залежності потужності сонячної батареї від часу за допомогою функції Гауса з використанням власно розробленого програмного забезпечення на основі статистичних даних. Запропонований метод дозволяє визначити кількість електричної енергії за обраний проміжок часу на основі відповідних статистичних даних, що характеризують енергетичний потенціал сонця у регіоні. Це відкриває можливості для адаптивного моделювання комбінованих мікроенергетичних систем з джерелами електроенергії такого класу і оптимального управління ними. Крім того, запропонований підхід за аналогією може бути використаний для оцінювання рівнів генерації електроенергії вітроелектроустановками.

### Список використаних джерел

1. В.В. Каплун, О.П. Кравченко, В.В. Василенко, С.С. Макаревич, Р.В. Каплун, "Аналіз методів оптимізації мікроенергетичних систем (MicroGrid) на основі систем розподіленої генерації," // Вісник КНУТД №2(84), сс.5-17, 2015.
2. Handbook of photovoltaic science and engineering / A. Luque and S. Hegedus // 2nd edition, John Wiley & Sons, 2011.
3. Фаренбрух, А. Солнечные элементы: теория и эксперимент / А. Фаренбрух, Р. Бьюб; пер. с англ. под ред. М.М. Колтуна/ Москва.: Энерго-атомиздат, 280 с., 1987.
4. Гременок В. Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов / В. Ф. Гременок, М. С. Тиванов, В. Б. Залесский/ Минск: Изд. Центр БГУ, 222 с., 2007.
5. Колтун, М.М. Оптика и метрология солнечных элементов / М.М. Колтун/ Москва: Наука, 280 с., 1984.
6. A.A. Jadallah, D.Y. Mahmood, Z.A. Abdulqader// Modeling and Simulation of a Photovoltaic Module in Different Operating Regimes/Acta Physica Polonica A, Vol. 128 , B-461-B-464.; 2015.
7. Terrestrial Photovoltaic Measurement Procedures, Technical Memorandum 73702, NASA, Cleveland, Ohio, 1977.
8. Бордина, Н.М. Определение параметров вольтамперной характеристики фотопреобразователя / Н.М. Бордина, А.К. Зайцева, В.Н. Стрельцова // Гелиотехника. – №1. – С. 17–23, 1977.
9. О корректности различных методов определения последовательного сопротивления фотодиодных структур / А.П. Горбань и др. // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника, № 19. – С. 85–90, 1991.
10. Determination of solar cell parameters from its current-voltage and spectral characteristics / M.Tivanov et al // Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 87. – P. 457–465, 2005.
11. Messenger Roger, Jerry Ventre // Photovoltaic Systems Engineering, 2nd Edition CRC Press, Florida, USA, 2003.
12. Голик О.П. Автоматизація процесу керування електропостачанням фермерського господарства від автономних джерел енергії / Дисертація канд. техн. наук; Кіровогр. нац. техн. ун-т.- Кіровоград, 2012.

### ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ КАПЛУН В.В.<sup>1</sup>, КРАВЧЕНКО О.П.<sup>1</sup>, МАНОЙЛОВ Е.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Киевский национальный университет технологий и дизайна

<sup>2</sup> Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, г. Киев

**Цель.** Получение математических зависимостей для определения количества электрической энергии, генерируемой солнечной батареей за выбранный промежуток времени с использованием функции Гаусса.

**Методика.** Аппроксимация кривых значений мощностей солнечной радиации для обоснования аналитической зависимости мощности солнечной батареи от времени с помощью функции Гаусса с использованием собственно разработанного программного обеспечения.

**Результаты.** На основе статистических данных получены математические зависимости для оценки уровня генерации электрической энергии солнечной батареей. Предложенная методика дает возможность оценивать количество электрической энергии, генерируемой солнечной батареей за определенный промежуток времени.

**Научная новизна.** Предложенный метод оценки энергетического потенциала солнечной батареи путем аппроксимации временной зависимости ее мощности от уровня солнечной радиации, полученной на основе статистических наблюдений с использованием функции Гаусса.

**Практическая значимость.** Использование среднесуточных, среднемесячных или среднегодовых уровней солнечной радиации дает возможность рассчитать средние значения мощности солнечной батареи и количество генерируемой ею за определенный промежуток времени. Предложенная методика может быть использована при разработке алгоритмов управления системой электропитания с возобновляемыми источниками энергии.

**Ключевые слова:** солнечная батарея, уровень генерации электроэнергии, средняя мощность, микроэнергетична система, аппроксимация статистических данных, функция Гаусса.

## **EVALUATION OF LEVELS ELECTRIC POWER GENERATION SOLAR PANELS ON THE BASIS OF STATISTICAL DATA**

KAPLUN V.V.<sup>1</sup> KRAVCHENKO O.P.<sup>1</sup>, MANOYLOV E.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kyiv National University of Technology and Design

<sup>2</sup> Lashkarov's Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine, Kyiv

**Purpose.** Obtaining mathematical expressions for definition the amount of electrical energy generated by the solar panel during the selected period of time using a Gaussian function.

**Methodology.** Approximation curves of solar radiation values of capacities for analytical studies based solar power from time to time by a Gaussian function with the use of own developed software.

**Results.** On the basis of statistical data obtained mathematical relationships to assess the level of electric power generation solar panel. The proposed method makes it possible to estimate the amount of electric power generated by the solar battery for a certain period of time.

**Originality.** The proposed method of assessing solar energy potential by approximating the time dependence of its power from solar radiation levels obtained through statistical surveys using a Gaussian function.

**Practical significance.** Using the average daily, monthly or annual average levels of solar radiation makes it possible to calculate the average values of solar power generated and the amount of it for a selected period of time. The proposed method can be used in the development of power system control algorithms with renewable energy sources.

**Key words:** solar panel, the level of electricity generation, the average micro power energy system, approximation of statistical data, the Gaussian function.

УДК 687.053.66

ГОРОБЕЦЬ В.А., МАНОЙЛЕНКО О.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

### НОВИЙ СПОСІБ УТВОРЕННЯ ПЛОСКОГО ЛАНЦЮГОВОГО СТІБКА ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

**Мета.** Розробка нового способу утворення ланцюгового стібка та надання рекомендацій, щодо визначення параметрів робочих органів та механізмів швейної машини.

**Методика.** При розробці нового способу застосований загальний евристичний метод з використанням принципу «зайва ланка». При визначенні параметрів робочого органу використано загальну методику проектування швейних машин ланцюгового стібка, в основу, якого покладена теорія подібності для визначення оптимальних значень геометричних параметрів робочих органів, виходячи з величини їх ходів як основи для проектування відповідних механізмів. Також використані аналітичні методи визначення геометричних параметрів складних поверхонь із урахуванням кінематичної та динамічної взаємодії ниток з цими поверхнями.

**Результати.** В роботі запропонований новий технологічний процес для швейної машини плоского ланцюгового стібка, який має низку переваг перед аналогічними відомими технологічними процесами. Запропонована методика визначення основних геометричних параметрів робочого органу – розширювача і наведені залежності для визначення раціональних параметрів механізмів швейної машини.

**Наукова новизна.** Визначення раціональних геометричних параметрів робочого органу розширювача з урахуванням взаємодії його з голкою, законів їх рухів та технологічних параметрів двохниткового плоского ланцюгового стібка.

**Практична значимість.** Запропонований спосіб утворення стібка дозволяє покращити економічні показники швейних машин плоского ланцюгового стібка, який може бути застосований для з'єднання, або обробки країв трикутних матеріалів, а також запропоновані залежності є основою для проектування швейних машин цього типу.

**Ключові слова:** плоскошовні швейні машини, ланцюговий стібок, спосіб утворення стібка, проектування механізмів швейних машин, геометричні параметри розширювача.

**Вступ.** В роботах [1-4] авторами була запропонована кілька нових способів утворення багатониткових ланцюгових стібків, які мають низку переваг перед відомими, однак поряд з цим мають значну витрату нитки на стібок, що призводить до здорожчання виробу. Новий тип стібка відноситься до плоских двониткових стібків, який передбачає в процесі його утворення використання спеціального робочого органу – розширювача оригінальної форми, який виконує рух лише в одній площині.

Тому актуальною задачею є розробка нових типів стібків, які мають достатню міцність та меншу витрату нитки порівняно з відомими аналогами, а також визначення геометричних параметрів робочих органів та необхідних величин їх ходів для їх утворення.

**Постановка завдання.** Поряд з низкою відомих переваг перед човниковими стібком двонитковий ланцюговий стібок має один суттєвий недолік він розпускається і в той же час процес його утворення не передбачає взаємодії робочих органів при зворотному ході, тобто виконання закріпки.

В тих випадках, коли необхідно отримати еластичний шов, що не розпускається, наприклад при зшиванні клінів парашутів, застосовують багатониткові ланцюгові стібки (плоскі трьохниткові, або чотирьохниткові, так звані «Sichernaht» – безпечний шов). Однак

це приводить до суттєвого збільшення витрат ниток, а також до ускладнення процесу його утворення. Тому задачею даної роботи є розробка технологічного процесу плоского ланцюгового стібка вільного від цих недоліків та визначення форми і параметрів робочих органів машини для утворення такого стібка в залежності від величини ширини стібка (відстані між проколами голок), товщини матеріалу та величини переміщення голок в матеріалі.

Тому задачею даної роботи є виведення основних залежностей, які визначають вищезгадані параметри та надання загальних рекомендацій для проектування робочих органів і механізмів швейних машин для виконання цього типу стібка.

**Результати дослідження.** Процес утворення двониткового плоского ланцюгового стібка (рис. 1) відбувається наступним чином. По одну сторону матеріалів 1, що зшиваються, першою 2 та другою 3 голками на різній відстані від поверхні матеріалів (рис. 1, а) формують петлі 4 та 5 відповідно першої та другої голкових ниток, які

проводять крізь матеріали 1, видовжують та деформують та утворюють в одному напрямку петлі-напуску 6 та 7 на різній відстані від поверхні матеріалів 1 в площині, що паралельна напрямку їх переміщення (рис. 1, б). Одночасно по другу сторону матеріалів 1 розширювачі 8 та 9 (рис. 1, в та 1, г) розширюють та видовжують петлі-напуску 6 та 7 в площині, паралельній площині матеріалів 1, навхрест на зустріч одна одній в місці утворення петель голкових ниток 4 та 5. Після цього матеріали 1 (рис. 1, г) переміщують транспортуючим органом (на рисунках не показаний) на довжину стібка. Одночасно по одну сторону матеріалів 1 (рис. 1, г) голками 2 утворюють нові петлі 10 та 11 голкових ниток на різній відстані від поверхні матеріалів 1, які проводять крізь матеріали 1 і вводять в попередні петлі голкових ниток 4 та 5 (рис. 1, г).

Після цього петлі голкових ниток 4 та 5 (рис. 1, д) скорочують, підтягуючи їх вершини до поверхні матеріалів 1, а робочі органи розширювачі 8, 9 та голки 2, 3 займають вихідне положення (рис. 1, а). Структура нового стібка показана на рис. 1, е.

Для порівняння витрати ниток на утворення класичного трьохниткового плоского ланцюгового стібка типу 406, чотирьхниткового плоского ланцюгового стібка запропонованого в роботі [3] та розглянутого вище визначимо приблизно загальні довжини витрачених ниток, відповідно  $L_3$ ,  $L_4$  та  $L_2$  розбивши стібки на елементарні вертикальні та горизонтальні відрізки, довжина яких залежить від товщини матеріалів, що зшиваються  $m$ , ширини стібка  $z$  та довжини стібка  $t$ .

Звідси:

$$L_2 = 8m + 2t + 4\sqrt{z^2 + t^2}, \quad L_3 = 8m + 6t + \sqrt{z^2 + t^2} + z, \quad L_4 = 8m + 8t + 4\sqrt{z^2 + t^2}.$$

Прийнявши з технічної характеристики базової плоскошовної машини максимальні значення  $m = 2,5$  мм,  $t = 3$  мм і  $z = 4$  мм, отримаємо:

$$L_2 = 46 \text{ мм}, \quad L_3 = 47 \text{ мм}, \quad L_4 = 66 \text{ мм}.$$

Порівняно з відомими процесами утворення плоских ланцюгових стібків в цьому випадку застосовується новий робочий орган розширювач з оригінальною формою, параметри якого необхідно визначити.

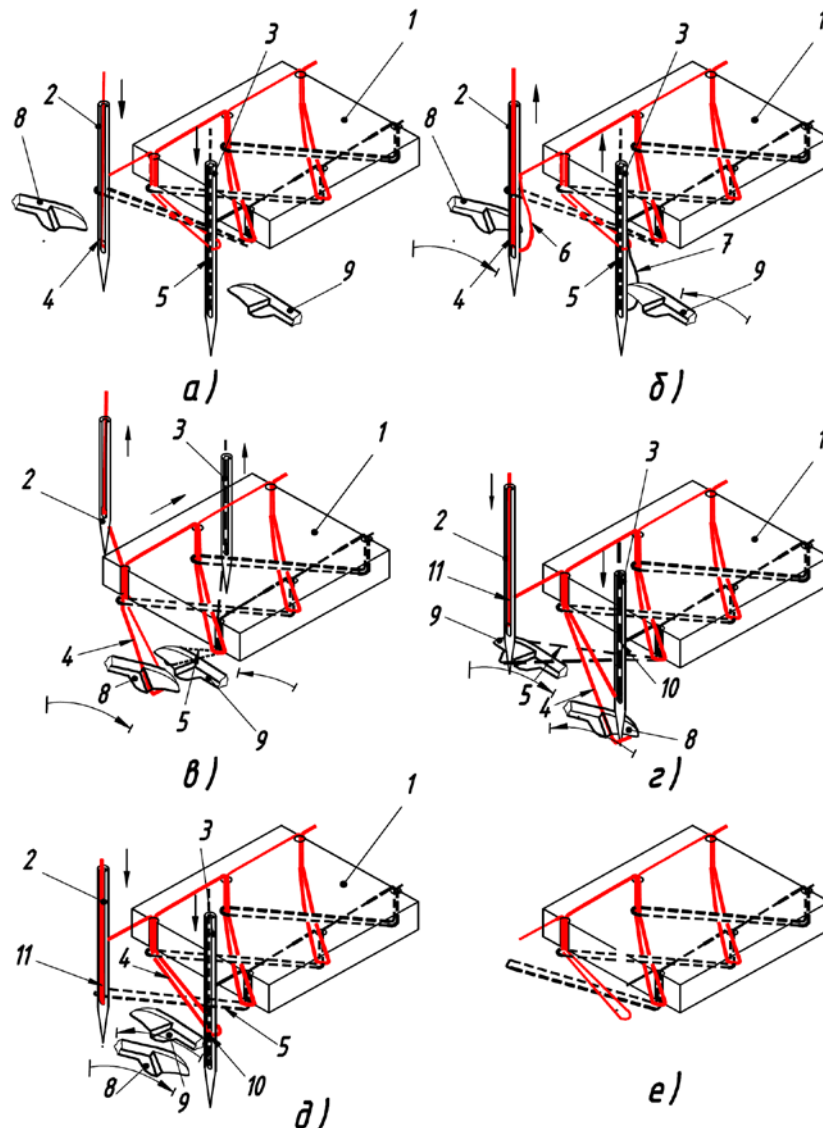


Рис. 1. Процес утворення двониткового плоского ланцюгового стібка

Функціями розширювача в процесі утворення нового стібка є:

1. захоплення «петлі-напуску» першої голки;
2. видовження петлі нитки першої голки в поперечному напрямку і перенесення її на лінію руху другої голки;
3. одночасно з операцією 2 розширення захопленої петлі в поздовжньому напрямі на ширину достатню для проходу в неї другої голки зі своєю петлею;
4. вільне скидання петлі нитки першої голки після входження в неї петлі другої нитки.

Для виконання цих функцій автори пропонують наступну форму розширювача (рис. 2, а). Розширювач включає носик 1, що утворений поверхнями П1-4 і який служить для захоплення «петлі-напуску» (т. А1, А2 рис. 2) першої нитки.

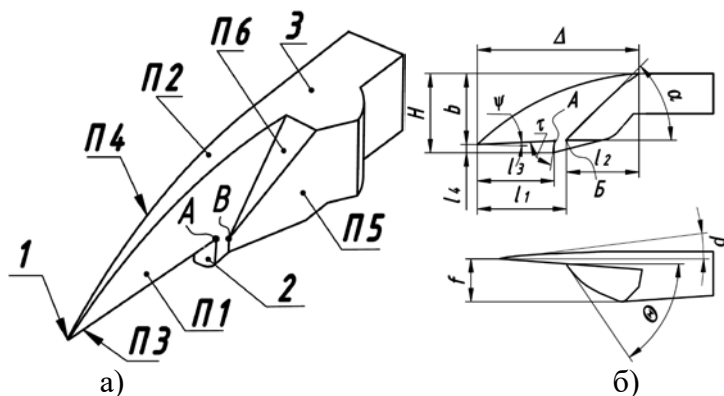


Рис. 2. Геометричні параметри розширювача

По ширині розширювач обмежується поверхнями П4,5, відстань між якими повинна забезпечити необхідну величину розширення петлі нитки, а кут між ними вільне скидання цієї петлі при зворотному русі розширювача. Оскільки розширювач при своєму русі як в прямому так і зворотному напрямі пересікає лінію руху обох голок, то для уникнення контакту з решти поверхнями П3 повинна бути перпендикулярною до їх осей і розташовуватись поза голками. Крім того для уникнення контакту з другою голкою в момент «заколу» (т. В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> та рис. 3) нею петлі першої нитки розширювач має похилу поверхню П6. Нарешті для виконання видовження петлі першої нитки в поперечному напрямі та утримання петлі голкової на його тілі на розширювачі передбачений нижній виступ 2.

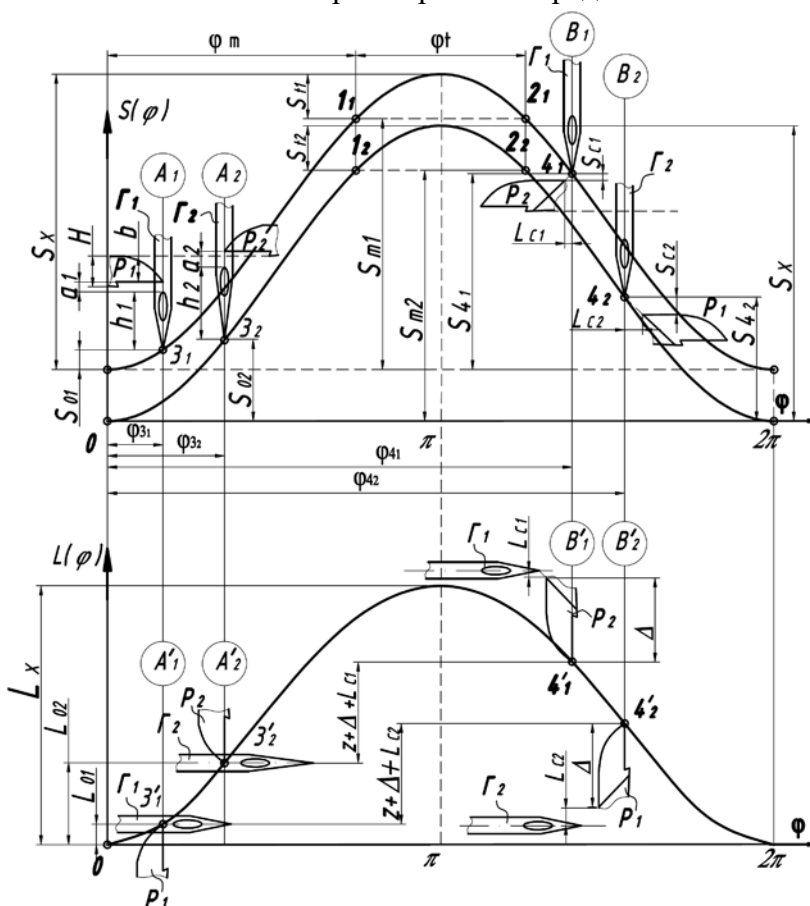


Рис. 3. Сінхrogramа роботи швейної машини плоского двохниткового ланцюгового стібка

Перераховані вище поверхні утворюють тіло розширювача 3.

Другий розширювач, який захоплює «петлю-напуску» другої голки має аналогічну форму, але виконаний дзеркально.

Вищеописана форма розширювача характеризується геометричними параметрами, вказаними на рис. 2, б.

Для визначення в першому наближенні параметрів розширювача можна застосувати наступні залежності.

Мінімальна висота розширювачів  $b$  з оптимальних умов взаємодії моментів захоплення «петель напуску» (рис. 4, а) та «заколу» (рис. 4, б) визначається системою рівняння:

$$\begin{cases} a_2 - a_1 = b \\ (h_2 - h_1) + (a_2 - a) = b' \end{cases} \quad (1)$$

де  $a_{1,2}$  – відповідно перевищення носиків розширювачів, над верхніми гранями вушок першої та другої голок;

$h_{1,2}$  – довжина вістря голок, відповідно  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$ , мм;

$b$  – висота розширювача, мм.

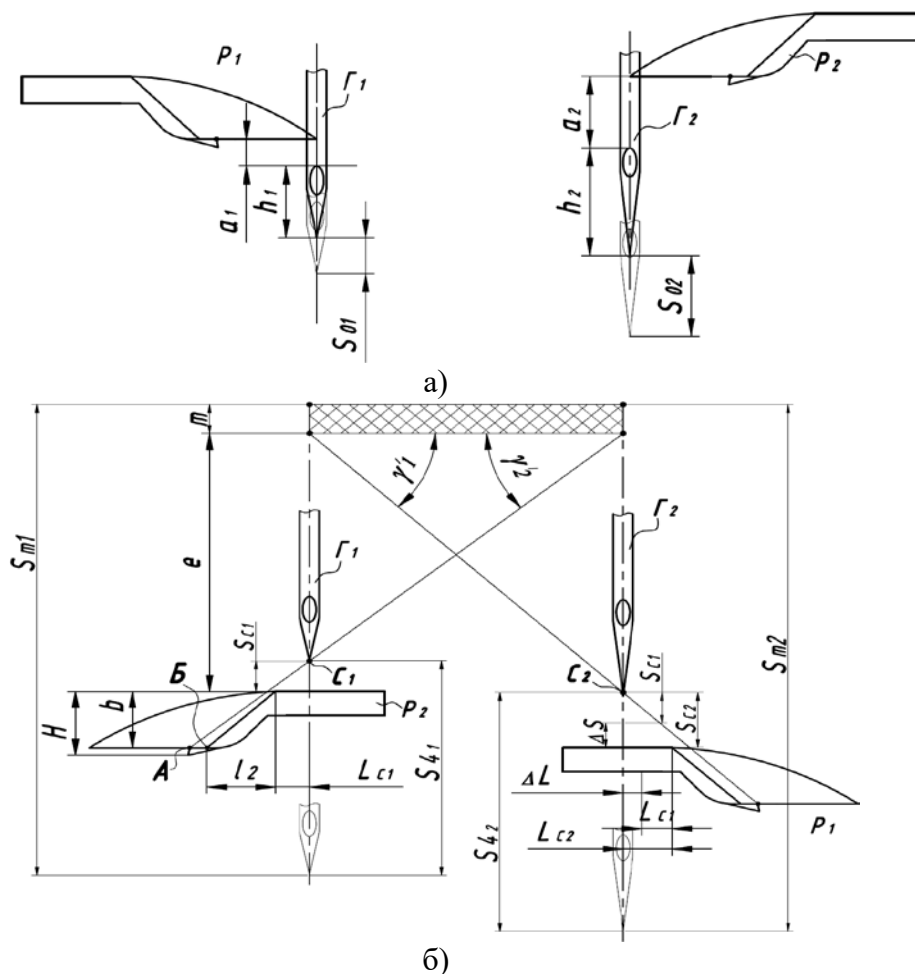


Рис. 4. Параметри процесу стібка в моменти: а) захоплення «петлі напуску», б) «закол» петлі нитки

Позначивши  $a_2 - a_1 = \Delta a$  та  $h_2 - h_1 = \Delta h$  після перетворення системи рівнянь (1), отримаємо висоту розширювачів, які задовольняють основні моменти процесу утворення стібка.

$$b = \Delta a + 0,5 \cdot \Delta h,$$

Довжина поверхні ПЗ носика розширювача залежить від процесів захоплення «петлі-напуску» та «заколу», його значення дорівнює сумі двох ділянок I1 та I2:

$$\Delta = l_1 + l_2.$$

Довжина ділянки  $l_1$  поверхні ПЗ носика розширювача залежить від співвідношення швидкостей, або їх аналогів робочих органів голки та розширювача в момент захоплення «петлі напуску» та параметрів  $a_{1,2}$  та  $h_{1,2}$ .

$$l_1 = (h_{1,2} + a_{1,2}) \cdot \frac{dL/d\varphi}{dS/d\varphi} = (h_{1,2} + a_{1,2}) \cdot \frac{dL}{dS},$$

де  $dS/d\varphi$ ,  $dL/d\varphi$  – аналоги швидкостей відповідно голки та розширювача в інтервалі кута повороту головного вала  $\varphi$ , від моменту захоплення «петлі напуску» (т. А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub> рис. 3) до моменту виходу вістря в т. В (рис. 2).

Оскільки розширювачі взаємодіють з двома голками значення параметра  $l_1$  приймається найбільшим.

Кут нахилу  $\alpha$  поверхні Пб та її протяжність  $l_2$  визначається співвідношенням аналогів швидкостей робочих органів голки та розширювача.

$$\alpha = \arctg \frac{dS/d\varphi}{dL/d\varphi} = \arctg \frac{dS}{dL},$$

$$l_2 = b \frac{dL/d\varphi}{dS/d\varphi} = b \frac{dL}{dS}, \quad (2)$$

Довжина  $l_3$  поверхні П<sub>4</sub>, яка визначає положення точки А та поверхні П<sub>5</sub>.

$$l_3 = l_1 - d$$

де  $d$  – максимальний діаметр голки, мм.

Ширина бокового виступу  $f$ .

$$f \geq d \frac{z + L_{C1,2}}{z},$$

де  $z$  – відстань між проколами голок (максимальна ширина стібка).

$L_{C1,2}$  – положення розширювачів Р<sub>1</sub> та Р<sub>2</sub> в момент «заколу» голкою попередньої петлі (величини залежать від закону руху розширювача) (рис. 3).

Параметр  $e$  – відстань між верхніми поверхнями голкової пластини та верхнього розширювача Р2 (складається з товщини голкової пластини та величини простору для переміщення зубчастої рейки) залежить від необхідної відстані між голками – ширини стібка  $z$ , та висоти розширювача  $b$ .

$$e = b \frac{z}{l_2},$$

або з урахуванням (2):

$$e = z \frac{dS}{dL}, \quad (3)$$

З іншого боку цей же параметр повинен забезпечувати умову проходження рейкою між верхнім розширювачем та нижньою поверхнею голкової пластини

Тобто :  $e' \leq e$ , де  $e' = \delta + c$ ,

де  $c$  – товщина голкової пластини;

$\delta$  – відстань між нижньою поверхнею голкової пластини та верхньою поверхнею верхнього розширювача  $P_2$ .

Кутове положення петель  $\gamma_{1,2}$  (рис. 4) до голкової пластини в момент входу вістря в її площину (початок «заколу») визначається з умови рівності виразів, які виражають його значення через закони руху голки та розширювача:

$$\gamma_{1,2} = \arctg \frac{S_x - S(\varphi_4) - S_{t1,2}}{z}, \quad (4)$$

або

$$\gamma_1 = \arctg \frac{e + H}{L(\varphi_4) - L_{01}}, \quad (5)$$

$$\gamma_2 = \arctg \frac{e}{L(\varphi_4) - L_{02}}, \quad (6)$$

$$H = b + l_4$$

де  $S_x$  – величина ходу голок  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$ ,

$S(\varphi_4)$ ,  $L(\varphi_4)$  – відповідно функції положення голок та розширювачів при проложені головного валу  $\varphi_4$  в момент «заколу»;

$S_{t1,2}$  – відстань від крайнього верхнього положення відповідно голок  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$  до верхньої поверхні голкової пластини;

$l_4$  – величина нижнього виступів розширювачів;

$L_{01}, L_{02}$  – відстань від крайнього правого положення відповідно розширювача  $P_1$  до вісі голки  $\Gamma_1$  та розширювача  $P_2$  до вісі голки  $\Gamma_2$ ;

Кут нахилу  $\tau$  нижнього виступу та його довжина  $l_4$  можуть бути прийняті конструктивно (відповідно  $\tau = 75-90^\circ$ ,  $l_4 = 1-2$  мм).

З виразів (4-6) отримаємо положення носиків розширювачів при крайньому положенні відносно вісі голок (до моменту захоплення «петель напуску»):

$$L_{01} = \frac{L(\varphi_4) \cdot (S_x - S(\varphi_4) - S_{t1}) - (e + H) \cdot z}{S(\varphi_4) + S_{t1} - S_x}, \quad (7)$$

$$L_{02} = \frac{L(\varphi_4) \cdot (S_x - S(\varphi_4) - S_{t2}) - e \cdot z}{S(\varphi_4) + S_{t2} - S_x}. \quad (8)$$

Вирази (7) та (8) можна виразити через величину підйому голок до моменту захоплення «петель напуску»:

$$L_{01} = S_{01} \frac{dL}{dS}, \quad L_{02} = S_{02} \frac{dL}{dS}.$$

Зважаючи, на те що гарантований «закол» голками  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$  відбувається при вході вістря в початок зони поверхні Пб та те, що «закол» відбувається раніше

голкою  $\Gamma_1$ .

Величина переміщення голки  $\Delta S$  до моменту «заколу» голкою  $\Gamma_2$  після моменту «заколу» голкою  $\Gamma_1$ :

$$\Delta S = 2H - \Delta a - \Delta h, \text{ або } \Delta S = S_{C2} - S_{C1}, S_{C2} = 2H + S_{C1} - \Delta a - \Delta h,$$

величина переміщення розширювача до моменту «заколу» голкою  $\Gamma_2$ :

$$\Delta L = \Delta S \frac{dL}{dS}, \text{ або } \Delta L = L_{C2} - L_{C1};$$

тоді положення розширювача  $L'_{02}$ , яке забезпечує виконання умову «заколу»:

$$L'_{02} = L_{01} + \Delta L.$$

Величина кута нахилу петлі голкової нитки в момент «заколу» обома голками.

$$\gamma'_1 = \arctg \frac{z + l_2 + L_{C1}}{b + e}, \gamma'_2 = \arctg \frac{z + l_2 + L_{C2}}{b + H + e}.$$

$$\gamma'_1 \geq \gamma'_2.$$

Крім того необхідно, щоб в момент скидання петель ниток з розширювачів кути нахилу петель ниток  $\gamma''_1$  та  $\gamma''_2$ , відповідними залежностями:

$$\left. \begin{array}{l} \gamma''_{1,2} - \beta \\ \gamma''_{1,2} - \Theta \\ \gamma''_{1,2} - \Psi \end{array} \right\} \leq \Omega,$$

де  $\Omega$  – максимальний кут нахилу петлі нитки на циліндрі, при якому відсутній її рух по циліндру ( $\Omega = 0,4 \div 0,8$  рад в залежності від властивостей нитки та поверхні циліндра [5]).

Для визначення геометричних параметрів розширювачів необхідно знати мінімально-необхідний хід голок, який можна визначити за методикою [6].

Мінімально необхідний хід розширювачів повинен забезпечити виконання трьох умов надійного забезпечення захоплення «петель-напуску» кожної з двох голок, а також «заколу», кожною голкою протилежних петель голкових ниток. Відповідно:

$$L_{X1} = \frac{L_{C2} + \Delta + z}{f_2(\varphi_{42}) - f_2(\varphi_{31})}, \quad (9)$$

$$L_{X2} = \frac{L_{C1} + \Delta + z}{f_2(\varphi_{41}) - f_2(\varphi_{32})}, \quad (10)$$

$$L_{X3} = \frac{\Delta L}{f_2(\varphi_{42}) - f_2(\varphi_{41})}, \quad (11)$$

де  $L_{C1,2}$  – положення розширювачів відносно голок в моменти «заколів»;

$f_2(\varphi)$  – одинична функція положення розширювачів  $f_2(\varphi) = 2L(\varphi)/L_X$ ;

$\varphi_{3...4}$  – кути повороту головного вала, що характеризують моменти A1,2 та B1,2.

З отриманих за формулами (9-11) значень  $L_X$  вибирають виходячи з структури кожного механізму розширювача, у випадку однакових законів руху та однакових величин переміщення  $L_X$  необхідно вибрати найбільше.

*Приклад розрахунку та вибір раціональних параметрів механізмів.*

Виходячи з вищевикладеного, розрахуємо параметри розширювача та параметри механізму голки та розширювачів для конкретної машини. Враховуючи, що в типових механізмах швейних машин цього класу незначне викривлення гармонічних законів (коефіцієнти викривлення для механізму голки та розширювача відповідно складають  $\lambda_r \approx 0,1$  та  $\lambda_p \approx 0,2$  [7]) з достатньою точністю для практики можна прийняти гармонічні закони голок  $S(\varphi)$  та розширювачів  $L(\varphi)_{1,2}$ :

$$S(\varphi) = 0,5S_x(1 - \cos(\varphi)) \quad \text{та} \quad L(\varphi)_{1,2} = 0,5L_{x1,2}(1 - \cos(\varphi)).$$

де  $L_{x1,2}$  – відповідно величина ходу розширювачів  $P_1$  та  $P_2$ .

Зважаючи на те, що моменти «заколу» петель голкових ниток голками залежать від параметрів моменту захоплення «петель напуску» (розміру «петлі напуску» – величина підйому голки, перевищення розширювача над вушком), доцільно підібрати такі параметри, які забезпечили б надійний «закол» петель голкових ниток при умові надійного виконання процесу «заколу». Тому для надійності умов взаємодії голок з розширювачами в момент «заколу» та оптимізації величини ходів робочих органів швейної машини доцільно застосовувати голки з різною довжиною вістря  $h_1, h_2$  та різним перевищенням носика розширювачів  $a_1$  та  $a_2$ , а висота верхнього розширювача  $b$  повинна бути мінімальною. Найбільш доцільні умови виконання основних моментів (захват «петель напуску» та «заколу») процесу утворення цього типу стібка сумісно досягаються, як конструктивним рішенням робочих органів так і різними умовами захоплення петель «напуску».

Таким чином з урахувань значень граничних умов в аналогічних процесах в швейних машинах [7] (перевищення носика розширювача над верхньою кромкою вушка голки допустиме в діапазоні  $a=1,5 \div 4$  мм, стійкість «петлі напуску» при підйомі голки з крайнього нижнього положення постерігається при величині  $S_0=1,5 \div 4,5$  мм) приймаємо:  $a_1=1,5$  мм,  $a_2=4$  мм,  $S_{01}=2$  мм,  $S_{02}=4,5$  мм, а довжини вістер  $h_1=4$  мм,  $h_2=6$  мм,  $d=0,9$  мм. Також приймаємо: ширину стібка  $z=6,4$  мм (відповідає максимальному значенню більшості відомих плоскошовних швейних машин), тривалість транспортування матеріалу за циклограмою  $\varphi t=120^\circ$  та товщину пакету матеріалу (максимальна)  $m=3,5$  мм. Враховуючи те, що відстань між верхніми поверхнями голкової пластини та верхнього розширювача  $P_2$ , в більшості швейних плоскошовних машин [8] становить  $e=3 \div 5$  мм. В нашому випадку з метою зменшення необхідної швидкості розширювачів приймаємо параметр  $e=8$  мм. З виразу (3) відношення аналогів швидкостей голок та розширювачів:

$$\frac{dS}{dL} = \frac{e}{z} = \frac{8}{6,4} = 1,25, \quad \frac{dL}{dS} = 0,8.$$

Визначимо параметри розширювача виходячи з максимальних величин параметрів  $a_{1,2}$  та  $h_{1,2}$  ( $\Delta a=2,5$  мм,  $\Delta h=2$  мм):

$$l_1 = (h_{1,2} + a_{1,2}) \cdot \frac{dL}{dS} = (6 + 4) \cdot 0,8 = 8 \text{ мм}, \quad b = \frac{2\Delta a + \Delta h}{2} = \frac{2 \cdot 2,5 + 2}{2} = 3,5 \text{ мм},$$

$$H = b + \Delta = 1 + 4,5 \text{ мм},$$

$$l_2 = b \cdot \frac{dL}{dS} = 3,5 \cdot 0,8 = 2,8 \text{ мм}, \quad \Delta = l_1 + l_2 = 8 + 2,8 = 10,8 \text{ мм}.$$

Визначимо величини переміщення голки в матеріалі [6]:

$$S_{m1} = h_1 + S_{01} + a_1 + 2H + e + m = 4 + 2 + 1,5 + 2 \cdot 4,5 + 4 + 3,5 = 24 \text{ мм}$$

$$S_{m2} = h_2 + S_{02} + a_2 + b + e + m = 6 + 4,5 + 4 + 3,5 + 4 + 3,5 = 25,5 \text{ мм}$$

Кут повороту головного валу протягом, якого відбувається переміщення «нижньої» голки в матеріалі визначаємо виразом [7]:

$$\varphi_m = (180^\circ - 0,5\varphi_t) = (180^\circ - 0,5 \cdot 120^\circ) = 120^\circ$$

Одинична функція положення голководи:  $f_1(\varphi) = 1 - \cos(\varphi)$ ,

Тоді за виразом величина ходу голок в матеріалі з урахуванням більшого переміщення  $S_{m2}$  [7]:

$$S_x = \frac{2 \cdot S_m}{1 - \cos(\varphi_m)} = \frac{2 \cdot 25,5}{1 - \cos(120^\circ)} = 34 \text{ мм}$$

Кут повороту головного валу за який відбувається утворення «петель-напуску» [7]:

$$\varphi_3 = \arccos\left(\frac{0,5S_x - S_0}{0,5S_x}\right), \text{ тобто: } \varphi_{31} = 28,1^\circ, \varphi_{32} = 42,7^\circ$$

Величини переміщення голок під час «заколу» при  $L_{c1}=0$  (тобто  $S_{c1} = 0$  мм вістря голки Г1 входить в площину поверхні П6 розширювача Р2 рис. 2) :

$$S_{41} = h_1 + S_{01} + a_1 + 2H = 4 + 2 + 1,5 + 2 \cdot 4,5 = 16,5 \text{ мм}$$

$$S_{42} = h_2 + S_{02} + a_2 + H + S_{C2} = 6 + 4,5 + 4 + 4,5 + 4,5 = 23,5 \text{ мм}$$

Кути повороту головного валу, який забезпечує переміщення голководи в моменти В1 та В2.

$$\varphi_{4..} = \arccos\left(\frac{0,5S_x - S_{4..}}{0,5S_x}\right), \text{ тобто: } \varphi_{41} = 268,3^\circ, \varphi_{42} = 292,5^\circ$$

Одинична функція розширювачів:  $f_2(\varphi) = 1 - \cos(\varphi)$

Величина ходу розширювачів:

$$L_{C2} = S_{C2} \cdot \frac{dL}{dS} = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ мм}$$

$$L_{X1} = \frac{L_{C2} + \Delta + z}{f_2(\varphi_{42}) - f_2(\varphi_{31})} = \frac{3,6 + 10,8 + 6,4}{\cos(28,1^\circ) - \cos(292,5^\circ)} = \frac{20,8}{0,882 - 0,383} = 41,7 \text{ мм},$$

$$L_{X2} = \frac{L_{C1} + \Delta + z}{f_2(\varphi_{41}) - f_2(\varphi_{32})} = \frac{0 + 10,8 + 6,4}{\cos(42,7^\circ) - \cos(268,3^\circ)} = \frac{17,2}{0,735 + 0,03} = 23,3 \text{ мм},$$

Тоді співвідношення аналогів швидкостей:  $\frac{dS}{dL} = \frac{34}{41,7} = 0,81$

Нові параметри розширювача:  $l_1 = 8,1 \text{ мм}$ ,  $l_2 = 2,8 \text{ мм}$ ,  $\Delta = 10,9 \text{ мм}$ ,  $f \geq 1,4 \text{ мм}$

$$\gamma'_1 = \arctg \frac{6,4 + 2,8 + 0}{3,5 + 8} = 38,6^\circ, \gamma'_2 = \arctg \frac{6,4 + 2,8 + 3,6}{3,5 + 4,5 + 8} = 38,6^\circ.$$

$\gamma'_1 = \gamma'_2$  – умова «заколів» виконується.

Креслення розширювача для виконання двохниткового ланцюгового стібка з шириною стібка  $z=6,4$  мм, максимальною товщиною пакету матеріалів  $m=3,5$  мм наведено рис. 5.

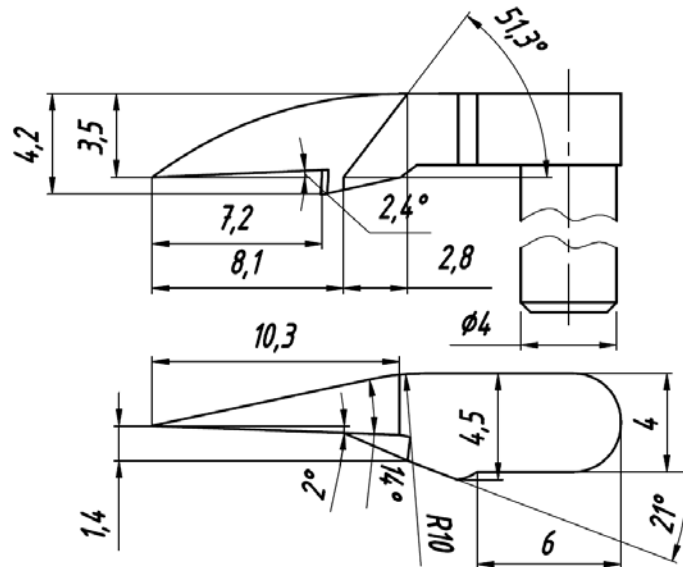


Рис. 5. Геометричні параметри розширювача

**Висновки.** Як видно з розрахунків довжина нитки, вкладки в новий стібко порівняно з стібком 406 зменшується незначно (трохи більше 2х відсотків, однак новий стібко має перед стібком типу 406 іншу суттєву перевагу – його максимальна ширина може переважати відповідний параметр стібка типу 406 у кілька разів. Що стосується порівняння запропонованого стібка з чотирьохнитковим стібком, розглянутим в [3], то тут економія нитки складає понад 43 %. Тому застосування нового технологічного процесу утворення плоского ланцюгового стібка дозволить усунути основний недолік цих стібків – надмірну витрати нитки. В свою чергу, наведені залежності дозволяють визначити основні геометричні параметри та спроектувати функціональні механізми швейної машини для виконання плоского дохниткового ланцюгового стібка. Також встановлено, що геометрія робочого органу розширювача залежить від співвідношення аналогів швидкостей голки до розширювачів та параметра  $e$ , при збільшенні якого значення довжин ділянок розширювача зменшується і навпаки, що необхідно врахувати при конструюванні робочого органу розширювача.

#### Список використаних джерел

1. Спосіб образование двухниточной цепной зигзагообразной строчки: Ас. СРСР В.А. Горобець, Е.В. Аверил. № 1348417; от 30.10.87 ОИПОТЗ №40 с. 4
2. Спосіб утворення ланцюгового зигзагоподібного стібка: пат. України В.А. Горобець; заявник та патентовласник «КНУТД». № 27329; від 15.09.2000, Бюл. № 4 – 3 с. 7.
3. Спосіб утворення чотирьохниткового плоского ланцюгового стібка: пат. України О.П, Манойленко, В.А. Горобець; заявник та патентовласник «КНУТД». № 76292; від 25.12.12, Бюл. № 24 – 4 с. 4.
4. Спосіб утворення триниткового зигзагоподібного ланцюгового стібка: пат. України О.П, Манойленко, В.А. Горобець; заявник та патентовласник «КНУТД». № 80838; від 10.06.13, Бюл. № 24 – 4 с. 4.

5. Щербань В.Ю. Механика нити / В.Ю. Щербань, О.Н. Хомяк, Ю.Ю. Щербань – К.: КНУТД, – 2002. 196 с.
6. Горобець В.А. Designing the flat sewing machines' mechanisms that implement a new type of stitch / V.A. Gorobets, O.P. Manoylenko // Праці ОПУ — Одеса, 2015. – №2 (46), с.69-74.
7. Піщіков В.О. Проектування швейних машин / В.О. Піщіков, Б.В. Орловський – К.: Видавничо-поліграфічний дім «Формат». – 2007. – 320 с.
8. Манойленко О.П. Розробка механізмів подачі голкової нитки сточувальних машин ланцюгового стібка. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. К.: КНУТД – 2008. – 24 с.

### References

1. V.A. Horobec', E.V. Averil, (1987) Sposob obrazovanie dvuhnitochnoj cepnoj zigzagobraznoj strochki [A process for the formation of double-stranded chain-stitch zigzag ], – As. SRSR, № 1348417 [in Ukrainian].
2. V.A. Horobets' (2000) Sposib utvorenniya lantsyuhovoho zyhzahopodibnoho stibka [Method zigzag stitch formation chain], – patent UA, № 27329, [in Ukrainian].
3. O.P, Manoylenko, V.A. Horobets Sposib utvorenniya chotyrokhnitkovoho ploskoho lantsyuhovoho stibka [The method of formation of four hread flat spinning chain stitch], – patent UA, № 76292, [in Ukrainian].
4. Manoylenko, A.P., Gorobets, V.A. (2013) Sposib utvorenniya trinitkovogo zigzagopodibnogo lantsyugovogo stibka [The method of forming a planar four thread chain stitch], – patent UA, № 80838, [in Ukrainian].
5. Shcherban' V.Yu., Khomyak O.N., Shcherban' Yu.Yu. (2002) Mekhanyka nyty [Mechanics whining] Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
6. Gorobec' V.A., Manojlenko O.P. (2015) Designing the flat sewing machines' mechanisms that implement a new type of stitch [Designing the flat sewing machines' mechanisms that implement a new type of stitch] Odesa: Praci OPU [in Ukrainian].
7. Pishchikov V.O., Orlovs'kij B.V. (2007) Proektuvannya shvejnih mashin [Design sewing machines] Kyiv: Publishing and Printing House "Format" [in Ukrainian].
8. Manojlenko O.P. (2008) Rozrobka mekhanizmiv podachi golkovoї nitki stochuval'nih mashin lancyugovogo stibka. Avtoreferat disertacii na zdobuttya naukovogo stupenya kandidata tekhnichnih nauk [Developing mechanisms to feed the needle thread boring machines chain stitch] Kyiv: Visnik KNUTD [in Ukrainian].

### НОВЫЙ СПОСОБ ОБРАЗОВАНИЯ ПЛОСКОГО ЦЕПНОГО СТЕЖКА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

ГОРОБЕЦ В.А, МАНОЙЛЕНКО А.П.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка нового способа образования цепного стежка и рекомендации относительно определения параметров рабочих органов и механизмов швейной машины.

**Методика.** При разработке нового способа применен общий эвристический метод с использованием принципа «лишнее звено». При определении параметров рабочего органа использовано общую методику проектирования швейных машин цепного стежка, в основу, которого положена теория подобия для определения оптимальных значений геометрических параметров рабочих органов, исходя из величины их ходов в качестве основы для

проектирования соответствующих механизмов. Также использованы аналитические методы определения геометрических параметров сложных поверхностей с учетом кинематической и динамической взаимодействия нитей с этими поверхностями.

**Результаты.** В работе предложен новый технологический процесс для швейной машины плоского цепного стежка, который имеет ряд преимуществ перед аналогичными известными технологическими процессами. Предложенная методика определения основных геометрических параметров рабочего органа - расширителя и приведены зависимости для определения рациональных параметров механизмов швейной машины.

**Научная новизна.** Определение рациональных геометрических параметров рабочего органа расширителя из условий взаимодействия его с иглой, законов их движений и технологических параметров двухниточного плоского цепного стежка.

**Практическая значимость.** Предложенный способ образования стежка позволяет улучшить экономические показатели швейных машин плоского цепного стежка, который может быть применен для соединения или обработки краев трикотажных материалов, а также предложенные зависимости является основой для проектирования швейных машин этого типа.

**Ключевые слова:** *плоскошовные швейные машины, цепной стежок, способ образования стежка, проектирование механизмов швейных машин, геометрические параметры расширителя.*

## **NEW METHOD FOR FORMATION OF FLAT CHAIN STITCH AND DEFINITIONS OF WORKING PARAMETERS**

GOROBETS V.A., MANOILENKO O.P.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Purposel.** Development of a new method of formation of chain stitch and recommendations regarding the determination of parameters of working bodies and mechanisms of the sewing machine.

**Methodology.** When developing a new method used a general heuristic method using the principle of "extra element". If defined parameters working body uses a common design technique of sewing machines chain stitch, the basis of which rests similarity theory to determine the optimal values of geometrical parameters of working bodies, based on the magnitude of their turns as the basis for designing appropriate mechanisms. Also used analytical methods for determining the geometric parameters of complex surfaces with regard kinematic and dynamic interaction of threads with these surfaces.

**Findings.** The paper proposed a new manufacturing process for flat sewing machine chain stitch, which has several advantages over similar known process. The technique of defining the basic geometrical parameters of working body - the expander and are depending on rational parameters for determining the mechanisms of sewing machine.

**Originality.** Definition of rational geometric parameters of the looper operating element of the conditions of its interaction with the needle, the laws of their movements and technological parameters of two-thread chain stitch flat.

**Practical value.** The proposed method stitch formation improves economic performance flat sewing machines chain stitch, which can be used to connect or processing edges knitted materials, and proposed depending on the basis for designing sewing machines of this type.

**Keywords:** *flat sewing machines chain stitch, chain stitch, stitch method of education, designing mechanisms sewing machine, geometric parameters extender.*

УДК 677.055:621.825-192

РУБАНКА М.М., ПІПА Б.Ф.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ВИБІР РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ РІЗЬБОВИХ МУФТ ТА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЇХ РОБОТИ

**Мета.** Розробка методу вибору раціональних робочих параметрів різьбових муфт та нової конструкції різьбової муфти з підвищеною надійністю її роботи.

**Методика.** Використані сучасні методи теорій пружності та міцності механічних систем.

**Результати.** На основі аналізу конструкцій муфт розроблено нову конструкцію глухої фланцевої різьбової муфти з підвищеною надійністю роботи та метод вибору її робочих параметрів. Запропонована муфта дозволяє значно зменшити інерційність механічної системи, де вона використовується, і, таким чином, зменшити динамічні навантаження, що зумовлює підвищення надійності та довговічності роботи муфти. Встановлено, що використання в муфті фрикційної шайби дозволяє суттєво розвантажити різьбове з'єднання півмуфт і, тим самим, підвищити надійність та довговічність роботи муфти. Запропонована муфта працездатна лише при умові нереверсивного обертання, що має місце в переважній більшості механізмів і машин. Метод вибору параметрів фланцевої різьбової муфти може бути використаний при розробці нових перспективних видів різьбових муфт.

**Наукова новизна.** Розроблено метод визначення параметрів різьбових муфт.

**Практична значимість.** Запропонована нова конструкція фланцевої різьбової муфти з фрикційною шайбою та інженерний метод знаходження її раціональних параметрів.

**Ключові слова:** муфта, глуха фланцева муфта, фланцева муфта з фрикційною шайбою, різьбова муфта, надійність роботи муфт, вибір параметрів різьбових муфт.

**Вступ.** Надійність та довговічність роботи вузлів та механізмів машин, в тому числі і машин легкої промисловості, в значній мірі залежать від надійності з'єднання їх валів між собою. В сучасних вузлах та механізмах машин більшість з'єднань валів здійснюється за допомогою фланцевих муфт [1-3]. Великий зовнішній діаметр фланцевих муфт, що в 3 і більше разів перевищує діаметр з'єднуваних валів, та їх вага призводять до збільшення моменту інерції обертальних мас механічної системи, де використовуються фланцеві муфти, що в свою чергу викликає значні динамічні навантаження [4] і, в цілому, призводить до зниження надійності та довговічності роботи з'єднання валів. Таким чином, проблема розробки нових конструкцій муфт та методів вибору їх робочих параметрів є актуальною для сучасного машинобудування, зокрема легкого.

**Постановка завдання.** Враховуючи доцільність підвищення надійності та довговічності з'єднання валів вузлів та механізмів машин, завданням досліджень стала розробка нової конструкції глухої фланцевої різьбової муфти та методу вибору її раціональних робочих параметрів, здатних підвищити надійність роботи муфти.

**Результати дослідження.** Враховуючи недоліки існуючих конструкцій фланцевих муфт, автори запропонували нову конструкцію муфти [5], схема якої представлена на рис. 1.

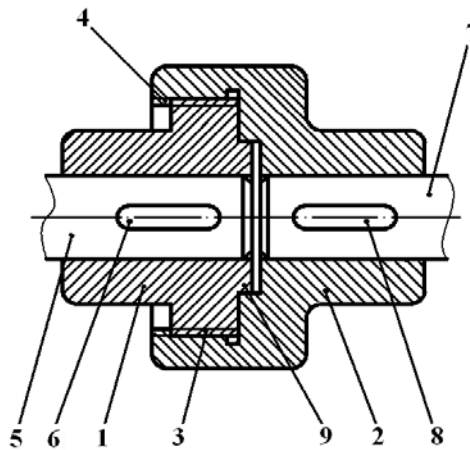


Рис. 1. Схема фланцевої різьбової муфти: 1, 2 – півмуфти; 3, 4 – зовнішня та внутрішня різьби; 5, 7 – вали; 6, 8 – шпонки; 9 – центруючий буртик

З'єднання валів муфтою виконується та працює таким чином. На кінець вала 5 за допомогою шпонки 6 закріплюють півмуфту 1. На кінець вала 7 за допомогою шпонки 8 закріплюють півмуфту 2. Вали з півмуфтами приближають один до одного і шляхом обертання одного із них здійснюють нагвинчування півмуфти 2 з внутрішньою різьбою 4 на півмуфту 1 з зовнішньою різьбою 3 (або вгвинчують півмуфту 1 в півмуфту 2). Наявність центруючого буртика 9 дозволяє досягти бажаної точності центрування з'єднаних муфтою валів 5, 7. Зменшення зовнішнього діаметру муфти зменшує її металомісткість та інерційність, що забезпечує підвищення довговічності роботи муфти.

Слід відмітити, що з'єднання валів за допомогою запропонованої муфти працюватиме лише при умові нереверсивного їх обертання, що має місце в багатьох типах машин, зокрема в машинах легкої промисловості.

Визначимо робочі параметри запропонованої муфти, розрахункова схема якої представлена на рис. 2, та умови її працездатності.

Величина крутного моменту  $T_p$ , що діє на різьбу півмуфт, знаходиться із умови:

$$T_p = T - T_m, \quad (1)$$

де  $T$  – крутний момент муфти;

$T_m$  - момент тертя на опорній поверхні півмуфт,

$$T_m = \frac{1}{3} F_a f \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^2 - d_3^2}; \quad (2)$$

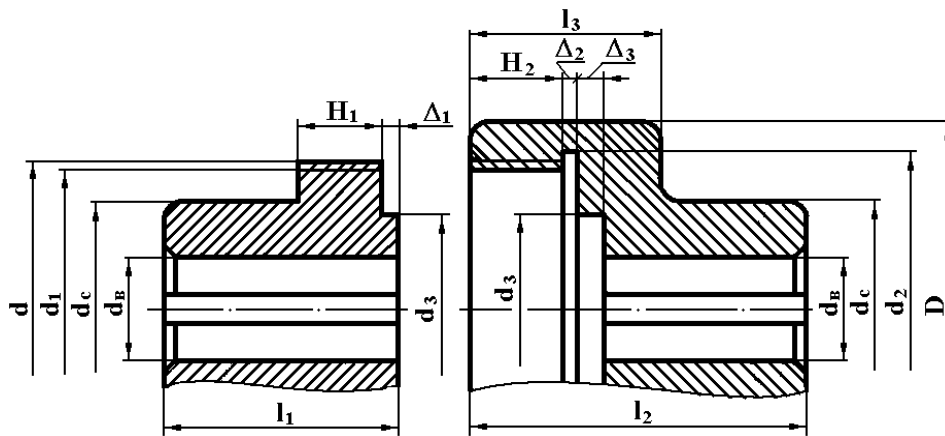


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення параметрів фланцевої різьбової муфти

$F_a$  - осьова сила різьби, згідно з теорією різьбової пари [4]:

$$F_a = \frac{2T_p}{d_p \operatorname{tg}(\psi + \rho')} ; \quad (3)$$

$d_1, d_3$  - відповідно внутрішній діаметр різьби та діаметр центруючого буртика;

$d_p$  - середній діаметр різьби;

$\psi$  - кут підйому різьби,  $\psi = \operatorname{arctg} \frac{p}{\pi d_p} ; \quad (4)$

$p$  - крок різьби;

$\rho'$  - приведений кут тертя різьби,  $\rho' = \frac{\rho}{\cos 0,5\alpha} ;$

$\rho$  - кут тертя різьби,  $\rho = \operatorname{arctg} f_1 ;$

$f_1$  - коефіцієнт тертя різьби;

$\alpha$  - кут профілю різьби;

$f$  - коефіцієнт тертя півмуфт.

Враховуючи (1), (2), із рівняння (3) знаходимо:

$$F_a = \frac{2T}{d_p \operatorname{tg}(\psi + \rho') + \frac{2}{3} f \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^2 - d_3^2}} . \quad (5)$$

Враховуючи відповідальність різьбового з'єднання півмуфт, перевірку його працездатності доцільно виконувати згідно з методикою перевірки відповідального різьбового з'єднання [6]:

$$\tau_{zp} = \frac{F_a}{\pi z k \psi p d} \leq [\tau_{zp}] ; \quad (6)$$

$$\sigma_{3z} = \frac{3F_a (d - d_1)}{2\pi z k \psi^2 p^2 d} \leq [\sigma_{3z}] ; \quad (7)$$

$$\sigma_{зм} = \frac{4F_a}{\pi z k (d^2 - d_1^2)} \leq [\sigma_{зм}]. \quad (8)$$

де  $\tau_{зр}, [\tau_{зр}], \sigma_{зг}, [\sigma_{зг}], \sigma_{зм}, [\sigma_{зм}]$  - напруження зрису, згину та зминання витків різьби відповідно діюче і допустиме;

$d$  - зовнішній діаметр різьби;

$z$  - рекомендоване число робочих витків різьби,  $z \leq 10$  [6];

$k$  - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження між витками різьби,  $k \approx \frac{5p}{d}$  [6];

$\psi$  - коефіцієнт повноти різьби, для трикутної (метричної) різьби  $\psi = 0,87$  [6];

Необхідна довжина ділянок півмуфт з різьбою  $H_1, H_2$  може бути знайдена із умов:

$$H_1 \geq zp, \quad H_2 = H_1 + (3...5)\text{мм}. \quad (9)$$

Працездатність муфти забезпечується також міцністю корпусу із умови роботи його на розтяг та кручення. Згідно з четвертою теорією міцності [7]:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau_k^2} \leq [\sigma_p], \quad (10)$$

де  $\sigma_e, \sigma_p, [\sigma_p], \tau_k$  - напруження еквівалентне, розтягу (відповідно діюче і допустиме) та кручення матеріалу корпусу муфти;  $\sigma_p = \frac{4F_a}{\pi(D^2 - d_2^2)}$ ; (11)

$D, d_2$  - відповідно зовнішній та внутрішній діаметри перерізу корпусу муфти (рис. 2);

$$\tau_k = \frac{T - T_m}{W_p}; \quad (12)$$

$W_p$  - полярний момент опору перерізу корпусу муфти [7],

$$W_p = 0,2D^3 \left[ 1 - \left( \frac{d_2}{D} \right)^4 \right]. \quad (13)$$

Що стосується інших розмірів півмуфт, то їх можна вибирати, враховуючи загальноприйняті для муфт рекомендації [1-4, 6] та особливості конструкції запропонованої муфти (рис. 2):

$$d_c = (1,5...1,6)d_e; \quad l_1 = (1,25...2,0)d_e; \quad l_2 = l_1 + H_2 + \Delta_2 + \Delta_3; \\ l_3 = H_2 + \Delta_2 + \Delta_3 + (5...10)\text{мм}, \quad D = d + (5...12)\text{мм}, \quad (14)$$

де  $d_c, d_e, l_1, l_2$  - відповідно діаметр ступиць, діаметр отвору півмуфт (діаметр валу), довжина ступиці з зовнішньою різьбою та довжина півмуфти з внутрішньою різьбою;

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$  - ширина центруючого буртика, проточки та глибина впадини під центруючий буртик.

Діаметр отвору півмуфт (діаметр валу) знаходиться із умови міцності валу на кручення [4]:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{5T}{[\tau]}}, \quad (15)$$

де  $[\tau]$  - допустиме напруження матеріалу валу на кручення,  $[\tau] = 20 \dots 25$  МПа (для сталевих валів).

Інші розміри півмуфт вибираються із конструктивних міркувань.

Аналіз запропонованої муфти показує, що з'єднання півмуфт за допомогою зовнішньої та внутрішньої різьб призводить до значних навантажень різьб, що не дозволяє в повній мірі вирішити проблему підвищення надійності та довговічності роботи муфти.

З метою підвищення надійності та ефективності роботи різьбової муфти автори запропонували більш досконалу її конструкцію [8], схема якої представлена на рис. 3.

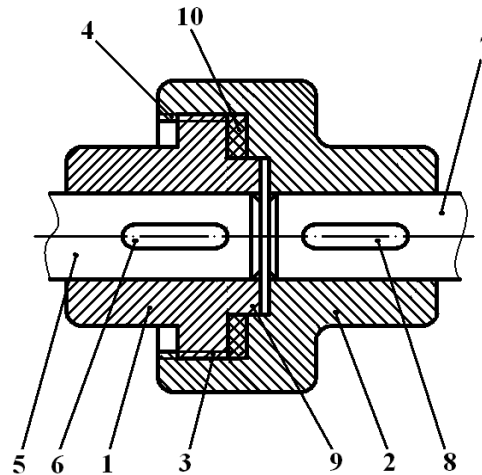


Рис. 3. Схема фланцевої різьбової муфти з фрикційною шайбою:  
1, 2 – півмуфти; 3, 4 – зовнішня та внутрішня різьби; 5, 7 – вали;  
6, 8 – шпонки; 9 – центруючий буртик; 10 – фрикційна шайба

З'єднання валів муфтою виконується та працює таким чином. На кінець вала 5 за допомогою шпонки 6 закріплюють півмуфту 1 з розташованою на її центруючому буртику 9 фрикційною шайбою 10. На кінець вала 7 за допомогою шпонки 8 закріплюють півмуфту 2. Вали з півмуфтами приближають один до одного і шляхом обертання одного із них здійснюють нагвинчування півмуфти 2 з внутрішньою різьбою 4 на півмуфту 1 з зовнішньою різьбою 3 (або вгвинчують півмуфту 1 в півмуфту 2). Півмуфти обертають одна відносно другої до тих пір поки фрикційна шайба 10 не буде щільно затиснута між півмуфтами. Сили тертя, що виникають при роботі муфти в зоні притиску пар півмуфта 1 – фрикційна шайба 10 і фрикційна шайба 10 – півмуфта 2, зумовлюють появу значного моменту сил тертя (приблизно в 4 рази більшого ніж при роботі муфти без фрикційної шайби), що дозволяє суттєво розвантажити різьбове з'єднання півмуфт і, тим самим, підвищити надійність та довговічність роботи муфти.

**Висновки.** Виконані дослідження показують наступне:

- запропонована муфта відноситься до фланцевих різьбових муфт і може бути використана для з'єднання окремих валів вузлів та механізмів машин між собою;
- фланцева різьбова муфта дозволяє значно зменшити інерційність механічної системи, де вона використовується, і, таким чином, зменшити динамічні навантаження, що зумовлює підвищення надійності та довговічності роботи муфти;
- використання в муфті фрикційної шайби дозволяє розвантажити різьбове з'єднання півмуфт і, тим самим, підвищити надійність та довговічність роботи муфти;

- запропонована муфта працездатна лише при умові нереверсивного обертання, що має місце в переважній більшості механізмів і машин;
- метод вибору параметрів фланцевої різьбової муфти може бути використаний при розробці нових перспективних видів різьбових муфт.

### Список використаної літератури

1. Поляков В. С. Справочник по муфтам / В. С. Поляков, И. Д. Барабаш, О. А. Ряховский. – 2-е изд. – Л. : Машиностроение, 1979. – 351 с.
2. Піпа Б.Ф. Муфти. З'єднання деталей з валами (нові розробки та елементи розрахунків) : монографія / Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, А.І. Марченко. – К. : КНУТД, 2011. – 166 с.
3. Піпа Б.Ф. Муфти приводів / Б.Ф. Піпа, С.В. Музичишин. – К. : КНУТД, 2015. – 55 с.
4. Піпа Б. Ф. Деталі машин : підручник / Б. Ф. Піпа, О. М. Хомяк, А. І. Марченко. – К. : КНУТД, 2011. – 358 с.
5. Пат. 46859 Україна, МПК F 16 B 21/00. Муфта / Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Марченко А.І. ; заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну. – № u200906949 ; заявл. 03.07.2009 ; опубл. 11.01.2010, Бюл. № 1.
6. Райко М.В. Расчет деталей и узлов машин / М.В. Райко. – К. : Техніка, 1966. – 500 с.
7. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. – К. : Наукова думка, 1975. – 704 с.
8. Пат. 57007 Україна, МПК F 16 B 21/02. Муфта / Піпа Б. Ф., Марченко А.І. ; заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну. – № u201006895 ; заявл. 04.06.2010 ; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 3.

### References

1. Poljakov V. S. Spravochnik po muftam / V. S. Poljakov, I. D. Barabash, O. A. Rjahovskij. – 2-e izd. – L. : Mashinostroenie, 1979. – 351 s.
2. Pipa B.F. Mufty. Z'jednannja detalej z valamy (novi rozrobky ta elementy rozrahunkiv) : monografija / B.F. Pipa, O.M. Homjak, A.I. Marchenko. – K. : KNUTD, 2011. – 166 s.
3. Pipa B.F. Mufty pryvodiv / B.F. Pipa, S.V. Muzychyshyn. – K. : KNUTD, 2015. – 55 s.
4. Pipa B. F. Detali mashyn : pidruchnyk / B. F. Pipa, O. M. Homjak, A. I. Marchenko. – K. : KNUTD, 2011. – 358 s.
5. Pat. 46859 Ukrai'na, MPK F 16 B 21/00. Mufta / Pipa B.F., Homjak O.M., Marchenko A.I. ; zajavnyk ta patentovlasnyk Kyi'vs'kyj nacional'nyj universytet tehnologij ta dyzajnu. – № u200906949 ; zajavl. 03.07.2009 ; opubl. 11.01.2010, Bjul. № 1.
6. Rajko M.V. Raschet detalej i uzlov mashin / M.V. Rajko. – K. : Tehnika, 1966. – 500 s.
7. Pisarenko G.S. Spravochnik po soprotivleniju materialov / G.S. Pisarenko, A.P. Jakovlev, V.V. Matveev. – K. : Naukova dumka, 1975. – 704 s.
8. Pat. 57007 Ukrai'na, MPK F 16 B 21/02. Mufta / Pipa B. F., Marchenko A.I. ; zajavnyk ta patentovlasnyk Kyi'vs'kyj nacional'nyj universytet tehnologij ta dyzajnu. – № u201006895 ; zajavl. 04.06.2010 ; opubl. 10.02.2011, Bjul. № 3.

## **ВЫБОР РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБОВЫХ МУФТ И ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИХ РАБОТЫ**

РУБАНКА Н.Н., ПИПА Б.Ф.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка метода выбора рациональных рабочих параметров резьбовых муфт и новой конструкции резьбовой муфты с повышенной надежностью ее работы.

**Методика.** Используются современные методы теорий упругости и прочности механических систем.

**Результаты.** На основе анализа конструкций муфт разработана новая конструкция глухой фланцевой резьбовой муфты с повышенной надежностью работы и метод выбора ее рабочих параметров. Предложенная муфта позволяет значительно уменьшить инерционность механической системы, где она используется, и, таким образом, уменьшить динамические нагрузки, что приводит к повышению надежности и долговечности работы муфты. Установлено, что использование в муфте фрикционной шайбы позволяет существенно разгрузить резьбовое соединение полумуфт и, тем самым, повысить надежность и долговечность работы муфты. Предложенная муфта работоспособна только при условии нереверсивного вращения, что имеет место в подавляющем большинстве механизмов и машин. Метод выбора параметров фланцевой резьбовой муфты может быть использован при разработке новых перспективных видов резьбовых муфт.

**Научная новизна.** Разработка метода определения параметров резьбовых муфт.

**Практическая значимость.** Предложена новая конструкция фланцевой резьбовой муфты с фрикционной шайбой и инженерный метод нахождения ее рациональных параметров.

**Ключевые слова:** муфта, глухая фланцевая муфта, фланцевая муфта с фрикционной шайбой, резьбовая муфта, надежность работы муфт, выбор параметров резьбовых муфт.

## **CHOICE OF OPERATING PARAMETERS OF THREADED COUPLINGS AND INCREASE RELIABILITY OF THEIR WORK**

RUBANKA M.M., PIPA B.F.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Purpose.** Development of a method of rational choice of the operating parameters of threaded couplings and the new design of the nut with high reliability of its work.

**Methods.** The use of modern methods of the theory of elasticity and strength of the mechanical systems.

**The Results.** Based on the type of coupling analysis has developed a new design of a deaf flange screw couplings with increased reliability and method of selection of its operating parameters. The proposed coupling significantly reduces the inertia of the mechanical system, where it is used, and thus reduce the dynamic loads, resulting in improved reliability and durability of the clutch operation. It is found that the use of the clutch friction washer helps to considerably simplify the threaded connection of the coupling halves and, thereby, improve the reliability and durability of the clutch operation. The proposed coupling is operable only when the non-reversing rotation, as is the case in the vast majority of machines and mechanisms. Selection Method parameters of the flange of the nut can be used in the development of promising new types of threaded couplings.

**Scientific novelty.** Development of a method of determining the parameters of threaded couplings.

**The practical significance.** A new design of the flange screw couplings with friction washer and engineering method of finding its rational parameters.

**Key words:** clutch, blind flange coupling, flange coupling with friction washer, the nut, the reliability of the coupling, the choice of threaded coupling parameters.

УДК 677.055.56

ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Є.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

## КІНЕМАТИКА МЕХАНІЗМУ ВІДТЯГНЕННЯ ПОЛОТНА КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ

**Мета.** Розробка методу дослідження кінематики механізму відтягнення полотна круглов'язальної машини з приводом, що містить зубчасті та черв'ячні передачі.

**Методика.** Використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії проектування в'язальних машин та теорії кінематики механізмів.

**Результати.** Розроблено нову конструкцію механізму відтягнення полотна круглов'язальної машини з приводом, що містить зубчасті та черв'ячні передачі та метод дослідження кінематики такого механізму. Запропоновано метод вибору передаточного числа механізму, що забезпечує необхідну силу відтягнення полотна в зоні механізму в'язання – відтяжні валики. В результаті досліджень кінематики механізму відтягнення полотна одержано залежності сили відтягнення полотна та передаточного числа приводу механізму відтягнення полотна від числа зубів шестерень. Встановлено, що використання в механізмі відтягнення полотна круглов'язальної машини приводу, що містить зубчасті та черв'ячні передачі, забезпечує стабільність відтягнення полотна – необхідну умову підвищення якості полотна.

**Наукова новизна.** Розроблено метод дослідження кінематики механізму відтягнення полотна круглов'язальної машини з приводом, що містить зубчасті та черв'ячні передачі.

**Практична значимість.** Розроблено нову конструкцію механізму відтягнення полотна круглов'язальної машини з приводом, що містить зубчасті та черв'ячні передачі.

**Ключові слова:** круглов'язальна машина, механізм відтягнення полотна круглов'язальної машини, привід механізму відтягнення полотна, кінематика механізму відтягнення полотна, відтяжний валик, в'язальне полотно.

**Вступ.** Недоліком відомих механізмів відтягнення полотна круглов'язальних машин є неможливість або складність забезпечення стабільності сили відтягнення полотна в зоні в'язальні системи-відтяжні валики та можливості регулювання її величини [1-3], що знижує якісь полотна та готових виробів, які з нього виробляються. Проблема підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин за рахунок удосконалення механізмів відтягнення полотна може бути вирішена шляхом удосконалення методу досліджень їх кінематики та розробки нових конструкцій механізмів, що забезпечують стабільність процесу відтягнення полотна.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання удосконалення механізмів відтягнення полотна круглов'язальних машин, завданням досліджень стала розробка нової конструкції механізму відтягнення полотна – механізму з приводом, що містить зубчасті та черв'ячні передачі, та методу досліджень його кінематики.

**Результати дослідження.** Відомий механізм відтягнення полотна круглов'язальної машини [4], що містить кінематично з'єднані між собою ведучий та два ведені відтяжні валики, нерухоме зубчасте колесо, шестерню, черв'як та черв'ячне колесо, причому черв'як жорстко з'єднаний з шестернею, а черв'ячне колесо жорстко з'єднане з ведучим відтяжним валиком. Розташування шестерні, черв'яка та черв'ячного колеса з однієї сторони відтяжних валиків призводить до значного некомпенсованого навантаження механізму відтягнення полотна круглов'язальної машини, що знижує довговічність його роботи та якість полотна.

В основу досліджень поставлена задача створити новий механізм відтягнення полотна, здатний підвищити ефективність роботи круглов'язальної машини за рахунок підвищення довговічності роботи механізму та якості полотна.

Поставлена задача вирішена тим, що запропонований авторами механізм відтягнення полотна (рис. 1) обладнаний додатковими другими шестернею, черв'яком та черв'ячним колесом, розташованими діаметрально протилежно шестерні, черв'яку та черв'ячному колесу.

Обладнання механізму відтягнення полотна круглов'язальної машини другими шестернею, черв'яком та черв'ячним колесом дозволяє розподілити потужність приводу механізму на два потоки, що взаємно урівноважує та зменшує навантаження механізму відтягнення полотна, і, таким чином, забезпечує підвищення довговічності його роботи та стабільності відтягнення полотна.

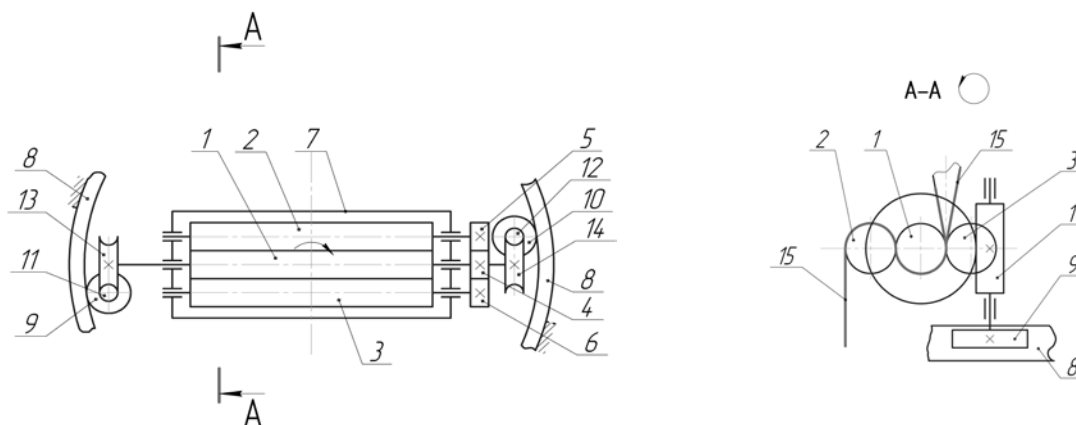


Рис. 1. Кінематична схема механізму відтягнення полотна круглов'язальної машини: 1 – ведучий відтяжний валик; 2, 3 – ведені відтяжні валики; 4, 5, 6 – циліндричні шестерні; 7 – рама; 8 – зубчасте колесо; 9, 10 – шестерні; 11, 12 – черв'яки; 13, 14 – черв'ячні колеса; 15 – полотно

Принцип роботи запропонованого механізму відтягнення полотна такий. При вмиканні круглов'язальної машини рама 7 з відтяжними валиками 1, 2, 3 починає обертатися. При цьому шестерні 9, 10, що знаходяться в зачепленні з нерухомо закріпленим зубчастим колесом 8, починають обертатися. Жорстко з'єднані з шестернями 9, 10 черв'яки 11, 12 також починають обертатися. Обертальний рух черв'яків 11, 12 передається черв'ячним колесам 13, 14 та ведучому відтяжному валику 1, який з ними жорстко з'єднаний. Ведучий відтяжний валик 1 за допомогою зубчастого зачеплення циліндричних шестерень 4 – 5 та 4 – 6 приводить в обертальний рух ведені відтяжні валики 2, 3, що зумовлює відтяжку полотна 15.

Передаточне число привода механізму відтягнення полотна знаходиться із умови [2,

5]:

$$u = \frac{n_u}{n_e} = \frac{\pi d}{(1 + \varepsilon) q B}, \quad (1)$$

де

$$n_u = \frac{60 v_u}{\pi D}; \quad (2)$$

$$n_e = \frac{60 v_e}{\pi d} = \frac{60(1 + \varepsilon) q v_u B}{\pi^2 d D}; \quad (3)$$

$$v_{\varepsilon} = (1 + \varepsilon)v_n; \quad (4)$$

$$\varepsilon = \frac{F_i}{ES}; \quad (5)$$

$$v_n = \frac{qn_u B}{60} = \frac{qv_u B}{\pi D}; \quad (6)$$

$u$  - передаточне число приводу;

$n_u, n_{\varepsilon}$  - частота обертання голкового циліндру та відтяжних валиків;

$d, D$  - діаметри відтяжних валиків та голкового циліндру;

$q$  - кількість в'язальних систем машини;

$B$  - висота петельного ряду полотна;

$\varepsilon$  - відносна деформація розтягу полотна;

$v_u$  - лінійна швидкість голкового циліндру;

$v_{\varepsilon}$  - швидкість відтягнення полотна;

$v_n$  - швидкість в'язання полотна;

$F_i$  - сила відтягнення петлі;

$E$  - модуль пружності полотна;

$S$  - площа перерізу ниток петлі.

Аналіз залежностей (1), (5) показує, що зусилля відтягнення полотна, зумовлене його пружними властивостями, забезпечується необхідним передаточним числом привода механізму.

Регулювання величини сили відтягнення полотна на практиці доцільно здійснювати шляхом заміни передаточного числа зубчастих передач привода.

Проаналізуємо, як впливає передаточне число зубчастих передач на зусилля відтягнення полотна. При цьому будемо виходити з умови, що зміну передаточного числа зубчастих передач доцільно здійснювати шляхом заміни шестерень 9, 10 (рис. 1).

Використовуючи залежності (4), (5), одержуємо:

$$F_i = ES \left( \frac{v_{\varepsilon}}{v_n} - 1 \right). \quad (7)$$

Враховуючи, що  $v_{\varepsilon} = \frac{\pi d n_{\varepsilon}}{60}$  та залежність (6), знаходимо:

$$\frac{v_{\varepsilon}}{v_n} = \frac{\pi d}{qBu}. \quad (8)$$

Після підстановки (8) в (7) маємо:

$$F_i = ES \left( \frac{\pi d}{qBu} - 1 \right). \quad (9)$$

Одержана залежність показує вплив передаточного числа привода механізму на зусилля відтягнення полотна в розрахунку на одну його петлю.

Згідно з запропонованою схемою механізму відтягнення полотна (рис. 1):

$$u = u_1 u_2 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_4}{Z_3}, \quad (10)$$

де  $u_1, u_2$  - передаточні числа зубчастої та черв'ячної передач;

$Z_1, Z_2$  – число зубів шестерні та зубчастого колеса;

$Z_3$  - число заходів черв'яка;

$Z_4$  - число зубів черв'ячного колеса.

Враховуючи конструктивні особливості круглов'язальних машин (розміри зубчастого колеса повинні дозволяти вільний прохід здвоєного полотна), приймаємо діаметр зубчастого колеса 8 (рис. 1)  $d_2 = 1000$  мм, параметри якого становлять  $Z_2 = 500$ ,  $m = 2$  мм – модуль зубчастого зачеплення, вибраний із умови міцності зубчастого зачеплення зубчастих передач [5]. Тоді, прийнявши  $u_2 = 25$ , рівняння (9) набуває вигляду:

$$F_i = ES \left( \frac{20\pi d}{qBZ_1} - 1 \right). \quad (11)$$

Вираз (11) являє собою залежність впливу числа зубів шестерні на силу відтягнення полотна в розрахунку на одну петлю.

Оцінимо вплив передаточного числа привода (числа зубів шестерні) механізму відтягнення полотна на силу відтягнення полотна для круглов'язальної машини КО-2 з параметрами [3]: діаметр голкового циліндру  $D = 450$  мм; діаметр відтяжних валиків  $d = 51$  мм; кількість в'язальних систем  $q = 50$ ; висота петельного ряду полотна  $B = 1$  мм; тип полотна – кулірне покривне; заправка машини: ґрунтова нитка – бавовна 18,5x1 текс, покривна нитка – віскоза 22,2 текс. Для такого полотна  $E = 1,524$  МПа,  $S = 0,1045$  мм<sup>2</sup> [2].

Підставляючи вихідні дані в (11), маємо:

$$F_i = 1,524 \cdot 0,1045 \left( \frac{20 \cdot 51 \pi}{50 \cdot 1 \cdot Z_1} - 1 \right) = \left( \frac{10,2}{Z_1} - 0,159 \right) 10^2 \text{ сН}. \quad (12)$$

Прийнявши із конструктивних міркувань діапазон зміни числа зубів шестерень механізму відтягнення полотна (рис. 1) в разі використання його в круглов'язальній машині типу КО  $Z_1 = 20 \dots 55$ , одержуємо, використовуючи залежність (12), графік функції  $F_i = f(Z_1)$ , представлений на рис. 2 (1).

Вплив зміни числа зубів шестерень на передаточне число привода, прийнявши  $Z_3 = 1$ , згідно з (10) виражається залежністю:

$$u = \frac{Z_1}{500} \cdot \frac{25}{1} = \frac{Z_1}{20}. \quad (13)$$

Графік функції  $u = f(Z_1)$ , представлений на рис. 2 (2).

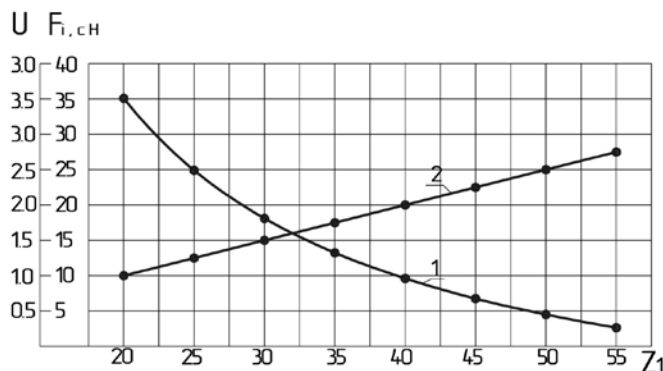


Рис. 2. Графіки залежностей сили відтягнення петлі полотна та передаточного

числа приводу механізму відтягнення полотна від числа зубів шестерень

**Висновки.** Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- встановлено, що використання в круглов'язальній машині механізму відтягнення полотна, що містить зубчасті та черв'ячні передачі, забезпечує надійність та стабільність відтягнення полотна – необхідну умову підвищення його якості;
- запропонований метод досліджень кінематики механізму відтягнення полотна дозволяє одержати залежності сили відтягнення полотна та передаточного числа приводу механізму від числа зубів шестерень;
- результати досліджень можуть бути використані в перспективі для розробки нових сучасних механізмів відтягнення полотна круглов'язальних машин.

### Список використаних джерел

1. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин. – Л.: Машиностроение, 1980. – 472 с.
2. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Олійник О.Ю. Механізми відтяжки та накатування полотна круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2009. – 234 с.
3. Машини кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы. 1992. – 86 с.
4. Пат. 11198 на корисну модель, Україна. D04 В 15/88. Механізм відтяжки полотна круглов'язальної машини /Б.Ф.Піпа, О.М. Хомяк, О.Ю. Куніна (Україна). Опубл. 15.12.2005, Бюл. № 23/2005, 3 с.
5. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Марченко А.І. Деталі машин. – К: КНУТД, 2011. – 358 с.

### References

1. Garbaruk V.N. Proektirovayie trikotazhnikh mashin. – L.: Mashinostroenie, 1980. – 472 s.
2. Pipa B.F., Khomyak O.N., Olijnik E.Y. Mekhanismi vidtyazhki ta nakatuvannya polotna kruglovyasalnikh mashin. – K: KNUTD, 2009. – 234 s.
3. Mashini kruglovyasalnie tipa KO-2. Tekhnicheskoe opisanie i instrukcziya po tkspluataczii. – Chernovczi. 1992. – 86 s.
4. Patent 11198 na korisnu model, Ukraina. D04 B 15/88. Mekhanizm nakatuvannya polotna kruglovyasalnoy mashini /B.F. Pipa, O.N. Khomyak, E.Y. Kunina(Ukraina). Opublikovano 15.12.2005, Vyuleten № 23/20, 3 s.
5. Pipa B.F., Khomyak O.N., Marchenko A.I. Detali mashin.– K.: KNUTD, 2011.– 358 s.

### КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМА ОТТЯЖКИ ПОЛОТНА КРУГЛОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ

ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Е.А.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка метода исследования кинематики механизма оттяжки полотна кругловязальной машины с приводом, содержащим зубчатые и червячные передачи.

**Методика.** Используются современные методы теоретических исследований, основанные на теории проектирования вязальных машин и теории кинематики механизмов.

**Результаты.** Разработана новая конструкция механизма оттяжки полотна кругловязальной машины с приводом, содержащим зубчатые и червячные передачи и метод исследования кинематики такого механизма. Предложен метод выбора передаточного числа механизма, обеспечивающего необходимую силу оттяжки полотна в зоне механизм вязания - оттяжные валики. В результате исследований, кинематики механизма оттяжки полотна получены зависимости силы оттяжки полотна и передаточного числа привода механизма оттяжки полотна от числа зубьев шестерен. Установлено, что использование в механизме оттяжки полотна кругловязальной машины привода, содержащего зубчатые и червячные передачи, обеспечивает стабильность оттяжки полотна - необходимое условие повышения качества полотна.

**Научная новизна.** Разработан метод исследования кинематики механизма оттяжки полотна кругловязальной машины с приводом, содержащим зубчатые и червячные передачи.

**Практическая значимость.** Разработана новая конструкция механизма оттяжки полотна кругловязальной машины с приводом, содержащим зубчатые и червячные передачи.

**Ключевые слова:** кругловязальная машина, механизм оттяжки полотна кругловязальной машины, привод механизма оттяжки полотна, кинематика механизма оттяжки полотна, оттяжной валик, вязальное полотно.

## KINEMATICS QUICKDRAW LEAF CIRCULAR KNITTING MACHINES

CHABAN V.V., KOROVCHENKO E.A.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Aim.** Development of research method of kinematics mechanism backstay canvas circular knitting machine with a drive comprising a toothed and worm gears.

**Methodology.** The use of modern methods of theoretical studies based on design theory and the theory of knitting machine kinematics.

**Results.** A new design of the mechanism of procrastination fabric circular knitting machine with a drive comprising a toothed and worm gears, and a method of research of the kinematics of such a mechanism. A method for gear selection mechanism to ensure the necessary strength in the area of web procrastination knitting gear - tie-down rollers. As a result of studies of the kinematics mechanism backstay canvas dependences force backstay canvas and gear ratio drive mechanism backstay canvas on the number of gear teeth. It was found that the use of the mechanism of procrastination fabric circular knitting machine drive containing toothed and worm gears, ensures the stability of the web procrastination - a necessary condition for improving quality of fabric.

**Scientific novelty.** A method for studying the kinematics of the mechanism of the web procrastination circular knitting machine with a drive comprising a toothed and worm gears.

**Practical meaningfulness.** A new design of the mechanism of procrastination fabric circular knitting machine with a drive comprising a toothed and worm gears.

**Keywords:** *knitting machine, the mechanism of procrastination fabric circular knitting machine, the drive mechanism backstay canvas, kinematics mechanism backstay canvas, tie-down roller, knitting fabric.*

УДК 621.313

**СТАЦЕНКО В.В., БІЛА Т.Я., БУРМІСТЕНКОВ О.П.**  
Київський національний університет технологій та дизайну

**СИСТЕМНА І ПАРАМЕТРИЧНА МОДЕЛІ  
БУНКЕРНИХ ПРИСТРОЇВ В АГРЕГАТАХ ДЛЯ  
ПРИГОТУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙ ІЗ СИПКИХ  
МАТЕРІАЛІВ**

***Мета.** Виявлення зв'язків між технологічними та конструктивними параметрами бункерних пристроїв і сипкого середовища.*

***Методика.** У роботі використані методи системного аналізу в області плинущих сипких матеріалів і методи побудови системних та параметричних математичних моделей.*

***Результати.** Отримані системна і параметрична моделі бункерних пристроїв, виявлено вплив внутрішніх і зовнішніх параметрів бункерного пристрою та сипких матеріалів на процес їх плинущу. Встановлені параметри, якими можна керувати як в процесах завантаження, так і вивантаження сипких матеріалів з бункера до дозуючих пристроїв.*

***Наукова новизна.** Запропоновані системна та параметрична моделі, що зв'язують параметри сипкого середовища, технологічні і конструктивні параметри бункерів.*

***Практична значимість.** Отримані результати дозволяють встановлювати конструктивні та прогнозувати технологічні параметри пристроїв, що використовуються.*

***Ключові слова:** бункер, сипкі матеріали, моделі плинущу, системний підхід, параметри.*

**Вступ.** У різних галузях промисловості широко застосовуються композиції з сипких матеріалів, що розрізняються ступенем дисперсності: від порошкоподібних до гранульованих. Вони використовуються для виготовлення різноманітних виробів: деталей взуття, плівкових матеріалів, труб з полімерних матеріалів тощо. Технологічний процес приготування композицій може бути періодичним або безперервним. В останні роки все більша перевага віддається безперервному способу приготування композицій в зв'язку з можливістю повної автоматизації технологічного процесу. В роботі [1] розглянуто основні принципи організації процесу приготування композицій в агрегатах безперервної дії (АПСК) з моменту надходження сипких компонентів на підприємство до їх подальшого переміщення в технологічному процесі, в якому першим розташований бункер, що використовується для зберігання або накопичення сипких матеріалів (СМ), а в деяких випадках як ваговий дозатор або демпфіруючий пристрій. Для подальшого переміщення в АПСК сипкий матеріал витікає з бункера. Його рух відрізняється від плинущу рідинних та газоподібних матеріалів, він значно складніший, тому що сипкий матеріал схильний до скліпоутворення і агломерації, що залежить від фізико-механічних властивостей СМ, конструкції бункера і вимог процесу приготування композицій.

Завдання подальшого дослідження технологічного процесу витікання сипкого матеріалу з бункера є актуальним і в даний час. Вирішення цього завдання дозволить виявити вузькі місця в процесі витікання сипких матеріалів та визначити методи і способи їх усунення, створити систему автоматичного керування процесом, що дасть можливість покращити якість готових виробів, збільшити продуктивність АПСК і знизити енерговитрати.

**Постановка завдання.** Завданням для дослідження є аналіз процесу витікання сипких матеріалів з точки зору оцінки ступеня впливу фізико-механічних властивостей СМ,

конструктивних параметрів бункера, засобів автоматичного регулювання з метою поліпшення параметрів технологічного процесу приготування композицій та якості готового виробу. В якості методів дослідження використовувалися методи системного аналізу в області плинності сипких матеріалів і методи побудови системних та параметричних математичних моделей.

**Результати та їх обговорення.** Відповідно до сучасних уявлень [2] процес витікання СМ з бункерів відбувається у вигляді стохастичних зрушень блоків речовини довільної, постійно змінної форми зі зниженою концентрацією речовини на границях між ними. Спрощено процес можна представити у вигляді системи склепін, які періодично виникають і руйнуються та розташовані у всьому об'ємі СМ. Деформації відбуваються у вигляді переривчастих зсувних агрегатів частинок, кожен з яких в період свого існування відіграє роль структурного елемента.

Протягом руху (переробки) сипкі матеріали можуть перебувати за певних умов в трьох станах: твердому (зв'язаному); пластичному (перехідному); вільнодисперсному (незв'язаному). Це обумовлено тим, що в процесі, наприклад, витікання змінюються фізико-механічні властивості СМ: об'ємної густини, початкового опору зрушенню, коефіцієнта ущільнення, порозности. Крім того, відбувається зміна тиску за висотою бункера, тому при розрахунках враховуються об'ємна густина і коефіцієнт внутрішнього тертя. У масі СМ відбуваються явища, що викликані пульсацією і переривчастим характером потоку. Рух частинок супроводжується зіткненням та тертям під час безперервної зміни структури СМ.

Встановлено дві основні форми руху потоку під час гравітаційного витікання з бункерних пристроїв: нормальна форма (принцип «перший увійшов, останній вийшов») та гідравлічна або масова форма витікання (принцип «перший увійшов, перший вийшов»). Друга форма витікання вважається кращою, тому що зводяться до мінімуму сегрегаційні процеси. Основним фактором, що визначає форми руху, є фізико-механічні властивості СМ (особливо ступінь зв'язаності).

У зв'язку з тим, що СМ під час витікання з бункерних пристроїв може перебувати в трьох станах, не існує однозначного підходу і до моделювання цього процесу. В даний час використовуються наступні моделі для опису зв'язаного стану: моделі механіки ґрунтів та гідромеханічні моделі [3]. Для опису незв'язаних СМ використовують механіку швидких гравітаційних течій. Математичні моделі швидких зсувних гравітаційних потоків умовно ділять на засновані на континуальних теоріях, мікроструктурному та кінематичному аналізі. Крім того використовуються структурно-механічні моделі, так звані «реологічні моделі» дисперсних середовищ, які базуються на механіці суцільних середовищ [4].

Витікання СМ супроводжується пульсацією тиску, об'ємної продуктивності та інших параметрів, що пов'язані з рухом твердих дисперсних середовищ. Коливання об'ємної витрати від середньої статистичної величини досягають 25 ... 30%, але теорії пульсаційного руху СМ на даний час не існує. Крім того, не враховується вірогідний вплив цілого ряду чинників, що визначають взаємодію частинок в потоці.

Основним функціональним призначенням бункера є забезпечення рівномірного витікання потоку або порцій потоку сипкого матеріалу, тобто забезпечення сталості швидкості витікання та об'ємної маси СМ і їх відповідність вимогам технологічного процесу в цілому. В даний час це досягається по-перше, конструктивно, по-друге, використанням

регульованих затворів або живильників, по-третє, створенням замкненої системи керування витіканням СМ з бункера.

Удосконалення конструкцій бункерних пристроїв здійснюється у напрямках:

- вибору раціональних розмірів бункера (співвідношення висоти і діаметра повинно знаходитись в певних межах), форми випускної воронки, кута її нахилу, оптимальних розмірів випускного отвору, його форми і розташування; вибором матеріалу для виготовлення, особливо для випускної воронки. Ці параметри обираються виходячи з об'єму СМ, який повинен знаходитися в бункері; діаметра (розмірів) частинок, коефіцієнта зовнішнього тертя, кута природного укусу або коефіцієнта внутрішнього тертя.

- використання завантажувальних пристроїв, які забезпечують рівномірне укладання частинок і щільність за всією висотою бункера, зниження тиску на дно бункера, сегрегацію та насипну густину СМ. Існують три способи заповнення бункера: струменем (або самоплином), дощем (розосередженим потоком) і каскадом. Для реалізації двох останніх способів застосовують конвеєри, шнеки, конусні розподільники з приводом і без.

- встановлення всередині бункера пристроїв для зниження тиску всередині СМ, а, отже, запобігання скліпоутворення та забезпечення безперервного витікання. Такі пристрої (активатори) можуть бути механічними, вібраційними, пневматичними з безперервним або селективним режимом роботи. Ефективність застосування активатора залежить від місця його встановлення, геометричних параметрів бункера і фізико-механічних властивостей СМ (плинності, ступеня зв'язаності, злежуваності).

Регульовані затвори (заслінки) мають малі габарити і здійснюють гравітаційне розвантаження, тобто не споживають електроенергію. В якості регульованих живильників використовуються вібраційні, шнекові та тарілчасті пристрої. Визначення продуктивності живильника здійснюється за емпіричними формулами або рівняннями регресії.

Досліджень систем керування процесом витікання СМ з бункерних пристроїв практично немає. Тут перспективним може бути створення прогностичної моделі залежності властивостей вихідного потоку (швидкості та витрат) від концентрації частинок (структурної характеристики), швидкості їх зсуву в залежності від фізико-механічних характеристик (кінематичної характеристики), а також режиму роботи живильника або заслінки.

Виходячи з вище викладеного, можна сформулювати вимоги до бункерних пристроїв (БП) в залежності від умов роботи як агрегату АПСК, так і основного технологічного обладнання. Визначальними значеннями будуть необхідна маса готової композиції  $M$  (наприклад, добовий запас), рецептура (масові частини окремих компонентів  $\Delta m_i$ ), продуктивність агрегату  $Q_A$ .

Основою проектування може бути системна модель бункерного пристрою, складена відповідно до його функціонального призначення:

$$\bar{Z} = F(\bar{X}, \bar{Y}),$$

де  $\bar{Z}$  – вектор-функція показників ефективності,  $\bar{X}, \bar{Y}$  – вектори-функцій зовнішніх і внутрішніх параметрів, відповідно.

Вектор-функція показників ефективності  $\bar{Z}$  роботи БП показує відповідність його вихідних параметрів функціональному призначенню в заданих умовах. Бункерні пристрої в агрегатах АПСК використовуються тільки для короткочасного зберігання вихідного

матеріалу, тому їх можна віднести до бункерів-дозаторів (бункерів-накопичувачів). Сформуємо вектор  $\bar{Z}$  і вимоги до його складових.

$Z_1$  - показник якості виконання основної технологічної операції БП, який характеризується швидкістю витікання  $V$  сипкого матеріалу з випускного отвору бункера. Для БП як складової частини АПСК основною вимогою є забезпечення сталості швидкості витікання, тобто  $V(t) = const$ .

$Z_2$  - показник продуктивності. Об'ємна (рідше масова) витрата сипкого матеріалу бункера повинна відповідати заданому значенню, тобто  $Q_B(t) = Q_{зад}$ . Значення  $Q_{зад}$  встановлюється в залежності як від умов роботи всього агрегату в цілому, так і від роботи живильника або дозатора, для яких БП створює вхідний потік СМ. Крім того показник продуктивності  $Z_2$  залежить від швидкості витікання  $V$ , фізико-механічних властивостей СМ і геометричних розмірів випускного отвору.

$Z_3$  - показник витрат електроенергії. Для найпростішого бункера  $Z_3 = 0$ . У разі використання для стимуляції витікання СМ із БП з примусовим рухом, необхідно прагнути, щоб  $Z_3 \rightarrow min$ .

$Z_4$  - показник маси БП;  $Z_4 \rightarrow min$ .

$Z_5$  - показник вартості БП;  $Z_5 \rightarrow min$ .

$Z_6$  - показник надійності, рівнів шуму та вібрації. Бункери без додаткових пристроїв не створюють шум і вібрації, тоді  $Z_6$  оцінюється тільки по надійності і  $Z_6 \rightarrow max$ .

$Z_7$  - екологічний показник - рівень забруднення навколишнього середовища. На рівні БП цей показник можна не враховувати, тому що СМ в ньому зберігається короткочасно (виділення хімічних речовин мінімально) та знаходиться в стані відносного спокою (розпорошення дрібних фракцій СМ мінімально), отже,  $Z_7 \rightarrow 0$ .

З метою скорочення числа вихідних параметрів бункерного пристрою, що враховуються, можна записати:

$$Z_2 = Q_{зад} \text{ при } \begin{cases} Z_1 = Z_{зад} \\ \frac{dZ_1}{dt} = 0 \end{cases} \text{ або } \begin{cases} Z_1 = Z_{зад} \\ \frac{dV}{dt} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Таким чином, попередньо в векторі-функції показників ефективності  $\bar{Z}$  залишаються п'ять вихідних параметрів, а саме:

$$\bar{Z} = \{Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6\} \quad (2)$$

де  $Z_2$  враховує показник якості  $Z_1$  за виразом (1).

Внутрішні параметри бункерного пристрою визначає вектор-функція  $\bar{Y}$  параметрів його конструкції, що впливають на функціонування. Сюди можна віднести наступні характеристики.

$Y_1$  - якісні параметри БП (форма ємності  $Y_{11}$ , форма випускного отвору  $Y_{12}$  та його розташування  $Y_{13}$ ).

$Y_2$  - кількісні параметри ємності бункера, тобто розміри, що визначають корисний об'єм. Наприклад, для циліндричної форми  $Y_{21}$  і  $Y_{22}$  – висота  $H$  і діаметр  $D$ .  $Y_{23}$  - властивості внутрішньої поверхні ємності, які впливають на коефіцієнт зовнішнього тертя  $f_3$  СМ по поверхні ємності, при цьому необхідно щоб  $f_3 \rightarrow min$ .

$V_3$  - кількісні параметри випускний воронки та випускного отвору. Сюди відносяться  $V_{31}$  - кут нахилу воронки,  $V_{32}$  - якість поверхні, що визначає коефіцієнт тертя  $f_3$ ,  $V_{33}$  - розміри отвору.

$V_4$  - параметри допоміжних пристроїв БП. Виділяємо  $V_{41}$  - наявність або відсутність допоміжних пристроїв (наприклад, скліпообрушувача, активатора або стабілізатора витікання);  $V_{42}$  - режим їх роботи (зі споживанням зовнішньої енергії або без);  $V_{43}$  - можливість регулювання їх роботи. Для БП без допоміжних пристроїв  $V_4 = 0$ .

$V_5$  - спосіб вивантаження СМ з бункеру:  $V_{51}$  - активний або пасивний,  $V_{52}$  - можливість або відсутність регулювання витратою вихідного потоку  $Q_b(t)$ .

Таким чином, отримуємо:

$$\bar{Y} = \{\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3, \bar{Y}_4, \bar{Y}_5\} \quad (3)$$

До зовнішніх параметрів бункерного пристрою відносяться вектори-функції характеристик фізико-механічних властивостей СМ  $\bar{X}_{\Phi M}$  та навколишнього середовища  $\bar{X}_{HC}$ .

Для побудови системної моделі виділимо основні параметри  $\bar{X}_{HC}$  з точки зору значущості їх впливу на функціонування БП.

$X_{HC1}$  - тривалість перебування СМ в бункері в стані спокою, тобто тривалість зберігання. Вплив цього фактора проявляється в збільшенні злежуваності СМ, тому що частинки знаходяться під дією тільки сил гравітації, а, отже, відбувається ущільнення СМ, збільшується зчеплення частинок між собою, матеріал втрачає свою сипкість.

$X_{HC2}$  - температура навколишнього повітря. Значні коливання температури (як в плюс, так і в мінус) призводять до зниження плинності СМ.

$X_{HC3}$  - вологовміст навколишнього повітря. Підвищення вологості призводить також до зниження плинності.

$X_{HC4}$  - спосіб завантаження сипкого матеріалу в бункер.

$X_{HC5}$  - кількість СМ, що завантажуються в бункер. Визначається об'ємом і масою сипкого матеріалу, які залежать від виробничої необхідності. Задане значення об'єму СМ визначає корисний об'єм ємності БП  $U_2$ . Значення маси СМ (обчислюється як добуток насипної густини СМ на об'єм) необхідно для розрахунків на міцність бункера.

Проаналізуємо параметри  $\bar{X}_{HC}$  при використанні бункера в складі агрегату [1].

Фактори  $X_{HC2}$  і  $X_{HC3}$  знаходяться в тісному взаємозв'язку з фактором  $X_{HC1}$ . Тобто чим довше СМ зберігається в умовах з підвищеною вологістю і високою (або низькою) температурою, тим сильніше вплив цих параметрів на властивості СМ. Однак для агрегату АПСК, в бункері якого СМ довго не зберігається, впливом цих параметрів можна знехтувати. У загальному випадку  $X_{HC1}$ ,  $X_{HC2}$  і  $X_{HC3}$  є контрольованими і керованими параметрами.

Параметр  $X_{HC4}$  надає істотний вплив на функціонування БП. За відомим способом завантаження  $X_{HC4}$  можна прогнозувати розподіл частинок СМ за діаметром та щільності їх укладання як за висотою БП, так і за прошарками. Так, при завантаженні самоплином вхідний потік матеріалу представляє собою концентрований потік. В середині БП спостерігаються яскраво виражені сегрегаційні явища: більш великі і важкі частинки накопичуються у стінок БП, легка і дрібна фракція СМ вивантажиться з бункеру першою. Крім того, ступінь ущільнення матеріалу збільшується від верхніх до нижніх прошарків, що при відкритті випускного отвору призводить до утворення нестійких склепін'я і, відповідно,

до нестабільної швидкості витікання  $V(t)$ . Інші способи завантаження практично усувають ці явища, і вихідний потік рухається за масовою формою витікання. Таким чином можна отримати рівномірну укладку частинок і насипну щільність СМ за всією висотою бункера і створити умови для  $V(t)=const$ .

$X_{НС5}$  - основний параметр технічного завдання на проектування бункера. Задається необхідним об'ємом СМ, що розміщується в БП. Для агрегату АПСК цей об'єм буде визначатися тривалістю роботи агрегату та його продуктивністю. Крім того, буде залежати і від продуктивності основного технологічного устаткування (наприклад, екструдера). У цьому випадку агрегат повинен створювати якийсь запас змішаної композиції для забезпечення безперебійної роботи екструдера, але цей запас не повинен зберігатися тривалий час (максимум до 5 годин).

Таким чином, отримуємо:

$$\bar{X}_{НС} = \{X_{НС1}, X_{НС4}, X_{НС5}\} \quad (4)$$

Для встановлення основних фізико-механічних властивостей (ФМВ) сипких матеріалів, які впливають на функціонування бункерного пристрою, проаналізуємо сучасні теорії та дослідження, що присвячені визначенню основного показника ефективності його роботи – показника продуктивності  $Z_2$  БП, при цьому враховуємо умову (1).

Під час моделювання процесу витікання з бункерних пристроїв використовують різні підходи. Це пов'язано з тим, що сипкий матеріал в якості «колективу частинок» за відповідних умов може вести себе і як тверде тіло, і як рідина, і як газ. Вивчення умов перебування СМ в бункерних пристроях дозволило виділити основні зони структурно-механічного стану СМ [4]. Однак чіткого визначення умов існування цих зон немає. Для визначення граничних умов переходу частинок СМ з одного стану в інший використовують різноманітні емпіричні залежності, які пов'язані з конкретною конструкцією бункера та певним сипким матеріалом.

Таким чином, вектор-функцію  $\bar{X}_{ФМ}$  можна розділити на дві складові:  $\bar{X}_{ФМ1}$  та  $\bar{X}_{ФМ2}$  -- фізико-механічні властивості окремої частинки та сипкого матеріалу, відповідно.

В першу складову включаємо  $\bar{X}_{ФМ11}$  - густина частинки;  $\bar{X}_{ФМ12}$  - розміри частинки;  $\bar{X}_{ФМ13}$  - форма частинки;  $\bar{X}_{ФМ14}$  - мікронерівності поверхні;  $\bar{X}_{ФМ15}$  - міцність (визначається початковим опором зрушенню);  $\bar{X}_{ФМ16}$  - хімічний склад або походження (для окремого компонента  $\bar{X}_{ФМ16} = const$ );  $\bar{X}_{ФМ17}$  - температура;  $\bar{X}_{ФМ18}$  - вологість.

У другу складову включаємо наступні параметри ФМВ сипкого матеріалу.

$\bar{X}_{ФМ21}$  - пікнометрична густина  $\rho$ . Задаючись різним ступенем порозности  $\varepsilon$  отримуємо різні насипні (об'ємні) густини  $\rho_n = \rho (1 - \varepsilon)$ ;  $\varepsilon = V_\varepsilon / V$ , де  $V_\varepsilon$  - обсяг вільного простору. Для технологічних процесів приймають  $\varepsilon = 0,3 \dots 0,4$ .

$\bar{X}_{ФМ22}$  - дисперсний (гранулометричний) склад сипкого матеріалу за умовним діаметром  $d_y = d_{min} \dots d_{max}$ . Цей параметр, зазвичай, характеризують за допомогою густини вірогідності та інтегральної кривої розподілення  $F(d) = \int_0^d f(x)dx$ , де  $f(x)$  – прийнятий закон розподілення.

$\bar{X}_{ФМ23}$  - коефіцієнт внутрішнього тертя  $f$  (кут природного укусу).

$\bar{X}_{ФМ24}$  - коефіцієнт зовнішнього тертя  $f_3$ , який залежить від матеріалу стінок бункера ( $V_{23}$ ). Вибір повинен бути таким, щоб його значення було мінімальним  $f_3 \rightarrow min$ .

Стабілізувати, а значить і керувати, до початку процесу можна наступні параметри.

$\bar{X}_{\Phi M12} \rightarrow \bar{X}_{\Phi M22}$  - подрібненням до певних розмірів, гранулюванням.

$\bar{X}_{\Phi M17}, \bar{X}_{\Phi M18}$  - сушінням, зберіганням в нормальних умовах.

$\bar{X}_{\Phi M13}$  - гранулюванням. Цей параметр багато в чому буде залежати від  $\bar{X}_{\Phi M16}$  - походження СМ.

Враховуючи вище викладене, отримуємо

$$\bar{X}_{\Phi M} = \{\bar{X}_{\Phi M1}, \bar{X}_{\Phi M2}\}, \quad (5)$$

де  $\bar{X}_{\Phi M1} = \{\bar{X}_{\Phi M11}, \bar{X}_{\Phi M12}, \bar{X}_{\Phi M13}, \bar{X}_{\Phi M14}, \bar{X}_{\Phi M15}\}$ ;  $\bar{X}_{\Phi M2} = \{\bar{X}_{\Phi M21}, \bar{X}_{\Phi M22}, \bar{X}_{\Phi M23}, \bar{X}_{\Phi M24}\}$ .

Загальна вектор-функція зовнішніх параметрів має вигляд:

$$\bar{X} = \{\bar{X}_{\Phi M1}, \bar{X}_{\Phi M2}, \bar{X}_{HC}\}. \quad (6)$$

Довжина цього вектора, тобто кількість параметрів, дорівнює  $n = 12$ .

Таким чином, системна модель бункерного пристрою з врахуванням залежностей (1)...(6) приймає вигляд:

$$\bar{Z} = \bar{F} \left\{ \begin{array}{c} \bar{X}_{OC1}, \bar{X}_{OC4}, \bar{X}_{OC5} \\ \bar{X}_{\Phi M11}, \bar{X}_{\Phi M12}, \bar{X}_{\Phi M13}, \bar{X}_{\Phi M14}, \bar{X}_{\Phi M15} \\ \bar{X}_{\Phi M21}, \bar{X}_{\Phi M22}, \bar{X}_{\Phi M23}, \bar{X}_{\Phi M24} \\ \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3, \bar{Y}_4, \bar{Y}_5 \end{array} \right\}, \quad (7)$$

при цьому основними заданими технологічними параметрами бункерного пристрою, як складової частини АПСК, є

$$m_i = M \cdot \Delta m_i = \text{const} (\bar{X}_{HC5}) \quad \text{та} \quad Q_B (Q_B > Q_A) = \text{const} (Z_2)$$

Системна модель (7) відображує основні стадії (елементи) плинусипкого матеріалу в бункерному пристрої та зв'язки між ними, що визначає цілісність системи, тобто видалення будь-якого елемента, призводить до порушення цілісності системи. Властивості моделі відображають властивості реального об'єкту та проявляються як через відношення між елементами моделі, так і через відношення із зовнішніми об'єктами. Системні моделі частіше за все відображають якісні відношення між елементами системи.

Параметричні моделі на відміну від системних математичних моделей встановлюють кількісний зв'язок між функціональними та допоміжними параметрами, що відображають властивості системи. Параметричні моделі можуть мати вигляд: математичних моделей, що представлені математичними формулами; структурних моделей, які відображають будову об'єкту моделювання (таблиці, схеми, графи); алгоритмічні моделі тощо.

Вище викладене у вигляді схеми параметричної моделі бункерного пристрою як першого етапу створення узагальненого алгоритму проектування наведена на рис. 1.

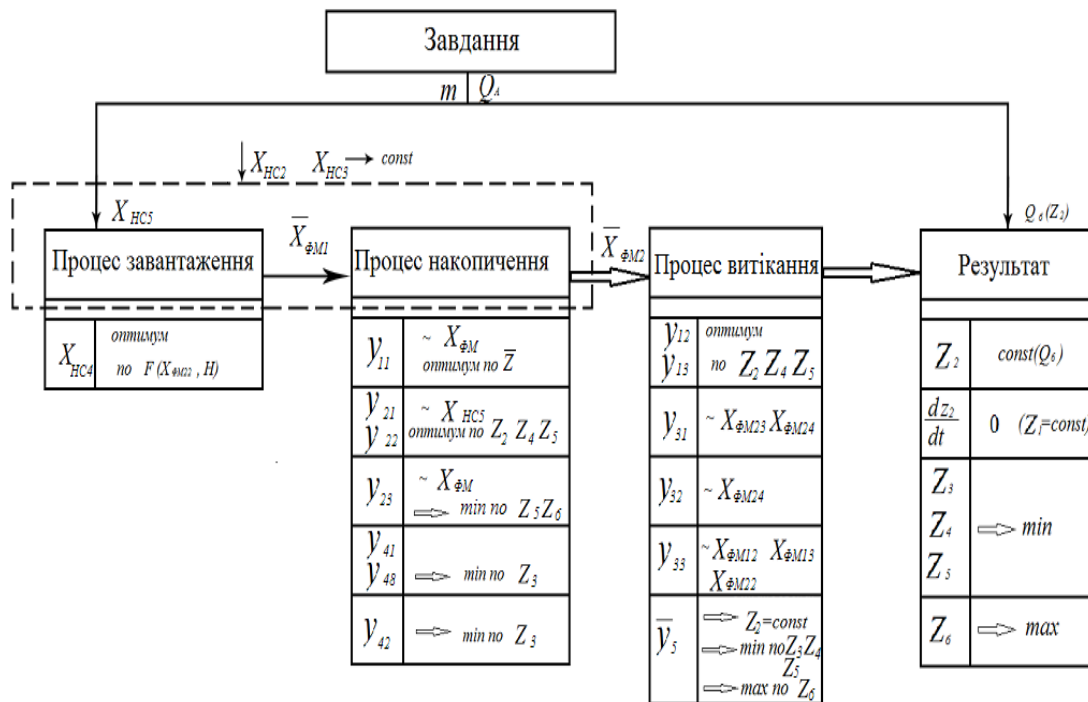


Рис. 1. Схема параметричної моделі бункерного пристрою

Перші два блоки схеми параметричної моделі відображають процеси завантаження та накопичення в бункерному пристрої, тут представлені основні параметри, що визначають ці процеси як на вході, так і на виході блоків. Ці процеси формують вектор-функцію  $X_{HC}$  (властивості сипкого матеріалу та зовнішніх впливів), які впливають на витікання сипкого матеріалу із бункеру (третій блок). На третій стадії параметри сипкого матеріалу формуються конструктивними та технологічними параметрами бункера, йому надаються властивості, що узгоджують його роботу із технологічним обладнанням (наприклад, продуктивність). На кожній стадії формування властивостей сипкого матеріалу в бункерному пристрої може здійснюватись регулювання тих чи інших параметрів, які цілеспрямовано впливають на плин сипкого матеріалу, а відповідно і на режими роботи технологічного обладнання.

**Висновки.** Отримані системна і параметрична моделі бункерних пристроїв визначили їх місце та призначення в загальній системі АПСК, виявили вплив внутрішніх і зовнішніх параметрів бункерного пристрою та сипких матеріалів на процес плинку СМ. Крім того, встановлені параметри, якими можна керувати як в процесах завантаження, так і вивантаження сипких матеріалів з бункера до дозуючих пристроїв.

Запропонований підхід до аналізу роботи змішувальних комплексів дозволяє встановити раціональні конструктивні та технологічні параметри пристроїв і може бути підґрунтям для створення систем автоматичного регулювання деякими параметрами плинку сипкого матеріалу та забезпечення якісних показників кінцевого продукту, отриманого в процесі змішування.

### Список використаних джерел

1. Кострицький В.В., Біла Т.Я. Основні принципи організації процесу приготування сипких композицій в агрегатах безперервної дії// Вісник КНУТД № 5 (т.2), 2010, С.20-23.
2. Генералов М.Б. Механика твердых дисперсных сред в процессах химической технологии: уч. пос. для вузов / М.Б. Генералов. Калуга: Изд-во Н.Бочарой, 2002. – 592 с.
3. Островский Г.М. Прикладная механика неоднородных сред / Г.М. Островский. СПб.: Наука, 2000. – 359 с.
4. Процессы и аппараты химической технологи. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. Т.2. Механические и гидромеханические процессы / Д.А.Баранов и др. Под ред. А.М. Кутепова. М.: Логос, 2001. – 600 с.

### References

1. Kostytskyi V.V., Bila T.Y. Osnovni pryntsyvy orhanizatsii protsesu pryhotuvannia sypkykh kompozytsii v ahrehatakh bezperervnoi dii// Visnyk KNUTD No. 5 (Vol. 2), 2010, pp.20-23.
2. Heneralov M.B. Mekhanyka tverdykh dyspersnykh sred v protsessakh khymycheskoi tekhnolohyy: uch. pos. dlia vuzov / M.B. Heneralov. Kaluha: Yzd-vo N.Bocharoi, 2002. – 592 p.
3. Ostrovskiy H.M. Prykladnaia mekhanika neodnorodnykh sred / H.M. Ostrovskiy. SPb.: Nauka, 2000. – 359 p.
4. Protsessy i apparaty khymycheskoi tekhnolohy. Yavleniya perenosa, makrokinetyka, podobyie, modelyrovanye, proektyrovanye: v 5 t. T.2. Mekhanycheskye y hydromekhanycheskye protsessy / D.A.Baranov y dr. Pod red. A.M. Kutepova. M.: Lohos, 2001. – 600 p.

### **СИСТЕМНАЯ И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ БУНКЕРНЫХ УСТРОЙСТВ В АГРЕГАТАХ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

СТАЦЕНКО В.В., БЕЛАЯ Т.Я., БУРМИСТЕНКОВ А.П.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Установление связей между технологическими и конструктивными параметрами бункерных устройств и сыпучей среды.

**Методика.** В работе использованы методы системного анализа в области течения сыпучих материалов и методы построения системных и параметрических математических моделей.

**Результаты.** Получены системная и параметрическая модели бункерных устройств, выявлено влияние внутренних и внешних параметров бункерного устройства и сыпучих материалов на процесс их течения. Установлены параметры, которыми можно управлять как в процессе загрузки, так и выгрузки сыпучих материалов из бункера к дозирующим устройствам.

**Научная новизна.** Предложены системная и параметрическая модели, связывающие параметры сыпучей среды, технологические и конструктивные параметры бункеров.

**Практическая значимость.** Полученные результаты позволяют устанавливать конструктивные и прогнозировать технологические параметры используемых устройств.

**Ключевые слова:** бункер, сыпучие материалы, модели течения, системный подход, параметры.

## SYSTEMATIC AND PARAMETRIC MODELS OF BUNKER DEVICES IN THE AGGREGATES FOR PREPARING LOOSE MATERIALS COMPOSITIONS

STATSENKO V.V., BILA T.Y., BURMISTENKOV O.P.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** The relations identifying between bunker devices technological and constructive parameters and loose medium.

**Methodology.** System analysis methods in the field of loose materials flow and methods of the system and parametric mathematical models construction were used in the study.

**Findings.** System and parametric models of batcher devices were developed, the influence was revealed of bunker devices and loose materials internal and external parameters on their flow process. Parameters that can be controlled during the processes of loose materials loading and unloading from the batcher to the dosing devices were found.

**Originality.** System and parametric model that linking the parameters of loose material and batchers technological and constructive parameters are proposed.

**Practical value.** The results allow to determine constructive and predict technological parameters of the devices.

**Keywords:** *batcher, loose materials, flow model, a systematic approach, the parameters.*

УДК 621.314.26

ШАВЬОЛКІН О.О., РОСІНСЬКА Г.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

## РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ДЖЕРЕЛА СТРУМУ ДЛЯ КАСКАДНОЇ СХЕМИ З ПОСЛІДОВНИМ З'ЄДНАННЯМ ОДНОФАЗНИХ ІНВЕРТОРІВ НАПРУГИ

**Мета.** Удосконалення принципів реалізації режиму джерела струму для каскадної схеми з послідовним з'єднанням однофазних інверторів напруги за фіксованої частоти модуляції.

**Методика.** Використані аналітичні методи з теорії електричних кіл та імітаційне моделювання з застосуванням програмного пакету Matlab.

**Результати.** Отримані аналітичні залежності для визначення значення частоти модуляції згідно індуктивності реактору для схем з різною кількістю інверторів. Обґрунтовано можливість корекції похибки відпрацьовування струму згідно за його заданим значенням і принципи реалізації однополярної модуляції зі зменшенням частоти модуляції вдвічі. Показано, що у разі зсуву за фазою модулюючих напруг інверторів частота модуляції зменшується пропорційно їх кількості при одночасному покращенні гармонійного складу струму. Розроблені структура системи керування та математичні моделі перетворювачів з послідовним з'єднанням інверторів.

**Наукова новизна.** Запропоновано принципи реалізації режиму джерела струму з однополярною модуляцією з фіксованою частотою та зсувом модулюючих напруг інверторів за фазою.

**Практична значимість.** Отримані аналітичні вирази є основою для інженерної методики визначення параметрів схеми багаторівневого перетворювача з послідовним з'єднанням автономних інверторів напруги в режимі джерела струму. Розроблені структури та моделі можуть бути використані при проектуванні каскадних схем перетворювачів і в навчальному процесі в курсі енергетичної електроніки.

**Ключові слова:** послідовне з'єднання інверторів, автономний інвертор напруги, біполярна та однополярна модуляція, частота модуляції, зсув модулюючих напруг за фазою, корекція похибки, релейний регулятор струму, коефіцієнт гармонік, моделювання.

**Вступ.** Багаторівневі перетворювачі енергії з послідовним з'єднанням однофазних мостових автономних інверторів напруги (АІН) останнім часом знаходять широке застосування у високовольтному електроприводі. Це дозволяє за використанням в АІН низьковольтних транзисторів та незначної частоти модуляції покращити показники якості вихідної напруги до рівня міжнародних стандартів [1, 2] без використання вихідних фільтрів. Цей клас пристроїв використовується у режимі джерела напруги із застосуванням багаторівневої ШІМ із зсувом модулюючої напруги АІН за фазою [3, 4]. Проте існує ціла низка пристроїв, де доцільним є використання інверторів у режимі джерела струму. Це стосується паралельних силових активних фільтрів (САФ), мережевих інверторів з суміщенням функції САФ. Використання їх переслідує мету покращення якості напруги в мережі і є актуальним питанням в епоху енергозбереження.

Використання однофазних мостових АІН в режимі джерела струму зазвичай пов'язують із застосуванням релейних регуляторів струму (РРС), що відпрацьовують задане значення струму з припустимою похибкою  $\delta$  [4]. Певним недоліком цього методу, особливо стосовно каскадних схем, є те, що частота перемикання ключів змінюється в широких межах. У разі ж постійної частоти модуляції з'являються можливості формування струму з зсувом за

фазою роботи послідовно з'єднаних АІН, як і за використанням багаторівневої ШІМ, що є перспективним щодо зменшення частоти модуляції і вирівнювання завантаження АІН.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності використання електричної енергії, завданням досліджень стала розробка принципів реалізації режиму джерела струму за фіксованою частотою модуляції для каскадних схем з послідовним з'єднанням декількох однофазних мостових АІН.

В [5, 6, 7] розглядається використання методу керування, що отримав назву *polarized ramp time (PRT)* або інакше *Ramp time Zero Average Current Error (ZACE)*, за якого формування струму здійснюється з практично постійною частотою перемикань ключів, що змінюється в вузькому діапазоні. Використання *PRT* розглядається відносно окремого АІН, питання застосування для групи послідовно з'єднаних АІН не розглядається. Сумнівною також є реалізація методу *PRT* в умовах, коли струм на інтервалі модуляції формується перемиканням декількох АІН.

Певні можливості зменшення кількості перемикань ключів і втрат енергії на перемикання можуть досягатися з застосуванням однополярної модуляції [8]. Послідовне з'єднання АІН за однаковим вихідним струмом передбачає вирішення питання забезпечення однакового завантаження джерел постійного струму (ДПС), що живлять АІН. Таким чином, питання реалізації режиму струму за фіксованою частотою модуляції стосовно як окремого однофазного мостового АІН, так і у разі каскадного послідовного з'єднання інверторів вивчено недостатньо і потребує проведення додаткових досліджень.

**Результати дослідження.** Структурна схема силових кіл перетворювача з послідовним з'єднанням  $n$  однофазних мостових АІН наведена на рис. 1.

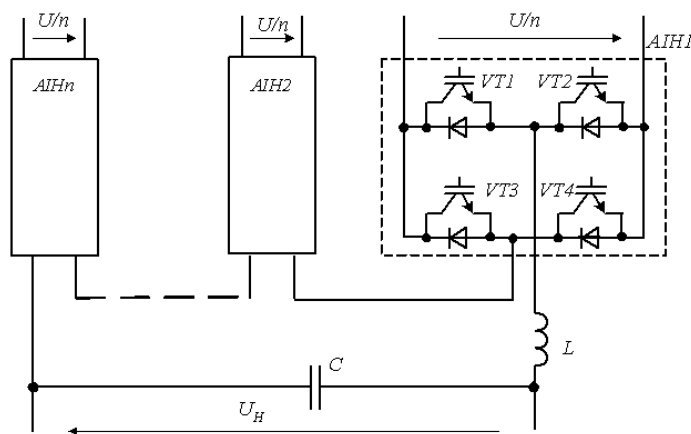


Рис.1. Структурна схема силових кіл каскадного інвертора

Вихідне коло містить реактор  $L$  і конденсатор  $C$  незначної ємності, що вмикається паралельно навантаженню. У разі роботи паралельно з мережею змінного струму конденсатор може бути відсутнім. Реактор необхідний для обмеження швидкості струму, що формується. Вихідна напруга однофазного мостового АІН може приймати три значення  $+U$ ,  $0$ ,  $-U$ . Якщо використовуються два значення  $+U$ ,  $-U$  маємо біполярну модуляцію, якщо три – однополярну модуляцію.

Розглянемо формування синусоїдального струму у замкненій за струмом системі відповідно миттєвому значенню завдання  $i_{3\Delta d}$  і фактичному значенню струму на виході АІН (сигнал зворотного зв'язку за струмом) згідно похибці  $\Delta i = i_{3\Delta d} - i_{\phi}$ . Запропоновано варіант

керування, коли визначення інтервалів часу вмикання ключів АІН здійснюється шляхом порівняння за рівнем сигналу похибки  $\Delta i$  з модулюючою напругою трикутної форми  $u_{TP}$  з частотою  $f_M$ , яка симетрична відносно нуля (рис.2). Для коректної роботи схеми слід узгоджувати частоту модуляції  $f_M$  зі швидкістю змінювання вихідного струму  $di_H/dt$ . В ідеальному випадку частота коливань струму дорівнює  $f_M$  і частоті перемикань ключів. Значення частоти  $f_M$  обирається з урахуванням двох факторів: втрати енергії на перемикання ключів, що зростають із збільшенням частоти, і параметрів вихідного фільтра. Із збільшенням частоти індуктивність фільтра зменшується.

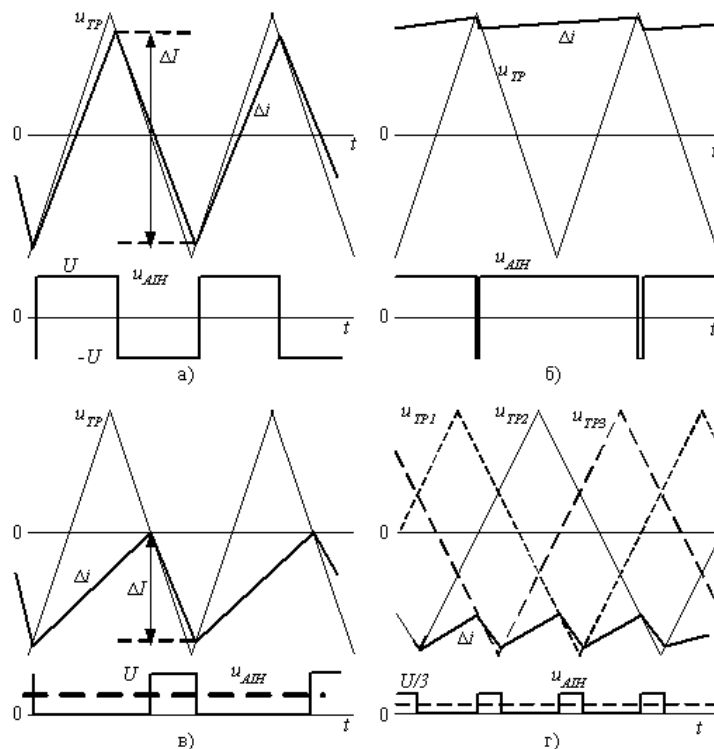


Рис.2. Формування струму у разі біполярної модуляції для  $u_H=0$  (а), для  $u_H=U_m$  (б) і однополярної модуляції для окремого АІН (в) та для послідовного з'єднання трьох АІН (г)

Розглянемо роботу АІН з вихідним  $LC$  фільтром, що дозволяє отримати синусоїдальну напругу навантаження  $u_H$ . Напруга на реакторі з індуктивністю  $L$  для інтервалу, коли вихідна напруга АІН дорівнює  $+U$  і струм зростає (похибка  $\Delta i$  зменшується до нуля, а потім стає позитивною) (рис.2,а):  $U_L = U - u_H = L \frac{di_H}{dt}$ . Для інтервалу, коли вихідна напруга дорівнює  $-U$  і струм убуває (похибка  $\Delta i$  зменшується до нуля, а потім стає негативною)  $U_L = -U - u_H = L \frac{di}{dt}$ . Це випадок, коли швидкість змінювання струму є максимальною і середнє значення похибки дорівнює нулю, при цьому  $u_H$  наближається до 0.

Оскільки частота модуляції достатньо велика, можна вважати, що на інтервалі модуляції напруга навантаження і завдання струму незмінні. Отже, струм змінюється за лінійним законом і від похідної струму можна перейти до прирощення  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ . Тоді час зростання струму  $\Delta t_{зр} = \frac{\Delta I \cdot L}{U}$  і дорівнює часу убування  $\Delta t_{уб} = \frac{-\Delta I \cdot L}{-U}$ . Загальний час (період

коливань струму) дорівнює періоду модуляції  $t = \frac{1}{f_M} = 2\Delta I \cdot L \frac{1}{U}$ .

Тепер можна визначити значення індуктивності  $L = \frac{U}{2 \cdot \Delta I \cdot f_M}$ .

Для забезпечення можливості керування струмом, коли напруга навантаження максимальна, необхідно виконання умови  $U \geq 1,1U_{mH}$ , тоді

$$L = \frac{1,1U_H \sqrt{2}}{\Delta I \cdot f_M \cdot 2}. \quad (1)$$

Визначимо індуктивність за умови обмеження падіння напруги на реакторі значенням 5% для максимального значення  $I_{MAX}$  вихідного струму АІН:

$$L = \frac{0,05U_H}{\omega I_{MAX}}. \quad (2)$$

Обмежимо максимальне значення похибки значенням  $\Delta I/2 = 0,05I_{mMAX} = \sqrt{2} \cdot 0,05I_{MAX}$  відносно амплітуди  $I_{MAX}$ .

Порівнявши (1) та (2) отримуємо  $f_M = 110\omega$ . Для частоти основної гармоніки 50 Гц  $f_M = 34540$  Гц. Таким чином, частота є достатньо високою навіть для сучасних транзисторів. Наприклад, в перетворювачах частоти з послідовним з'єднанням АІН типу Perfect Harmony (Siemens) частота модуляції становить близько 600÷1000 Гц.

В випадку, коли  $u_H > 0$  швидкості зростання та убавання струму є різними. Максимальна різниця буде для  $u_H = U_m$ . Це призводить до зміщення кривої  $\Delta i(t)$  відносно нуля до рівня  $U_{TRM}$  (рис.2,б), середнє значення напруги АІН наближується до  $U$ . Таким чином, струм на виході АІН відпрацьовується з похибкою, амплітуда якої дорівнює  $U_{TRM}$ .

Похибку можна звести практично до нуля коригуванням закону змінювання модулюючої напруги з урахуванням закону змінювання завдання струму  $u_{TP}^1 = u_{TP} - ki_{3AD}$  ( $k$  – коефіцієнт).

Розглянемо використання однополярної модуляції рис.2,в. Оскільки імпульси напруги мають одну полярність, очевидним є зменшення кількості перемикачів ключів. Стосовно визначення частоти модуляції повернемося до випадку, для якого отримано вираз (1). У разі біполярної модуляції відносно середнього значення  $u_H$ , що дорівнює нулю, напруга на реакторі дорівнює  $U$ . Для однополярної модуляції відносно середнього значення  $u_H$ , напруга на реакторі становить  $U/2$ , отже згідно (1), значення частоти модуляції зменшується вдвічі.

Для послідовного з'єднання АІН пропонується використати той же принцип, що використовується при реалізації багаторівневої ШІМ – зсув за фазою модулюючої напруги на кут  $\theta = \frac{2\pi}{n}$  ( $n$  - кількість АІН). Принцип пояснює рис.2,г, де розглянуто роботу схеми з використанням трьох АІН ( $n = 3$ ) і, відповідно, трьох модулюючих напруг із зсувом на  $120^\circ$ . Оскільки реалізація однополярної модуляції здійснюється згідно полярності напруги навантаження, для забезпечення зсуву імпульсів напруги окремих АІН на кут  $\theta$  під час зміни полярності напруги слід ввести відповідну затримку часу відносно сигналу, що визначає полярність напруги.

Структурна схема системи керування, що реалізує запропонований принцип керування з однополярною модуляцією наведена на рис.3 і містить: підсумковий пристрій ППІ, що визначає похибку за струмом  $\Delta i = i_{3AD} - i$ ; генератор модулюючої напруги ГМН

одиночної амплітуди  $u_{TP}$ ; блок множника БМ; ПП2, що визначає  $u_{TP}^1 = u_{TP} - ki_{3AD}$ ; компаратор К1, що здійснює порівнювання за рівнем  $\Delta i$  та  $u_{TP}^1$ ; компаратор К2 (порівняння напруги з нулем), що визначає полярність напруги навантаження ( $u_{K2}=1$  відповідає умові  $u_H \leq 0$ ); суматор С, що визначає напругу керування ключами  $u_g = (u_{K1} - u_{K2} - u_{PPC})$ ; розподілювач імпульсів керування РІ транзисторами; задатчик похибки ЗП згідно амплітуді завдання струму; задатчик корекції ЗК ( $k$  є пропорційним  $I_m$ ). Для послідовного з'єднання декількох АІН підсумковий пристрій ПП1 є спільним для всіх АІН, спільними є також ЗК, ЗП, К2. Індивідуальними є ГМН (або використовується затримка за часом, що відповідає куту  $\theta$ ), така ж затримка за часом використовується стосовно сигналу компаратору К2. Передбачено можливість використання релейного регулятора струму РРС.

Отже, на виході С маємо сигнал  $u_g$ , що відповідає трьом рівням 1, 0, -1. За цього сигнали керування ключами, що формуються РІ приймають значення:  $g_1=1, g_3=0$ , якщо  $u_g \geq 0$ ;  $g_1=0, g_3=1$ , якщо  $u_g < 0$ ;  $g_2 = \bar{g}_1, g_4 = \bar{g}_3$ . Функція РРС є допоміжною для корегування відхилення струму, що перевищує задане значенням  $U_{TPm}$ . Його використання є доцільним лише для одного АІН схеми.

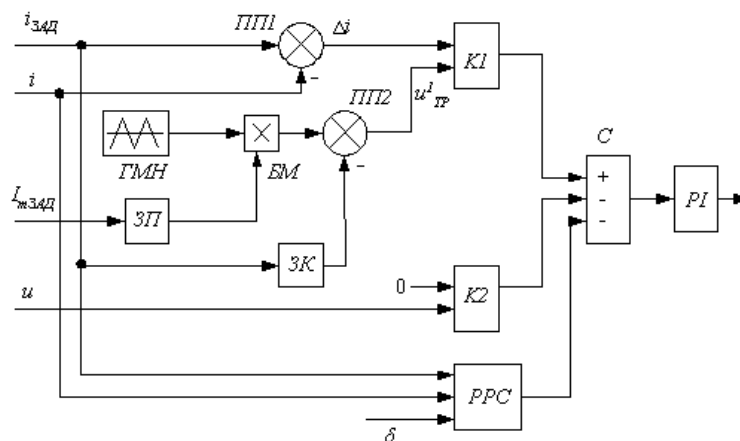


Рис.3. Структурна схема блока керування АІН

Слід враховувати, що для послідовного з'єднання АІН максимальна кількість рівнів результуючої вихідної напруги ( $k=2n+1$ ), коли досягається її найкращий гармонійний склад, має місце для максимального значення амплітуди вихідного струму  $I_m$ . Із зменшенням  $I_m$  гармонійний склад напруги погіршується, при постійному значенні  $U_{TPm}$  зростає відносне значення похибки струму. Можливості покращення якості струму пов'язані із зменшенням  $U_{TPm}$ , що можливо за допомогою БМ лише за підвищенням частоти модуляції ( $u_{TP}$ ). Це стосується «автономного» режиму роботи схеми на навантаження. Проте у разі роботи паралельно з мережею змінного струму у формуванні струму використовуються всі рівні напруги.

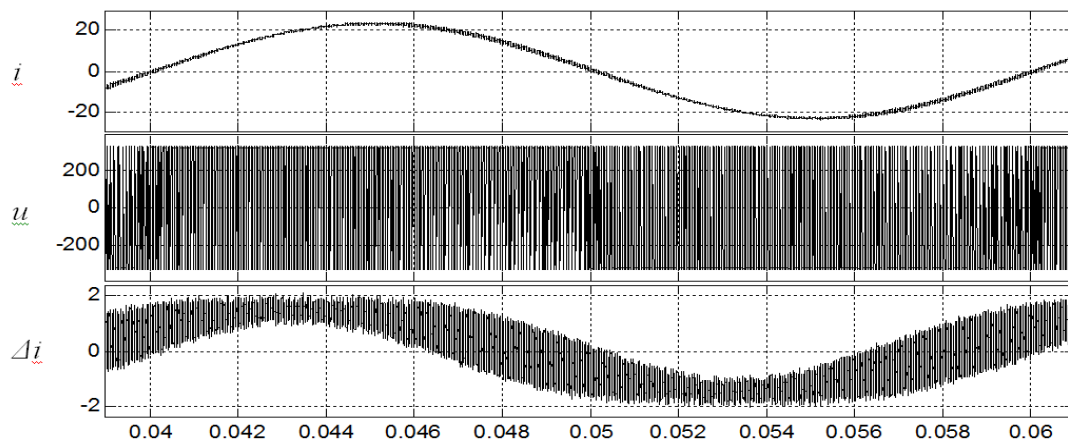
**Результати моделювання.** Для моделювання використано програмний пакет Matlab. Розроблені моделі окремого АІН та їх каскадного з'єднання з системою керування, що забезпечує роботу з фіксованою частотою модуляції. Моделювання для всіх структур виконано для «автономного» режиму роботи на активно-індуктивне навантаження (рис.1) за умови формування вихідного синусоїдального струму з заданою амплітудою  $I_{m3AD} = 24$  А і

частотою 50 Гц, напруга постійного струму  $U = 330$  В, номінальна напруга навантаження 220 В, індуктивність ректору  $L=2$  мГн (за умови падіння напруги 5%), значення  $U_{TPm}$  відповідає значенню струму 1,5 А.

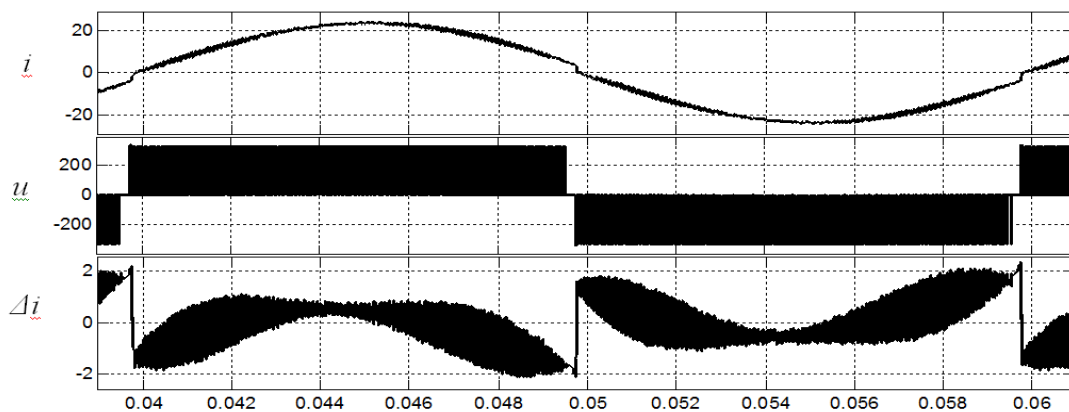
Біполярна модуляція для окремого АІН. Осцилограми вихідного струму  $i$  і напруги  $u$  та  $\Delta i$  за частоти модуляції  $f_M=36$  кГц наведені на рис.4,а і свідчать, що формування струму здійснюється з похибкою, яка змінюється за законом близьким до синусоїдального. За цього амплітуда основної гармоніки становить  $I_m=22,75$  А, отже похибка відпрацьовування за амплітудою становить 1,25 А. Коефіцієнт гармонік струму  $THDi=2,95$  %.

Однополярна модуляція для окремого АІН. Осцилограми  $i$ ,  $u$ ,  $\Delta i$  за  $0,5f_M=18$  кГц за модуляції з корекцією похибки наведені на рис.4,б.  $I_m=23,93$  А,  $THDi=4,94$  %. Отже точність відпрацьовування струму за амплітудою забезпечується, проте якість дещо погіршилась.

Осцилограми  $i$ ,  $u$ ,  $\Delta i$  за послідовного з'єднання трьох АІН при однополярній модуляції і частоті модуляції 8 кГц з корекцією похибки наведені на рис.5.  $THDi=3,56$  %,  $I_m=23,98$  А. За цього також визначалось середнє значення струмів, що споживаються АІН від джерел постійного струму (ДПС), напруги яких становлять 110 В (330/3). Різниця струмів за цього не перевищує 1%, отже завантаження ДПС є практично однаковим. За частоти  $0,5f_M/3=6$  кГц на певних інтервалах модуляції має місце додаткове перемикання ключів.



а)



б)

Рис.4. Осцилограми при використанні біполярної (а) та однополярної (б) модуляції

Для схеми з послідовним з'єднанням шести АІН, за вказаних вище умов, мінімальна частота модуляції, коли частота перемикачів ключів дорівнює частоті  $u_{TR}$ , становить 3 кГц. Осцилограми  $i$ ,  $u$ ,  $\Delta i$ , а також напруги окремого АІН  $u_{АІН}$  наведені на рис.6. Напруги ДПС однакові і становлять 55 В (330/6). THDi=3,41 %, що є прийнятним. За використанням РРС для одного з АІН якість струму дещо поліпшується і THDi=2,97 %. Підвищення частоти модуляції з пропорційним зменшенням  $U_{TRm}$  дозволяє підвищити якість струму і зменшити похибку за амплітудою струму під час її регулювання (показники наведені в табл.1 без використання РРС).

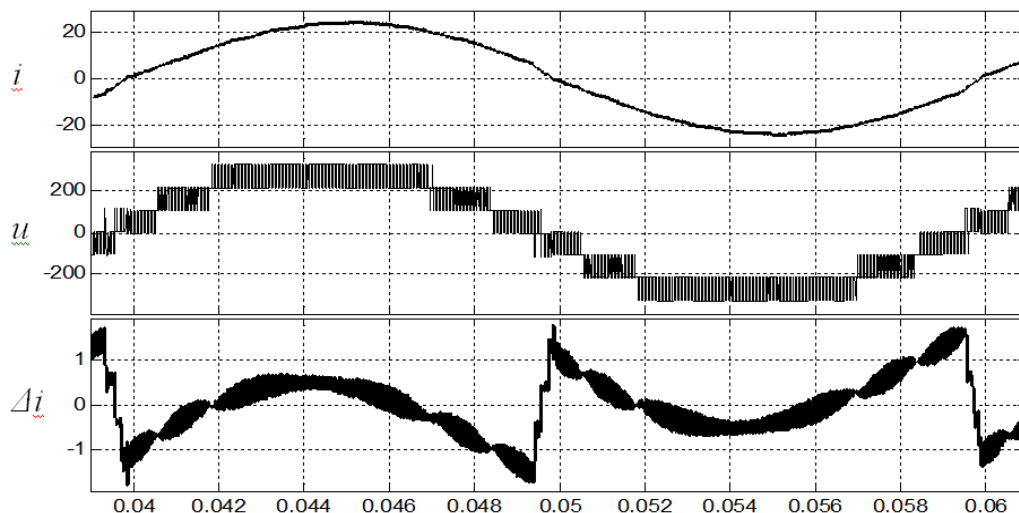


Рис. 5. Осцилограми при послідовному з'єднанні трьох АІН

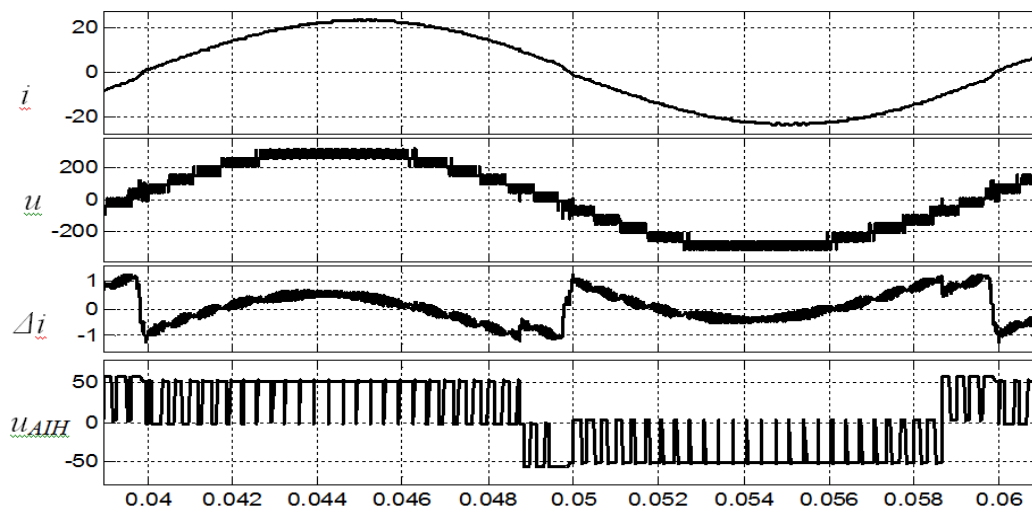


Рис. 6. Осцилограми при послідовному з'єднанні шести АІН

Таблиця 1

Показники без використання РРС

$I_{mЗад}$ , А	$f_M=3$ кГц, $U_{TRm}=1,5$		$f_M=4$ кГц, $U_{TRm}=1,0$	
	$I_m$ , А	THD, %	$I_m$ , А	THD, %
24	23,97	3,41	23,99	2,33
12	12,60	6,27	12,40	4,43
8	8,86	9,05	8,60	6,34

**Висновки.** Використання фіксованої частоти модуляції у разі послідовного з'єднання однофазних мостових інверторів з формуванням вихідного струму дозволяє реалізувати можливості багаторівневої ШІМ із зсувом модулюючої напруги інверторів за фазою стосовно зменшення значення частоти модуляції при покращенні якості відпрацювання вихідного струму. Однополярне формування вихідної напруги дозволяє вдвічі зменшити частоту модуляції і втрати на перемикання ключів схеми. Напрямоком подальших робіт є дослідження запропонованих рішень за умови відпрацювання струму довільної форми для використання схеми каскадного інвертору в якості силового активного фільтра.

### Список використаних джерел

1. IEEE Standard 519-1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, Jun. 1992.
2. ГОСТ13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Госстандарт, 1998.- Введен в Украине с 01.01.2000.
3. Rodriguez J. Multilevel inverters: a survey of topologies, controls, and applications/ J. Rodriguez, J.-S. Lai, F. Z. Peng // IEEE Trans. Ind. Electron. - vol. 49, 2002. - P. 724–738.
4. Шавьолкін О.О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії: навч. посібник / О. О. Шавьолкін; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 403 с.
5. L. J. Borle, C.V. Nayar, "Zero Average Current Error Controlled Power Flow for AC-DC Power Converters," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 10, pp. 1-8, 1995.
6. Sung-Hun Ko. A Grid-Connected Photovoltaic System with Direct Coupled Power Quality Control/ Sung-Hun Ko, Seong-Ryong Lee, Hooman Dehbonei, C.V. Nayar// IEEE Transactions, 2006.- pp.5203-5208.
7. Tsao-Tsung Ma. Power Quality Enhancement in Micro-grids Using Multifunctional DG Inverters. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2012 Vol II, IMECS 2012, March 14 - 16, 2012, Hong Kong.- pp.996-1001.
8. Шавьолкін О.О. Удосконалення мережевого інвертора комбінованої системи електроживлення з поновлювальними джерелами енергії / О.О. Шавьолкін, С.М.Кожемякін // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. - Х. : НТУ "ХПІ", 2016. - №32 (1204). -С. 42-47.

### **РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЖИМА ИСТОЧНИКА ТОКА ДЛЯ КАСКАДНОЙ СХЕМЫ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ОДНОФАЗНЫХ ИНВЕРТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ**

ШАВЁЛКИН А.А., РОСИНСКАЯ Г.П.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Совершенствование принципов реализации режима источника тока для каскадной схемы с последовательным соединением однофазных инверторов напряжения при фиксированной частоте модуляции.

**Методика.** Используются аналитические методы теории электрических цепей и имитационное моделирование с применением программного пакета Matlab.

**Результаты.** Получены аналитические зависимости для определения значения частоты модуляции согласно индуктивности реактора для схем с различным количеством

инверторов. Обоснована возможность коррекции ошибки отработки тока в соответствии с его заданным значением и принципы реализации однополярной модуляции при уменьшении частоты модуляции вдвое. Показано, что при сдвиге по фазе модулирующих напряжений инверторов частота модуляции уменьшается пропорционально их количеству при одновременном улучшении гармонического состава тока. Разработаны структура системы управления и математические модели преобразователей с последовательным соединением инверторов.

**Научная новизна.** Предложены принципы реализации режима источника тока с однополярной модуляцией с фиксированной частотой и сдвигом модулирующих напряжений инверторов по фазе.

**Практическая значимость.** Полученные аналитические выражения являются основой для инженерной методики определения параметров схемы многоуровневого преобразователя с последовательным соединением автономных инверторов напряжения в режиме источника тока. Разработанные структуры и модели могут быть использованы при проектировании каскадных схем преобразователей и в учебном процессе в курсе энергетической электроники.

**Ключевые слова:** *последовательное соединение инверторов, автономный инвертор напряжения, биполярная и однополярная модуляция, частота модуляции, сдвиг модулирующих напряжений по фазе, коррекция ошибки, релейный регулятор тока, коэффициент гармоник, моделирование.*

## **REALIZATION OF THE CURRENT CONTROLLED MODE FOR CASCADE SCHEME WITH SERIES CONNECTION OF SINGLE-PHASE VOLTAGE SOURCE INVERTERS**

SHAVELKIN A.A., ROSINSKA H.P.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Improving the guidelines for the implementation of the current source mode to cascade circuit with a series connection of a single-phase voltage source inverters at a fixed carrier frequency.

**Methodology.** Analytical methods of the theory of electrical circuits and Matlab software package simulation were used.

**Findings.** Analytical dependence for determining the value of the carrier frequency according to the inductance of reactor for circuits with different numbers of inverters. There is demonstrated the possibility of correcting errors in the formation of current in accordance with an it reference value and principles of implementation of unipolar modulation with decreasing carrier frequency doubled. It is shown that the use of the phase shift for modulating voltages of inverters to reduce the carrier frequency is proportional to their number while reducing the THD currents. There developed the structure of a control system and mathematical models of converters with series connection of inverters.

**Originality.** The principles of implementation of the current source mode with the unipolar modulation at a fixed carrier frequency and phase shift of modulating voltages of the inverters.

**Practical value.** Obtained analytic expressions are the basis for the engineering methods for determining the parameters of a multi-level converter circuit with a series connection of autonomous voltage source inverter in current source mode. The developed structures and models can be used in the design of cascaded converter circuits and in educational process in the course of power electronics.

**Keywords:** *serial connection of inverters, autonomous voltage source inverter, bipolar and unipolar modulation, carrier frequency, phase shift for modulating voltage, error correction, current relay controller, harmonic distortion, modeling.*

УДК 677.055.548

БЕРЕЗІН Л.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ДО ВИЗНАЧЕННЯ ВІДМОВ ГОЛОК ПАНЧІШНО-ШКАРПЕТКОВИХ АВТОМАТІВ

**Мета.** Систематизація та узагальнення експлуатаційної інформації стосовно відмов в'язальних голок для встановлення спільних закономірностей та розробки обґрунтованих конструктивно-технологічних заходів для усунення причин відмов при модернізації серійних та проектуванні нових автоматів з використанням досвіду експлуатації прототипів.

**Методика.** Використано положення, які регламентують послідовність збору, обробки та методи оцінки інформації з надійності обладнання в експлуатації; виконано аналіз причин відмов голок з використанням фрактографічних досліджень.

**Результати.** Отримано інформацію про відмови голок у відповідності до стандарту, який регламентує послідовність аналізу причин відмов, враховуючи особливості щодо голок; запропоновано відповідну класифікацію відмов в'язальних голок. Обчислено сумарний час в'язання кожної із ділянок шкарпеткового виробу за час проведення спостережень для визначення приведеної інтенсивності відмов голок за ділянками виробу.

**Наукова новизна.** Вперше представлено комплексний підхід до вивчення відмов в'язальних голок по їх елементам та позиціям, розподіл відмов по ділянкам виробу на всіх режимах його виготовлення, використання якого сприяє розробці організаційно-технічних заходів з раціонального удосконалення в'язальних механізмів автоматів.

**Практична значимість.** Представлені результати експлуатаційних спостережень та практичні рекомендації на їх основі, дозволяють обґрунтовано приймати прогресивні конструкторські рішення в замкових системах в'язальних механізмів та раціональні режими навантаження голок.

**Ключові слова:** панчішно-шкарпетковий автомат, експлуатаційні спостереження, в'язальна голка, фактографічні дослідження, причини відмов, рекомендації.

**Вступ.** Для в'язальних механізмів панчішно-шкарпеткових автоматів (надалі – ПША) характерним є наявність однотипних стержньових робочих органів (в'язальних голок, селекторів, штовхачів тощо), відмови яких впливають на виконання технологічних операцій та призводять до браку виробів. Таким чином, всі робочі органи ПША з точки зору надійності з'єднані послідовно і відмова будь-якого з них призводить до порушення працездатності автомату. При випробуваннях на надійність розв'язують дві основні задачі: отримання оцінки надійності та виявлення елементів, що лімітують надійність. Регламентована стандартом сукупність організаційно-технічних заходів щодо отримання повної та достовірної інформації про надійність представлена в [1], приклади її реалізації стосовно стержньових елементів розглянуто в [2]. За інформацією спостережень ПША середнього класу в умовах експлуатації на виробництві очевидно, що найбільша кількість відмов припадає на в'язальні голки. Аналіз джерел інформації показує, що переважна більшість робіт присвячена кількісній оцінці надійності, а задачі виявлення та аналізу характерних видів відмов голок, встановлення причин їх виникнення, визначення напрямків удосконалення для зростання їх довговічності та надійності комплексно не розглядалися.

**Постановка завдання.** Об'єктом досліджень вибрано в'язальні голки серійних одноциліндрових ПША середнього класу типу ОЗД та наступних серій ОЗДС, ОЗДСУ і "ГАММА", що мають спадкоємність в конструкціях замкових систем і складають основу

панчішного обладнання галузі. Метою роботи є систематизація та узагальнення експлуатаційної інформації стосовно відмов в'язальних голок для встановлення спільних закономірностей та розробки обґрунтованих конструктивно-технологічних заходів для усунення причин відмов при модернізації серійних та проектуванні нових автоматів з використанням досвіду експлуатації прототипів. У відповідності до зазначеної мети розглядалися наступні завдання: комплексне вивчення відмов голок за їх елементами та позиціями на всіх технологічних режимах циклу виготовлення виробу; обчислення приведеної інтенсивності відмов голок; фрактографічний аналіз домінуючих видів руйнувань голок; вибір напрямків зменшення відмов голок за конструкторськими рішеннями замкових систем в'язальних механізмів та раціональними режимами навантаження голок.

**Результати досліджень.** Розглядаємо комплексне вивчення відмов голок за їх елементами (гачок, п'ятка, клапан, стержень) та за позиціями на всіх технологічних режимах циклу виготовлення виробу. Одноциліндрові ПША оснащені голками трьох позицій, які характеризуються довжинами п'яток. Це забезпечує відбір голок при радіальному переключенні клинів по відношенню до циліндричної гольниці, утворення п'ятки та миска виробу у вигляді карманів. Голки позицій 0-1305 (довга п'ятка) та 0-1306 (середня п'ятка) використовують при виготовленні всіх ділянок панчішного виробу, голки позиції 0-1308 (коротка п'ятка) по чергово виводяться та включаються при формуванні п'ятки та миску виробу. При в'язанні виробу з візерунчастими переплетеннями також відбувається відбір окремих голок на ділянках гомілки, сліду та борту механізмом відбору голок. Розподіл відмов голок за їх елементами та позиціями наведено на рис.1, відмов голок за їх елементами та по ділянкам шкарпеткового виробу – на рис.2.

У відповідності до шифру 2424, в якості одного з нормованих показників надійності стосовно голок як виробів, що не відновлюються після відмов, та враховуючи експоненціальний закон розподілу наробіток відмов голок, приймаємо інтенсивність відмов, яка визначається за формулою:

$$\lambda = (M - 1) / \sum_{i=1}^M t_i, \quad (1)$$

де  $t_i$  -  $i$ -ий наробіток на відмову в'язальної голки;  $M$  - кількість відмов голок за час спостереження.

Оскільки тривалості в'язання ділянок панчішного виробу різняться, то доцільний перехід до приведеної інтенсивності відмов голок за ділянками, яка більш об'єктивно характеризує потік відмов голок. Для цього визначали сумарний час  $T_{\Sigma j}$  в'язання  $j$ -ої

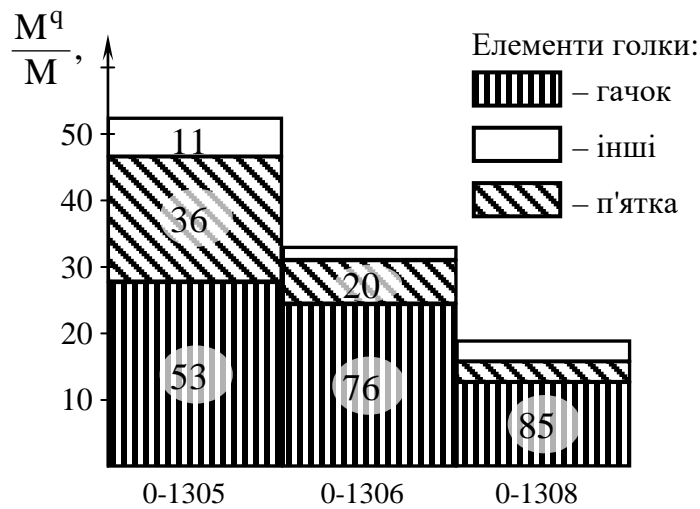


Рис.1. Розподіл відмов голок за їх елементами:  $M^q$  - кількість відмов голок за позиціями  $q$  (поз.0-1305, поз.0-1306 та поз.0-1308);  $M$  - загальна кількість відмов голок

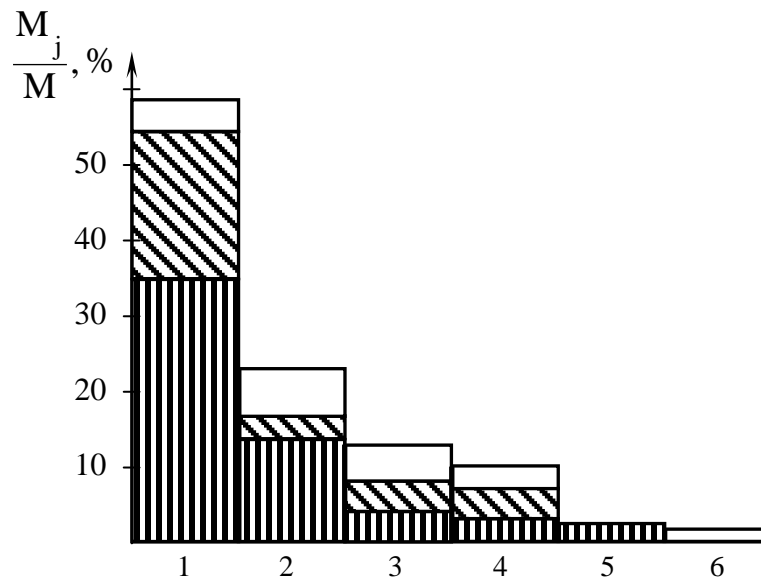


Рис.2. Розподіл відмов голок по їх елементам та ділянкам панчішного виробу: 1 - п'ятка та мисок; 2 – борт; 3 – гомілка та слід; 4 – на переключеннях механізмів; 5 – ряди розпуску; 6 – ранжійні ряди;  $M_j$  - кількість відмов голок за їх елементами

ділянки виробу за час проведення експлуатаційних спостережень  $T_{\Sigma}$ . Враховували циклічне навантаження голок при багаторазових повторях виготовлення штучних виробів за час спостережень,  $T_{\Sigma_j}$ :

$$T_{\Sigma_j} = T_{jN} + T_j + T_{j+k}, \quad (2)$$

де  $T_{jN} = N_{\Sigma} \cdot t_j$  - час в'язання  $j$ -ої ділянки при кількості виготовлених виробів  $N_{\Sigma}$  за час спостережень  $T_{\Sigma}$ ;  $t_j$  - тривалість виготовлення  $j$ -ої ділянки одного типового виробу;  $T_j = M_j t_j / 2$  - тривалість виготовлення  $j$ -ої ділянки виробу при зривах виробу на ділянці за час  $T_{\Sigma}$ ;  $M_j = M_j^h + M_j^z$  - кількість зривів виробів на  $j$ -ій ділянці за час  $T_{\Sigma}$ ;  $M_j^h$ ,

$M_j^z$  - кількість зривів виробів на  $j$ -ій ділянці за час  $T_\Sigma$  за причиною обриву ниток та поломки голок відповідно;  $m_{ij} = t_j / 2$  - математичне сподівання наробітку до зриву виробу на  $j$ -ій ділянці з допустимим припущенням про рівномірний закон розподілу відмов;  $T_{j+k} = M_{j+k} \cdot t_j$  - час виготовлення  $j$ -ої ділянки виробу при зривах його на  $j+k$ -их ділянках;

$$\left. \begin{array}{l} 0 \text{ при } j = 7; \\ M_{j+1}^n + M_{j+1}^z \text{ при } j = 6; \\ \sum_1^{7-j} M_{j+1}^n + \sum_1^{7-j} M_{j+k}^z \text{ при } j = 1 \dots 5 \end{array} \right\} \text{ - кількість зривів виробів на } j+k \text{ - их ділянках за}$$

час  $T_\Sigma$ ;

$M_{j+k}^n$ ,  $M_{j+k}^z$  - кількість зривів виробів на  $j+k$ -ій ділянці за час  $T_\Sigma$  за причиною обриву ниток та поломки голок відповідно;  $k = 7 - j$  - кількість наступних після  $j$ -ої ділянок виробу до кінця робочого циклу.

Враховуючи наведене вище, сумарний час виробітку  $j$ -ої ділянки виробу у зручному для обчислень вигляді має вид:

$$T_j = t_j ( N_\Sigma + M_j / 2 + M_{j+k} ), \quad (3)$$

За результатами обробки експлуатаційної інформації визначили наступні сумарні тривалості в'язання ділянок виробів за час спостережень  $T_\Sigma$ , в год.: гомілка – 428,3; п'ятка та мисок – 1022,1; слід – 477,0; ранжійні ряди – 33,9; ряди розпуску виробу - 50,9. Даних про кількість  $M_j^z$  відмов голок на  $j$ -их ділянках виробу та сумарний час виробітку ділянок  $T_j$  досить для обчислення приведених інтенсивностей відмов голок за ділянками виробу (в табл. наведено тільки результати по найбільш тривалим за виготовленням ділянок).

Таблиця.

### Інтенсивності відмов голок на різних ділянках типового виробу

Ділянка виробу	Інтенсивність відмов голок $\lambda_j = M_j^z / T_j$ , год. <sup>-1</sup>	Приведена інтенсивність відмов голок $\lambda_j' = \lambda_j \cdot T_j / T_\Sigma$ , год. <sup>-1</sup>	Кількість задіяних голок
Борт	0,069	0,0086	168
Гомілка, слід	0,033	0,0045	168
П'ятка, мисок	0,086	0,0271	42...84

Аналіз за таблицею засвідчує домінуючу приведену інтенсивність відмов голок при в'язання п'яток та мисків виробу, що пояснюється значною тривалістю реверсивного режиму в порівнянні з круговим при виготовленні одиниці виробу та значною кількістю зломів п'яток голок поз.0-1305 при виготовлення карманів п'яток та мисків. Відомо, що п'ятка та мисок виробу формуються спеціальними пристроями при реверсивному обертанні циліндричної гольниці, які змінюють кількість голок поз.1305 в роботі від 1/8 до 1/4 набору циліндру. Для формального вивчення відмов голок на реверсі запропоновано класифікацію

їх розподілу за ділянками карману п'ятки та миска, яка представлена в нижній частині рис.3 вздовж осі абсцис. По розгортці п'ятки виробу на площині (дивись рис.3, а) видно поступове зменшення числа голок поз.0-1305 на ділянках 1-2 та 4-5 до ділянки 2-5, які виробляються голками поз.0-1306, а потім збільшенням кількості голок на ділянках 2-3 та 5-6. Оскільки при виключенні голок петлі не скидаються з гачків, то відбувається з'єднання ділянок 1-2 та 2-3, 4-5 та 5-6 з утворенням швів на п'ятці або миску - подвійної лінії на умовному позначенні рис.3, а. Крапкою та вертикальною лінією на розгортці позначено місце ймовірної відмови голки та, як наслідок, спущений стовпчик на виробі. Відповідно відмовам голок поз.0-1305 відповідають ділянки б, г-ж; поз.0-1306 – а, б; відмовам голок на зменшенні – ділянки а, б; на збільшенні – в, г; за швом п'ятки – д, е, ж. Розподіл відмов голок за місцем руйнування на кармані п'ятки та миска показано на рис. 3, б.

З кількісного аналізу відмови голок при виробітку карманів п'ятки та миска складають 53%, з них приблизно 40% руйнувань виникають при утворенні шву в момент виводу голок з в'язання збавником та вводу їх в систему додавачем. Домінуючими видами відмов голок на реверсивному режимі є злом їх гачків — 59% та п'яток – 38%.

За рекомендаціями [3] проводився аналіз причин найбільш характерних відмов голок за критерієм міцності. За результатами класифікаційно-діагностичної обробки отриманої інформації отримали, що більшість відмов голок складають втомлені руйнування гачків (для голок поз.0-1305 – 65%; поз.0-1306 – 76%; поз.0-1308 – 85%). Фрактографічний аналіз поверхонь злому гачків голок за класифікацією втомлених зломів [4], дозволив оцінити вид навантаження та його величину. Використовували також досвід досліджень втомлених зломів гачків голок в [5]. Підтверджено тривіальний висновок про втомлені відмови для всіх позицій, що є результатом багаторазових знакозмінних ударів та відбиття хвиль в голці при взаємодії з клинами.

При реверсивному русі 80% відмов голок припадає на поз.0-1305, які утворюють шви п'ятки та миску, що підтверджується місцем спуску петель на виробі. При дослідженні зареєстровано дві характерні ділянки зломів: мало циклового втомленого руйнування по краях та крихкого злому посередині. Причиною крихких зломів гачків є непередбачений дотик гачків до нитководія першої системи при переключеннях. Незадовільна компенсація ниток пристроєм для їх відтягування при в'язанні п'ятки та миску або надмірний натяг ниток, призводить до появи 9% зломів гачків.

Деякі експлуатаційні відмови голок є вторинними: встановлено, що 21% відмов голок при виробітку п'ятки та миска виробу є наслідком споживання ниток в момент появи вузла на одній з них (п'ятка та мисок виробляли посиленою за міцністю ниткою, яка складалася з двох бавовно-паперових 11,8 тексів та капронової 15,6 текс). Усунення цієї причини руйнування голок можливе при попередній відповідній підготовці посиленої нитки в мотальному цеху, що виключить або зменшить появу прядильних пороків.

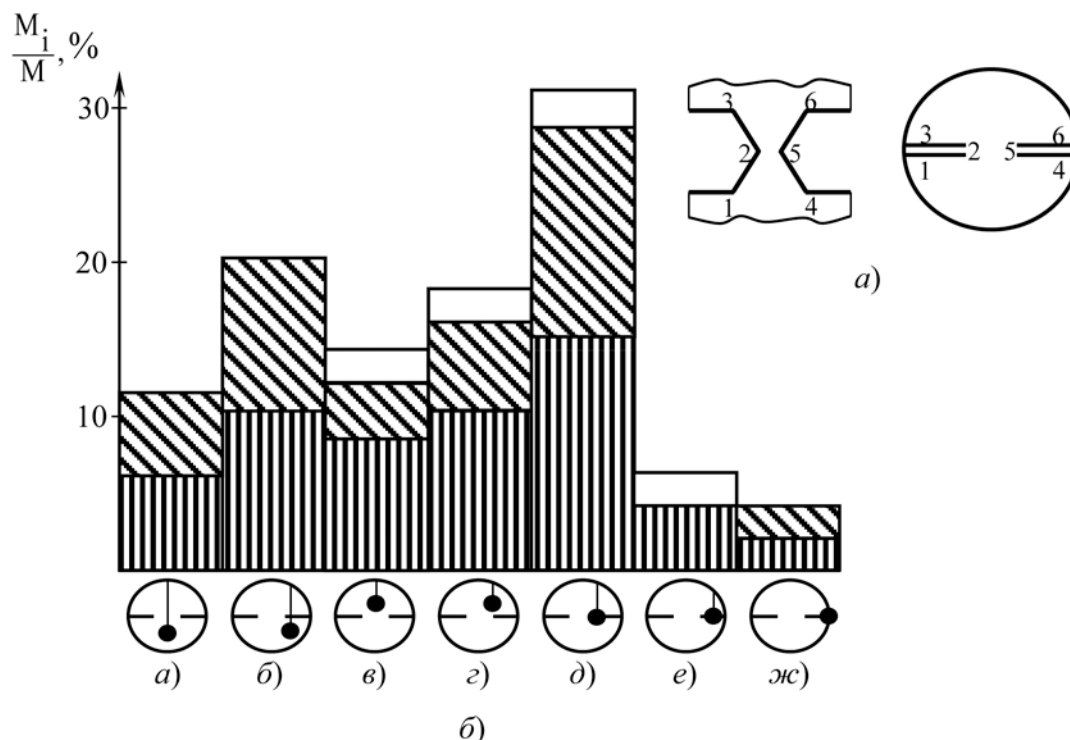


Рис.3. Діаграма розподілу відмов голок за їх елементами та за ділянками п'ятки та миска: А – схематизація розгортки карману п'ятки і миска на площині (зліва) та його умовне позначення (справа); Б – діаграма розподілу відмов голок

Розрахунково-конструктивні відмови елементів в'язального механізму (наприклад, поломка пружини включення додавача та збавника, пружин рухомих клинів тощо) звичайно супроводжуються масовою поломкою голок. Діагностика їх причин не викликає труднощів. Складний механізм мають збої, які носять випадковий характер: наприклад, невідповідність кількості збавлених голок прибавленим, несвоєчасного переключення рухомих клинів, шибєрів для утоплення селекторів, набігання п'яток голок на кромки нахилених поверхонь клинів тощо. Зменшення цих відмов відбувається усуненням необхідності в регулюваннях або збільшенні інтервалів між ними.

Для голок як деталей критеріальних за розмірами неможливо забезпечити значні запаси міцності через обмеження їх розмірів. Тому першочергове значення набирають виявлення впливу на втомлену довговічність голок їх навантаженості та обґрунтування вибору найбільш раціональних швидкісних режимів.

**Висновки.** 1. Запропонована класифікація відмов в'язальних голок за їх елементами, позиціями та розподіл відмов за ділянками виробу на всіх циклах його виготовлення. Отримано повну та достовірну інформацію про відмови в'язальних голок у відповідності до стандарту, який регламентує послідовність аналізу причин відмов з урахуванням конструктивних та технологічних особливостей стосовно голок.

2. Представлені положення для обчислення сумарного часу в'язання кожної з ділянок виробу за час експлуатаційних спостережень, враховуючи циклічність в'язання ділянок виробів, для визначення приведеної інтенсивності відмов голок за ділянками виробу.

3. Необхідно продовжувати експлуатаційні дослідження в'язальних голок для внесення коректив в базу даних про їх відмови, що сприяє підвищенню точності прийнятих

конструкторських рішень без використання довготривалих та витратних натурних експериментів.

### Список використаної літератури

1. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними: ДСТУ 3004-95. - К.: Держспоживстандарт України, 1995. – 129 с.
2. Березин Л.Н., Волощенко В.П. Исследование надежности элементов вязального механизма одноцилиндровых чулочных автоматов по данным эксплуатационных наблюдений // Изв. вузов. Технология лег. пром-сти.-1985. - №5. - С.125-130.
3. Методические указания. Порядок проведения анализа причин отказов изделий. - М.: Изд - во стандартов, 1983. – 35 с.
4. Гордеева Т.А., Жегина И.П. Анализ изломов при оценке надежности материалов. - М.: Машиностроение, 1978. – 200 с.
5. Гайдамака В.К., Красовский А.Я., Крамаренко И.В. Причины и характер разрушения игл вязальных машин // Проблемы прочности. - 1983. - №3. - С. 68 - 71.

### References

1. Nadiynist' tekhniky. Metody otsinky pokaznykiv nadiynosti za eksperymental'nymy danymy (1995): DSTU 3004-95. - K.: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny. 129 p.
2. Berezyn L.N., Voloshchenko V.P. (1985) Yssledovanye nadezhnosta elementov vyazal'noho mekhanizma odnotsylyndrovyykh chulochnyykh avtomatov po dannym ekspluatatsyonnykh nablyudenyu. Yzv. vuzov. Tekhnolohyya leh. prom-sty.- №5. P.125-130.
3. Metodycheskiye ukazanyya. Poryadok provedenyaya analyza prychnyn otkazov yzdelyu. (1983) M.: Yzd - vo standartov. 35 p.
4. Hordeeva T.A., Zhehyna Y.P. (1978) Analyz yzlovov pry otsenke nadezhnosta materyalov. M.: Mashynostroenye. 200 p.
5. Haydamaka V.K., Krasovskyu A.Ya., Kramarenko Y.V. (1983) Prychnyny y kharakter razrushenyaya yhl vyazal'nykh mashyn. Problemy prochnosti. №3. P. 68 - 71.

### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОТКАЗОВ ИГЛ ЧУЛОЧНО-НОСОЧНЫХ АВТОМАТОВ БЕРЕЗИН Л.Н.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Систематизация и обобщение эксплуатационной информации применительно к отказам вязальных игл для выявления общих закономерностей и разработки обоснованных конструктивно-технологических мероприятий для устранения причин отказов при модернизации серийных и проектировании новых автоматов с использованием опыта эксплуатации прототипов.

**Методика.** Используются положения, которые регламентируют последовательность сбора, обработки и методы оценки информации о надежности оборудования в эксплуатации; приведен анализ причин отказов игл с использованием фрактографических исследований.

**Результаты.** Получена информация об отказах игл в соответствии стандарту, который регламентирует последовательность анализа причин отказов, учитывая особенности касательно игл; предложена соответствующая классификация отказов вязальных игл.

Установлено суммарное время вязания каждого участка изделия за время проведения наблюдений для определения приведенной интенсивности отказов игл по участкам изделия.

**Научная новизна.** Впервые представлен комплексный подход к изучению отказов вязальных игл по их элементам, позициям и распределению отказов по участкам изделия на всех режимах цикла изготовления изделия, использование которого способствует разработке организационно-технических мероприятий по усовершенствованию вязальных механизмов автоматов.

**Практическая ценность.** Представленные результаты эксплуатационных наблюдений и практические рекомендации на их основании, позволяют обоснованно принимать прогрессивные конструкторские решения в замковых системах вязальных механизмов и рациональный режим нагрузок игл.

**Ключевые слова:** чулочно-носочный автомат, эксплуатационные наблюдения, вязальная игла, фактографические исследования, причины отказов, рекомендации

## **DETERMINATION OF FAILURE OF NEEDLES FOR AUTOMATIC HALF-HOSE MACHINE**

BEREZIN L. N.

*Kyiv national University of technologies and design*

**Purpose.** Systematization and generalization of operating information as it applies to the failures of knitting's needles for the exposure of general conformities and making of reasonable rationale of structurally-technological events for the removal of reasons of failures during modernization of serial and planning of new automatic half-hose machine with the use of experience of exploitation of prototypes.

**Methodology.** Are used provisions that regulate the sequence of collection, treatment and methods of estimation of information about reliability of equipment in exploitation; was carried out analysis of failures cause for needles with the use of fractography.

**Findings.** Information received about the failures of needles in accordance to the standard, which regulates the sequence of analysis of failures cause for needles; corresponding classification of failures of knitting's needles offers. Is installed the total time of knitting of every area of product in times of supervisions during exploitation for determination of the adjusted intensity over of failures of needles on the areas of product

**Originality.** Complex approach is first presented to the study of knitting's needles on their elements, positions and to distribution of failures on the areas of product. Approach assists development of organizationally-technical events on the improvement of knitting's mechanisms of automats.

**Practical value.** Presented results of operating supervisions and practical recommendations, which is used for advanced designer decisions in the systems of cams of knitting's mechanisms and rational mode of loading of needles.

**Keywords:** automatic half-hose machine, knitting needle, fractography, failure cause, recommendations

УДК 677.077. 87:685.

ЄВЛАШКІНА О.В., КУРГАНСЬКИЙ А.В.,  
ВАСИЛЕНКО В.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
З'ЄДНУВАЛЬНИХ ШВІВ ФОРМОУТВОРЮЮЧОГО ШАРУ  
НА ОСНОВІ НЕТКАНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПАКЕТАХ ОДЯГУ**

***Мета.** Обґрунтування вибору нетканого матеріалу для формуючого шару у текстильних виробках повсякденного призначення.*

***Методика.** Визначення механічних властивостей зразків нетканих матеріалів та з'єднувальних швів при одноосному розтягуванні за стандартизованою методикою. Для обробки отриманих експериментальних даних застосовані методи математичної статистики.*

***Результати.** В результаті проведення експериментального дослідження підтверджено залежність розривного навантаження від поверхневої густини матеріалу, яка має лінійний характер. Встановлено, що на видовження під час розриву більший вплив має сировинний склад матеріалу ніж його поверхнева густина.*

***Наукова новизна.** Отримано математичну залежність розривного навантаження та видовження під час розриву нетканих матеріалів для формуючого шару одягу від поверхневої густини.*

***Практична значимість.** Результати досліджень поведінки нетканих текстильних матеріалів при виготовленні верхнього одягу, саме для формуючого шару, дає можливість врахувати деформаційні властивості матеріалу на стадії проектування конструкції виробу та дозволяє прогнозувати якість готових виробів.*

***Ключові слова:** неткані текстильні матеріали, поверхнева густина, розривне навантаження, видовження при розриві, сировинний склад.*

**Вступ.** Сьогодні неткані матеріали є одним з найпоширеніших і найбільш перспективних видів текстильної продукції. Обсяги їх виробництва в усьому світі зростають швидшими темпами, ніж обсяги виробництва в традиційних галузях текстильної промисловості і при цьому зберігають стійку тенденцію до подальшого зростання [1]. Це обумовлено тим, що цикл виробництва нетканих матеріалів від отримання волокнистої сировини до випуску готових виробів в кілька разів коротше технології виготовлення класичних видів текстилю і не вимагає масштабних грошових коштів. Принципово нові технології, широкі можливості використання у виробництві різних сировинних ресурсів, в тому числі непридатних для переробки по класичним текстильним технологіям, комбінування матеріалів і технологій дозволяє створювати неткані матеріали з новими властивостями і використовувати їх в областях, де раніше взагалі не використовувалися [2].

**Постановка завдання.** Застосування нетканих матеріалів для формуючого шару одягу є не типовим та перспективним у застосуванні. Метою дослідження є встановлення характеру залежності розривного навантаження та видовження при розриві від поверхневої густини нетканих текстильних матеріалів та вибір оптимального варіанту для виготовлення одягу. Об'єктом дослідження є процес визначення показників якості нетканих текстильних матеріалів (розривне навантаження, видовження).

**Результати дослідження.** Поверхнева густина матеріалу є одним із основних чинників, які разом з сировинним складом, товщиною, розривним навантаженням,

видовженням та іншими показниками визначають якість матеріалу. В якості сировини для виробництва нетканих текстильних матеріалів використовують поліефірні, віскозні волокна, вовну, бавовну та інші. Останнім часом все більш широкі області застосування у виробництві товарів легкої промисловості знаходять об'ємні неткані полотна. Вони відрізняються достатньою формостійкістю, високою повітропроникністю. Однак для використання в якості деталей одягу, такі полотна застосовувати досить складно через їх не високу розтяжність та жорсткість у порівнянні з традиційними одяговими матеріалами.

Отримані пакети матеріалів повинні мати комплекс відповідних властивостей, що забезпечують високу якість. Оскільки в процесі експлуатації в якості деталей одягу такі матеріали піддаються впливу складного комплексу фізико-механічних та фізико-хімічних факторів: вологи, поту, тепла, багаторазових стискань, розтягнень тощо. Від інтенсивності дії вказаних факторів та від значень фізико-механічних показників якості матеріалів залежить термін експлуатації виробів з них [3].

Найбільш важливими властивостями нетканих матеріалів є механічні властивості: розривне навантаження та видовження при розриві, які мають великий вплив на їх експлуатаційні властивості. Для досліджень обрано матеріали ТОВ «Промтекссервіс» м. Луцьк.

Предмет дослідження – термоскріплені голкопробивні неткані матеріали з різною поверхневою густиною надано в таблиці 1.

Таблиця 1

**Характеристика нетканих матеріалів**

Умовне позначення матеріалу, артикул	Сировинний склад, %	Вид скріплення	Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup>	Ширина, см	Товщина, мм	Вид оздоблення
1	2	3	4	5	6	7
93445/280/2	Волокно поліефірне фарбоване - 26 поліефірне нефарбоване - 54 бікомпонентне - 20	голкопробивне	280±16	150±3,0	2,0±0,1	термоусадкове
93444/300/3	Волокно поліефірне фарбоване - 60 поліефірне нефарбоване - 30 бікомпонентне - 10		300±18	150±3,0	2,0±0,1	
93444/400/3	Волокно поліефірне фарбоване - 60 поліефірне нефарбоване - 30 бікомпонентне - 10		400±24	150±3,0	2,5±0,1	

93444/450/2	Волокно поліефірне фарбоване - 26 поліефірне нефарбоване - 64 бікомпонентне - 10		450±27	150±3,0	2,6±0,1	
93443/300/3	Волокно поліефірне фарбоване - 60 поліефірне нефарбоване - 40		300±18	150±3,0	1,8±0,1	

Для визначення розривного навантаження та видовження під час розриву в лабораторних умовах використано розривну машину маятникового типу РТ – 250. Результати досліджень занесені в таблицю 2.

Таблиця 2

**Результати досліджень по визначенню розривного навантаження та видовження на момент розриву нетканого текстильного матеріалу**

Умовне позначення матеріалу, артикул	Розривне навантаження, Н		Видовження під час розриву, %	
	за довжиною	за шириною	за довжиною	за шириною
1	2	3	4	5
9344 5/280/2	340	350	70	140
9344 4/300/3	450	460	80	135
9344 4/400/3	550	600	100	145
9344 4/450/2	650	700	90	140
9344 3/300/3	420	400	100	135

Аналізуючи отримані результати, встановлена лінійна залежність між розривним навантаженням за довжиною і шириною та поверхневою густиною. На видовження під час розриву за довжиною більший вплив має сировинний склад матеріалу ніж його поверхнева густина.

Порівнюючи сировинний склад матеріалів арт. 93443/300/3 і арт. 93445/280/2 - до складу якого входить бікомпонентне волокно в кількості 20%, видовження під час розриву за довжиною становить – 70%, а для арт. 93443/300/3 – 100%. Не вдалося встановити залежності між видовженням під час розриву і поверхневою густиною (зразки артикулів: 93444/300/3, 93444/400/3, 93444/450/2) при однаковому сировинному складі. Відсутня залежність між видовженням під час розриву за шириною та поверхневою густиною нетканних текстильних матеріалів майже не впливає і сировинний склад (рис. 1).

Одним із визначальних параметрів якості готового одягу є якість з'єднувальних швів. Від якості з'єднувальних швів залежить як буде виглядати готовий виріб, наскільки довговічним буде в експлуатації, яку кількість прань та хімічних чисток зможе перенести.

Найбільш вагомими серед встановлених вимог є:

- міцність шва уздовж строчки;
- подовження шва уздовж строчки;
- міцність шва поперек строчки;
- жорсткість, еластичність шва;
- пошкоджуваність (прорубування) матеріалу голкою.

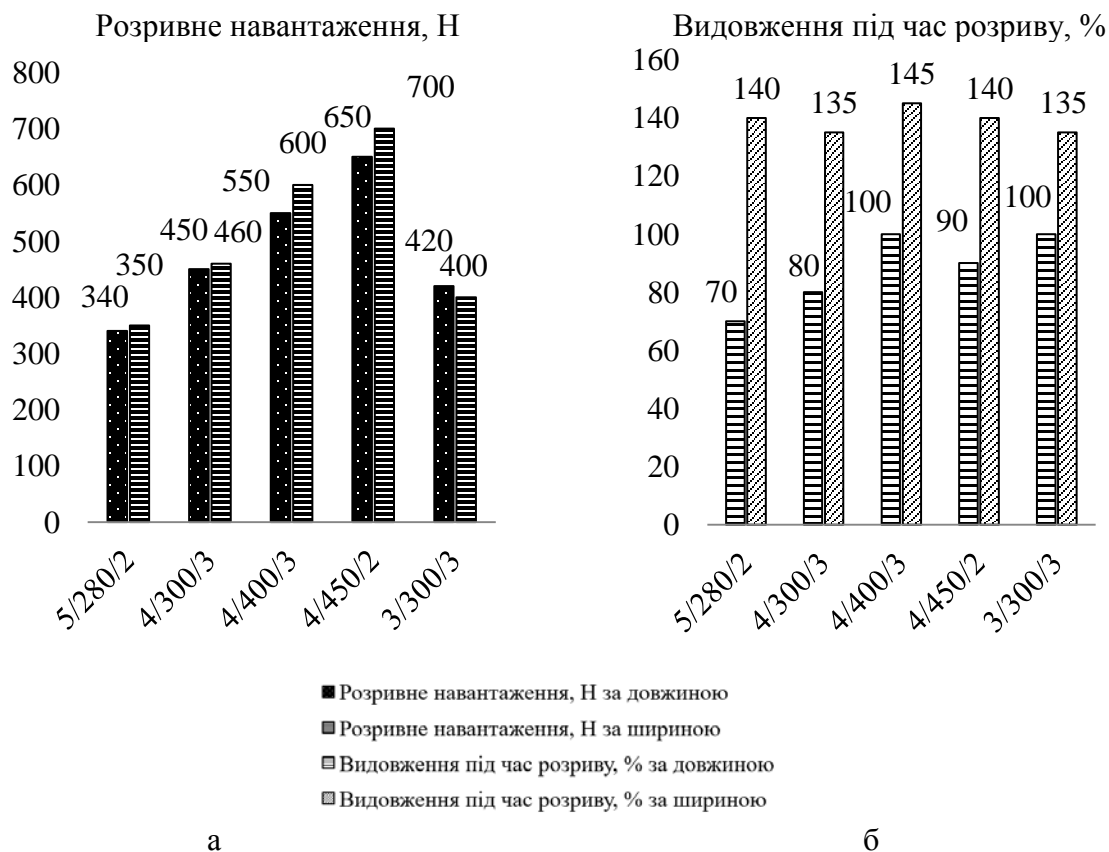


Рис. 1. Характеристика нетканних матеріалів: а – розривне навантаження; б – видовження під час розриву

Для визначення розривного навантаження та видовження шва при розтягуванні матеріалу в лабораторних умовах використано: розривна машина маятникового типу РТ – 250М – 2 з постійною швидкістю опускання нижнього затиску; машина швейна; голки машинні; лінійка вимірювальна з ціною поділки 1 мм по [3]. Для проведення експерименту визначення розривного навантаження при розтягу перпендикулярно шву вирізали дві смужки нетканого текстильного полотна довжиною 300 мм і шириною 90 мм і 130 мм, для проведення експерименту визначення розривного навантаження і видовження вздовж шва вирізали смужки розміром 25×190 мм під кутом 45° до основи полотна, які зшиваються попарно вздовж довгої сторони на відстані 10 мм від краю. Швидкість роботи швейної машини підтримувалась постійною в процесі виготовлення шва.

Таблиця 1

Характеристика з'єднувальних швів

Найменування з'єднувального шва	Умовне позначення	Код шва	Кодове позначення шва	Артикул/ № нитки/ dtex	№ голки	Кількість стібків на 10 мм	Назва, тип обладнання
1	2	3	4	5	6	7	8
Зшивний		301	1.01.01	Gutermann A302/ 100/300	100	4.0	TYPICAL GS6-7-D
Настрочний			2.02.03		100	3.5	
В «замок»			2.04.03		100	3.5	
Настрочний з двома паралельними строчками			2.02.04		100	3.5	

На розривній машині РМ – 250 встановлюємо затискач на довжину 100 мм. У верхній затискач заправляємо коротку частину матеріалу проби шва, в нижній – довгу, на яку прикріплюємо вантаж попереднього натягу. Попередній натяг проби шва встановлюємо в залежності від подовження і поверхневої густини 1 м<sup>2</sup> полотна (1,47 Н (150 Кгс)). Шов розташовуємо на рівній відстані від верхнього і нижнього затискачів. Середня тривалість процесу розтягування шва до розриву відповідала 30±15с. Швидкість розриву 25 м/хв. Показники розривного навантаження перпендикулярно і вздовж шва та подовження вздовж шва при розриві знімаємо з відповідних шкал розривної машини при руйнуванні шва. Момент руйнування шва фіксували по зупинці приладу [4-5].

Результати експерименту випробувань представлено в табл. 2. За результатами експерименту побудована діаграма, представлена на рис. 2.

Таблиця 2

Результати експерименту по визначенню міцності з'єднувальних швів

Код шва	Артикул/ № нитки/ dtex	Міцність при розтягу перпендикулярно шву	Міцність при розтягу вздовж шва		Причина розсуву
		Розривне навантаження, Н	Розривне навантаження, Н	Видовження на момент розриву, %	
1	2	3	4	5	6
1.01.01	Gutermann A302/ 100/300	14,2	79,4	77,0	Розрив нитки
2.02.03		34,8	80	67,3	
2.04.03		56,7	92,3	78,8	
2.02.04		49,2	86,2	76,6	

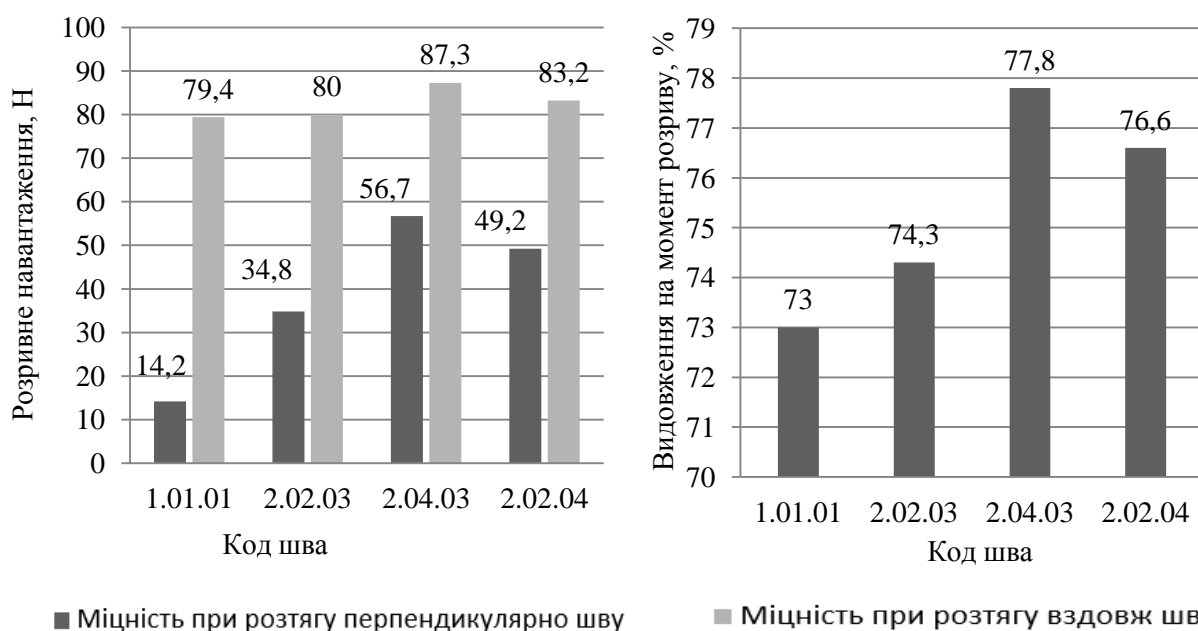


Рис. 2. Характеристика з'єднувальних швів: а - розривного навантаження; б - видовження на момент розриву

На наступному етапі слід провести дослідження для встановлення залежності тиску на тіло людини від розривного навантаження та видовження на момент розриву нетканних матеріалів.

**Висновки.** На основі проведених експериментальних досліджень зроблено вибір нетканого матеріалу для виготовлення одягу, а саме арт. 93444/450/2, який має найкращі показники, що впливає на якість готового виробу. Також результати експериментальних досліджень дозволили зробити вибір з'єднувального шва при виготовленні одягу із нетканого полотна. За результатами, найміцнішим є шов в «замок» та настрочний шов з двома паралельними строчками. Необхідно відмітити такі переваги шва в «замок»: відсутність відкритих зрізів, висока міцність із-за наявності двох строчок, зменшення в загальному витрат. За конструкцією в ньому міститься чотири шари полотна, що створює жорстке ниткове з'єднання. Жорсткість шва в «замок» негативно позначиться на його зовнішньому вигляді та експлуатації.

#### Список використаних джерел

1. Легка промисловість України: реалії та перспективи розвитку. Експертно-аналітична доповідь / Колектив авторів під науковою редакцією д.е.н., професора, член-кор. НАПН України І. М. Грищенко. – К.: КНУТД, 2015. – 82 с.
2. Пушкар Г. О., Семак Б. Д. Сучасний асортимент і властивості нетканних текстильних матеріалів інтер'єрного призначення // Вісник Львівської комерційної академії. Серія товарознавча. – 2011. – №. 12. – С. 15-21.
3. Василенко В. М. Дослідження механічних властивостей багатошарових текстильних матеріалів для взуття [Електронний ресурс] / В. М. Василенко, Н. П. Супрун, Г. В. Щуцька, М. А. Мархай // Електронний науковий журнал «Технології та дизайн». – К.: КНУТД. – № 3 (12). – 2014. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/td\\_2014\\_3\\_2.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/td_2014_3_2.pdf).
4. Изделия швейные Методы определения разрывной нагрузки, удлинения ниточных швов, раздвигаемости нитей ткани в швах ГОСТ 28073 – 89. Дата введения 22.06.1989. – 10 с. - чинний в Україні.

5. Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей: ГОСТ 3811-72 (ИСО 3932-76, ИСО 3933-76, ИСО 3801-77) – [Дата введения 1973-01-01]. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 2003. – 16 с.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ШВОВ ФОРМООБРАЗУЮЩЕГО СЛОЯ НА ОСНОВЕ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПАКЕТЕ ОДЕЖДЫ**

ЄВЛАШКИНА О.В., КУРГАНСЬКИЙ А.В., ВАСИЛЕНКО В.Н.

*Київський національний університет технологій і дизайну*

**Цель.** Обоснование выбора нетканого материала для формообразующего слоя в текстильных изделиях повседневного назначения.

**Методика.** Определение механических свойств образцов нетканых материалов и соединительных швов из них осуществлялось по стандартизированной методике. Для обработки полученных экспериментальных данных применены методы математической статистики.

**Результаты.** В результате проведения экспериментального исследования подтверждено зависимость разрывной нагрузки от поверхностной плотности материала, которая имеет линейный характер. Установлено, что на удлинение при разрыве большее влияние имеет сырьевой состав материала чем его поверхностная плотность.

**Научная новизна.** Получена математическая зависимость разрывной нагрузки и удлинения при разрыве нетканых материалов для формообразующего слоя одежды от поверхностной плотности.

**Практическая значимость.** Результаты исследований поведения нетканых текстильных материалов при изготовлении верхней одежды, именно для формообразующего слоя, дает возможность учесть деформационные свойства материала на стадии проектирования конструкции изделия и позволяет прогнозировать качество готовых изделий.

**Ключевые слова:** нетканые текстильные материалы, поверхностная плотность, разрывная нагрузка, удлинение при разрыве, сырьевой состав.

### **AN INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF PANEL SEAMS AT MULTI-LAYER NON-WOVEN FABRICS IN CLOTHS**

YEVLASHKINA O.V., KURHANSKYI A.V., VASILENKO V.M.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Rationale for choosing of non-woven fabrics for multi-layer non-woven fabrics in textile products.

**Methodology.** A standardized technique for the investigation of mechanical test for panel seams and multi-layer non-woven fabrics was used. Mathematical statistics has been based on data analysis.

**Results.** The investigational study results demonstrate the breaking force dependence on surface density, which has linear character.

**Scientific novelty.** We get a mathematical relation of breaking force and stretch at break of non-woven fabrics for multi-layer non-woven textiles on fabric weight.

**Practical value.** This particle is capable of introducing the deformation properties at the design stage and allow make a forecast the quality of finished fabrics

**Keywords:** non-woven textile material, fabric weight, breaking load, stretch at break, raw material components.

УДК 687.124:687.03

**ВОДЗІНСЬКА О. І., ПАНІНА Н. О.**

Київський національний університет технологій та дизайну

## **ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВИШИВАЛЬНИХ НИТОК ДЛЯ ВИКОНАННЯ ВИШИВКИ НА СОРОЧЦІ**

**Мета.** Оцінка фізико-механічних властивостей вишивальних ниток та вибір оптимального варіанту для виконання вишивки на жіночій сорочці.

**Методика.** Для науково-обґрунтованого вибору вишивальних ниток використано методи експериментального дослідження. При обробці результатів експерименту застосовано методи математичної статистики. Побудову математичних залежностей та графічне зображення результатів експериментів виконано на ПК з використанням програмного забезпечення MS Excel.

**Результати.** У процесі проведення експериментального дослідження встановлено значення стійкості до тертя, міцності на розрив та еластичності чотирьох видів вишивальних ниток іноземного виробництва. Визначено, що вартість ниток не є визначальною при оцінюванні їх якості.

**Наукова новизна.** На основі оцінювання фізико-механічних властивостей вишивальних ниток для машинної вишивки запропоновано використання одиничних показників якості: стійкість до тертя, міцність на розрив та видовження на момент розриву.

**Практична значимість.** Виконано науково-обґрунтований вибір вишивальних ниток для виконання машинної вишивки на сорочці жіночій, що може бути використано в умовах діючого підприємства ПрАТ «Едельвіка», яке спеціалізується на виготовленні сучасних вишиванок.

**Ключові слова:** вишивальні нитки, показники якості, стійкість до тертя, розривальне зусилля.

**Вступ.** Вже не перший рік провідні світові дизайнери черпають натхнення з українських етнічних мотивів. Вишиванка є добрим способом розповісти про себе світові. Цікавість іноземців до нашої національної культури – дещо більше, ніж скороминуще модне явище. Такий інтерес свідчить про глибоке прагнення пізнати українські традиції. Французькі модники й модниці, наприклад, почали вбиратися в вишите ще в 2005 році невдовзі після того, як відомий дизайнер Жан Поль Готьє відвідав нашу країну. Тут він надихнувся національним вбранням і переосмислив його декорування у своїй колекції. Моделі виходили на подіум, який сам дизайнер нарід Києвом, у сукнях «Буковина», «Крим», для назв моделей автор використав також жіночі імена. Зал для показів був поділений на зони, які носили назви українських міст [1].

На сьогоднішній день чимало українських виробників виготовляють вироби з вишивкою. Зокрема, ПрАТ «Едельвіка» (м. Луцьк) спеціалізується на виготовленні сучасних виробів для чоловіків, жінок та дітей в етно стилі з елементами машинної вишивки (рис. 1). Зовнішній вигляд сорочки значною мірою залежить від побудови композиції вишивки, творчого поєднання різних елементів візерунку в єдине ціле та розташування їх на виробі.



Рис. 1. Сучасні українські вишиванки (машинна вишивка), виготовлені в умовах ПрАТ «Едельвіка»

Гарний вигляд сорочки у процесі експлуатації залежить від якості виконання вишивки та збереження її зовнішнього вигляду на протязі всього періоду експлуатації виробу, який є досить тривалим через високу ціну готового виробу українського виробництва (більше 1 тис. грн. за сорочку та до 5 тис. грн. за сукню вітчизняного виробництва, до 10 тис. грн. за дизайнерську річ) [2].

Однією зі складових якості готової вишивки є якість вишивальних ниток. Для машинної вишивки використовують широкий асортимент ниток, як з натуральних, так і з хімічних волокон, асортимент яких широко представлений на ринку України. У якості сировини для виробництва ниток використовують поліефірні волокна, віскозу, бавовну, вовну та ін. В даний час найбільш поширені віскозні (100% Віс) та поліефірні (100 % ПЕ) нитки.

**Постановка завдання.** Виробники вишивальних ниток не надають їх повну характеристику та опис фізичних та хімічних властивостей, а вказують сировинний склад, номер ниток та лінійну густину. При виборі швейних ниток виробник одягу орієнтується, в основному, на власний практичний досвід та ціну ниток. Тому метою дослідження є оцінка показників якості вишивальних ниток та вибір оптимального варіанту для виготовлення вишивки на жіночій сорочці.

До ниток висувають споживчі та промислові вимоги, які визначаються рівнем їх якості та встановлюються переліком показників, їх вагомістю.

До основних вимог до вишивальних ниток відносять:

- висока міцність та рівномірність нитки, що забезпечує мінімальну кількість обривів, відсутність спутування ниток та, як результат, зупинок вишивальної машини, а також застосування їх на високошвидкісних вишивальних машинах;
- висока стійкість до тертя, що сприяє мінімальній кількості перетирань нитки об голку в процесі вишивання на швидкісних машинах-напіваавтоматах;
- еластичність нитки, що сприяє відсутності стягування вишивки в готовому вигляді (при надмірній еластичності нитки вишивка деформується);
- висока стійкість нитки до дії світла, хімічних реагентів, волого-теплого оброблення, що подовжує термін експлуатації швейного виробу з вишивкою;
- гарний зовнішній вигляд та блиск нитки;

– широка кольорова гамма, що дозволяє підібрати необхідний колір нитки з високою точністю.

Серед нормативних документів на сьогоднішній день відсутні стандарти, які б регламентували показники якості вишивальних ниток. Найближчими за змістом є ГОСТ 6309-93 «Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические» [3], який унормовує структуру та граничні значення фізичних і механічних показників якості швейних бавовняних та синтетичних ниток, а також ГОСТ 30227-93 [4], який регламентує визначення якості швейних бавовняних та синтетичних ниток по дефектах зовнішнього вигляду.

Найбільш вагомими серед встановлених вимог є міцність вишивальних ниток, стійкість до тертя та еластичність. Тому об'єктом дослідження обрано процес визначення показників якості вишивальних ниток (розривального зусилля, видовження на момент розриву та опору до тертя). Предметом дослідження обрано вишивальні нитки чотирьох видів різних виробників, представлені на ринку України: «Iris» (Польща), «Marathon» (Корея), «Rain Bow» (Литва), «GTL» (Китай). Характеристика ниток представлена в табл. 1.

Таблиця 1.

**Характеристика вишивальних ниток**

Пор. № ниток	Торгова марка, країна-виробник	Умовне позначення ниток	№ ниток	Сировинний склад, %	Лінійна густина, текс	Величина намотування, м	Ціна, грн.
1	«Iris» («Ariadna»), Польща	8992	40	ПЕ – 100	25	5000	124,80
2	«Marathon», Корея	1065	40	Віс – 100	25	5000	138,00
3	«Rain Bow», Литва	1110	40	Віс – 100	25	5000	72,64
4	«GTL» («Peni»), Китай	3048	40	Віс – 100	25	5000	70,46

**Результати дослідження.** З метою визначення стійкості вишивальних ниток до тертя в лабораторних умовах використано пристрій ДИТ-М та стандартизовану методику. Для проведення експерименту виготовлено проби сорочкової тканини з елементами машинної вишивки діаметром 28 мм (по 3 одиниці для кожного виду випробування). Результати експерименту в графічному вигляді представлено на рис. 1.

У результаті аналізу встановлено, що найбільш стійкими до тертя є нитки торгових марок «Marathon» (Корея) та «Rain Bow» (Литва).

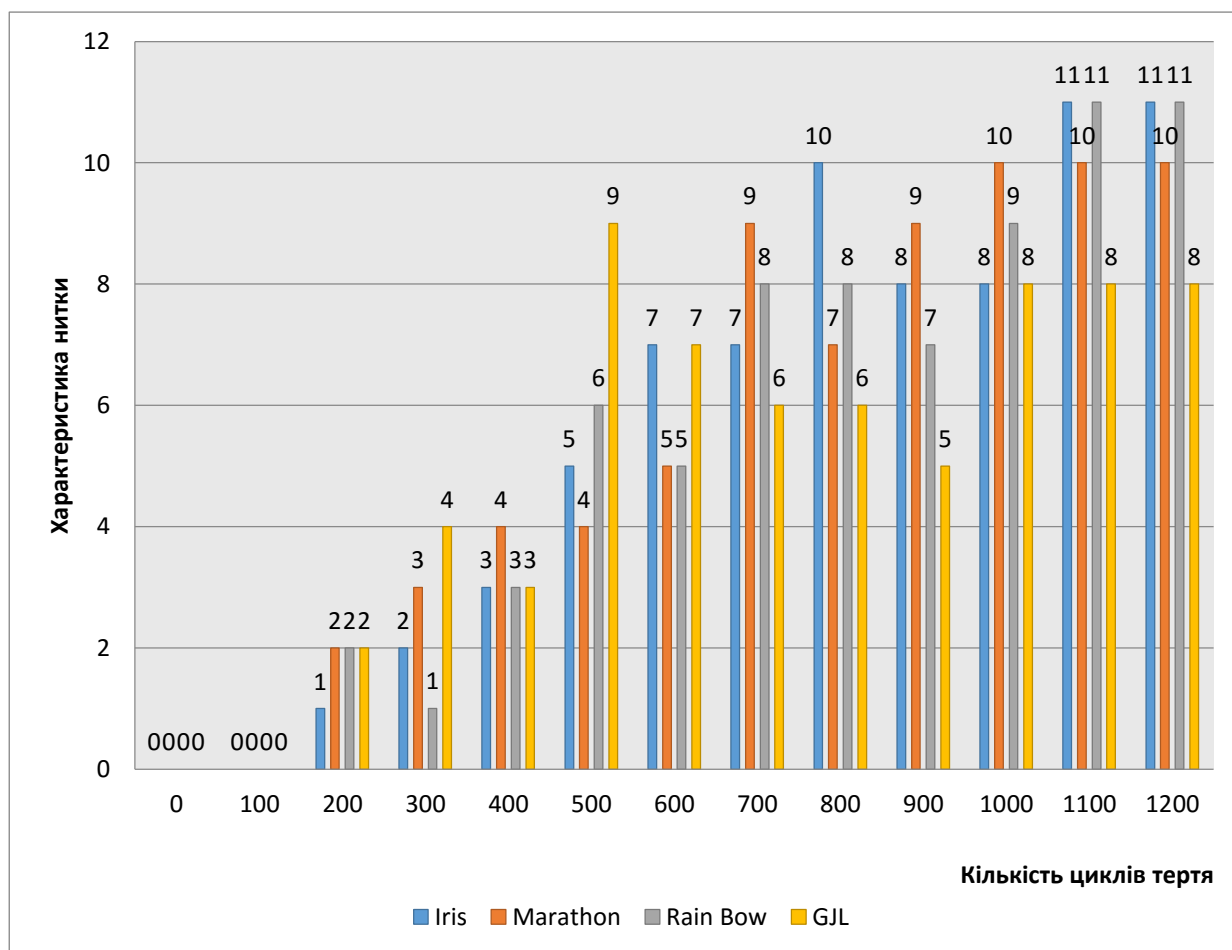


Рис. 1. Діаграми характеристик вишивальних ниток для оцінки їх стійкості до тертя:  
**0** – без змін; **1** – ворсистість нитки; **2** – висвітлення кольору нитки; **3** – помітна зміна кольору;  
**4** – розсування ниток в переплетенні на ділянці проколу голкою;  
**5** – ледь помітна руйнація вишивальних ниток; **6** – поява пілей на нитках;  
**7** – поява просвітів у вишивці; **8** – поява маленьких дірочок в ділянці вишивки;  
**9** – значна зміна кольору нитки; **10** – зміна конфігурації вишивки;  
**11** – руйнування ниток вишивки

Визначення міцності на розрив та оцінку еластичності нитки проведено з використанням установки РН-30 та стандартизованої методики. Результати експерименту наведено у табл. 2. За результатами побудовано діаграми, представлені на рис. 2.

Таблиця 2.

**Результати експерименту по визначенню міцності та еластичності вишивальних ниток**

Торгова марка ниток, країна-виробник	Розривальне зусилля, кгс	Видовження на момент розриву,	
		мм	%
«Iris» («Ariadna»), Польща	0,95	40	8,0
«Marathon», Корея	0,40	20	4,0
«Rain Bow», Литва	0,80	37	7,2
«GTL» («Peni»), Китай	0,34	20	4,0

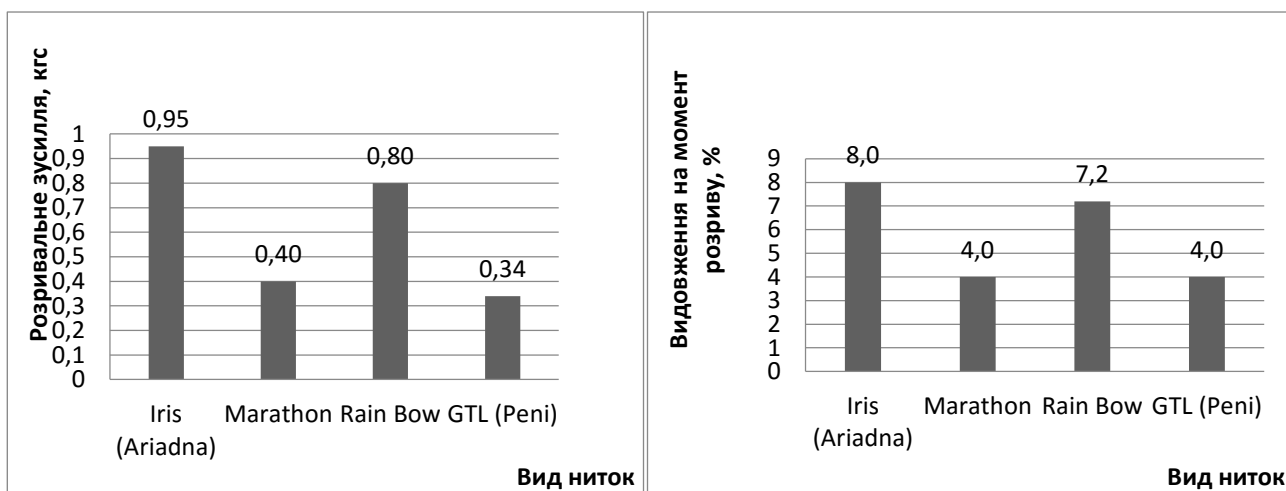


Рис. 2. Діаграми значень розривального зусилля та видовження на момент розриву вишивальних ниток

При дослідженні показника розривного навантаження встановлено, що найміцнішими є нитки «Iris» та «Rain Bow». Нормативне значення розривального навантаження для швейних ниток аналогічної лінійної густини 25лх (армовані з бавовняним обплетенням) становить не менше 0,933 кгс [3]. За еластичністю найкращими є також нитки «Iris» («Ariadna») та «Rain Bow». Нормативне значення подовження при розриві для аналогічних швейних ниток 25лх – не більше 20 % [3].

**Висновки.** Таким чином, проведені експериментальні дослідження дозволили зробити науково-обґрунтований вибір вишивальних ниток для виконання машинної вишивки при виготовленні жіночої сорочки. Обрано вишивальні нитки торгової марки «Rain Bow» як такі, що виявились оптимальними за показниками: стійкість до тертя, міцність на розрив та видовження на момент розриву. Встановлено, що ціна ниток є однією з найнижчих із запропонованих варіантів, що підтверджує думку, що вартість ниток не є визначальною при оцінюванні їх якості.

### Список використаної літератури

1. Українська вишиванка підкорила світ : [Електронний ресурс]. – / Режим доступу : [http://www.eramedia.com.ua/article/220529-yak\\_ukrainska\\_vishivanka\\_pdkorila\\_svt/](http://www.eramedia.com.ua/article/220529-yak_ukrainska_vishivanka_pdkorila_svt/)
2. Технологія вишивки: [Електронний ресурс]. – / Режим доступу: <http://vchitel.kr.ua/posts/162-tvorcha-robota-po-temi-tehnologija-vyshyvky-merezhkoju-ozdoblenija-vyrobiv.html>
3. Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические. Технические условия : ГОСТ 6309-93. Дата введения 01.01.1996. – 19 с. – (Межгосударственный стандарт).
4. Нитки хлопчатобумажные и синтетические. Определение качества по порокам внешнего вида: ГОСТ 30227-93. – Дата введения в Украине 01.01.1998. – 3 с. – (Межгосударственный стандарт).

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВЫШИВАЛЬНЫХ НИТОК ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫШИВКИ НА РУБАШКЕ**

ВОДЗИНСКАЯ О. И., ПАНИНА Н. О.

*Київський національний університет технологій і дизайну*

**Цель.** Оценка физико-механических свойств вышивальных ниток и выбор оптимального варианта для изготовления вышивки на женской рубашке.

**Методика.** Для научно-обоснованного выбора вышивальных ниток использованы методы экспериментального исследования. При обработке результатов эксперимента применены методы математической статистики. Построение математической зависимости и графическое изображение результатов экспериментов выполнено на ПК с использованием программного обеспечения MS Excel.

**Результаты.** В ходе проведения экспериментальных исследований установлены значения стойкости к трению, прочности на разрыв и эластичности четырех видов вышивальных ниток зарубежного производства. Определено, что стоимость ниток не является определяющей при оценке их качества.

**Научная новизна.** На основе оценки физико-механических свойств вышивальных ниток для машинной вышивки предложено использование единичных показателей качества: стойкость к истиранию, прочность на разрыв и удлинение в момент разрыва.

**Практическая значимость.** Выполнен научно-обоснованный выбор вышивальных ниток для выполнения машинной вышивки на женской рубашке, что может быть использовано в условиях действующего предприятия ЧАО «Эдельвика», специализирующемся на изготовлении современных вышиванок.

**Ключевые слова:** *вышивальные нитки, показатели качества, стойкость к трению, разрывное усилие.*

## **JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF EMBROIDERY THREADS FOR PRODUCTION EMBROIDERY ON THE SHIRT**

VODZINSKA O. I., PANINA N. O.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Estimation of physical and mechanical properties of embroidery threads and choice of the optimal variant for making embroidery on women's shirt.

**Methodology.** For evidence-based choice of embroidery thread methods of the experimental research has been used. Mathematical Statistics Methods for the treatment of experimental results has been applied. Building a mathematical relationship and graphics results of experiments using software MS Excel has been performed.

**Findings.** During experimental studies the value of resistance to abrasion, tear strength and elasticity of four kinds of foreign-made embroidery threads has been established. It has been determined that the cost of threads is not defining during evaluation of its quality.

**Originality.** Individual quality indicators such as resistance to abrasion, tensile strength and elongation at break has been used to evaluate the physical and mechanical properties of the embroidery threads for embroidery machine performance.

**Practical value.** Scientifically based selection of embroidery threads to production of machine embroidery on women's shirt has been performed. It can be used in existing company «Edelvika», which specializes in producing modern embroidering shirt.

**Keywords:** embroidery thread, quality, resistance to rubbing, breaking load.

УДК 687.17:677.017

ДОНЧЕНКО С.В., ШАРАВІНА Х.О., РУБАХА Н.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

## СИТУАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗИМОВОГО ОДЯГУ

**Мета.** Дослідити можливість застосування існуючої інформаційної бази теплозахисних властивостей текстильних матеріалів та методики прогнозування для удосконалення процесу проектування конкурентноспроможного теплозахисного одягу, виявити недоліки та визначити шляхи їх усунення.

**Методика.** Використано структурний аналіз існуючої інформаційної бази теплофізичних показників текстильних матеріалів та фізичний метод дослідження теплозахисних властивостей пакетів матеріалів та одягу в цілому.

**Результати.** Виявлено недоліки існуючої методики прогнозування теплозахисних властивостей одягу та інформаційної бази теплофізичних показників текстильних матеріалів. Обґрунтовано проведення експериментальних досліджень по визначенню термічного опору жилетів з теплозахисним шаром з ватину, синтепону та Slimtex. Встановлено розбіжність між значеннями термічного опору ватину, синтепону та Slimtex, які отримано з різноманітних джерел та експериментальним шляхом.

**Наукова новизна.** Запропоновано шляхи вдосконалення процесу проектування конкурентноспроможного теплозахисного одягу на основі застосування методу прогнозування.

**Практична значимість.** Запропоновано практичні підходи до створення умов для прогнозування теплозахисту одягу на стадії проектування.

**Ключові слова:** теплозахисний одяг, теплоізоляційна прокладка, ватин, синтепон, Slimtex, термічний опір.

**Вступ.** На сьогоднішній день важливим завданням для легкої промисловості України є проектування конкурентноспроможних виробів, які б задовольняли усі вимоги, що до них висуваються. Теплозахисний одяг спрямований підтримувати комфортні відчуття людини в холодні пори року та запобігати переохолодженню організму. Для провідних світових виробників такого одягу притаманний науково обґрунтований підхід до його проектування, але, на жаль, більшість вітчизняних виробників, які виготовляють зимовий одяг, не займаються прогнозуванням його теплозахисних властивостей та і матеріали, які потрапляють на український ринок, більшість яких китайського, турецького та білоруського виробництва не мають точної інформації стосовно показників, які визначають рівень їх теплозахисту. Тому удосконалення існуючої методики розрахунку теплозахисної спроможності пакетів одягу за рахунок розширення інформаційної бази щодо теплофізичних показників сучасних теплоізоляційних прокладок з нетканих матеріалів є актуальною задачею.

**Постановка завдання.** На показники теплозахисних властивостей виробів впливає багато факторів, це обумовлює необхідність проаналізувати їх вплив в залежності від структурного складу пакетів одягу та властивостей самих теплоізоляційних прокладок. Тому метою даного дослідження є проведення порівняльного аналізу теплозахисних характеристик пакету одягу отриманих аналітичним та експериментальним методами.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішені наступні задачі:

- проведено аналіз сучасного асортименту теплозахисного одягу та теплоізоляційних матеріалів, які застосовуються для його виготовлення;
- з застосуванням теплоізоляційних матеріалів, які найчастіше зустрічаються в якості теплоізоляційної прокладки в одязі, який за ціною характеристикою доступний широкому колу споживачів, сформовано пакет одягу та розраховано за існуючою методикою його загальний термічний опір;
- виготовлено експериментальні зразки жилетів чоловічих з прокладками у складі пакету, теплоізоляційні характеристики якого визначено з застосуванням аналітичного методу прогнозування;
- проведено лабораторні випробування виготовлених зразків жилетів чоловічих та визначено їх загальний термічний опір;
- проведено порівняльний аналіз отриманих експериментальним способом результатів із даними визначеними розрахунковим методом.

Об'єкт дослідження – процес проектування зимового одягу високої якості.

Предметом дослідження - є процес прогнозування теплозахисних характеристик одягу.

**Результати дослідження.** На світовому ринку існує велике розмаїття виробів для захисту від холоду, які розрізняються за своєю конструкцією та видом утеплювальних матеріалів. Виробники утеплювачів пропонують широкий асортимент матеріалів, які в свою чергу об'єднані в три основні групи – ватини, матеріали нетканого виробництва та утеплювальні наповнювачі. Слід зазначити, що до другої групи відносяться нещодавно винайдені теплоізолятори (вальтерм, ізософт, тінсулейт, слімтекс, терміум), які мають високий рівень теплозахисту. Але для більшості споживачів, в яку входять мало- та середньо забезпечені громадяни, одяг, що виготовлений з використанням зазначених матеріалів, є недоступний із-за своєї цінової політики. Тому у масовому виробництві в якості теплоізоляційного шару пакету осінньо-зимового одягу найчастіше використовують більш дешеві неткані матеріали такі, як синтепони різної товщини та значно рідше ватини, або утеплювачі вітчизняного виробництва такі, як Slimtex.

Ватин – неткане або трикотажне (із начосом) полотно з бавовняне бавовняних, вовняних або змішаних волокон [1].

Синтепон – це неткане голкопробивне об'ємне полотно, виготовлене з волокон лавсану або нітрону [2].

Slimtex – сучасний утеплювач, створений з комбінації надтонких волокон [3].

Для прогнозування теплозахисних характеристик одягу з теплоізоляційним шаром з ватину, синтепону та Slimtex було застосовано методику орієнтованого розрахунку теплозахисних властивостей пакета одягу [4].

Послідовність розрахунку за даною методикою складається з: 1) визначення умов експлуатації одягу; 2) проведення розрахунку необхідного загального термічного опору одягу на певній ділянці тіла людини; 3) формування структурної пошарової схеми пакету одягу, 4) підбір матеріалів за теплофізичними показниками; 5) розрахунок загального термічного опору пакету, як суми термічних опорів кожного шару окремо. Точність прогнозування теплозахисних характеристик одягу за даною методикою в основному

залежить від наявності науково отриманої та достатньо вірогідної інформаційної бази теплофізичних показників теплоізолюючих матеріалів.

Слід зазначити, що інформацію стосовно теплофізичних показників певних видів матеріалів за їх умовними позначеннями (артикулами) фахівець може отримати з літературних джерел минулих років [4, 5] або з рекламних проспектів фірм-виробників. Але, в багатьох випадках, така інформація від виробника не є науково обґрунтованою та носить рекламний характер [3, 6 - 8]. Також існує інформація, яку отримано науковцями при проведенні експериментальних досліджень [9 - 12], але використовувати її для прогнозування за вище описаною методикою не можливо тому, що вона містить значення теплофізичних показників вже скомплектованих пакетів матеріалів до складу яких входять відомі утеплювачі або таких, які знаходяться на стадії проектної розробки.

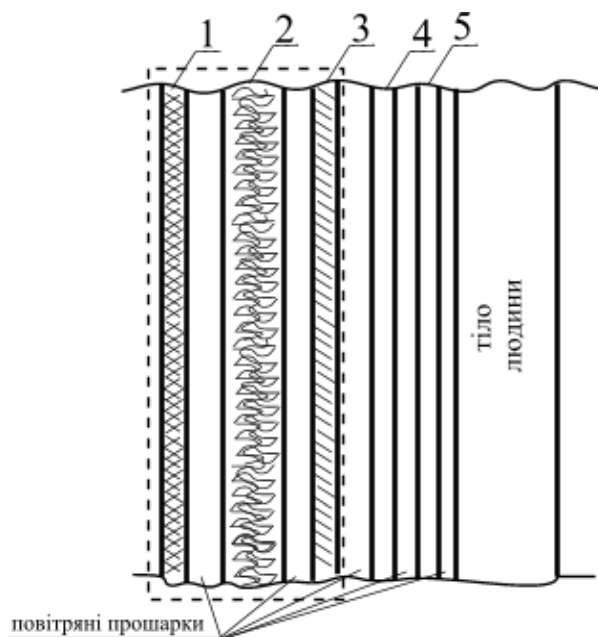
Авторами, в якості інформаційного джерела, використана література минулих років [5], як один з прикладів систематизованої легкодоступної в інформаційному просторі (до теперішнього часу) та професійно орієнтованої інформаційної бази по 7 фізичних показниках для більше ніж 200 артикулів тканин. При цьому сучасні фахівці мають можливість ідентифікувати наявні на ринку України тканини до зазначеної в даній літературі інформаційної бази за такими показниками як: асортиментна група, класична назва тканини та поверхнева густина.

Проведені авторами пошукові дослідження щодо наявності подібної інформаційної бази сучасних матеріалів в широкодоступному професійно – інформаційному середовищі показали, що існує нагальна потреба у створенні уподібнено організованої комплексної бази даних, що дозволить фахівцям значно скоротити час на пошуки необхідної інформації для прогнозування теплозахисних властивостей пакетів одягу.

Інформація, яку надають виробники для ідентифікації матеріалів, як правило, містить значення таких показників як: вміст сировинного складу, поверхнева густина, фірмова назва та умовне позначення.

У зв'язку з можливістю такої ідентифікації і виникла потреба у визначенні вірогідності результатів розрахунків, які виконано з використанням даних зазначених у вище проаналізованих інформаційних джерелах, шляхом порівняння результатів отриманих розрахунковим та експериментальним методами.

Пакет теплозахисного одягу (структуру якого представлено на рисунку), як правило, складається із шару покривної тканини верху 1, шару теплоізоляційної прокладки 2, шару підкладки 3, шарів побутового одягу, що складається із вовняного трикотажу 4 та бавовняного трикотажу (білизни) 5. Між кожним із текстильних шарів пакету знаходяться повітряні прошарки.



Структура пакету демісезонного або зимового одягу в області тулуба людини

Відомо, що основне функціональне навантаження у теплозахисті одягу бере на себе теплоізоляційна прокладка, яка у складі пакету повсякденного одягу має найбільший термічний опір.

На рисунку пунктиром виділено схематично зображену структуру пакету теплозахисного верхнього одягу, яка була визначена як структурна характеристика дослідних зразків.

При плануванні експериментальних досліджень було встановлено певні обмеження до структури та якісного складу пакету дослідних зразків, обумовлені наступними вимогами модельної системи: по-перше, обов'язковою структурною складовою пакету є повітряні прошки з обох сторін утеплювальної прокладки задля врахування їх реального впливу на термічний опір останньої, який залежить від зміни загальної товщини пакету на різних ділянках тіла людини; по-друге, обов'язковою складовою структури пакету є верхній покривний шар 1 задля збереження інертності повітряної прошки на зовнішній стороні утеплювальної прокладки; по-третє, матеріал для верхнього шару 1 повинен мати дуже малий термічний опір у порівнянні з теплоізоляційною прокладкою 2 задля мінімізації його впливу на загальний термічний опір пакету.

Для покривного (верхнього) 1 та підкладкового 2 шарів було обрано капронова підкладкова тканина, термічний опір якої малий у порівнянні з теплоізоляційними матеріалами, тому його впливом на теплозахисні властивості експериментального пакету можна знехтувати. В якості теплоізоляційної прокладки було обрано для пакету №1 ватин з сировинним складом: 75% Бавовна та 25% Вовна поверхнева густина  $285 \pm 2$  г/м<sup>2</sup>, для пакету №2 – синтепон із 100% поліефірного волокна, поверхнева густина  $150 \pm 2$  г/м<sup>2</sup>, для пакету №3 – Slimtex S – 250 поверхнева густина якого становить  $250 \pm 2$  г/м<sup>2</sup>.

За вище зазначеною методикою з урахуванням обраного якісного складу пакетів та врахуванням ступеню прилеглості одягу (вільне облягання), яке впливає на товщину

повітряних прошарок, а також з використанням отриманої з різних джерел інформації стосовно теплозахисних характеристик конкретних матеріалів (таблиця 1), розраховано загальний термічний опір теплозахисних жилетів, які виготовлено з пакетів матеріалів №1 та №2 та №3 (таблиця 2). Значення показників в таблиці 1 представлено в тих інтервалах, які надано в зазначених інформаційних джерелах.

Для розрахунку термічного опору кожного із прошарок пакету матеріалів було використано формулу [4]:

$$R = \delta_i / \lambda_i \quad (1)$$

де:  $\delta_i$  – розрахункова товщина відповідного шару матеріалів, що входять до пакету одягу, м;

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності шару матеріалів, що входять в пакет одягу, Вт/м·К.

Таблиця 1.

**Технічна характеристика матеріалів за різними інформаційними джерелами**

Назва матеріалу	Якісний склад шарів пакету	Інформаційне джерело		
		за Колесником П.А. [5]	за Куликовим Б.П. [4]	за даними виробника або електр.джерел [3, 6-8]
Підкладкова тканина	100% ПА	Інформація відсутня	$\delta = 0,0002$ м; $\lambda = 0,04$ Вт/мК; $R = 0,005$ м <sup>2</sup> К/Вт	Інформація відсутня
Ватин	75% Бавовна 25% Вовна	Інформація відсутня	$\delta = 0,01$ м; $\lambda = 0,04$ Вт/мК; $R = 0,22$ м <sup>2</sup> К/Вт	$\delta = 0,007 \div 0,012$ м; $\lambda = 0,045 \div 0,046$ Вт/мК $R = 0,15 \div 0,22$ м <sup>2</sup> К/Вт
Синтепон	100% ПЕ	Інформація відсутня	Інформація відсутня	$\delta = 0,003 \div 0,010$ м; $\lambda = 0,031 \div 0,035$ Вт/мК
Slimtex	Комерц. таємниця	Інформація відсутня	Інформація відсутня	$\delta = 0,0015 - 0,003$ м; $\lambda = 0,0064 - 0,013$ Вт/мК

Для розрахункового експерименту були прийняті такі значення термічного опору теплоізоляційних матеріалів: для ватину –  $R = 0,22$  м<sup>2</sup>К/Вт; для синтепону –  $R = 0,01/0,035 = 0,2857 = 0,29$  м<sup>2</sup>К/Вт; для Slimtex: S-250 -  $R = 0,003/0,0064 = 0,469$  м<sup>2</sup>К/Вт.

Таблиця 2.

**Розрахунок загального термічного опору зразків пакетів матеріалів**

Умовне позначення шару пакету одягу (рис.)	Термічний опір, м <sup>2</sup> К/Вт		
	пакет №1	пакет №2	пакет №3
1 (100% ПА)	0,005	0,005	0,005
повітряний прошарок	0,103	0,103	0,103
2 (75% Бавовна 25%)	0,22	-	-

Вовна)			
2 (100% ПЕ)	-	0,29	-
2 (Slimtex S-250)	-	-	0,469
повітряний прошарок	0,103	0,103	0,103
3 (100% ПА)	0,005	0,005	0,005
Разом	0,436	0,506	0,685

Слід зазначити, що дані щодо товщини повітряного прошарку, які рекомендується приймати при розрахунках [4], мають доволі усереднені значення та не враховують ділянки тулубу на яких їх товщина наближається до нульового значення, такі як опорна частина тулубу, зона грудини та інші ділянки тулуба, коли одяг має прилеглий силует.

З метою отримання більш точного розрахункового значення термічного опору теплоізоляційного шару разом з навколишніми повітряними прошарками були проведені експериментальні дослідження, які мали змогу врахувати вплив ступеню прилеглості одягу до поверхні тіла та рельєфність останнього з опорними для одягу зонами на теплозахисні характеристики теплоізоляційних (повітря – прокладка - повітря) шарів пакету.

Експериментальні дослідження з метою визначення загального термічного опору чоловічих теплозахисних жилетів з структурою та якісним складом пакетів ідентичних до пакетів №1, №2 та №3, які приймали участь у розрахунковому експерименті (таблиця 2), було проведено в лабораторії кафедри ТКШВ на імітаційному тепловому стенді торсу людини (ІТСТЛ) [13].

Для проведення експерименту були встановлені наступні значення керуючих факторів:

- температура навколишнього середовища  $t_{н.с.} = - 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- температура поверхні манекену  $t_{ш} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- площа поверхні манекену  $S = 0,55 \text{ м}^2$ ;
- струм приладу  $I = 6,5 \text{ А}$ ;
- напруга приладу  $U = 35 \text{ В}$ ;
- час експерименту  $T_{екс.} = 3600 \text{ с}$ .

В процесі експерименту фіксувався час роботи нагрівача, який автоматично підтримував заданий температурний режим.

Результати дослідження були отримані непрямим шляхом за допомогою розрахункової формули (2), за якою визначається загальний термічний опір одягу на ділянці тулуба:

$$R = \frac{(t_m - t_{пов}) \times S \times t_e}{U \times I \times t_p} \quad (2)$$

- де  $t_m$  – температура поверхні манекена, К;  
 $t_{пов}$  – температура повітря оточуючого середовища, К;  
 $S$  – площа поверхні манекена,  $\text{м}^2$ ;  
 $t_e$  – час експерименту, с;  
 $U$  – напруга приладу, В;  
 $I$  – сила струму, А;

$t_p$  – час роботи нагрівача, с

Для отримання достовірних результатів було виготовлено та досліджено по три дослідних зразків жилетів чоловічих з певним зазначеним складом пакету (№1; №2; №3) Отримані результати пройшли перевірку на відтворюваність дослідів за критерієм Кохрена.

Середнє значення термічного опору для пакету матеріалів із ватином (пакет №1) становить 0,46 ( $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ), із синтепоном (пакет №2) - 0,39 ( $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ), а для пакету №3 матеріалів із Slimtex S-250 – 0,44 ( $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ) .

Отримані значення термічного опору пакетів матеріалів при проведенні аналітичного та експериментального досліджень представлені у таблиці 3.

Таблиця 3.

### Порівняльний аналіз результатів досліджень

Назва пакету матеріалів	Значення сумарного термічного опору, $R, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$		Відмінність результатів , %
	За розрахунковими даними	За експериментальними даними	
Пакет матеріалів №1 із ватином	0,436	0,46	+5,5
Пакет матеріалів №2 із синтепоном	0,506	0,39	-22,9
Пакет матеріалів №3 із Slimtex	0,685	0,44	-35,8

Велику відмінність у результатах можна пояснити застосуванням у розрахунках не достатньо достовірної та науково обґрунтованої інформаційної бази.

**Висновки.** Проведені авторами дослідження та аналіз існуючої інформаційної бази теплофізичних показників сучасних теплоізоляційних матеріалів для одягу показали, що існує не систематизована науково обґрунтована інформація стосовно окремих видів та по одиничних артикулів останніх, використання якої для прогнозування теплозахисних властивостей одягу можливе тільки в окремих випадках, інша інформація не є достатньо об'єктивною, точною та повною та не може бути застосована для інжинірингових послуг в галузі виробництва одягу. Тому систематизація результатів окремих досліджень, створення та наповнення інформаційної бази теплофізичних показників сучасних текстильних матеріалів є одним з перспективних напрямків науково-дослідної роботи фахівців галузі.

Проведений аналіз існуючої методики орієнтованого розрахунку теплозахисних властивостей пакета одягу дозволив встановити недоліки, які заважають її широкому застосуванню в професійному середовищі фахівців з виготовлення одягу. Авторами експериментально доведено доцільність проведення подальших досліджень теплозахисних властивостей матеріалів для зимового одягу та визначено шляхи удосконалення існуючої методики прогнозування.

### Список використаної літератури

1. Слізков А.М. Тлумачний словник з матеріалознавства та текстильних виробництв / А.М. Слізков, Р.В. Луцик – К.: Арістей, 2004. – 304 с.
2. Патлашенко О.А. Матеріалознавство швейного виробництва: навчальний посібник / О.А. Патлашенко – К.: Арістей, 2003. – 288 с.
3. К.ТЕКС нетканые материалы. Продукция [Електронний ресурс] / Офіційний сайт ТОВ «К.ТЕКС» Режим доступу: <http://ktex.com.ua/products/uteplitel-slimteks.html>
4. Куликов Б.П. Проектирование одежды с заданной теплозащитной способностью: Текст лекцій / Б.П. Куликов, Р.В. Шингарев, М.В. Стебельский – Иваново: ИХТИ, 1984. – 47 с.
5. Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды / П.А. Колесников – М.: Легкая индустрия, 1965. – 346 с.
6. Утеплители для спальнх мешков [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://www.aerogeologia.ru/sites/default/files/02\\_uteplitel.pdf](http://www.aerogeologia.ru/sites/default/files/02_uteplitel.pdf)
7. Полотно нетканное [Електронний ресурс] / ООО «Синтепон». - Режим доступу: <http://www.sintepon.irksite.ru/>
8. Синтетические утеплители в одежде: от синтепона до Тинсулейта. Основные сведения о синтетических утеплителях [Електронний ресурс] / Материалы и технологии в одежде и обуви для туризма. - Режим доступу: [http://membra.ru/technology/thermo/synthetic\\_insulation/synthetic\\_insulation\\_in\\_clothing/](http://membra.ru/technology/thermo/synthetic_insulation/synthetic_insulation_in_clothing/)
9. Афанасьева Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода / Р.Ф. Афанасьева – М., 1977 – 132 с.
10. Колосніченко М.В. Оптимізація комфортності одягу для зимових видів спорту / М.В. Колосніченко, Н.Г. Савчук, К.Л. Процик // Легка промисловість – № 4 – 2010. – С. 40 – 41
11. Коляденко Н.Г. Вибір спеціальних матеріалів для проектування кріозахисних пакетів / Н.Г. Коляденко // Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки» - № 2 – 2010. – С. 244 – 248.
12. Василенко В.М. Визначення теплового опору нових композиційних текстильних матеріалів з використанням установки ИТ-7С / В. М. Василенко, Н. П. Супрун, Л. Й. Воробйов, З. А. Бурова // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2014. - № 5 (79). - С. 198-202.
13. С.В. Омельченко Експериментальні дослідження тривалості комфорту в одязі різних видів/ С.В. Омельченко, С.І. Мойсеєнко: Тези доповідей. – Київ: КНУТД. – 2001. – С.8.

### СИТУАТИВНИЙ АНАЛІЗ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЗИМНЕЙ ОДЕЖДЫ

ДОНЧЕНКО С.В., ШАРАВИНА К.А., РУБАХА Н.Н.

*Київський національний університет технологій та дизайну*

**Цель.** Исследовать возможность использования существующей информационной базы теплозащитных свойств текстильных материалов и методики прогнозирования для усовершенствования процесса проектирования конкурентоспособной теплозащитной одежды, выявив недостатки и пути их устранения.

**Методика.** Использовано структурный анализ существующей информационной базы теплофизических показателей текстильных материалов и физический метод исследования теплозащитных свойств пакетов материалов и одежды в целом.

**Результаты.** Обнаружено недостатки существующей методики прогнозирования теплозащитных свойств одежды и информационной базы теплофизических показателей текстильных материалов. Обосновано проведение экспериментальных исследований по определению термического сопротивления жилетов с теплозащитным шаром из ватина, синтепона и Slimtex. Установлено отличие между значениями термического сопротивления ватина, синтепона и Slimtex, которые получено из разных источников и экспериментальным путем.

**Наукова новизна.** Рекомендуются пути усовершенствования процесса проектирования конкурентоспособной теплозащитной одежды на основании использования метода прогнозирования.

**Практическое значение.** Рекомендуются практические подходы к созданию условий для прогнозирования.

**Ключевые слова:** теплозащитная одежда, теплоизоляционная прокладка, ватин, синтепон, Slimtex, термическое сопротивление.

## SITUATIONAL ANALYSIS PREDICTION SHIELDING PROPERTIES OF WINTER CLOTHES

DONCHENKO S.V., SHARAVINA K.O., RUBAHA N.N.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** To explore the possibility of using existing information base and methods of forecasting heat-protective properties of textile materials and methodologies to improve forecasting process designing clothes heat-competitive, identify deficiencies and ways of eliminating them.

**Methodology.** Sed structural analysis of the existing information base thermal indicators of textile materials and physical methods of investigation of thermal properties of the packages materials and clothes in general.

**Findings.** Revealed shortcomings of existing methods of forecasting heat shielding properties of clothing and information base thermal performance textiles. Grounded experimental studies to determine the thermal resistance of a thermal vests layer of batting, synthetic padding and Slimtex. Established discrepancy between thermal resistance and batting syntepon and Slimtex obtained from various sources and experimentally.

**Originality.** Recommended ways to improve the design process, competitive thermal insulation of clothing based on the use of forecasting method.

**Practical value.** Recommended practical approaches to the creation of conditions for forecasting.

**Keywords:** heat protection clothing, insulation lining, batting, polyester, Slimtex, thermal resistance.

УДК 687. 03 : 687. 1 +  
22. 011

ГОРБАЧЕНКО А. М., САДРЕТДІНОВА Н. В.  
Київський національний університет технологій та дизайну

## СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ВИМОГ ТА ПОКАЗНИКІВ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ВІДПОВІДНИЙ РІВЕНЬ КОМФОРТНОСТІ КАНОНІЧНОГО ОДЯГУ

**Мета.** Систематизація вимог до канонічного одягу з точки зору їх впливу на комфортність експлуатації.

**Методика.** Для уточнення номенклатури показників якості використано метод соціологічного дослідження. Для ранжирування вагомості впливу показників на комфортність в експлуатації використано метод експертної оцінки.

**Результати.** Упорядковано інформацію про ознаки канонічного одягу залежно від ступеня священства; проведено аналіз символічних показників канонічного одягу; встановлено вимоги споживачів до канонічного одягу; систематизовано вимоги та показники якості з точки зору їх впливу на комфортність в експлуатації.

**Наукова новизна.** Вперше на основі аналізу вимог безпосередніх споживачів канонічного одягу встановлено перелік та вагомість показників, що є визначальними для забезпечення комфортності в експлуатації одягу для церковнослужителів.

**Практична значимість.** Розширення інформаційного забезпечення процесу проектування комфортного одягу для церковнослужителів.

**Ключові слова:** канонічний одяг, вимоги до канонічного одягу, комфортність.

**Вступ.** Канонічний одяг (КО) для православних священнослужителів — це особливий асортимент, що довгі роки перебував поза увагою виробників одягу. Українська православна церква прийняла звичаї церковних облачень 1000 років назад. З тих часів, незважаючи ні на які зміни і каверзи моди, цей одяг зовсім не змінився.

Формений одяг виконує двояку функцію: окрім утилітарних властивостей все більшого значення набуває ідентифікація приналежності до певної сфери діяльності. Форма лікарів чи поліцейських дозволяє виділити їх з оточення при необхідності. Одяг для священнослужителів виділяється з групи форменого одягу тим, що його інформаційна складова виконує домінуючу функцію в порівнянні з іншими властивостями.

Облачення священників має древні символи, обумовлені звичаями. Церковний богослужбовий одяг відрізняється наявністю складних багатошарових пакетів матеріалів, які характеризуються різними фізико-механічними і технологічними властивостями. Для додання формостійкості деталей одягу, згідно з канонами, пакет матеріалів містить різні прокладки, способи з'єднання яких з основним матеріалом відрізняються значною часткою ручної праці. Слабкий рівень інформаційного забезпечення, як основоположний фактор розвитку виробництва, зупиняє темпи зростання обсягів випуску, покращення якості виробів і застосування науково – технічних досягнень у цій сфері.

**Постановка завдання.** Варто зазначити, що на сьогоднішній день відсутня систематизована класифікація вимог до канонічного одягу, яку можна було б використовувати для формування вихідних даних при проектуванні даного виду одягу. В умовах багаточасових богослужінь існуючий КО не забезпечує достатнього рівня комфортності, що значною мірою зумовлюється «традиційністю» крою, матеріалів, оздоблення та інших складових зовнішнього та внутрішнього устрою виробів даного виду.

Введення змін та інновацій обмежується ustalеними на протязі багатьох років канонічними вимогами. В зв'язку з цим, основним завданням роботи є систематизація вимог до канонічного одягу з точки зору їх впливу на комфортність.

**Результати досліджень.** В процесі дослідження особливостей використання канонічного одягу встановлено, що священнослужителі використовують різні види облачень, тобто КО є носієм інформації про місце людини в ієрархічній структурі церкви.

КО ділиться на два види: богослужбовий (літургійний) і повсякденний, в тому числі головні убори та аксесуари. Богослужбовий одяг розподіляється на два основні підвиди: для священнослужителів та для священних речей (престол, подир, тощо). Відповідно до канонів, кількість предметів, що входять до комплекту облачення, чітко вказана в залежності від ступеня священства духовної особи, тому доцільно розглядати склад предметів одягу відповідно до сану [1].

Приведена в табл. 1 класифікація духовенства дозволяє легко визначити всі групи споживачів канонічного одягу та приналежність церковнослужителя до відповідного ступеня ієрархії за основними ознаками. Класифікація складу духовенства тісно пов'язана з ознаками канонічного одягу.

В ході роботи проведено аналіз символічного значення кожного з предметів КО, оскільки вимоги символіки є пріоритетними для даного одягу. Символізм КО формують такі складові елементи: біблейська символіка, символіка чисел, форм, орнаменту та кольору [1, 2]. Всі ці складові взаємопов'язані та в тій чи іншій мірі впливають на формоутворення і оздоблення предметів даного виду одягу.

Символіка кольору. В облаченні існує 7 кольорів: білий, червоний, золотий (жовтий), зелений, блакитний (синій), фіолетовий, чорний (темно-коричневий), кожен з яких має символічне значення, залежно від духовних свят, днів чи подій. Проаналізувавши річний цикл церковних служб встановлено, що протягом року найбільше використовують облачення золотого і білого кольорів. А це важливо при плануванні його серійного виробництва [1].

Біблейська символіка: відповідає або земному одягу Христа, або вказує на страждання Христові, або розповідає про Його земне життя. Наприклад, епитрахиль та прив'язь на шиї, за допомогою якої воїни вели Ісуса Христа на катування. Правий кінець епитрахилі вказує на ту тростину, якою мучителі вдарили в праву руку Христу, лівий кінець знаменує несення хреста Спасителем на Своїх плечах [1, 2].

Таблиця 1

**Класифікація духовенства за ступенем священства та ознаками КО**

Ступінь	Біле духовенство (одружені священники)	Чорне духовенство (монахи)	Ознаки КО	
			Біле (одружені)	Чорне (монахи)
1-а: Дияконат (без наперсного хреста)	Диякон	Єродиякон	Орарь	
	Протодиякон (зазвичай звання головного диякона)	Архідиякон (зазвичай звання головного диякона)	Клобук,	
			Камілавка (фіолетова)	Камілавка (чорна)
2-а: Священство (наперсний хрест)	Єрей	Єромонах	Срібний або позолочений хрест	
	Протоієрей	Архімандрит	Камілавка (фіолетова)	Клобук, мантія
			Позолочений або хрест з	

		прикрасами, митра	
3-я. Єпископат (Панагія, клобук, посох, мантія)	Одружений священник може бути єпископом тільки після прийняття монашества. Це можливо в разі смерті дружини або одночасного її відходу в монастир в іншій єпархії.	Єпископ	На клобусі хреста немає
		Архієпископ	На клобусі є хрест
		Митрополит	Клобук білий з хрестом
		Патріарх	Білий куколь

Символіка чисел підтверджується багатьма прикладами. Так, наприклад, у повне облачення священника входять шість убрань (відповідність шести Таїнств Церкви, які може виконувати священник): підризник, епітрахиль, поручі, пояс, набедренник, фелонь. Сім хрестів по три пари на половинках епітрахилі і сьомий на шиї. Шість хрестів (спереду) означаються шість таїнств церкви, які може здійснювати священник: хрещення, миропомазання, сповідь, причастя, вінчання, масло соборування. Сьомий хрест – прийняття священства від єпископа.

Символіка форм відображається майже в кожному предметі КО чи елементах його декору. Так, наприклад, форма поручів вказує на узи Христові, ромбовидна форма палиці нагадує меч і символізує зброю духовну.

Символіка орнаменту – виноградна лоза, колоски пшениці, різноманітні хрестоподібні композиції та фурнітура, яка вказує на окремі символи, наприклад, шнур – зав'язка в поручах символізує узи, в яких Христос був введений до Пілата [1, 2].

Для встановлення та систематизації вимог до канонічного одягу використали метод експертної оцінки обмеженої кількості показників якості [3]. Формування номенклатури стандартизованих та рекомендованих показників здійснювали на основі рекомендацій нормативних документів [4]. Оскільки провідною характеристикою КО обрано комфортність, а не якість, встановлений перелік був проаналізований та змінений відповідно до завдань. Із приведеної вище інформації очевидно, що для забезпечення відповідності КО його безпосередньому призначенню, діапазон стандартизованих показників необхідно розширити за рахунок показників властивостей виробів, які є характерними лише для одягу церковнослужителів.

З метою визначення проблемних моментів у експлуатації КО, які можливо усунути в процесі конструювання та виготовлення даного асортименту, були проведені соціологічні дослідження сфери споживання у вигляді опитування із залученням 20 священнослужителів.

В результаті опитування було встановлено, що для більшості священнослужителів має значення, з яких матеріалів виготовляється облачення, при цьому перевага надається натуральним тканинам в порівнянні із синтетичними. Із запропонованих показників якості канонічного одягу першочергово звертають увагу на комфортність, довговічність, зовнішній вигляд. Також визначено, що основними проблемами, які виникають при тривалому використанні канонічного одягу, є надмірне потовиділення із-за багат шарового комплекту матеріалу, незручна конструкція і важкість комплекту.

Із врахуванням результатів опитування перелік показників був доповнений додатковими: зручність користування виробом, вміст натуральних волокон, маса виробу, збереження форми на протязі періоду експлуатації, зручність у догляді.

Розрахунок значимості вимог та показників здійснювався згідно методики, описаній в [3]. Розглядалися всі показники, окрім показників символіки, оскільки вони є провідними в процесі проектування даного одягу. В результаті ранжирування було встановлено, що найбільш значимими для канонічного одягу є наступні показники споживчих вимог (рис. 1): ергономічних – коефіцієнт повітропроникності; естетичних – коефіцієнт незмиральності; надійності – довговічність, зручність у догляді; конструкторсько – технологічних – маса виробу.

Отже, визначальними для КО є вимоги символіки, але для задоволення максимальної кількості потреб споживачів (священнослужителів) до комфортності в експлуатації необхідно також враховувати ряд показників, встановлених в результаті ранжирування.

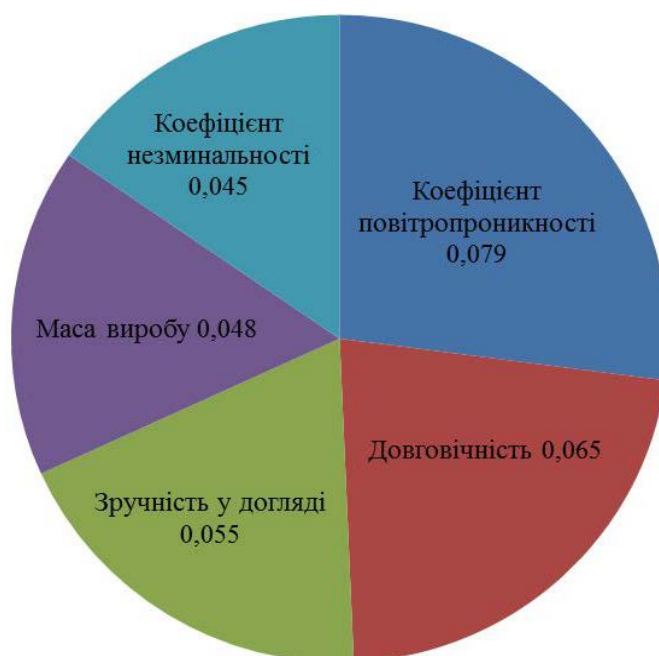


Рис. 1. Частка впливу показників на комфортність експлуатації КО

**Висновок.** В ході виконання роботи досягнуто наступних результатів: відповідно до канонів сформовано класифікацію духовенства за ступенем священства та ознаками КО; обґрунтовано підхід до встановлення вимог в залежності від ступеня священства духовної особи; проведено аналіз символічних показників КО, в результаті якого встановлено, що всі складові взаємопов'язані та визначною мірою впливають на формування і оздоблення предметів даного виду одягу; за допомогою методу експертних оцінок проведено ранжирування вимог та показників якості для канонічного одягу; із врахуванням значущості вимог та показників виконано їх систематизацію.

Проведена робота може слугувати підґрунтям для проектування одягу для церковнослужителів підвищеної комфортності з урахуванням споживчих та канонічних

вимог. Наступним етапом роботи передбачено визначення фактичних значень встановлених показників комфортності для проектування оптимального варіанту пакетів матеріалів.

### Список використаної літератури

1. Настольная книга священнослужителя. Том 4: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.odinblago.ru/nastolnaia\\_4/](http://www.odinblago.ru/nastolnaia_4/)
2. Малиновський В. І. Вплив елементів символізму на структуру і форму предметів церковного костюма / В. І. Малиновський // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтва. – 2004. – №2. – С.16-21
3. Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества / Г. К. Гущина, С. А. Беляев, Е. Я. Командрикова и др. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 312 с.
4. Тканини та вироби ткани поштучно. Класифікація та номенклатура показників якості. ДСТУ 3047 – 95. – [Чинний від 1996 – 07 – 01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 62 с. – (Національний стандарт України).

### References

1. Nastolnaya kniga svyaschennosluzhitelya. Tom 4: [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: [http://www.odinblago.ru/nastolnaia\\_4/](http://www.odinblago.ru/nastolnaia_4/)
2. Malinovskiy V. I. Vpliv elementiv simbolizmu na strukturu i formu predmetiv tserkovnogo kostyuma / V. I. Malinovskiy // Visnik Harkivskoyi derzhavnoyi akademiyi dizaynu i mistetstva. – 2004. – №2. – S.16-21
3. Ekspluatatsionnyie svoystva materialov dlya odezhdy i metody otsenki ih kachestva / G. K. Guschina, S. A. Belyaev, E. Ya. Komandrikova i dr. – M.: Legkaya i pischevaya promyshlenost, 1984. – 312 s.
4. Tkanini ta virobi tkani poshtucho. Klasifikatsiya ta nomenklatura pokaznikov yakosti. DSTU 3047 – 95. – [Chinniy vid 1996 – 07 – 01]. – K.: Derzhspozhivstandart Ukrayini, 1996. – 62 s. – (Natsionalniy standart Ukrayini).

## **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СООТВЕТСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ КОМФОРТНОСТИ КАНОНИЧЕСКОЙ ОДЕЖДЫ**

ГОРБАЧЕНКО А.Н., САДРЕТДИНОВА Н.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Систематизация требований к канонической одежде с точки зрения их влияния на комфортность эксплуатации.

**Методика.** Для уточнения номенклатуры показателей качества использован метод социологического исследования. Для ранжирования значимости влияния показателей на комфортность в эксплуатации использован метод экспертной оценки.

**Результаты.** Упорядочено інформацію о признаках канонической одежды в зависимости от степени священства; проведен анализ символических показателей канонической одежды; установлены требования потребителей к канонической одежде;

систематизированы требования и показатели качества с точки зрения их влияния на комфортность в эксплуатации.

**Научная новизна.** Впервые на основе анализа требований непосредственных потребителей канонической одежды определен перечень и значимость показателей, которые являются определяющими для обеспечения комфортности в эксплуатации одежды для церковнослужителей.

**Практическая значимость.** Расширение информационного обеспечения процесса проектирования комфортной одежды для церковнослужителей.

**Ключевые слова:** каноническая одежда, требования к канонической одежде, комфортность.

## **SYSTEMATIZATION OF REQUIREMENT AND INDEXES, WHICH PROVIDE PROPER COMFORTABLE LEVEL OF CANONICAL CLOTHES**

GORBACHENKO A. M., SADRETDINOVA N.B.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Requirement systematization for canonical clothes in terms of their impact on comfort operation.

**Methodology.** For clarify the nomenclature of quality indicators method of sociological research used. For ranging validity of impact indicators for comfort in use the method of expert evaluation limited number of quality indicators.

**Results.** The information about features of canonical clothes according to priesthood's degree was arranged; the analysis of canonical clothes was conducted; the requirements to canonical clothes were established; on the basis of ranging results requirements and quality indexes in terms of their impact on comfort operation were systematized.

**Scientific novelty.** First on base of analysis the requirements of direct consumers of canonical clothes a list and validity were determined, which are the main for providing comfort using of canonical clothes for clergy.

**The practical significance.** Expanding the information supply the process of designing comfortable clothes for clergy.

**Keywords:** canonical clothing, requirements for canonical clothing, comfort.

УДК 677.011

КИЗИМЧУК О.П., МЕЛЬНИК Л.М., ЄРМОЛЕНКО І.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

## АНАЛІЗ АСОРТИМЕНТУ ЗАХИСНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Мета.** Аналіз розвитку текстилю для захисту від природних та промислових зовнішніх небезпек на фоні науково-технічного прогресу та досягнень текстильної промисловості.

**Методика.** Аналітичний огляд та систематизація наукової інформації у сфері захисного текстилю.

**Результати.** В статті проведено аналітичний огляд наукових статей у сфері захисного текстилю, класифіковано основні напрями досліджень та систематизовано вимоги до різних матеріалів.

**Наукова новизна.** Проведено детальну класифікацію захисних текстильних матеріалів та систематизовано основні напрями досліджень в сфері захисного текстилю, яка останнє десятиліття розвивається випереджальними темпами у порівнянні з іншими видами текстильних матеріалів технічного призначення.

**Практична значимість.** Наведені в роботі класифікації захисних текстильних матеріалів та систематизація наявної наукової та нормативної бази з питань розробки та застосування захисних текстильних матеріалів надають можливості швидкого орієнтування в широкому асортименті захисного текстилю та сприяють визначенню перспективних напрямків досліджень в галузі.

**Ключові слова:** захисний текстиль, класифікація захисних матеріалів, функціональний текстиль, сировина.

**Вступ.** Бажання людини захистити себе від будь якої небезпеки є природнім рефлексом і сягає сторіч. Промислова революція 19 сторіччя призвела до значного зросту шкідливих промислових факторів – підвищена температура, удар, порізи, бризки хімічних рідин, тощо. Саме тому в цей період виник серйозний інтерес до можливості індивідуального захисту.

В кінці 20-го століття стався безпрецедентний ріст акценту на захисті людини від професійних, природних зовнішніх небезпек, оскільки діапазон можливих ризиків продовжує зростати і вони стають все більш складними. На сьогоднішній день захисний текстиль використовується для запобігання шкідливих впливів, насамперед, з боку навколишнього середовища: спека, холод, дощ, сніг, вітер, ультрафіолетове випромінювання, стирання, пил, мікроорганізми та статична електрика [1]. Крім того, існують промислові загрози від вогню, хімічних речовин, радіації і біологічних організмів, таких як бактерії і віруси тощо. Слід визнати, що технічні досягнення принесли нам і великі небезпеки від біотероризму і зброї масового знищення. Військові та рятувальники стикаються з проблемами навмисного використання балістичних снарядів (куль і фрагментів бомб), хімічних і біологічних отруйних речовин, тепла, полум'я тощо. Всі ці небезпеки можуть призвести до травм незахищених верхньої та нижньої частини тулуба, кінцівок, голови, очей, шкіри та дихальних шляхів або смерті людини. Наслідком цього є розробка та освоєння нових текстильних волокон, структур текстильних матеріалів та систем одягу, метою яких є забезпечення ефективного захисту життя людини при збереженні комфортності.

**Постановка завдання.** Головною метою роботи є аналіз розвитку захисного текстилю в світі на фоні науково-технічного прогресу. У зв'язку з чим було встановлено завдання: аналіз та вивчення вимог до захисту в різних умовах навколишнього середовища, шкідливих промислових факторів та класифікація текстильних матеріалів, які використовують для захисту від різних впливів.

**Результати дослідження.** До засобів, що захищають людину від несприятливих умов, як правило, відносять спеціальний одяг, або його деталі, що підсилюють захист, та рятувальне обладнання. Прості та ефективні засоби захисту від більшості небезпечних впливів реалізуються у спеціальному одязі: комбінезонах, рукавичках, жилетах безпеки, тощо, або деталях, наприклад, плечові накладки; налокітники; наколінники; амортизаційні, утеплювальні, променезахисні прокладки тощо. Конструкторські рішення таких виробів повинні забезпечувати необхідний рівень захисту людини, при збереженні комфортності та свободі руху [2]. Засоби захисту, які призначені для захисту працівників від серйозних травм або професійних захворювань в результаті дії хімічних, радіологічних, електричних, механічних або інших небезпек на робочому місці, виготовлені з різноманітних видів текстилю з спеціальними захисними властивостями.

На сферу захисного текстилю припадає 1,4% від загального обсягу технічного текстилю, що складає 5200 млн доларів США, а його споживання в останні десять років невпинно збільшується. Північна і Південна Америка (головним чином в США і Канаді) мають найвищий рівень споживання захисного одягу (близько 91 300 т на рік) в порівнянні з Європою (78200 т) і Азією (61300 т) [3]. Всі інші регіони споживають загалом близько 7200 т, що становить лише 3,0% від загального об'єму захисного текстилю. Посилення акценту на захисті людини і подальшої охорони здоров'я, безпеки та природоохоронного законодавства означає, що ринок захисного текстилю зростатиме з кожним роком, незважаючи на наукоємність технологій.

Можливість створення новітніх засобів захисту людини забезпечується також завдяки розвитку сировинної бази. Натуральні волокна є одним з основних класів волокон, які використовуються для вироблення захисного одягу. Тим не менш, з появою хімічних ниток сировинна база текстильної промисловості розширилась настільки, що задовольняє практично всім вимогам для захисного одягу. Найчастіше для вироблення захисного текстильного одягу використовують синтетичні нитки з високими функціональними властивостями.

*По-перше*, це синтетичні нитки з високими механічними властивостями, які мають високу міцність і високий модуль пружності, та надають захисному одягу здатності витримати вплив удару високої швидкості і зберегти форму під час і після удару. Це наприклад, поліімідні волокна із загальними комерційними назвами, такими як Кевлар (Dupont) і Тварон (Acordis), які полімеризують з мономеру параараміду з використанням рідкокристалічного прядіння. Поліімідні волокна мають чудову термостійкість з високою температурою скловання близько 370°C, не плавляться і не горять легко, але схильні до фото-деградації. Іншим важливим видом волокна є надвисокомолекулярний поліетилен (СВМПЕ), який в два рази міцніше ароматичних поліамідів, однак його температура плавлення становить близько 150 °С. Серед переваг, які сприяють його широкому використанню у захисному одязі, слід відмітити наступні властивості: хімічно- та

морозостійкість, діелектрик, міцність волокон 300-380 сН/текс, стійкість до абразивної дії, удароміцність до 170 кДж/м<sup>2</sup>, низький коефіцієнт тертя, фізіологічна інертність, стійкість до гамма-випромінювання. Поліпарафенілен бензобісоксазол (ПБО) з торговою назвою зілон (Zylon) є ще одним важливим волокном, яке має дуже високі тепло-термостійкість (температури експлуатації до 400 °С та вище) і рекордно високі механічні властивості (модуль деформації до 280 ГПа, міцність до 5,5–6,0 ГПа). Однак через складність технології отримання цих волокон і високої вартості, їх використання лімітується.

*По-друге*, це органічні волокна, які стійкі до горіння та високих температур, мають помірні механічні властивості, але достатньо високі термічні характеристики. Отже вони можуть використовуватися без будь яких додаткових хімічних обробок у одязі, який захищатиме від полум'я та підвищеної температури. Відносно дешевим видом термостійких та негорючих волокон є окислені поліакрилонітрильні волокна (рапох). Ці волокна термостійкі до температури майже 300 °С і мають достатні для переробки на текстильному обладнанні механічні властивості. Мірою опору волокна до горіння є кисневий індекс (LOI). У метаарамідних ниток Номекс (Dupont) та Конекс (Teijin) він становить 29. Полібензімідозол (PBI) виробництва Hoechst-Celanese має LOI 42. Найвищий LOI, який становить 55, реалізований у волокні PANOX виробництва RK Textiles (Великобританія).

*По-третьє*, це високофункціональні неорганічні волокна, до яких відносять вуглецеве волокно, скловолокно та азбест. Вуглецеві волокна з високими механічними властивостями є електропровідними і мають високу термостійкість. Вуглецеві волокна можуть бути використані в якості армуючих волокон в композитах, а також для електромагнітного і електростатичного захисту. Волокна з алюмосилікатних сумішей сполук оксиду алюмінію (Al<sub>2</sub>O) та оксиду кремнію (SiO<sub>2</sub>) можуть витримувати температуру від 1250 до 1400 °С залежно від їх складу. Волокна карбіду кремнію (SiC) мають здатність функціонувати в окислювальному стані до 1800 °С.

*В-четверте*, це ультратонкі волокна, які були вперше винайдені в Японії при спробі відтворити шовкову нитку з підвищеною міцністю. В даний час отримані волокна, які набагато тонші натурального шовку, що дозволяє отримати матеріали зі щільністю до 30000 ниток/см<sup>2</sup>. З огляду на використання в захисному одязі, такі тканини є ідеальним матеріалом для водонепроникних виробів при достатньому рівні повітропроникності.

Захисні текстильні матеріали виготовляються з використанням традиційних текстильних технологій виробництва, таких як ткацтво, в'язання і нетканих матеріалів, а також спеціалізованими методами, такими як 3D плетіння і спеціальна заключна обробка (ламінування, наповнення, просочування). Нанотехнології, біотехнології та електронні технології сприяють подальшому розвитку захисного одягу.

На сьогодні класифікація захисних засобів ускладнена тим, що жодна не може чітко підсумувати всі види захисту. Адже до одного й того ж виду захисту ставляться різні вимоги при використанні в техніці або військовому секторі. Залежно від ступеню ризику, проти якого вони захищають, всі засоби індивідуального захисту поділяються на 3 категорії [4] захисту: від незначних ризиків; від помірних ризиків; від смертельних ран або незворотного збитку. Залежно від кінцевого використання, текстильні засоби індивідуального захисту можуть бути розділені на: промисловий, сільськогосподарський, для військових, для

цивільних, медичні, спортивні, космічні тощо. Текстильні засоби індивідуального захисту можуть бути додатково класифіковані відповідно до функціональних властивостей (рис.).

Так *термальний захист* полягає в забезпеченні певного інтервалу температур ( $25 \pm 28$  °C) при, яких людина почувається комфортно. Тепловий стрес, зумовлений ситуацією, коли організм не може віддавати надлишок тепла в навколишнє середовище, є серйозною проблемою, особливо під час фізичних навантажень. Тепло передається за рахунок кондукції, конвекції, випромінювання або комбінацією цих режимів залежно від джерела тепла, виду поглинаючого матеріалу і типу теплового захисту. Тепловий захист є методом зменшення або збільшення швидкості теплопередачі. Для захисту від кондуктивного тепла достатньо варіювати товщину і щільність полотна, так як повітря, що знаходиться між волокнами, має найнижчу теплопровідність. Для захисту від конвекційного тепла (зокрема, полум'я), важливе значення має вогнестійкість матеріалу. Що стосується теплозахисту від випромінювання, найкраще використовувати металізовані матеріали, такі як алюмінізовані тканини, тому що вони мають високу здатність поверхні до відображення та електричну провідність. Ідеальним матеріалом для захисту від передачі тепла є тканини з термо-регулюванням температурними властивостями (матеріали зі змінним фазами) [5].

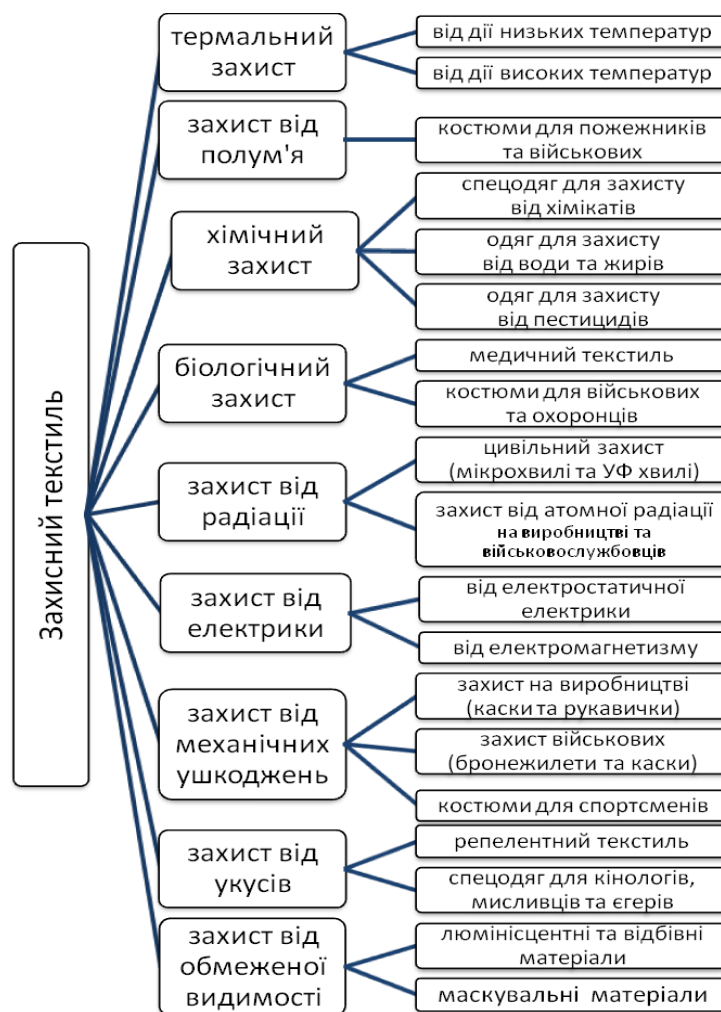


Рис. Класифікація захисного текстилю

Мета використання *вогнезахисного одягу* - зменшити швидкість нагріву шкіри людини для того, щоб забезпечити достатньо часу для реагування і втечі. Час, який користувач залишається в полум'ї, і показник теплового потоку є важливими факторами для проектування захисного матеріалу. При нормальних умовах, тільки 3÷10 секунд є у людини, щоб залишити місце пожежі з тепловим потоком близько 130÷330 кВт/м<sup>2</sup>. Одяг для захисту від полум'я повинен виконувати дві функції: бути вогнестійким і утворювати бар'єр теплу [6]. Останній фактор є дуже важливим у випадку, коли власник повинен перебувати біля полум'я протягом досить тривалого часу. Матеріали для захисту від вогню повинні протидіяти не тільки прямому горінню, але й бути нетоксичними або малотоксичними при горінні, що запобігає удушенню димом або токсичними парами. Вогнезахисний одяг, як правило, використовується в якості уніформи пожежників та рятувальників, хоча останніми роками збільшується увага до проблем пожежної безпеки повсякденного одягу та домашнього текстилю.

Захисний одяг необхідний також для використання в діапазоні температур нижче за - 30°C. Низькотемпературні умови поглиблюються при наявності вітру, дощу або снігу, що веде до замерзання і може бути фатальним. Найбільш ефективним методом захисту від холоду є зменшення втрати тепла. Одяг, який призначений для захисту від холоду, як правило, багат шаровий і складається з не-абсорбуючого внутрішнього шару; середнього ізоляційного шару, здатного утримувати повітря, але передавати вологу, і зовнішнього шару, який є вітро- та вологонепроникним [7]. Температурно-адаптаційний одяг, який може захистити як від тепла, так і від холоду, розроблений за рахунок кріплення поліетиленгліколю до бавовни при різних температурах затвердіння.

Захисний одяг від небезпечних *хімічних речовин* найчастіше захищає від обмеженої кількості конкретних хімічних речовин. Важливими параметрами при проектуванні захисного матеріалу є кількість хімічної речовини, що проникла, час проникнення, гідрофобність рідини та фізичні властивості захисного матеріалу в певних хімічних умовах. Велику увагу дослідників привертає розробка одягу, який захищає від пестицидів та від присутніх в повітрі хімічних речовин (токсичних газів або парів з автомобілів, пилу і мікроорганізмів).

На підставі конкретних вимог і типів одягу, матеріали для захисту від хімікатів класифікуються по-різному. Захисний одяг може бути поділений на герметичний (захищає весь організм і включає в себе засоби захисту дихальних шляхів) та негерметичний (складається з окремих компонентів, а засоби захисту дихальних шляхів не є його частиною). Агентство з охорони навколишнього середовища США класифікує захисний одяг за рівнем захисту на 4 види від вищого до нормального (А, В, С і D). Європейські стандарти захисного одягу класифікують його на 7 типів залежно від типу тестування: газонепроникні, стійкі до рідин, спрею тощо. Хімічно захисний одяг повинен бути відштовхуючим або непроникним для рідин, адже хімічні речовини в рідкій формі частіше використовується, ніж в твердій.

Текстильні матеріали, які призначені для *біологічного захисту* мають дві функції: по-перше, захищати людину від бактерій, дріжджів, грибків та інших мікроорганізмів, які викликають естетичні, гігієнічні, або медичні проблеми; по-друге, захищати самі текстильні матеріали від біоушкоджень. Текстиль з натуральних волокон має кращі антимікробні

властивості, ніж зі штучних волокон, через наявність таких речовин, як лігнін і пектин. Так, в медицині здавна використовуються антибактеріальні властивості шовку.

Для надання текстильним матеріалам антимікробних властивостей найчастіше використовується функціональна обробка поверхні полотна. Однак, у деяких випадках, використовують комбіновану антимікробну обробку з додаванням стійкості до просочування рідини. Тканини, які призначені для використання в мікробному середовищі, повинні бути бар'єрами на шляху бактерій та інших мікроорганізмів, які мігрують через пил або рідини. Як правило, високі бар'єрні властивості проти мікробів і хімічних речовин мають плівки, однак при їх використанні тканини стають непроникними, що в свою чергу призводить до теплового стресу і інших фізіологічних проблем. Для усунення цього недоліку були розроблені мембранні структури, які перешкоджають проходженню повітря через тканину, але мають високу проникність для водяної пари.

Спецодяг для *запобігання впливу ядерного випромінювання*, необхідний для людей, які працюють в радіоактивних середовищах. Окуляри, респіраторні маски, рукавички і легкий захисний костюм можуть бути достатніми для захисту від альфа- і переважної більшості бета-випромінювань, які мають слабе проникнення. Проте, гамма- і деякі бета-випромінювання мають достатню енергію для проникнення крізь текстиль, і впливатимуть на людину, навіть якщо радіоактивна речовина не контактує зі шкірою. Захист від випромінювання залежить від рівня забруднення, часу впливу, відстані від джерела випромінювання і типу радіоактивної речовини. Бавовняна, бавовняно-поліестерова або поліамідно-поліестерова тканини саржевого і сатинового переплетення є основними видами тканин, які використовуються в захисному від ядерного випромінювання одязі. Неткані матеріали використовують для верхнього одноразового одягу в якості бар'єру від небезпечних частинок і захисту основного одягу від забруднення.

Надмірний вплив на шкіру ультрафіолетового випромінювання може бути канцерогенним в результаті чого прискорюється старіння шкіри, поширюються фото дерматози, тощо. Для кількісного позначення захисту від сонця існують декілька показників SPF (фактор захисту від сонця) та CPF (фактор захисту одягу), однак UPF (фактор захисту від ультрафіолету) є індексом, який найчастіше використовується. UPF для одягу з високим захистом від ультрафіолетового випромінювання повинен бути від 40 до 50. Але з клінічної точки зору, UPF більше, ніж 50 абсолютно не потрібен. Сонцезахисні окуляри, головні убори та одяг є основними засобами, які використовуються для захисту від ультрафіолетового випромінювання. Захисні властивості текстильних матеріалів залежать від вмісту певних ниток, кольору, типу оздоблення, прань та наявності добавок.

На сьогодні в повсякденному житті і на виробництві використовується дуже багато електричних та електронних пристроїв, які здатні випромінювати радіочастоти, що потенційно небезпечні для здоров'я. Останніми роками кондуктивні текстильні матеріали все більше використовуються для екранування електромагнітних і статичних зарядів в оборонній, електричній та електронній галузях промисловості. Основні текстильні волокна мають достатні ізоляційні властивості з опором порядку  $10^{15} \Omega/\text{см}^2$ , що набагато вище бажаного опору для електромагнітного екранування. Необхідний опір для антиелектростатичних матеріалів і матеріалів для екранування становить відповідно  $10^9 \div 10^{13} \Omega/\text{см}^2$ ,  $10^2 \div 10^6 \Omega/\text{см}^2$  і нижче  $10^2 \Omega/\text{см}^2$ .

Захист від *електрики* полягає, по-перше в захисті від електромагнітних джерел, який важливий для людей, що працюють поруч з лініями електропередач і електричного обладнання та мають можливість зазнати уражень електричним струмом і небезпеки займистості. Кондуктивний захисний одяг з підвищеною вогнестійкістю відомий як одяг 'Live line' розроблений ще на початку 1970-х років, але й дотепер використовується при роботі в безпосередній близькості від електричного обладнання дуже високої напруги.

Випромінювання від електро-магнітних полів, що генеруються лініями електропередач, є ще одним потенційним ризиком для людей, що працюють поблизу. Типова електромагнітна захисна тканина виробляється з токопровідної пряжі, що містить суміш вогнезахисних текстильних волокон і волокон нержавіючої сталі (діаметр 8 ÷ 12 мкм). Тканина виготовлена з суміші 25% волокон нержавіючої сталі та 75% вовняних або арамідних волокон може захистити від електромагнітних полів, які створюються напругою до 400 кВ. Захист при ще більш високих напругах отримують використанням двох або більше шарів цієї тканини.

*По-друге, часто виникають* електростатичні заряди, які накопичуються дуже легко на звичайних текстильних матеріалах, особливо в сухих умовах. Наявність статичного заряду в текстильних матеріалах може створювати: прилипання одягу, перешкоджати відкриттю парашутів і навіть призвести до катастрофічного руйнування при певних обставинах. Основний принцип створення антистатичного одягу - зменшити електричний опір або можливість електростатичного накопичення в тканині. Відомими прикладами є прядіння з додаванням електропровідних матеріалів; виробництво композитного волокна, в якому щонайменше один елемент являє собою волокно, що містить електропровідний матеріал з металевим або вуглецевим покриттям. Останніми роками все частіше використовується спосіб нанесення на текстильні матеріали суміші мастильних і поверхнево-активних речовин, а також антистатична заключна обробка.

*Захист від механічних ушкоджень та балістичний захист* історично створювався завдяки виробам з металів, однак останнім часом все ширше використовуються текстильні матеріали, які забезпечують той же рівень балістичного захисту, але мають відносно низьку вагу і, отже, зручні у використанні. Кількість жертв балістичного впливу може бути зменшена на 40% при використанні захисного одягу. Високофункціональний одяг призначений для балістичного захисту розсіює енергію осколка при розтягуванні і розриві ниток і передає енергію від удару в точки перетину пряжі. Ступінь балістичного захисту матеріалу залежить від його здатності локально поглинати енергію і від ефективності і швидкості передачі поглиненої енергії [8]. Одним з перших матеріалів, що використовувався для балістичного захисту, була шовкова тканина. Згодом шовк був замінений високомодульним волокном на основі аліфатичного нейлону 6,6, що має високу ступінь кристалічності і низьке подовження. Починаючи з 1970 року для балістичного захисного одягу використовуються ароматичні поліамідні волокна (Kevlar і Twaron) та поліетилен з ультра-високим модулем.

Від небойових ударів (на робочих місцях) основними захисними засобами є рукавички, каски і спеціальний одяг, які використовуються персоналом хімічної, будівельної та інших галузей промисловості. Іншим прикладом захисту від небойових ударів є ремені безпеки і подушки безпеки в автомобілях. Подушки безпеки скоротили смертність в аваріях

на 28%, серйозних травм на 29% і госпіталізації на 24%, а ремені безпеки можуть знизити травматичність на 50%. Типовий ремінь безпеки повинен стримувати пасажира вагою 90 кг при зіткненні з нерухомим предметом на швидкості 50 км/год. Для цього міцність на розтягування ременя безпеки повинна бути не менше 30 кН/ 50 мм.

17% усіх госпіталізованих і 19% візитів до лікарні невідкладної допомоги припадають на травми, які отримані під час занять спортом та активного відпочинку. Більше половини від загального обсягу таких травм відносяться до восьми видів діяльності: хокей, бейсбол, баскетбол, футбол, біг, їзда на велосипеді, футбол і волейбол. Найпоширенішими захисними засобами, які використовуються в спорті, є наколінники, брекети для зап'ястя та щиколотки, шоломи. У сучасному спортивному одязі використовуються високоякісні функціональні матеріали, які призначені для використання при високих швидкостях, але, як і раніше, комфортні і безпечні при носінні.

Одним з головних напрямків біоцидного захисту людини за допомогою спеціально оброблених (репелентних) текстильних матеріалів є профілактика інфекційних захворювань, які переносять *комахи*. У побутовій сфері це в основному відноситься до меблевих і оббивних матеріалів для інтер'єрів житлових і громадських будівель, до виробів для занять спортом на природі та для активного відпочинку, для жителів лісової або заболоченої місцевості. У професійній сфері це спеціальний одяг для лісників, геологів, рятувальників, пожежників, військовослужбовців, співробітників геологорозвідувальних експедицій, бурових, газових родовищ. Крім цього, спеціальна обробка необхідна і на транспорті для додання властивостей відлякування різних комах текстильним оббивним матеріалам в інтер'єрах транспортних салонів і станцій. Але особливу актуальність набуває одяг з репелентною обробкою як профілактичний засіб в періоди епідемій, наприклад кліщового енцефаліту. Основні види активно діючих репелентних засобів: ДЕТА (діетілолтолуамід), ДМФ (диметилфталат), синтетичні піретроїди та натуральні ефірні масла.

*Обмежена видимість* на дорогах, особливо в темний період, може призвести до аварійних ситуацій за участю пішоходів, інколи навіть зі смертельним кінцем. Матеріали високої видимості (HVM), здатні допомогти в запобіганні серйозних травм у пішоходів, дорожніх працівників, велосипедистів, бігунів, туристів, поліцейських, пожежників та інших фахівців. Одяг стає дуже помітним в темряві завдяки використанню при пошиві спеціальних матеріалів (які відбивають світло, люмінесцентні та фотолюмінесцентні) або його хімічною обробкою. У деяких випадках для забезпечення оптимальної видимості у нічний час використовується комбінація цих методів.

Промисловість та споживачі продукції є однаково зацікавленими у стандартизації національних норм, гармонізованих вимог до безпеки продукції, узгоджених специфікацій для тестування, оскільки стандартні характеристики засобів індивідуального захисту та методи їх випробування сприяють розвитку торгівлі та виходу виробника на міжнародний рівень співробітництва, розширенню виробництва та дозволяють споживачу орієнтуватися у широкому асортименті продукції.

Законодавчою основою стандартизації засобів індивідуального захисту в Європі є Директива 89/686 Ради Європейського Економічного співтовариства [9]. Ця директива визначає основні вимоги з охорони здоров'я і безпеки, яким повинна відповідати продукція, і процедури, які повинні бути завершені до її розміщення на внутрішньому ринку. У всіх

державо-членах Європейського співтовариства (ЄС) ця директива на національному рівні має силу закону. Тільки засоби індивідуального захисту, які відповідають цим вимогам, можуть маркуватися знаком CE і продаватися для використання в країнах ЄС.

Найважливішими Європейськими стандартами в сфері захисного одягу є EN 340: 2003 (Особистий захисний одяг. Основні вимоги) та EN 420: 2003 (Основні вимоги до захисних рукавичок). Відповідні (але не ідентичні) вимоги викладені в Міжнародному стандарті ISO 13688: 2013 (Особистий захисний одяг. Основні вимоги).

В Україні відповідність вимогам спецодягу забезпечується запровадженням системи управління якістю ДСТУ ISO 9001-2001 на підприємствах та технічним регламентом засобів індивідуального захисту, який встановлює вимоги до рівня безпеки засобів індивідуального захисту, проведення процедури оцінки відповідності вимогам, встановлює правила маркування та введення їх в обіг. Однак вітчизняний технічний регламент засобів індивідуального захисту лише є наближеним до норм та вимог, які встановлені в європейських державах [10].

**Висновок.** Сфера використання текстильних матеріалів для захисту від зовнішніх впливів характеризується наявністю широкого асортименту текстильних матеріалів та виробів, які суттєво відрізняються за функціональними властивостями, за видами сировини, технологією вироблення та нормативними вимогами. Наведена класифікація захисних текстильних матеріалів детально характеризує основні напрями розвитку галузі.

#### Список використаних джерел

1. Advanced structural and functional materials for protection. Edited by W.Lau, S.H. Min, L.N. Sua, M.Jan, A. Tok. – Trans Tech Publications, 2008. – 202 p.
2. Остапенко Н.В. Розробка елементів спеціального захисного одягу на основі принципів трансформації / Остапенко Н.В., Луцкер Т.В., Колосніченко О.В., Третякова Л.Д. // Теорія та практика дизайну. Технічна естетика. Вип. 8. 2015. С. 204-216.
3. David Rigby Associates (2004), 'Technical textiles and nonwovens: World market forecasts to 2010', [www.davidrigbyassociates.com](http://www.davidrigbyassociates.com)
4. CE marking of protective clothing. - Centexbel: Belgian Textile Research Center, 2014. [http://www.centexbel.be/files/brochure-pdf/ppe-clothing\\_.pdf](http://www.centexbel.be/files/brochure-pdf/ppe-clothing_.pdf)
5. Smart textiles for protection. Edited by R.Chapman. - Woodhead Publishing. - 2012 - 416 pages
6. Advances in Fire Retardant Materials. Edited by A R Horrocks and D Price - Woodhead Publishing. 2008. - 632 pages
7. Textiles for Cold Weather Apparel. Edited by J.T.Williams - Woodhead Publishing. 2009 - 432 pages
8. Intelligent Textiles and Clothing for Ballistic and NBC Protection. // Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Defence-related Intelligent Textiles and Clothing for Ballistic and NBC Protection. - Split, Croatia, 6–16 April 2010. - Published by Springer. 2012. – 228 p
9. EC Resolution BTC 46/1999, Document Market, environment and objectives of CEN/TC 162. Protective clothing including hand and arm protection and lifejackets. 1999.

10. Артюх Т.М. Стан системи технічного регулювання одягу спеціального призначення в Україні / Артюх Т.М., Савіцька Л.І. // ВІСНИК КНУТД №3 (86), 2015. С.173-178.

### References

1. Advanced structural and functional materials for protection. Edited by W.Lau, S.H. Min, L.N. Sua, M.Jan, A. Tok. – Trans Tech Publications, 2008. – 202 p.
2. Ostapenko N.V. Rozrobka elementiv spetsial'noho zakhysnoho odyahu na osnovi pryntsyviv transformatsiyi / Ostapenko N.V., Lutsker T.V., Kolosnichenko O.V., Tretyakova L.D. // Teoriya ta praktyka dyzaynu. Tekhnichna estetyka. Vyp. 8. 2015. S. 204-216.
3. David Rigby Associates (2004), 'Technical textiles and nonwovens: World market forecasts to 2010', [www.davidrigbyassociates.com](http://www.davidrigbyassociates.com)
4. CE marking of protective clothing. - Centexbel: Belgian Textile Research Center, 2014. [http://www.centexbel.be/files/brochure-pdf/ppe-clothing\\_.pdf](http://www.centexbel.be/files/brochure-pdf/ppe-clothing_.pdf)
5. Smart textiles for protection. Edited by R.Chapman. - Woodhead Publishing. - 2012 - 416 pages
6. Advances in Fire Retardant Materials. Edited by A R Horrocks and D Price - Woodhead Publishing. 2008. - 632 pages
7. Textiles for Cold Weather Apparel. Edited by J.T.Williams - Woodhead Publishing. 2009 - 432 pages
8. Intelligent Textiles and Clothing for Ballistic and NBC Protection. // Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Defence-related Intelligent Textiles and Clothing for Ballistic and NBC Protection. - Split, Croatia, 6–16 April 2010. - Published by Springer. 2012. – 228 p
9. EC Resolution BTC 46/1999, Document Market, environment and objectives of CEN/TC 162. Protective clothing including hand and arm protection and lifejackets. 1999.
10. Artyukh T.M. Stan systemy tekhnichnoho rehulyuvannya odyahu spetsial'noho pryznachennya v Ukrayini / Artyukh T.M., Savits'ka L.I. // VISNYK KNUVD #3 (86), 2015. S.173-178.

### **АНАЛИЗ АССОРТИМЕНТА ЗАЩИТНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

КИЗИМЧУК Е.П., МЕЛЬНИК Л.М., ЕРМОЛЕНКО И.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Анализ развития защитного текстиля на фоне научно-технического прогресса и достижений легкой промышленности.

**Методика.** Аналитический обзор и систематизация научной информации в сфере защитного текстиля.

**Результаты.** В статье проведен аналитический обзор научных статей в сфере защитного текстиля, классифицированы основные направления исследований и систематизированы основные требования к различным защитным материалам.

**Научная новизна.** Проведена детальная классификация защитных текстильных материалов и систематизированы основные направления исследований в сфере защитного текстиля, которая в последние десятилетие развивается опережающими темпами в сравнении с другими видами текстильных материалов технического назначения.

**Практическая значимость.** Приведенная в работе классификация защитных текстильных материалов и систематизация научной и нормативной базы по вопросам разработки и использования защитных текстильных материалов дают возможность быстрого ориентирования в широком ассортименте защитного текстиля и содействуют определению перспективных направлений исследований в отрасли.

**Ключевые слова:** *защитный текстиль, классификация защитных материалов, функциональный текстиль, сырье.*

## **THE ANALYSIS OF ASSORTMENT OF PROTECTIVE TEXTILES**

KYZYMCHUK O.P., MELNYK L.M., YERMOLENKO I.V.

*Kiev National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Analysis of protective textiles development on the background of scientific progress and technological achievements of textile industry is the main arm of this research.

**Methodology.** Analysis and systematization of scientific information in the field of protective textiles have been conducted.

**Results.** The article provides an analytical review of scientific papers in the field of protective textiles, the main areas of research have been categorized and the basic requirements for a variety of protective materials have been systematized

**Scientific novelty.** The detailed classification of protective textiles has been carried out and the main research directions in the field of protective textile have been systematized. In the past decade, the production of protective textile is growing faster compared to the other segments of technical textiles.

**Practical value.** The classification of the protective textile materials that contained in this review and systematization of scientific and regulatory framework on the development and the use of protective textile materials enable quick orientation in a wide range of protective textiles and contribute to the definition of perspective research directions in this field.

**Key words:** *textile for protection, classification of materials for protection, functional textile, raw materials.*

УДК 687.1.017.55

КОЖУШКО Р.Ю., ПОЛЬКА Т.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КУРТОК ЧОЛОВІЧИХ З ВИКОРИСТАННЯМ СИГНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**Мета.** Удосконалення процесу проектування курток чоловічих з використанням сигнальних елементів.

**Методика.** Використано аналіз та синтез як методи теоретичних досліджень та експериментальний метод визначення дальності видимості людини в умовах її перебування на дорозі.

**Результати.** Визначено величини значення силуетної та конкретної дальностей видимості тест-об'єктів на дорозі в залежності від групи легкових автомобілів, що дозволило розробити рекомендації щодо процесу проектування сучасних моделей чоловічих курток з використанням сигнальних елементів.

**Наукова новизна.** Обґрунтовано параметри конструкції курток чоловічих з використанням сигнальних елементів, що забезпечують достатній рівень видимості людини в темний час доби в умовах її перебування на дорозі.

**Практична значимість.** Розроблено асортиментний ряд моделей чоловічого одягу, які впроваджено в умовах промислового виробництва з використанням сигнальних елементів високої якості.

**Ключові слова:** сигнальні елементи, видимість людини, параметри конструкції, куртки чоловічі.

**Вступ.** Питання удосконалення процесу проектування чоловічого одягу з використанням сигнальних елементів є на даний час дуже актуальною темою, що має вагомое соціальне значення. За статистичними даними [1] в Україні із загального числа ДТП складає 46-54% пригод скоюються в темний час доби, а число загиблих складає близько 60% від загального числа травмованих. Це в той час, коли інтенсивність руху в темну пору доби знижується в 3-10 рази в порівнянні з інтенсивністю в денний час. Найбільша кількість ДТП в темну пору доби припадає на наїзди на пішоходів і зіткнення, що також ускладнює наслідки таких пригод.

За даними ДАІ МВС України за 10 місяців 2014 року в Україні сталося майже 22 000 ДТП, близько 50% яких відбулось в темний час доби в умовах обмеженого освітлення. Причинами підвищення небезпеки руху в темний час доби є фізична втома, недостатні індивідуальні навички керування автомобілем; перевищення допустимої швидкості руху; фізіологічна непристосованість організму людини до праці вночі. Проблема недостатньої видимості пішоходів є одним з факторів ризику виникнення травматизму в наслідок недостатньої освітленості або повної відсутності освітлення дороги; відсутності світлових приладів на транспортних засобах та велосипедах; відсутності на одязі пішоходів сигнальних елементів у вигляді смуг, накладок, деталей або виготовлених із матеріалів, що мають особливі світлоповертаючі, світловідбиваючі або флуоресцентні властивості.

Ці цифри підтверджуються статистичними даними щодо кількості ДТП за кордоном (рис. 1). За даними шведського інституту дорожньої безпеки, третина усіх ДТП трапляється вночі і 21% з них відноситься до наїзду на пішоходів. За даними Швейцарського

дослідницького бюро з попередження нещасних випадків – наїзди на пішоходів уночі відбуваються в 9 разів частіше, ніж в світлу пору доби, а на велосипедистів і інші перешкоди відповідно в 2 і 3 рази [2,3].

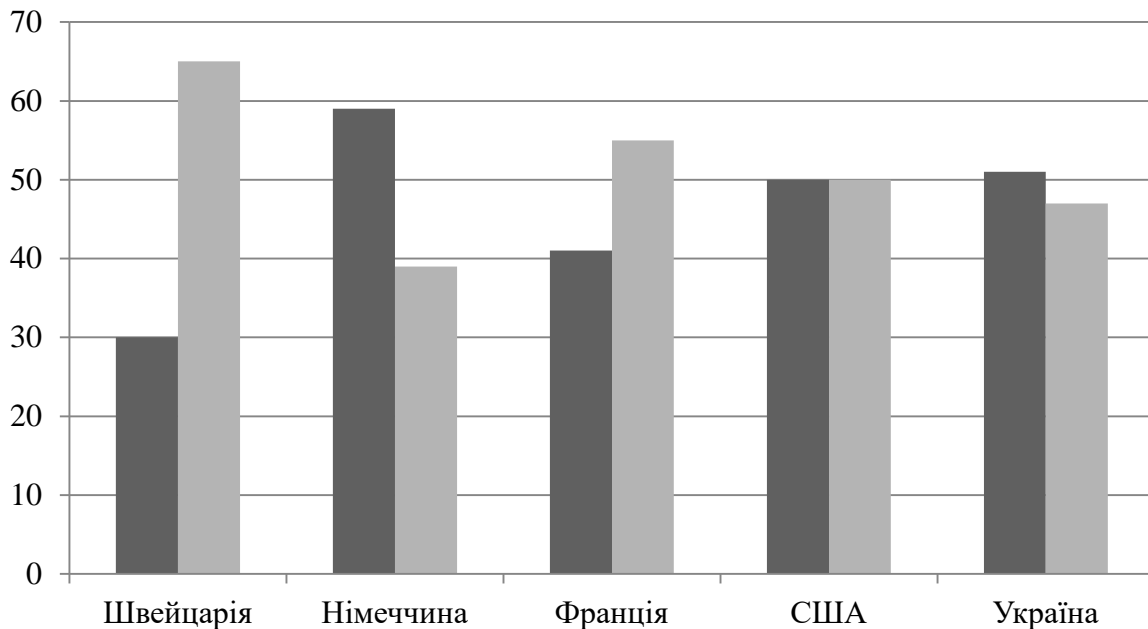


Рис. 1. Порівняння кількості ДТП у різних країнах: ■ – в темну пору доби; □ – в світлу пору доби

**Постановка завдання.** З метою проектування одягу із використанням сигнальних елементів проведено експериментальні дослідження з визначення дальності видимості людини в умовах її перебування на дорозі, виконано аналіз існуючих сигнальних матеріалів та виробів, здійснено підбір світловідбиваючих матеріалів і проведено розробку моделей чоловічих курток.

**Результати дослідження.** Основними задачами експериментальних досліджень з визначення дальності видимості було: отримання результатів вимірювання дальності видимості об'єктів на дорозі в темну пору доби в дорожніх умовах; дальності видимості об'єктів на дорозі в залежності від відстані між зустрічними автомобілями, а також розрахунок значень дальності видимості на основі проведених дорожніх випробувань.

Алгоритм проведення експерименту можна описати декількома етапами.

Етап 1. Легковий автомобіль встановлюється передньою частиною уздовж дороги поблизу правого узбіччя. По краю правого узбіччя відносно автомобіля встановлюються пронумеровані фішки.

Етап 2. При роботі двигуна на середніх обертах колінчатого валу вмикається дальнє світло фар, а спостерігачі разом із водієм спостерігають з кабіни, як інший учасник експерименту зі світловідбивачем рухається від автомобіля, тримаючи світловідбивач в 20 см від землі. При цьому світловідбивач повертається площиною і ребром через крок.

Етап 3. В момент виходу учасника експерименту за межі видимості світловідбивача подається сигнал для його зупинки і визначається точна межа видимості для даних дорожніх умов, від якої вимірюється відстань до передньої частини транспортного засобу.

Етап 4. Тест-об'єкт (пішохід) віддаляється вздовж правого узбіччя від автомобіля на відстань, яка дозволяє йому залишатися невидимим (рис. 2).

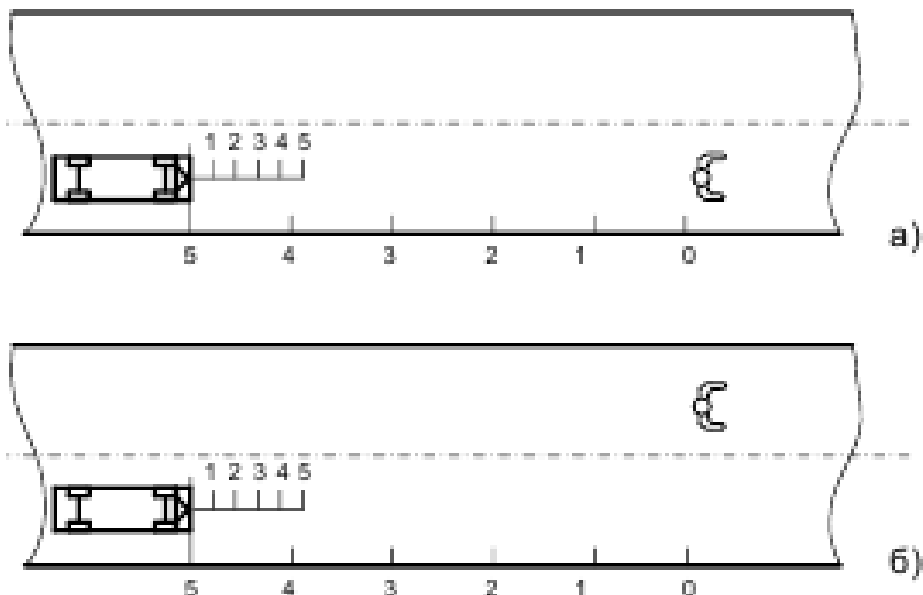


Рис. 2. Схема до експерименту з визначення дальності видимості: а – об'єкт розрізнення розташований на попутній смузі руху; б – об'єкт розрізнення розташований на зустрічній смузі руху

Етап 5. Автомобіль з трьома спостерігачами з невеликою швидкістю 3- 4 км/год. наближається до розташованого на дорозі тест-об'єкту. Коли перешкода добре розрізняється за зовнішніми ознаками, автомобіль зупиняють і заміряють відстань між його передньою частиною і перешкодою.







Етап 6. Експерименти виконуються для тест-об'єктів у світлому та темному одязі, а також у одязі зі світловідбиваючими елементами (табл. 1). При чому визначається силуетна та конкретна дальності видимості тест-об'єктів. Спостерігачам з автомобіля невідомий колір тест-об'єкту видимість якого вони визначають. Отже вони знаходяться в умовах максимально наближених до роботи водія в темну пору доби.

Етап 7. За допомогою люксметра визначається освітленість дороги та об'єкту на ній на різних відстанях від автомобіля та на межі розрізнення.

Усереднені результати експериментальних досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Експерименти з визначення силуетної та конкретної дальності видимості об'єкта-розрізнення**

Параметри	Пішохід у світлому одязі	Пішохід у темному одязі	Пішохід у одязі зі світло відбиваючими елементами
1	2	3	4
Силуетна видимість			
Конкретна видимість			

Отже для отримання експериментальних даних проведені натурні дослідження світлових систем автомобілів OpelAstra G; CheryAmulet; DaewooLanos, Sens; ВАЗ – 11183, 11193, 2170, 2110, 2111, 2112, 2115, 2114, 2113, 21099, 21093; ЗАЗ – 110307 – 42, 110207 – 40, 110557 – 51. Під час експериментів в автомобілях знаходились 3 спостерігача з гостротою зору в межах від 0,9 до 1,0. Допоміжними засобами вимірювання були: люксметр, 20-метрова рулетка, жилет з світловідбиваючими елементами, світловідбивач, крейда для розмітки проїзної частини, пронумеровані фішки, ліхтар. Кожен експеримент проводився 2 рази у прямому та зворотному напрямках дороги, а значення дальності видимості вимірювались по 3 рази для отримання достовірних усереднених даних [4].

Дослідження дальності видимості тест-об'єктів на дорозі при дальньому світлі фар автомобілів, які брали участь в експериментах, показали, що в комплексі отримані значення дальності видимості для різних автомобілів з галогенними фарами відрізняються не більше ніж на 10% тобто знаходяться в близьких межах (табл. 2).

Таблиця 2

**Середні експериментальні значення відстаней видимості тест-об'єктів на дорозі в залежності від групи легкових автомобілів**

Група автомобілів	Значення дальності видимості тест-об'єктів, м					
	Пішохід у світлому одязі		Пішохід у темному одязі		Пішохід у одязі зі світло відбиваючими елементами	
	силуетна	конкретна	силуетна	конкретна	силуетна	конкретна
1	2	3	4	5	6	7
Opel Astra –G	205-215	175-190	130-135	108-117	135-140	125-132
Chery Amuler	200-220	172-190	125-135	95-115	130-140	120-130

Daewoo Lanos, Sens	190-210	158-175	114-121	90-112	118-125	108-115
BA3 – 11183, 11193	200-218	170-188	125-135	95-115	130-140	120-130
BA3 – 2170	200-220	167-185	122-131	90-112	128-135	117-125
BA3 – 2110, 2111	200-218	165-183	120-130	90-110	125-135	116-123
BA3 – 2115, 2114, 21099	190-210	160-175	112-120	90-110	118-125	108-115
3A3 – 110307, 110207	190-208	158-175	115-124	90-103	120-128	109-118

Вирішення проблеми забезпечення видимості людини в умовах обмеженого освітлення вирішується шляхом застосування в її одязі сигнальних елементів різних видів. Так світлоповертаючі матеріали складаються з сукупності скляних мікролінз з високою світлоповертаючою здатністю, які містяться у спеціальному клейовому шарі, що нанесений на бавовняну, нейлонову або бавовняно-поліефірну текстильну основу, повертає світловий потік до його джерела і робить людину видимою для водіїв у світлі автомобільних фар або іншого джерела світла на відстані більше 200 метрів [5]. Світловідбиваючі елементи – це найоптимальніше і ефективне рішення для пішоходів. Асортимент чоловічих курток з світловідбиваючих тканин представлений різними моделями. Найбільшим попитом користуються вироби зі змішано-бавовняних тканин, що зберігають корисні властивості бавовни і набувають додаткових фізико-механічних та експлуатаційних властивостей через вміст синтетичних складників [6]. Головними перевагами одягу із світловідбиваючими елементами є практичність та привабливий зовнішній вигляд.

В результаті аналізу існуючих вимог до розташування сигнальних елементів в одязі наведених у ДСТУ EN 471:2013 [7] і проведених досліджень розроблено рекомендації щодо місць розташування сигнальних і декоративних елементів, таким чином, щоб вони не були закриті під час руху людини і сприяли зоровому сприйняттю виробів.

**Висновки.** Отже дослідження показали, що необхідна для розрізнення об'єкта освітленість зростає зі збільшенням відстані до нього, тобто значення освітленості змінюється в часі. Для ближнього світла фар освітленість найбільш інтенсивно зростає при зменшенні відстані до автомобіля з 40 до 10 м, а для дальнього світла фар – з 70 до 10 м.

За результатами дослідження розроблено асортиментний ряд моделей чоловічого одягу, які впроваджено в умовах промислового виробництва з використанням сигнальних елементів високої якості, яка користується попитом та відповідає основним споживчим та техніко-економічним вимогам, що висувають до даного виду одягу розробники і споживачі.

### Список використаних джерел

1. Державна служба статистики України : [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Dollár, P.; Wojek, C.; Schiele, B.; Perona, P. Pedestrian detection: An evaluation of the state of the art. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2012, 34, 743–761.
3. Geronimo, D.; Lopez, A.M.; Sappa, A.D.; Graf, T. Survey of pedestrian detection for advanced driver assistance systems. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2010, 32, 1239–1258.
4. Mosberger R., Andreasson H., Lilienthal A.J. A Customized Vision System for Tracking Humans Wearing Reflective Safety Clothing from Industrial Vehicles and Machinery Sensors 2014, 14, 17952-17980 [mdpi.com/journal/sensors](http://mdpi.com/journal/sensors)
5. Коновальцева Н.М. Антропометрия индивидуального потребителя. Основы прикладной антропологии и биомеханики: Лабораторный практикум / Коновальцева Н.М., Волкова Е.Ю., Крилов И.Ю. – М.: Форум – Инфра-М, 2006. – 265с
6. Ергономіка і дизайн. Проектування сучасних видів одягу: Навчальний посібник. / М.В. Колосніченко, Л.І. Зубкова, К.Л. Пашкевич, Т.О. Полька, Н.В. Остапенко, І.В. Васильєва, О.В. Колосніченко – К.: ПП “НВЦ “Профі”, 2014. – 386 с.: іл. 205.
7. Одяг спеціальний сигнальний підвищеної видимості. Технічні вимоги та методи випробовування (EN 471:2003+A1:2007, IDT): ДСТУ EN 471:2013 . – [Чинний від 2013-07-01]. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2013. – 23 с. – (Національний стандарт України).

### References

1. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrayiny: [Elektronnyy resurs]. — Rezhym dostupu: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Dollár, P.; Wojek, C.; Schiele, B.; Perona, P. Pedestrian detection: An evaluation of the state of the art. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2012, 34, 743–761.
3. Geronimo, D.; Lopez, A.M.; Sappa, A.D.; Graf, T. Survey of pedestrian detection for advanced driver assistance systems. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2010, 32, 1239–1258.
4. Mosberger R., Andreasson H., Lilienthal A.J. A Customized Vision System for Tracking Humans Wearing Reflective Safety Clothing from Industrial Vehicles and Machinery Sensors 2014, 14, 17952-17980 [mdpi.com/journal/sensors](http://mdpi.com/journal/sensors)
5. Konoval'tseva N.M. Antropometryya yndyvudual'noho potrebytelya. Osnovy prykladnoy antropolohyy y byomekhanyky: Laboratornyy praktykum / Konoval'tseva N.M., Volkova E.Yu., Krylov Y.Yu. – M.: Forum – Ynfra-M, 2006. – 265s
6. Erhonomika i dyzayn. Proektuvannya suchasnykh vydiv odyahu: Navchal'nyy posibnyk. / M.V. Kolosnichenko, L.I. Zubkova, K.L. Pashkevych, T.O. Pol'ka, N.V. Ostapenko, I.V. Vasyl'yeva, O.V. Kolosnichenko – K.: PP “NVTs “Profi”, 2014. – 386 s.: il. 205.
7. Odyah spetsial'nyy syhnal'nyy pidvyshchenoyi vydymosti. Tekhnichni vymohy ta metody vyprovovuvannya (EN 471:2003+A1:2007, IDT): DSTU EN 471:2013 . – [Chynnyy vid 2013-07-01]. – K.: Derzhavnyy komitet Ukrayiny z pytan' tekhnichnoho rehulyuvannya ta spozhyvchoyi polityky, 2013. – 23 s. – (Natsional'nyy standart Ukrayiny).

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КУРТOK МУЖСКИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

КОЖУШКО Р.Ю., ПОЛЬКА Т.А.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Совершенствование процесса проектирования курток мужских с использованием сигнальных элементов.

**Методика.** Использовано анализ и синтез как методы теоретических исследований и экспериментальный метод определения дальности видимости человека людини в условиях его пребывания на дороге.

**Результаты.** В ходе исследования определено величины значения силуэтной и конкретной дальностей видимости тэст-объектов на дороге в зависимости от группы легковых автомобилей, что позволило разработать рекомендации к процессу проектирования современных моделей мужских курток с использованием сигнальных элементов.

**Научная новизна.** Обосновано параметры конструкции мужских курток с использованием сигнальных элементов, которые обеспечивают достаточный уровень видимости человека в темное время суток в условиях его пребывания на дороге.

**Практическая значимость.** Разработан ассортиментный ряд моделей мужской одежды, которые внедрены в условиях промышленного производства с использованием сигнальных элементов высокого качества.

**Ключевые слова:** *сигнальные элементы, видимость человека, параметры конструкции, куртки мужские.*

## IMPROVED DESIGN OF JACKETS FOR MEN USING HIGH VISIBILITY ELEMENTS

KOZHUSHKO R., POLKA T.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose** is to improve the process of designing jackets for men using high visibility elements.

**Methodology.** There has been used analysis and synthesis as methods of theoretical research and experimental method of determining the visibility of the person in condition soft is being on the road.

**Findings.** The research has identified the value of silhouette and specific ranges of visibility of the test objects on the road depending on the group of cars. This has allowed to develop recommendations regarding the design process of modern models of men's jackets using high visibility elements.

**Originality.** There has been justified design parameters of jackets for men using high visibility elements that provide a sufficient level of visibility of the person in the dark under the conditions of his being on the road.

**The practical value.** A range of models of men's clothing has been developed. These clothes are embedded in the conditions of industrial production using high visibility elements of high quality

**Keywords:** *high visibility elements, human detection, design parameters, jackets for men.*

УДК 685.34

**БАБИЧ А.І.**

Київський національний університет технологій та дизайну

## **ОСОБЛИВОСТІ ДОРЕАЛІЗАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ШКІРЯНОГО ВЗУТТЯ**

**Мета.** Дослідити особливості оцінки якості взуття за результатами роботи відділу експертизи.

**Методика.** Застосовано традиційні методи органолептичної оцінки якості готових виробів для проведення експертизи взуття.

**Результати.** Наведено теоретичні відомості та результати експертного дослідження взуття, що поступає у продаж, а також розроблено рекомендації щодо покращення якості виробів.

**Наукова новизна.** Теоретично доведено необхідність проведення дореалізаційної експертизи готового взуття в мережі роздрібної торгівлі. Визначені і узагальнені групи дефектів виробів при проведенні дореалізаційної експертизи взуття.

**Практична значимість.** Системний підхід вивчення питання і оцінки якості продукції даного сегменту дав змогу розібратися у «вузьких місцях» питання та надати рекомендації магазину щодо подальшої роботи торговельного підприємства, контролю якості виробів, роботи з покупцем і подовження співпраці з постачальниками продукції.

**Ключові слова:** ринок взуття, претензія, дефект, експертиза якості, маркетингові дослідження, споживчі переваги, попит, респонденти, сегментація, якість.

**Вступ.** Товари легкої промисловості – це вироби без яких людина не може існувати в сучасному світі, оскільки вони несуть не тільки утилітарну функцію, а й інформаційно-естетичну. Так чи інакше вони є візитівкою людини, вказуючи оточуючим на її вік, стать, вподобання, професію, соціальну належність тощо [9].

Незважаючи на те, що споживчий кошик середньостатистичного українця значно «схуд» із-за економічної кризи в країні, товари легкої промисловості все ще займають в ньому не останню позицію. В умовах сьогодення людина не може обходитись без таких простих речей як одяг і взуття.

Підвищення якості продукції – це найважливіше завдання поставлене перед будь-яким виробником продукції.

Поліпшення якості продукції – це економія розхідних і трудових ресурсів, більш повне задоволення все збільшуваного попиту в товарах народного споживання [2].

Експертиза продукції проводиться з метою визначення відповідності кількості та якості відповідної продукції супровідним документом і вимогам нормативної документації.

Показником якості продукції, в тому числі і шкіряного взуття, є відповідність попиту споживачів, задоволення потреб в даному виді виробу.

Постійне насичення ринку взуттям вітчизняного і іноземного виробництва впливає на вимоги, що висуваються споживачами до якості і асортименту виробів.

Вимоги до асортименту і якості з боку споживачів підвищується як із збільшенням кількості взуття, що перебуває в особистому користуванні, так і з прискоренням морального зносу взуття порівняно з його фізичним зносом.

Забезпечення населення товарами особистого вжитку, в тому числі і шкіряним взуттям, що відповідають його запитам – одне з найважливіших завдань, які сьогодні стоять перед промисловістю і торговими організаціями. Значну роль у вирішенні цього завдання може і повинна відіграти товарознавча експертиза товарів народного споживання, оскільки відомо, що дійсна якість продукції виявляється лише у споживанні, отже і оцінити її повною мірою може лише товарознавець-експерт, який користується арсеналом товарознавчих досліджень [1-9].

Заперечення значення товарознавчої експертизи і невикористання її для управління якістю і асортиментом призводить до виробництва товарів, що не користуються попитом у споживачів, а це призводить до нових непродовольчих втрат.

Шкіряне взуття відносять до товарів складного асортименту, що пов'язано з широким комплексом вимог споживачів до взуття залежно від статево-вікового, і цільового призначення, природних і соціальних умов використання, індивідуальних смаків, а також різноманітних способів задоволення вимог за рахунок виготовлення взуття різних конструкцій, застосування різних матеріалів та їх комбінацій і методів виготовлення.

Оцінювання якості шкіряного взуття проводиться за широкою номенклатурою показників, більшість з яких в умовах торгівлі безпосередньо визначити неможливо [3]. Її можна лише прогнозувати, знаючи властивості застосованих матеріалів і методи їх сполучення.

Успіх комерційної діяльності із шкіряним взуттям залежить від врахування чинників, які впливають на формування вимог споживачів, і насамперед, вимог, пов'язаних із забезпеченням нормального функціонування стопи [1].

Перелік вимог, які висуваються до шкіряного взуття є широким і багатозначним. В першу чергу, взуття повинно надійно захищати ногу від зовнішніх впливів, регулюючи волого-, тепло- і газообмінність стопи в оточуючому середовищі, бути зручним в експлуатації, не надавати шкідливого впливу на організм людини. Взуття повинно володіти високою зносостійкістю, а також добре вписуватись в загальний ансамбль костюму, тобто бути вишуканим. У взутті, також не може бути певних вимог до взуття різного призначення.

Все це обумовлює необхідність у методах проведення товарознавчої експертизи для вирішення завдань підвищення якості і удосконалення асортименту взуттєвих товарів.

**Постановка завдання.** Останнім часом спостерігається тенденція у роздрібній мережі магазинів взуття до збільшення кількості звернень громадян, суб'єктів підприємницької діяльності, ухвал суду в цивільних справах, що ставлять на вирішення експерта-товарознавця питання стосовно визначення наявності дефектів взуття, яке було в експлуатації протягом гарантійного терміну, та причин їхнього виникнення. Тому для роз'яснення даного питання, а також з метою вирішення спірних питань між покупцями та продавцями роздрібною торгівлі при виникненні у взутті дефектів, було проведено комплексні дослідження претензій щодо якості взуття, яке було в експлуатації протягом гарантійного терміну та дореалізаційну оцінку якості партії нових виробів в одному з магазинів мережі "Welfar", м. Київ. За результатами роботи узагальнено практичний досвід проведення товарознавчих експертиз взуття на конкретному торговельному підприємстві.

**Результати досліджень.** Вивчивши і проаналізувавши звернення покупців щодо наявності дефектів готових виробів і відгуків покупців на якість продукції та обслуговування

в мережі магазинів «Welfar», досліджених за допомогою соціальних мереж internet-ресурсу (рис.1), а також з метою уникнення в майбутньому звернень громадян з питань браку, і з метою покращення роботи в даному магазині, наведемо для компетентності і обізнаності незадоволених якістю продукції споживачів теоретичні відомості з даного питання, проаналізуємо результати претензій за 2016р., що зафіксовані у даному магазині і як приклад проведемо до реалізаційну оцінку якості партії готових виробів.

*Теоретичний блок.* Взуття є предметом першої необхідності та належить до найважливіших споживчих товарів, але воно не є продукцією, яка підлягає обов'язковій сертифікації в Україні (згідно з наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 1 лютого 2005 р. № 28)[6].

Основними нормативними документами щодо регулювання якості взуття є стандарти. На теперішній час чинні такі стандарти на побутове взуття: ДСТУ ГОСТ 26167:2009 «Обувь повседневная. Общие технические условия»; ГОСТ 26166-84 «Обувь повседневная из синтетических и искусственных кож. Общие технические условия»; ГОСТ 19116:2007 «Обувь модельная. Общие технические условия»; ДСТУ ГОСТ 26165:2009 «Взуття дитяче. Загальні технічні умови»; ДСТУ ГОСТ 1135:2007 «Обувь домашняя и дорожная»; ГОСТ 28371-89 «Обувь. Определение сортности»; ДСТУ 2158-93 «Взуття. Дефекти. Терміни та визначення»; ДСТУ 4142-2002 «Взуття. Маркування, пакування, транспортування та зберігання»; ДСТУ 2157-93 «Взуття. Терміни та визначення»[5].

Гарантійні терміни носіння взуття відповідно до чинних стандартів обчислюються з дня продажу через роздрібну торговельну мережу або від початку сезону. Згідно з міждержавними стандартами ДСТУ ГОСТ 26167. Гарантійний термін носіння повсякденного взуття становить 60–80 днів (залежно від матеріалу підошви); гарантійний термін носіння модельного взуття становить 30–45 днів (залежно від матеріалу підошви); гарантійний термін носіння гумового взуття становить 90 днів; гарантійний термін носіння домашнього та дорожнього взуття – не менше 40 днів. Таким чином, гарантійний термін носіння взуття не може бути меншим 30 днів з дня продажу через роздрібну торговельну мережу або від початку сезону. Виробник гарантує відповідність взуття вимогам зазначених стандартів при дотриманні умов його експлуатації та зберігання. Додатком № 1 до постанови Кабінету Міністрів України від 19 березня 1994 р. № 172 затверджено перелік сезонних товарів, гарантійні терміни по яких обчислюються з початку відповідного сезону.

Взуття є сезонним товаром, і гарантійні терміни для нього обчислюються: для взуття зимового асортименту – з 15 листопада по 15 березня; для взуття весняно-осіннього асортименту – з 15 березня по 15 травня та з 15 вересня по 15 листопада; для взуття літнього асортименту – з 15 травня по 15 вересня. Якщо проводиться сезонний розпродаж взуття, то на таке взуття також поширюється гарантія. При цьому гарантійні терміни обчислюються не з моменту покупки, а з дня початку відповідного сезону.

Під час експлуатації взуття можуть виявлятися дефекти (недоліки)[8]. Дефекти, що знижують споживчі властивості взуття, класифікуються за багатьма ознаками: місцем розташування, ступенем впливу на якість (малозначні, значні, допустимі, критичні, недопустимі), причинами виникнення (виробничі та експлуатаційні), можливостями усунення, умовами виявлення (явні й приховані). Експлуатаційні причини залежать від споживача: неправильний підбір взуття (за розміром або повнотою), порушення умов

експлуатації взуття (неакуратне носіння, недотримання сезонності експлуатації, неправильний догляд тощо).

Причини, що залежать від підприємства-виробника, можуть бути прихованими і явними. Багато виробничих дефектів при придбанні взуття виявити неможливо. Ці дефекти зазвичай виявляються в процесі експлуатації та називаються прихованими виробничими дефектами. В експертній практиці найчастіше зустрічаються виробничі дефекти, пов'язані з відклеюванням підошви або відривом чи просіданням каблуків. Рідше зустрічаються виробничі дефекти взуттєвих матеріалів: нестійкість фарбування шкіри, розрив матеріалу чи осипання покривного шару на деталях верху взуття тощо. Також споживачі звертаються з претензіями до якості складання або конструктивних недоліків взуття.

Критичні дефекти взуття, які є неприпустимими (за наявності яких неможливе використання виробу за призначенням), визначаються міждержавним стандартом ГОСТ 28371-89 «Обувь. Определение сортности», дія якого поширюється на дитяче, чоловіче й жіноче взуття модельне та повсякденне. Згідно з вимогами стандарту у взутті не допускаються такі дефекти: наскрізні пошкодження; розтріскування, відшаровування, липкість покривної плівки матеріалу взуття; невідповідний розмір, повнота, фасон колодки; неправильно з'єднані деталі; погане з'єднання швів; неправильно поставлений каблук; неприклеєна підкладка; ущілини між деталями низу взуття; неприклеєна або порвана підкладка; заломы; виступаючі механічні кріплення; нестійкість покриття шкір; інші вади, за наявності яких неможливе використання виробу за призначенням.

В Законі України «Про захист прав споживачів», відповідно до ст. 1 цього Закону подано визначення терміну недолік та істотний недолік [9].

Недолік – будь-яка невідповідність продукції вимогам нормативно-правових актів і нормативних документів, умовам договорів або вимогам, що ставляться до неї, а також інформації про продукцію, яка надана виробником (виконавцем, продавцем).

Істотний недолік – це недолік, який робить неможливим чи недопустимим використання товару відповідно до його цільового призначення, виник з вини виробника (продавця, виконавця), після його усунення виявляється знову з незалежних від споживача причин і при цьому наділений хоча б однією з таких ознак: він взагалі не може бути усунутий; його усунення потребує понад 14 календарних днів; він робить товар суттєво іншим, ніж передбачено договором.

Згідно з вимогами ст. 8 зазначеного Закону:

1. У разі виявлення протягом встановленого гарантійного терміну недоліків споживач у порядку та в терміни, що встановлені законодавством, має право вимагати: пропорційного зменшення ціни; безоплатного усунення недоліків товару в розумний термін; відшкодування витрат на усунення недоліків товару.

2. У разі виявлення протягом встановленого гарантійного терміну істотних недоліків, які виникли з вини виробника товару (продавця, виконавця), або фальсифікації товару, підтверджених за необхідності висновком експертизи, споживач у порядку та в строки, що встановлені законодавством і на підставі обов'язкових для сторін правил чи договору, має право за своїм вибором вимагати від продавця або виробника: розірвання договору та повернення сплаченої за товар грошової суми; замінити товар на такий самий або на аналогічний товар, з числа наявних у продавця (виробника).

Таким чином, алгоритм проведення експертного дослідження взуття, яке було в експлуатації, містить такі етапи:

-дослідження взуття методом візуального обстеження (згідно існуючої методики обстеження);

- проведення експертного дослідження виробу залежно від характеру дефектів, які викладено в заяві-претензії та експертний аналіз дефектів згідно заяви-претензії і дефектів виявлених додатково під час проведення обстеження. Порівняння результатів обстеження з вимогами відповідної нормативної документації та використання у роботі іншої інформації, наданої замовником дослідження (касові або товарні чеки на придбання взуття, письмові претензії про його низьку якість, документальні відомості щодо проведених ремонтів тощо);

-опис та класифікація виявлених у взутті недоліків (дефектів) з урахуванням причин їхнього виникнення (виробничі або експлуатаційні) відповідно до вимог ДСТУ 2158 та ГОСТ 28371;

-класифікація виявлених у взутті дефектів як недоліків з урахуванням вимог Закону України «Про захист прав споживачів»: чи є вони істотними недоліками або не істотними.

За результатами експертизи взуття замовнику видається письмовий висновок, який має юридичну силу, де експерт викладає свою компетентну думку щодо якості конкретного взуття. Даний офіційний документ замовник експертизи має право використовувати в судовому процесі проти виробника або недобросовісного продавця. Якщо у висновку експерти зазначено наявність критичних дефектів, подальше використання взуттєвих виробів є практично неможливим.

*Дослідницький блок.* Експертиза взуття - це дослідження незалежних кваліфікованих експертів, при якому органолептично вивчаються показники якості взуттєвої продукції, стан упаковки, умови зберігання взуття, маркування. При необхідності в ході дослідження проводяться лабораторні випробування за мікробіологічними, фізико-хімічними та іншими показниками якості взуттєвої продукції в залежності від завдань експертизи [1].

Експертиза взуття проводиться компетентними експертами інститутів товарних експертиз, незалежних експертних бюро, а також спеціалістами конкретного підприємства [3].

При контролі якості взуттєвих виробів, що надходять в торговельні організації, широко використовується, при експертизі взуття, органолептичний метод, тобто візуальний огляд. Згідно з вимогами певної нормативної документації, взуттєві вироби повинні відповідати затвердженому зразку закупівлі за зовнішнім виглядом, конструкцією, матеріалами, методом кріплення підошви. При цьому упаковка та маркування повинні відповідати державним або міжнародним стандартам.

В ході експертизи взуття компетентним фахівцем торговельного підприємства та групою науковців і магістрів кафедри КТВШ було вивчено асортимент товарів магазину «Welfar» (рис. 1), торгові марки взуття, що є в наявності. На основі звернень покупців було вивчено і проаналізовано ряд документів (актів експертиз) та зразків повернутого взуття (рис.2), відгуки на якість і обслуговування покупців в мережі магазинів взуття «Welfar» за допомогою соціальних мереж internet-ресурсу (споживчий портал) та проведено до реалізаційну оцінку нової партії виробів органолептичним методом.



Рис. 1. Асортимент жіночого взуття магазину «Welfar»

В ході експертизи взуття була розглянута партія жіночого взуття, встановлено єдентичність або відмінність взуттєвої пари за показником щільності, формою, розміром, товщиною, кольором і малюнком мерії. Також встановлено відповідність нормативам і технічним умовам матеріалів, які застосовуються для низу і верху взуття, підкладки, відповідність термопластичних матеріалів та спеціальних картонів.

В ході дослідження особлива увага приділялась характеристикам відповідності форми, висоти, довжини і ширини деталей виробу в обох напівпарах, на пружність і формостійкість задників взуття, які повинні бути стійкі, добре приклеєні до підкладки і верху взуття. Вкладні устілки при цьому повинні відповідати контуру сліду, бути якісно вклеєними і не мати зморшок і заминів. Поверхня устілки повинна бути без виступаючих скоб, цвяхів і відповідати сліду колодки.

При проведенні до реалізаційної експертизи взуття виявлено наступні дефекти, це:

- дефекти матеріалів, виробничі і механічні пошкодження, пов'язані з не правильними умовами зберігання і транспортування;
- тріщини, відшарування або осипання захисної плівки у виробів з натуральної шкіри;
- вмятини в підошві взуття; висмикнення затяжної кромки;
- часткова відсутність або розриви ворсу на підкладці з хутра у взутті зимового асортименту;
- дефекти ниткових швів (звалювання строчки, розриви ниток, погана утяжка ниток, пропуски стібків) (рис. 2).



а



б



в

г

Рис. 2. Зразки дефектного взуття реалізованого магазином «Welfar»  
а - висмикнення затяжної кромки; б - порив функціональної строчки халяви  
напівчобітка під ремінцем (нове взуття); в- підріз верху по лінії затяжної кромки виробу;  
г - дефект лица союзки (ношене взуття)

Експертиза якості жіночого шкіряного взуття органолептичним методом проводилася відповідно до ГОСТ 9289 «Взуття. Правила приймання», ГОСТ 28371 «Взуття. Визначення сортності» і ГОСТ 7296 «Взуття. Упаковка. Маркування. Транспортування і зберігання». Відповідно до ГОСТ 9289 «Взуття. Правила приймання» приймання взуття проводиться партіями. За партію приймають кількість пар взуття одного артикулу, виготовленої за певний період часу (не більше 6 діб), оформленої документом, який засвідчує якість продукції і містить: найменування підприємства-виробника та його товарного знака, артикул, номер партії, дату випуску [5].

Перевірці якості взуття за зовнішнім виглядом, правильності пакування та маркування вимога нормативної документації виробник піддає кожну пару взуття. Перевірка якості взуття споживачем і при контрольних перевірках здійснюється вибірково. Обсяг вибірки, значення приймального і бракувального числа залежить від обсягу партії. Партія взуття приймається, якщо кількість дефектних одиниць взуття у вибірці менше або дорівнює приймальному числу. Партія бракується, якщо кількість дефектних одиниць продукції у вибірці більше або дорівнює бракувальному числу[7].

Відповідно до ГОСТ 28371 «Взуття. Визначення сортності», взуття в парі повинно бути однаковим за розмірами, повнотою, структурою і мерією, кольором матеріалів, добре відформованою поверхнею, обробленою, без плям, складок і зморшок. Взуття оцінюють попарно шляхом зовнішнього огляду за гіршою напівпарою. Взуття, яке не відповідає технічним вимогам нормативної документації, вважається нестандартним і прийманню не підлягає.

Приймання товарів за якістю здійснюється за наявності відповідного сертифікату якості.

За результатами приймання 100 пар черевиків жіночих повсякденних кількість дефектних одиниць склала 7 пар (21,3%). Слід зазначити, що в 3 парах (9,4%) черевиків були виявлені вади, які згідно з ГОСТ 28371 є допустимими, а в 4 парах (11,9%) черевиків виявлені вади, які згідно з ГОСТ 28371 «Взуття. Визначення сортності» не допускаються і

відповідно до договору про постачання між магазином «Welfar» та постачальниками підлягають поверненню підприємству-виробнику (див. табл.). Згідно з результатами досліджень, отримані партії взуття приймаються за виключенням відбракованих пар, дефекти у яких є не допустимими і які підлягають поверненню, згідно з договором з постачальником-виробником.

Таблиця

**Результати експертизи якості жіночого взуття органолептичним методом**

Вид взуття / постачальник- виробник	Отр има но	Перевірено		Виявлені вади за ГОСТ 28371					
				Допустимі вади, кількісний показник (штук)			Неприпустимі вади, кількісний показник (штук)		
				Наймену вання	пар	%	Наймену вання	пар	%
1. Черевики жіночі повсякденні /«Welfar»	30	30	100,0	Різна висота між напів парами -2 мм. п.5 ГОСТ28371;	1	3,3	---	--	--
				слабко виражені подряпини на задинці виробу п.5 ГОСТ 28371	1	3,3	---	--	--
Разом:	30	30	100,0	--	2	6,9	--	--	--
2. Черевики жіночі повсякденні/ «Welfar»	30	30	100,0	---	--	--	Відклейка підшви п.4 ГОСТ 28371; подряпини на союзці п.5 ГОСТ28371	1	3,3
								1	3,3
Разом:		30	100,0	--	--	--		2	6,9
3. Чоботи жіночі повсякденні/ «Welfar»	40	40	100,0	слабко виражена вітдушистість на задинці п.5.ГОСТ 28371	1	2,5	забруднення підкладки п.4 ГОСТ 28371; порізи на зовнішній стороні виробу п.4 ГОСТ 28371	1	2,5
							1		2,5
Разом:	40	40	100,0	--	1	2,5	--	2	5,0
Всього:	100	100	100,0	--	3	9,4	--	4	11,9

**Висновки.** За результатами експертизи взуття торговельному підприємству надано рекомендації щодо подальшої роботи з партнерами по укладанню договорів поставок з уже відомими постачальниками, які зарекомендували себе як надійні партнери і розірванні чи перегляді умов договорів з постачальниками не якісного взуття. При укладанні договорів

необхідно звертати увагу на якість взуття, ступінь віддаленості постачальника від магазину ТОВ «Welfar», асортимент пропонованої продукції, при цьому необхідно шукати нові джерела виробництва чи поставок якісного взуття. Також необхідно працювати над підвищенням якості взуття бренду «Welfar».

В цілому незалежне експертне дослідження допомагає визначити походження дефекту і причини його виникнення, визначити виробничий брак і дефекти, що виникли при неправильній експлуатації, транспортуванні або зберіганні взуттєвих виробів.

### Список використаної літератури

1. Батутіна А.П., Ємченко І.В. Експертиза товарів/ Батутіна А.П., Ємченко І.В.// Навчальний посібник. - К.: ЦУЛ, 2003. - 278 с.
2. Кириченко Л.С., Мережко Н.В. Основи стандартизації, метрології та управління якістю / Кириченко Л.С., Мережко Н.В. – К: Київський нац. торгово-економ. ун-т, 2001.– 446 с.
3. Кушнір М.К., Тихонова Н.П. Товарознавство непродовольчих товарів./ Кушнір М.К., Тихонова Н.П.// Підручник для студентів товарознавчих спеціальностей вищих навчальних закладів. Частина III. Товарознавство взуттєвих товарів. – К: Київський нац. торгово-економ. ун-т, 2001.– 316 с.
4. Коломієць Т.М., Притульська Н.В., Романенко О.Л. Експертиза товарів / Коломієць Т.М., Притульська Н.В., Романенко О.Л.// Підручник. – К.: КНТЕУ, 2001. – 274 с.
5. Бібліотека ГОСТів [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.vsegest.com/Catalog>.
6. Див.: Про надання чинності в Україні міждержавним стандартам, змінам до міждержавних стандартів та скасування нормативних документів : наказ Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 15 жовтня 2009 р. № 376 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://kmu.gov.ua>.
7. Див.: Практичні рекомендації з визначення якості різних груп промислових товарів : звіт про НДР (закл.) / Донецький НДІСЕ ; кер. М. Башкатова; викон. Є. Коваленко, В. Верестун. — № ДР 0196001325. — Донецьк, 2000. — 98 с.
8. Див.: Про затвердження рекомендацій щодо визначення характеру дефекту взуття та умов його експлуатації : наказ Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції України, Міністерства промислової політики України від 17 жовтня 2002 р. № 291/457 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://kmu.gov.ua>.
9. Див.: Про захист прав споживачів : Закон України від 2 трав. 1991 р. № 1023-ХІІ (в редакції від 1 груд. 2005 р. № 3161-IV, із змінами та доповненнями) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua>.

### References

1. Batutina A. Yemchenko N. Examination of goods / Batutina A. Yemchenko N. // Manual. - K. : TSUL, 2003. - 278 p.
2. Kirichenko L., Merezhko N. Fundamentals of standardization, metrology and quality control / L. Kirichenko, Merezhko N. - K: Kyiv th. trade and economy. University Press, 2001.- 446 p.

3. Kushnir M., Tikhonov N. Commodity nonfood products. / Kushnir N., Tikhonov N. // textbook for students of commodity specialties of higher educational institutions. Part C. Commodity footwear products. - K: Kyiv th. trade and economy. University Press, 2001.- 316 p.
4. Kolomiets T., Prytulska N., Romanenko A. Examination of goods / Kolomiec T., Prytulska N., Romanenko O. // Textbook. - K.: KNTEU, 2001. - 274 p.
5. Library Guest [electronic resource]. - Access: <http://www.vsegost.com/Catalog>.
6. See.: about giving effect to Ukraine interstate standards, amendments to standards and cancellation of international regulations: State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy of 15 October 2009 r. Number 376 [electronic resource]. - Access: <http://kmu.gov.ua>.
7. See.: Practical advice on determining the quality of different groups of industrial products: research report (bookmark). / Donetsk NDISE; Coeur. M. Bashkatova; done. E. Kovalenko, V. Verestun. - DR number 0196001325. - Donetsk, 2000. - 98 p.
8. See.: On approval of recommendations on the nature of the defect shoes and conditions of its operation, the order of the Ministry of Economy and European Integration of Ukraine, Ministry of Industrial Policy of Ukraine of 17 October 2002 r. № 291/457 [electronic resource]. - Access: <http://kmu.gov.ua>.
9. See.: Consumer Protection Law of Ukraine on May 2. 1991 r. Number 1023-XII (as amended on Dec 1. 2005 r. Number 3161-IV, as amended) [electronic resource]. - Access: <http://zakon.rada.gov.ua>.

## **ОСОБЕННОСТИ ДОРЕАЛИЗАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОЖАНОЙ ОБУВИ**

**БАБИЧ А.И.**

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Исследовать особенности оценки качества обуви по результатам работы отдела экспертизы.

**Методика.** Применено традиционные методы органолептической оценки качества готовых изделий для проведения экспертизы обуви.

**Результаты.** Наведено теоретические сведения и результаты экспертного исследования обуви, которая поступает в продажу, а также разработано рекомендации относительно улучшения качества изделий.

**Научная новизна.** Теоретически доведена необходимость проведения до реализационной проверки готовой обуви в сети розничной торговли. Определены и обобщены группы дефектов изделий при проведении до реализационной экспертизы обуви.

**Практическая значимость.** Системный подход изучения вопроса и оценки качества продукции данного сегмента дал возможность разобраться в «узких местах» вопроса и предоставить рекомендации магазину относительно дальнейшей работы торгового предприятия, контроля качества изделий, работы с покупателем и продолжения сотрудничества с поставщиками продукции.

**Ключевые слова:** рынок обуви, претензия, дефект, экспертиза качества, маркетинговые исследования, потребительские предпочтения, спрос, респонденты, сегментация, качество.

## FEATURES IMPLEMENTING QUALITY ASSESSMENT OF LEATHER SHOES

BABICH A. I.

*Kyiv national university of technologies and design*

**Purpose.** Explore peculiarities of shoe quality based on the results of work of the department of examination.

**Methodology.** There have been applied traditional methods of organoleptic assessment of quality of finished products for the examination of shoes.

**Findings.** There have been given the theoretical information and results of the expert assessment of the shoes that go on sale, and there have been developed recommendations for improving the quality of products.

**Originality.** The necessity of the run-to-sales expertise has been theoretically proved to be done concerning readymade shoes at retailers. The groups of defected goods during the examination of shoes have been identified and summarized.

**The practical value.** A systemic approach to the study and evaluation of the quality of products in this segment gave the opportunity to understand the "bottlenecks" issues, and provide recommendations to the stores as for further work of the enterprise, quality control of products, work with consumers and the extension of cooperation with suppliers of products.

**Key words:** *footwear market, complaint, defect, quality expertise, marketing research, consumer preferences, demand, respondents, segmentation, quality.*

УДК 688.33: 677.076.2:  
677.076.442: 677.313:  
677.076.24

**ЧЕПЕЛЮК Е.В.\***, **ДЕМИДОВА Н.С.\*\***, **ЯКИМЧУК Е.В.\***  
Херсонський національний технічний університет\*, студія Felt4Fun\*\*

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛЯННОЙ СУМКИ С ФЕРМУАРОМ. СООБЩЕНИЕ №1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВАЛЯННОЙ СУМКИ**

***Цель.** Разработка технологии изготовления валянной сумки с фермуаром.*

***Методика.** При разработке технологии проектирования валяной сумки использовались теоретический и эмпирический методы. Для воспроизведения проектной цепи и выявления ее последовательной иерархической структуры применялись мысленное моделирование и метод анализа и синтеза. В реализации прикладного аспекта исследования использовался эксперимент, измерение и материальное моделирование.*

***Результаты.** Поэтапная технология проектирования валяной сумки с фермуаром.*

***Научная новизна.** Состоит в формировании комплексного подхода к процессу проектирования сумок из войлока с учетом его физико-механических свойств и обеспечении возможности расширения ассортимента эксклюзивных аксессуаров. Впервые введен в научный обиход материал, изложенный в авторских мастер-классах и видеоуроках.*

***Практическая значимость.** Заключается в формулировке конкретных конфекционно-конструкторско-технологических рекомендаций, учитывающих особенности материала и техники мокрого валяния при изготовлении сумки с фермуаром.*

***Ключевые слова.** войлок, валяние, сумка с фермуаром, декорирование войлока, шаблон-блокиратор, шерсть, вискоза.*

**Введение.** В настоящее время все большую популярность приобретает изготовление предметов одежды и аксессуаров из шерсти методом валяния. Это объясняется высокими гигиеническими и формообразующими свойствами войлока, многообразием декоративных эффектов, которые могут быть использованы в колористическом и композиционном решении изделия из него. При выборе колористического решения существует возможность использования шерсти широкой палитры цветов, представленной на рынке, или получения любого оттенка простым смешением на кардных щетках волокон различных цветов, что не накладывает ограничений на дизайнера.

С целью расширения возможностей дизайнеров при реализации творческого замысла, многие из них на основе многолетнего опыта валяния, полученного методом проб и ошибок, разрабатывают авторские методики создания войлочных изделий. При этом часть информации мастера не выкладывают в открытый доступ, а передают при личном контакте в рамках мастер-классов или коммерческих видеоуроков. При этом одним из наиболее распространенных и сложных предметов, изготавливаемых методом валяния, является сумка.

По указанным выше причинам разработка технологий изготовления валянной сумки заданной конструкции с определенными пластическими свойствами полотна и композицией является заданием актуальным.

**Новизна работы** состоит в формировании комплексного подхода к процессу проектирования сумок из войлока с учетом его физико-механических свойств и обеспечении возможности расширения ассортимента эксклюзивных аксессуаров. Впервые введен в научный обиход материал, изложенный в авторских мастер-классах и видеоуроках.

**Анализ последних публикаций по проблеме.** Существует достаточно большая база публикаций с изложением методик изготовления полотен из шерсти и изделий из войлока. Авторы [1, 2] обосновали перспективы использования полимерных композитов в производстве комплексных материалов (войлока) для изготовления изделий в легкой промышленности. В работе [3] рассмотрены свойства композиционных материалов – войлока в сочетании с трикотажными полотнами. Изготовлены соответствующие образцы и проведен анализ их физико-механических свойств с целью обеспечения возможности расширения ассортимента швейных изделий за счет комбинирования данных материалов. Анализ способов раскладки волокнистого холста с учетом свойств формируемых валяных полотен изложен в работе [4]. Кроме того, необходимо отметить ряд работ, в которых рассмотрена перспектива использования войлока при изготовлении одежды [5, 6]. Неосвоенным остается вопрос разработки технологий изготовления готовых изделий, в частности сумок, заданной формы.

**Результаты исследования.** На первом этапе проектирования сумки определяется ее назначение (повседневные, дорожные, спортивные, пляжные, вечерние, хозяйственные, деловые, рабочие).

Далее осуществляется поиск композиции сумки: определяются форма, цветовое, структурно-пропорциональное, ритмическое, пластическое, декоративно-фактурное решение, создается эскиз.

При проектировании сумки необходимо отнести ее к определенному типизированному ряду, чтобы корректно учесть все потребительские свойства. Например, по форме (цилиндрические, прямоугольные, квадратные, трапециевидные, треугольные, круглые, полукруглые, сложной конфигурации), по способу закрывания (с открытым верхом, с клапаном, с рамочным замком (фермуаром), с застежкой-молнией, со вздержкой, на кнопках или пуговицах), по жесткости (мягкие, жесткие, полужесткие), по виду конструкции (конверт, планшет, ридикюль, тоут, саквояж). При этом форма и размер определяются в соответствии с назначением сумки. Форма сумки может быть практически повторяющей форму фермуара или в различной степени выступать за его пределы, плоской или объемной с формостойким (жестким) дном.

Для гармонического колористического решения используются цветовой круг как при условии, что волокна будут окрашены или смешаны автором самостоятельно, так и при выборе из палитры готовых цветов различных производителей.

После разработки общей композиционной концепции для детальной ее проработки и дальнейшей реализации проектант (дизайнер) использует определенные принципы взаимодействия и построения исходных элементов формы (статика и динамика, симметрия и асимметрия, пропорциональные отношения, метро-ритмическую организацию, масштаб, нюанс, контраст, тождество) [7].

В зависимости от характера декоративно-фактурных элементов (рельеф, барельеф, ажур), могут быть использованы волокна, нити или ткань [8]. В валянии не рекомендуется применять синтетические материалы. Кроме натуральных материалов, может быть использована вискоза – волокно, полученное искусственным путем из целлюлозы и имеющее химический состав, аналогичный составу хлопка. Среди декоративных приемов

следует отметить изготовление гребней, воланов, карвинг, шибори. Общая схема первого этапа проектирования с характерными для него операциями представлена на рисунке 1.

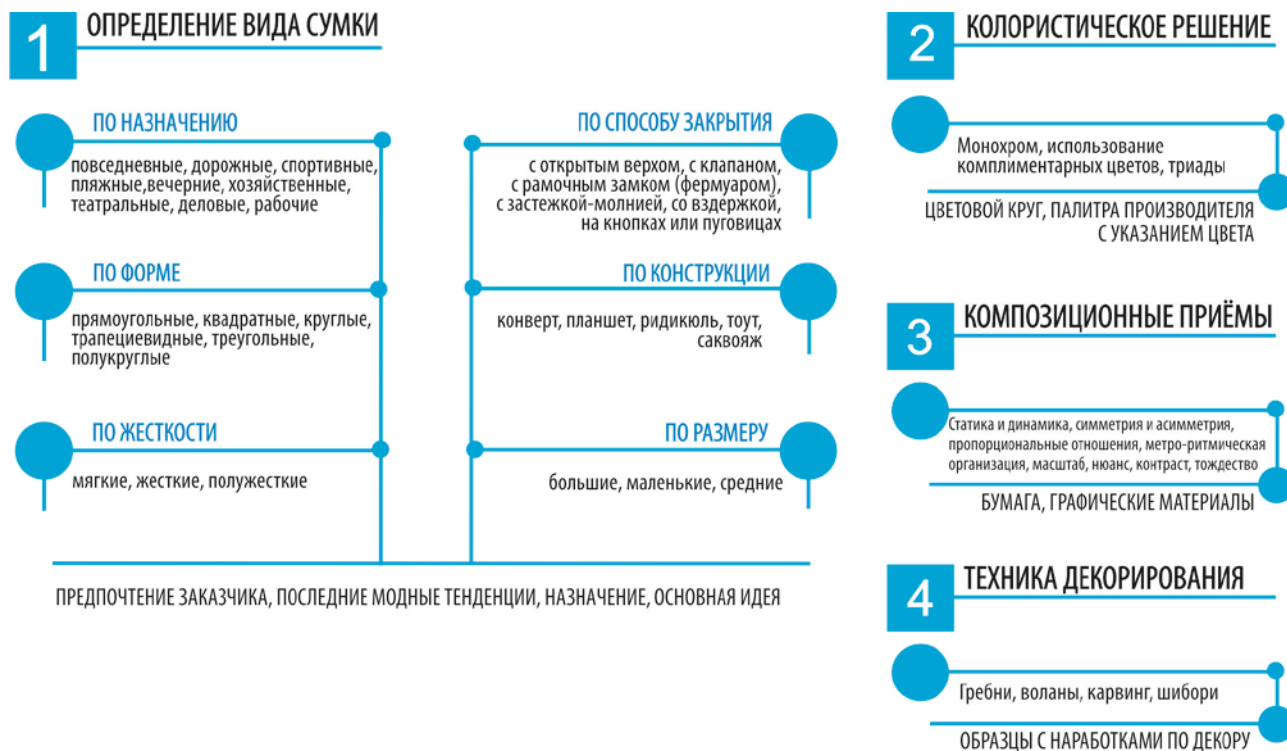


Рис.1. Допроектный этап проектирования валяной сумки

На втором этапе подготовки к непосредственно валянию изготавливаются образцы для обеспечения заданных свойств изделия:

- с использованием волокон шерсти различного вида по виду полуфабриката (холст, лента), по производителю и по тонине (18, 21, 30 мк);
- с использованием различных видов декорирования (гребни, воланы, жгуты, карвинг, шибори и т.п.);
- с использованием различных видов армирования (волокнами, тканью);
- с использованием различных видов раскладки волокон (ортогональная, диагональная, паркетная, однорядная, паутинка);
- с использованием различных видов валяния.

В результате анализа полученных образцов органолептически определяются формоустойчивость, жесткость, пластичность. Проводится визуальный анализ образцов с различными способами декорирования (гребни, воланы, жгуты, карвинг, шибори и т.п.), выбирается оптимальный вариант, наиболее соответствующий замыслу дизайнера.

Для обеспечения заданной формоустойчивости войлок армируют. Армирование материала сумки может быть произведено волокнами (животного или растительного происхождения) или тканью (натуральным шелком, хлопчатобумажным батистом, марлей и т.п.).

После анализа всей базы наработанных образцов необходимо изготовить образец из выбранных материалов с соблюдением предпочтительного вида раскладки, армирования, количества слоев, декорирования и усадки. Это необходимо для определения коэффициента усадки, использующегося при определении размеров первоначальной раскладки. Коэффициент усадки определяется по формуле:

$$k_y = \frac{\ell_o}{\ell_r} 100\%$$

где:  $k_y$  – коэффициент усадки;

$\ell_o$  – размер образца после валяния, мм;

$\ell_r$  – размер раскладки волокон шерсти, мм.

При разработке шаблона-блокиратора используется коэффициент увеличения:

$$k_{ув} = \frac{1}{k_y} 100\% = \frac{\ell_r}{\ell_o}$$

где:  $k_{ув}$  – коэффициент увеличения шаблона-блокиратора.

Проектный этап изготовления и анализа образцов проиллюстрирован на рисунке 2.

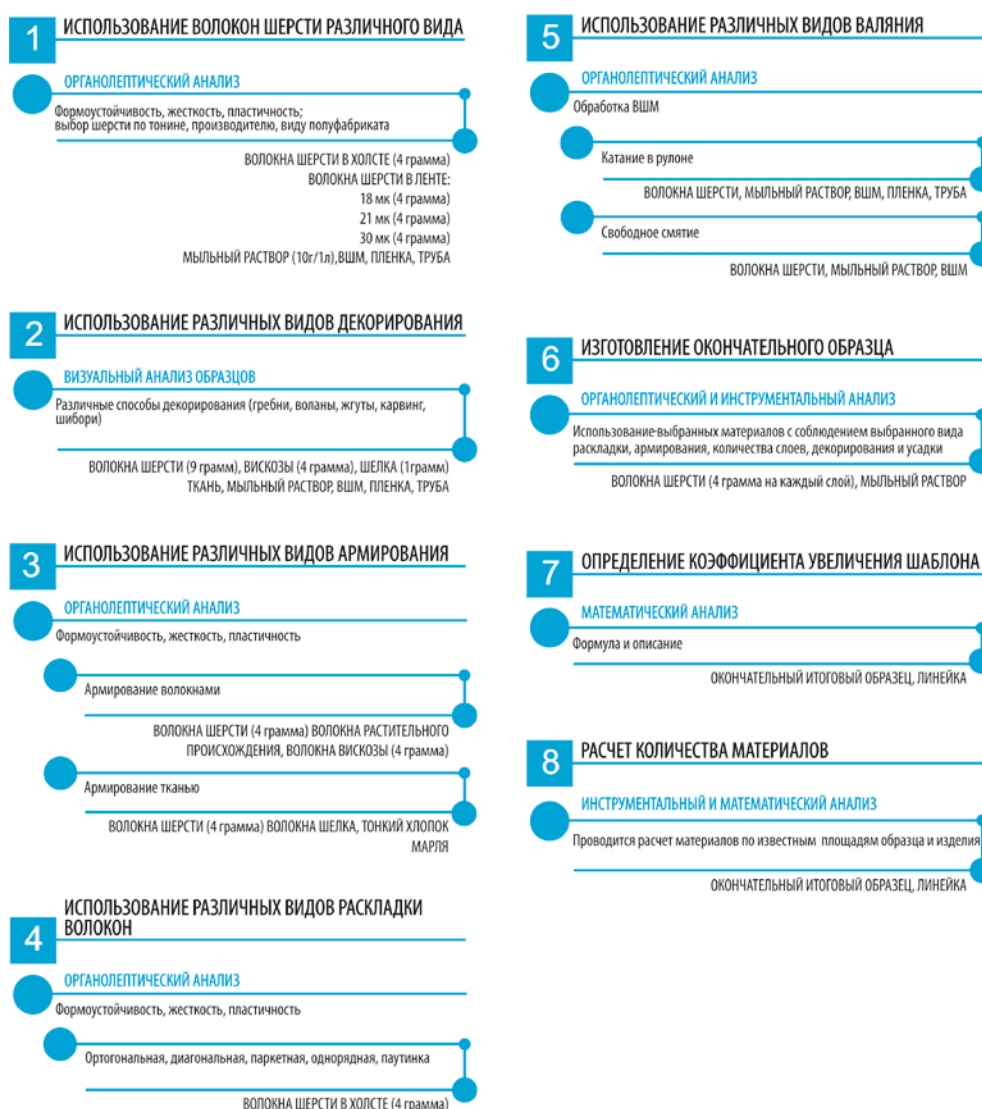


Рис.2. Этапы изготовления и анализа образцов

Следующий этап – разработка конструкции изделия (рис. 3). Заданная форма сумки обеспечивается выполнением конструкции определенного вида: с использованием плоского шаблона или шаблона-книжки, позволяющего получить объемно-пространственную форму. При использовании плоского шаблона дно формируется вручную при уваливании. Шаблон-книжка позволяет получить более плоское дно за счет применения характерной конструкции.

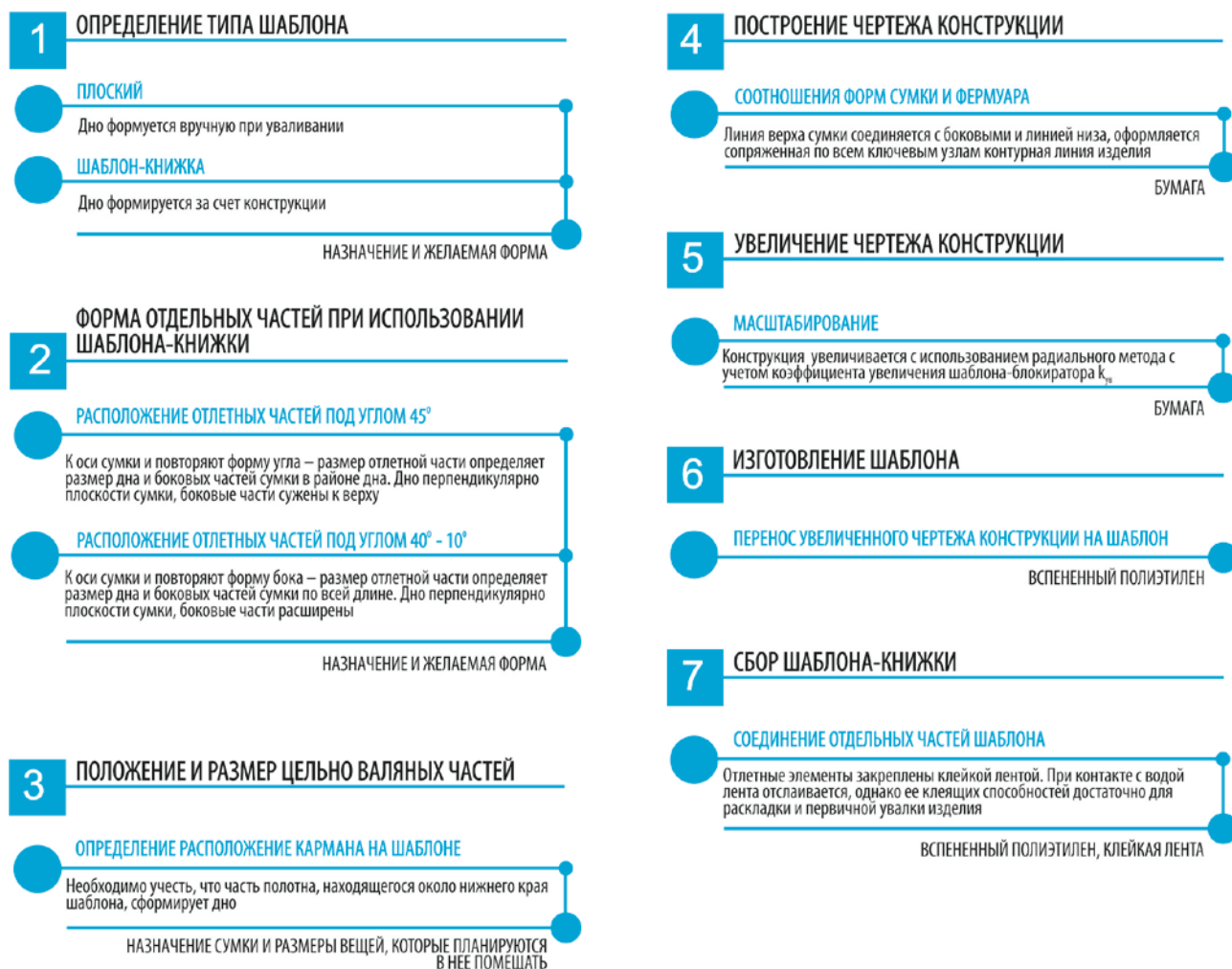


Рис. 3. Разработка конструкции изделия

При использовании шаблона-книжки форма отлетных частей определяет форму сумки. В случае, когда отлетные части расположены под углом  $45^0$  к оси сумки и повторяют форму угла, размер отлетной части определяет размер дна и боковых частей сумки в районе дна. Дно плоское, перпендикулярно плоскости сумки, боковые части расширены в районе дна и сужены кверху. В случае, когда отлетные части расположены под углом  $40^0 - 10^0$  к оси сумки и повторяют форму бока, размер отлетной части определяет размер не только дна, но и боковых частей сумки по всей длине. При использовании фермуара в районе замка образуется складка.

Определение формы, положения и размеров цельно-валяных частей (кармана, отделений) происходит с учетом замысла проектировщика и назначения сумки. На данном этапе при определении расположения кармана или других декоративных деталей на шаблоне

необходимо учесть, что часть полотна, находящегося около нижнего края шаблона, сформирует дно.

Порядок построения чертежа конструкции сумки: фермуар обведен по внутренней стороне, в районе скругленного угла проведены касательные под углом  $135^{\circ}$  к горизонтальной стороне фермуара, на которых отложена длина вертикальных сторон фермуара [9]. Далее линия верха сумки соединяется с боковыми и линией низа, оформляется сопряженная по всем ключевым узлам контурная линия изделия.

После построения чертежа конструкции изготавливается шаблон-блокиратор. Полученный чертеж конструкции увеличивается с использованием радиального метода увеличения с учетом коэффициента увеличения  $k_{ув}$ . Метод заключается в следующем: по центру конструкции ставится точка, от нее через характерные точки конструкции (точки наибольших выпуклостей и вогнутостей, вершины) проводятся лучи и на них откладывается расстояние, равное расстоянию от центральной точки  $O$  до характерной точки, увеличенное в  $k_{ув}$  раз. После увеличения полученная выкройка переносится на вспененный полиэтилен, который служит шаблоном-блокиратором.

На рисунке 1 приведена схема шаблона-книжки, в котором для обеспечения объема по бокам сумки и формования плоского дна сконструированы отлетные части. Их размер определяет размер дна и боковых частей сумки. В случае, когда отлетные части расположены под углом  $45^{\circ}$  к оси сумки и повторяют форму угла, формируется плоское, перпендикулярное плоскости сумки дно, боковые части сужены. При расположении отлетных частей под углом  $40^{\circ} - 10^{\circ}$  к оси сумки и условии, что они повторяют форму бока, формируется плоское, перпендикулярное плоскости сумки дно, боковые части расширены.

Для получения цельновалажного кармана предусмотрен блокиратор, также закрепленный по принципу изготовления шаблона-книжки. При определении расположения кармана на шаблоне необходимо учесть, что часть полотна, находящегося около нижнего края шаблона, сформирует дно (рис. 4).

Отлетные элементы закреплены клейкой лентой. При контакте с водой лента отслаивается, однако ее клеящих способностей достаточно для раскладки и первичной увалки изделия.

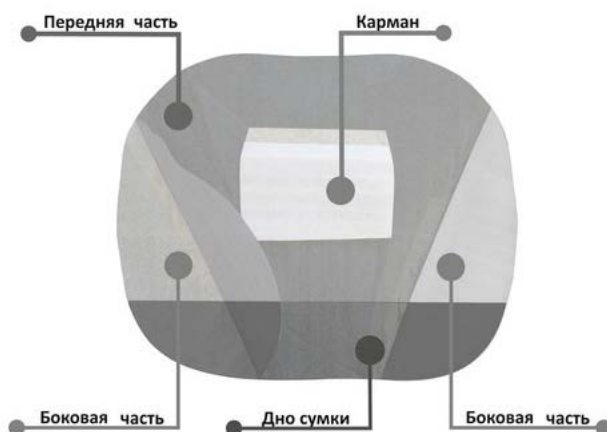


Рис. 4. Схема шаблона-блокиратора валинной сумки

После построения чертежа конструкции сумки переходят к технологическому этапу изготовления оригинал-макета, который является самым трудоемким в процессе проектирования и заслуживает дополнительного отдельного внимания. Завершающим этапом является оценка и контроль качества полученного изделия – определение балансовых характеристик сумки и наличие дефектов (композиционных, конфекционных, конструктивных, технологических). По возможности изъяны (недостатки, пороки) исправляются, а те из них, которые остались, учитываются в процессе изготовления следующих изделий. В процессе проектирования валяных из шести изделий весомое место занимает технологический аспект, поскольку, кроме формования задуманного объекта, текстура и фактура текстильного материала создается непосредственно разработчиком, а не используется готовое полотно. Поэтому в дальнейшем целесообразно проиллюстрировать общую технологию поэтапного проектирования валяной сумки с фермуаром с акцентированием на техниках раскладки волокон и декорирования, с указанием расхода материалов.

**Вывод.** В работе приведена поэтапная технология проектирования валяной сумки с фермуаром. При этом сформированы конкретные конфекционно-конструкторско-технологические рекомендации, учитывающие особенности материала и техники мокрого валяния при изготовлении сумки с фермуаром.

#### Список использованной литературы

1. Гаврилова О.Е. Использование полимерных композитов в производстве комплексных материалов для изготовления изделий в легкой промышленности / О.Е. Гаврилова, Ю.А. Коваленко, Г.И. Гарипова // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – №10. – С. 262 – 264.
2. Гаврилова О.Е. Перспективы развития исследований полимерных и композиционных материалов в современной химической и легкой промышленности / О.Е. Гаврилова, Л.Л. Никитина, Ю.А. Коваленко // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – №6. – С. 127 – 129.
3. Махоткина Л.Ю. Исследование технологических свойств органического полимерного волокна при проектировании одежды / Л.Ю. Махоткина, А.В. Голованева, О.И. Голованева // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 2, том 17. – С. 87 – 90.
4. Зайцева Т.А. Анализ способов раскладки волокнистого холста с учетом свойств формируемых валяных полотен / Т.А. Зайцева, М.В. Жогова, И.А. Шеронова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №2 – 1.
5. Фот Ж.А. Разработка рекомендаций по проектированию верхней одежды из авторских полотен, созданных в технике «нуновойлок» / Ж.А. Фот, К.А. Фишер // Сборник статей по материалам XLVI Международной научно-практической конференции «Технические науки – от теории к практике», (Россия, г. Новосибирск, 27 мая 2015 г.). – Россия, Новосибирск, 2015.
6. Фот Ж.А. Актуальные направления в текстильном дизайне. нуновойлок / Ж.А. Фот, К.А. Фишер // Сборник статей по материалам XL Международной научно-практической конференции «Технические науки – от теории к практике», (Россия, г. Новосибирск, 19 ноября 2014 г.). – Россия, Новосибирск, 2014.
7. Даниленко В.Я. Дизайн: Підручник / В.Я. Даниленко – Харків: ХДАДМ, 2003. – 320 с.

8. Чепелюк О.В. Декоративні ефекти в одязі та аксесуарах з повсті / О.В. Чепелюк, А.В. Чорностан // Аркадія: мистецтвознавчий і культурологічний журнал. – 2016. – № 1 (46). – С. 119 – 122.

9. Студія войлока Felt4Fun. [Електронний ресурс] Режим доступу: [http://www. Felt4fun.ru/](http://www.Felt4fun.ru/)

## ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЕКТУВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛЯНОЇ СУМКИ З ФЕРМУАРОМ. ПОВІДОМЛЕННЯ 1. ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ВАЛЯНОЇ СУМКИ

ЧЕПЕЛЮК О.В., ДЕМІДОВА Н.С., ЯКИМЧУК О.В.

*Херсонський національний технічний університет \*, студія Felt4Fun\*\**

**Мета.** Розробка технології виготовлення повстяної сумки з фермуаром.

**Методика.** При розробці технології проектування повстяної сумки використовувалися теоретичний і емпіричний методи. Для відтворення проектного ланцюга і виявлення його послідовної ієрархічної структури застосовувалися уявне моделювання і метод аналізу і синтезу. У реалізації прикладного аспекту дослідження використовувався експеримент, вимір і матеріальне моделювання.

**Результати.** Поетапна технологія проектування повстяної сумки з фермуаром.

**Наукова новизна.** Полягає у формуванні комплексного підходу до процесу проектування сумок з повсті з урахуванням її фізико-механічних властивостей і забезпеченні можливості розширення асортименту ексклюзивних аксесуарів. Вперше введено в науковий обіг матеріал, викладений в авторських майстер-класах та відеоуроках.

**Практична значимість.** Полягає у формулюванні конкретних конфекційно-конструкторсько-технологічних рекомендацій, що враховують особливості матеріалу і техніки мокрого валяння при виготовленні сумки з фермуаром.

**Ключові слова.** повсть, валяння, сумка з фермуаром, декорування повсті, шаблон-блокіратор, вовна, віскоза.

## TECHNOLOGICAL ASPECTS OF DESIGN AND MANUFACTURING FELTING BAG WITH CLASP. MESSAGE №1. DESIGN TECHNOLOGY OF FELTED BAG CHEPELYUK E.V., DIEMIDOVA N.S., YAKYMCHUK E.V

*Kherson National Technical University \*, studio Felt4Fun\*\**

**Purpose.** Development of technology for manufacture of the felt bag with clasp.

**Methodology.** When the development of technology of felted bags designing theoretical and empirical methods were used. Mental modeling and method of analysis and synthesis were used for reproducing of design chain and identify its sequential hierarchical structure. In the implementation of applied aspect of research were used experiment, measurement and material modeling.

**Results.** Phased technology design felted bag with clasp.

**Scientific novelty.** Is to develop a comprehensive approach to the design process of the bags felt taking into account the physic-mechanical properties and the possibility of expanding the range of exclusive accessories. First introduced in the scientific use the material presented in the author's master-classes and video tutorials.

**Practical significance.** Is the formulation of concrete confection-engineering-technological recommendations, taking into account the peculiarities of material and equipment of wet felting in the manufacture of bags with clasp.

**Key words.** Felt, felting, bag with clasp, felt decoration, pattern-lock, wool, viscose.

УДК 547:66.08

БЕССАРАБОВ В.І.<sup>1</sup>, ВАХІТОВА Л.М.<sup>2</sup>, КУЗЬМІНА Г.І.<sup>1</sup>,  
БАУЛА О.П.<sup>1</sup>, КУРИШКО Г.Г.<sup>1</sup>, МАТВІЄНКО К.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну

<sup>2</sup>Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України

## РЕАКЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ ГІДРОПЕРОКСИД АНІОНУ В СИСТЕМАХ ДЕОНТАМІНАЦІЇ ФОСФОРОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

**Мета.** Аналіз стану дослідження та оцінка реакційної здатності гідропероксид аніону в системах деонтамінації фосфорорганічних сполук, які діють за нуклеофільним механізмом.

**Методика.** Огляд літературних джерел, аналіз виявлених тенденцій та закономірностей.

**Результати.** На основі аналізу літературних джерел встановлено, що гідропероксид аніон володіє аномальною реакційною здатністю в реакціях нуклеофільного заміщення. Показано, що гідропероксид аніон може бути ефективною складовою систем деонтамінації фосфорорганічних сполук.

**Наукова новизна.** Описано аномальний характер реакційної здатності гідропероксид аніону в реакціях нуклеофільного заміщення. Зроблено висновок, що цей аніон є одним з найбільш активних нуклеофілів, які доступні для створення зелених систем деонтамінації.

**Практична значимість.** Застосування джерел гідропероксид аніону в новітніх системах деонтамінації токсичних фосфорорганічних сполук дасть змогу значно підвищити ефективність процесів знезараження та їх екологічність.

**Ключові слова:** реакційна здатність, деонтамінація, гідропероксид аніон, фосфорорганічні сполуки, пероксид водню, нуклеофіл.

**Вступ.** Проблема знищення фосфорорганічних сполук (ФОС) - активних фармацевтичних інгредієнтів, пестицидів, високотоксичних хімічних продуктів на сучасному етапі стає особливо актуальною, так як тісно пов'язана зі зростаючими вимогами до екологічної безпеки населення планети через наявність великої кількості отруйних речовин [1].

З значного різноманіття технологій розкладання і утилізації бойових отруйних речовин слід виділити три основні групи методів - хімічні, термічні і біологічні [7], які в даний час використовуються в промислових масштабах для знищення основних бойових отруйних речовин і пестицидів на основі ФОС.

В якості головних технологічних підходів при руйнуванні ФОС хімічними методами використовуються гідроліз у водних розчинах лугів, окисне хлорування сумішшю хлорного вапна і гіпохлориду кальцію, алкоголіз моноетаноламіном або бутилатом калію з наступним термічним бітумінуванням сольових концентратів і їх складуванням [2, 3].

Спільними суттєвими недоліками наведених способів хімічної детоксикації є: періодичність застосовуваних технологій, значне корозійне навантаження на обладнання в силу агресивності дегазаційних середовищ, велика кількість забруднених стічних вод [2]. Необхідно також відзначити, що використовувані в промислових технологіях реагенти (луги, алкогольати лужних металів, моноетаноламін) не відрізняються високою реакційною здатністю по відношенню до ефірів фосфорних і фосфонових кислот [2, 3]. Ця обставина в сукупності з нерозчинністю ФОС у водних середовищах вимагає проведення процесів при

високих температурах і значних концентраціях дегазуючого агента для скорочення часу деконтамінації.

Тому основним завданням досліджень, пов'язаних зі знищенням ФОС, є пошук нових нетрадиційних рішень для конструювання ефективних дегазаційних систем на основі м'яких реagentів і середовищ з високим ступенем екологічної надійності і економічної доцільності [2, 3].

**Постановка завдання.** Вивчення реакцій нуклеофільного заміщення у ненасичених електрондефіцитних центрів (ефіри карбонових, сульфонових кислот, галоїдангідриди фосфорної, фосфонові кислот та ін) відкрило цілі групи  $\alpha$ -нуклеофілів - неорганічних іонів ( $\text{HOO}^-$ ,  $\text{ClO}^-$ ,  $\text{N}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{H}_2\text{NO}^-$ ), здатних швидко і незворотно розщеплювати стабільні у воді субстрати [1, 4-6]. Безсумнівним лідером в цьому ряду виступає  $\text{HOO}^-$ -іон і саме ця обставина обумовлює інтерес дослідників до вивчення реакційної здатності  $\text{HOO}^-$ -іону по відношенню до фосфорорганічних субстратів, які вдало моделюють пестициди, активні фармацевтичні інгредієнти та бойові отруйні речовини типу зарину, зоману та VX [6, 7].

Метою даної роботи є аналіз стану дослідження та оцінка реакційної здатності гідропероксид аніону в системах деконтамінації фосфорорганічних сполук, які діють за нуклеофільним механізмом.

**Результати.** Аналіз літературних джерел, в яких описано дослідження реакційної здатності гідропероксид аніону в системах деконтамінації фосфорорганічних сполук показав, що у випадку нуклеофільного механізму реакції автори часто застосовують поняття  $\alpha$ -ефекту. Під цим ефектом розуміють аномально високу нуклеофільному реакційну здатність ряду сполук, яка проявляється як значне позитивне відхилення від залежності, описуваної рівнянням Бренстеда [8]:

$$\lg k = \beta \rho K + C. \quad (1)$$

Якщо виходити з визначення  $\alpha$ -ефекту [9], то гідропероксид аніон відповідає всім вимогам, що пред'являються до  $\alpha$ -нуклеофілів: наявність негативно зарядженого атома другого періоду (атом кисню) каталітично активної групи ( $\text{HO}^-$ ), відсутність заступників, що здійснюють стеричні перешкоди атаці на електрофільний центр субстрату. І, нарешті, в молекулі пероксиду водню в  $\alpha$ -положенні до реакційного центру знаходиться електронегативний атом кисню з неподіленою парою електронів, яка може дестабілізувати основний і стабілізувати перехідний стан реакції [10].

Для кількісної оцінки величини  $\alpha$ -ефекту використовують два підходи: відношення  $k_{\alpha\text{-Nu}}^2 / k_{\text{Nu}}^2$  або різниця  $\lg k_{\alpha\text{-Nu}}^2 - \lg k_{\text{Nu}}^2$  констант швидкостей, що характеризують реакційну здатність  $\alpha$ -нуклеофіла і «нормального» нуклеофіла. Зазвичай в реакціях з електрофільними субстратами точки для  $\text{HOO}^-$  іона на залежності Бренстеда (рівняння (1)), відхиляються в бік збільшення значення  $\lg k_{\alpha\text{-Nu}}^2$  на 2 - 3 логарифмічні одиниці від значень  $\lg k_{\text{Nu}}^2$  для «нормальних» аніонних reagentів, що містять кисень [1; 11].

Вивчення реакцій нуклеофільного заміщення у ненасичених електрондефіцитних центрів (ефіри карбонових, сульфонових кислот, галоїдангідриди фосфорної, фосфонові кислот та ін.) відкрило цілі групи  $\alpha$ -нуклеофілів - неорганічних іонів ( $\text{HOO}^-$ ,  $\text{ClO}^-$ ,  $\text{N}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{H}_2\text{NO}^-$ ) здатних швидко і незворотно розщеплювати стабільні у воді субстрати [1, 4, 5, 6]. Безсумнівним лідером в цьому ряду виступає  $\text{HOO}^-$  - іон і саме ця обставина обумовлює

інтерес дослідників до вивчення реакційної здатності  $\text{HO}_2^-$  - іона по відношенню до фосфорорганічних субстратів, вдало моделює пестициди, активні фармацевтичні інгредієнти та бойові отруйні речовини типу зарину, зоману і VX [6, 7].

Наочною демонстрацією супернуклеофільних властивостей  $\text{HO}_2^-$  - іона є дані роботи, де показано, що реакційна здатність  $\text{HO}_2^-$  - іона по відношенню до 4-нітрофенілових ефірів діетілфосфорної і діетілфосфонові кислот перевершує таку для  $\text{BrO}^-$  і  $\text{HO}^-$ ,  $\text{ClO}^-$ ,  $\text{F}^-$  - іонів в  $\sim 50$ ,  $\sim 100$  і  $\sim 800$  разів відповідно [5].

Результати, які свідчать про аномально високу нуклеофільну активність  $\text{HO}_2^-$  - аніону, було отримано в роботах [12], присвячених моделюванню систем для дегазації зарину і його аналогів. Відношення констант швидкості другого порядку  $k_{\text{HO}_2^-}^2 / k_{\text{HO}^-}^2$ , яке використовується для характеристики  $\alpha$ -ефекту  $\text{HO}_2^-$  - аніону [1, 10], показує, що в залежності від структури субстрату швидкість реакції пергідроліза в 50 - 200 разів вище швидкості реакції гідролізу, незважаючи на те, що основність  $\text{HO}^-$  - аніону практично на 4 порядки перевищує аналогічну величину для іона  $\text{HO}_2^-$ .

Наявність  $\alpha$ -ефекту ряду органічних і неорганічних іонів, в тому числі і  $\text{HO}_2^-$  - аніону, при відсутності явної кореляції між швидкістю реакції та основністю нуклеофілів продемонстровано у великій кількості робіт при вивченні їх реакційної здатності по відношенню до електрофільних атомів фосфору, вуглецю і сірки [4, 5, 10, 12-14].

Детальне дослідження нуклеофільних реакцій за участю гідропероксид-іона і 4-нітро- і 4-метилбензоатів продемонструвало важливу роль природи групи, що відщеплюється. При досить хороших таких групах  $\alpha$ -ефект проявляється в значній мірі, при зниженні електронегативності групи він різко зменшується і в разі розкладання 2-фторетілових і метилових ефірів має мінімальну величину [10].

Величини  $\alpha$ -ефекту ефірів фосфорних і фосфонових кислот менш чутливі до структури субстрату в порівнянні з ефірами карбонових кислот: відмінності в значеннях складають всього один порядок.

На величину  $\alpha$ -ефекту може впливати цілий ряд факторів, в тому числі, природа розчинника [15], чутливість реакційної здатності стандартної серії («нормальні» аніонні нуклеофіли) до основності нуклеофіла ( $\beta_{\text{Nu}}$ ) [4, 15, 16, 17], основність  $\alpha$ -нуклеофіла [1, 4], тип гібридизації електрофільного центру [15].

У ряді робіт було встановлено, що мінімальний  $\alpha$ -ефект характерний для реакцій у  $\text{sp}^3$ -гібризованого атома вуглецю [15, 18], тоді як в реакціях у  $\text{sp}^2$ -гібризованого атома вуглецю зазвичай збільшення швидкості реакції за участю  $\alpha$ -нуклеофілів досягає  $\sim 50 - 100$  разів [15]. Найбільша величина  $\alpha$ -ефекту спостерігається для реакцій з  $\text{sp}$ -гібризованими атомами вуглецю. Порівняльна оцінка чутливості дігонального, тригонального і тетраедричного вуглецю до дії  $\alpha$ -ефекту підтверджує значне падіння його величини в ряду гібридизації атома вуглецю  $\text{sp} \gg \text{sp}^2 > \text{sp}^3$ : величини  $\alpha$ -ефекту складають 13, 77 і 1180 для бензильного, карбонільного і нитрильного вуглецю [19].

На підставі детального аналізу кінетичної поведінки широкого класу нуклеофільних агентів було встановлено і проаналізовано можливі причини  $\alpha$ -ефекту [10], головні з яких:

- дестабілізація основного стану нуклеофіла, обумовлена електростатичним відштовхуванням між електронами суміжних електронегативних атомів [20];
- стабілізація перехідного стану внаслідок перекривання орбіталей неподілених пар електронів [10] і продуктів реакції [21];

- зменшення сольватації  $\alpha$ -нуклеофілів в порівнянні з реагентами, які не виявляють  $\alpha$ -ефекту [22];
- здатність до поляризації перехідного стану [22];
- утворення водневого зв'язку в перехідному стані для атаки на складні ефіри [23];
- внутрішньомолекулярний загальноосновний каталіз [24].

**Висновки.** Таким чином, дані щодо аномальної реакційної здатності  $\text{HO}_2^-$ -аніону дають всі підстави вважати його одним з найактивніших нуклеофілів і підтверджують правильність вибору гідропероксид-аніону в якості ефективної складової дегазаційних систем, що діють по нуклеофільного механізму.

Публікація містить результати досліджень, проведених за грантової підтримки Міністерства освіти і науки України (№ держ. реєстр. НДР 0116U004574).

### Список використаної літератури

1. Нуклеофильная реакционная способность  $\text{HO}^-$ ,  $\text{HO}_2^-$ -анионов в водно-спиртовых смесях и  $\text{HCO}_4^-$ -аниона в воде [Текст] / В. А. Савелова, А. Ф. Попов, Л. Н. Вахитова [и др.] // Журн. орган. химии. – 2005. – Т. 41, вып. 12. – С. 1810–1818.
2. Методы уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ [Текст] / В. А. Жданов, В. М. Кошелев, В. К. Новиков [и др.] // Журн. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева. – 1993. – Т. 37, № 3. – С. 22–25.
3. Бекер С. Безопасное уничтожение высокотоксичных веществ [Текст] / С. Бекер, Р. Дерре, Е. Штельт // Журн. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева. – 1993. – Т. 37, № 3. – С. 29–33.
4. Неорганические анионные кислородосодержащие  $\alpha$ -нуклеофилы – эффективные акцепторы ацильной группы. Гидроксиламин – «лидер» в ряду  $\alpha$ -нуклеофилов [Текст] / Ю. С. Симаненко, А. Ф. Попов, Т. М. Прокопьева [и др.] // Журн. орган. химии. – 2002. – Т. 38, вып. 9. – С. 1341–1353.
5. The chemistry of hydroxylamines, oximes and hydroxamic acids [Text] / Eds. Z. Rappoport, J. F. Liebmann. – John Wiley & Sons Ltd., England, 2009. – 1048 p.
6. Нуклеофильная реакционная способность пероксигидрокарбонат- и пероксокарбонат-ионов по отношению к 4-нитрофенилдиэтилфосфонату [Текст] / В. А. Савелова, Ю. С. Садовский, Т. Н. Соломойченко [и др.] // Теорет. и эксперим. химия. – 2008. – Т. 44, № 2. – С. 98–104.
7. Kinetics of the reactions of  $\beta$ -Methoxy- $\alpha$ -nitrostilbene with methoxyamine and N-methylmethoxyamine. Direct observation of the intermediate in nucleophilic vinylic substitution [Text] / C. F. Bernasconi, A. E. Leyes, I. Eventova [et al.] // J. Am. Chem. Soc. – 1995. – Vol. 117, № 6. – P. 1703–711.
8. Blasko A. Oxidative hydrolysis of phosphorus (V) esters of thiols by peroxymonosulfate ion. Reactions of peroxymonosulfate ion with phosphorus (V) esters of thiols [Text] / A. Blasko, C. A. Bunton, A. Kumar // J. Phys. Org. Chem. – 1997. – Vol. 10. – P. 427–434.
9. Borate-catalyzed reactions of hydrogen peroxide: kinetics and mechanism of the oxidation of organic sulfides by peroxoborates [Text] / D. M. Davies, M. E. Deary, K. Quill [et al.] // Chem. Eur. J. – 2005. – Vol. 11. – P. 3552–3558.
10. Bennett D. A. Mechanism of sulfide oxidations by peroxymonocarbonate [Text] / D. A. Bennett, H. Yao, D. E. Richardson // Inorg. Chem. – 2001. – Vol. 40, № 13. – P. 2996–3001.

11. Molybdate/peroxide oxidation of mustard in microemulsions [Text] / G. W. Wagner, L. R. Procell, Y.-C. Yang [et al.] // *Langmuir*. – 2001. – Vol. 17, № 16. – P. 4809–4811.
12. Hydroxylamine anion as a strong acceptor of acyl groups / Y. S. Simanenko, A. F. Popov, T. M. Prokop'eva [et al.] // *Mendeleev Commun* – 1994. – № 6. – P. 210–212.
13. Patent No: US006245957B1 United States. Universal decontaminating solution for chemical warfare agents [Text] / Wagner G. W. (US), Yang Y.-C. (GB). – Data of Patent: Jun. 12, 2001.
14. Patent No: US006723891B1 United States. Molybdate/peroxide microemulsions useful for decontamination of chemical warfare agents [Text] / Wagner G. W. (US), Procell L. R. (US), Yang Y.-C. (US), Bunton C. A. (US). – Data of Patent: Apr. 20, 2004.
15. Лобачев В.Л. Кинетика окисления диэтилсульфида пероксидом водорода и пероксимоникарбонатом в присутствии ПАВ [Текст] / В. Л. Лобачев, Т. М. Прокопьева, В. А. Савелова // *Теорет. и эксперим. химия*. – 2004. – Т. 40, № 6. – С. 368–372.
16. Equilibria, kinetics, and mechanism in the bicarbonate activation of hydrogen peroxide: oxidation of sulfides by peroxydicarbonate [Text] / D. E. Richardson, H. Yao, K. M. Frank [et al.] // *J. Am. Chem. Soc.* – 2000. – Vol. 122, № 8. – P. 1729–1739.
17. Мицеллярные эффекты ПАВ в реакциях расщепления 4-нитрофенилдиэтилфосфоната гидропероксид-анионом [Текст] / Т. Н. Соломоиченко, Ю. С. Садовский, Т. М. Прокопьева [и др.] // *Теорет. и эксперим. химия*. – 2006. – 42, № 6. – С. 357 – 363.
18. Yang Y.-C. Chemical reactions for neutralizing chemical warfare agents [Text] / Y.-C. Yang // *Chem. Ind.* – 1995. – Vol. 9. – P. 334–337.
19. Absence of an  $\alpha$ -effect in the gas-phase nucleophilic reactions of hydroperoxide ion [Text] / C. H. DePuy, E. W. Della, J. Filley [et al.] // *J. Am. Chem. Soc.* – 1983. – Vol. 105, № 8. – P. 2481–2482.
20. Pearson R. G. Nucleophilic reactivity constants toward methyl iodide and trans-dichlorodi(pyridine)platinum(II) [Text] / R. G. Pearson, H. R. Sobel, J. Songstad // *J. Am. Chem. Soc.* – 1968. – Vol. 90, № 2. – P. 319–326.
21. Ren Y. The alpha-effect in gas-phase SN2 reactions: existence and the origin of the effect [Text] / Y. Ren, H. Yamataka // *J. Org. Chem.* – 2007. – Vol. 72, № 15. – P. 5660–5667.
22. Buncl E. The  $\alpha$ -effect and its modulation by solvent [Text] / E. Buncl, I.-H. Um // *Tetrahedron Lett.* – 2004. – Vol. 60, № 36. – P. 7801–7825.
23. Bruice T. C.  $\alpha$ -Effects. III. Reaction of malachite green with primary amines, methoxylamine, and hydrazines [Text] / T. C. Bruice, J. E. Dixon // *J. Am. Chem. Soc.* – 1971. – Vol. 93, № 13. – P. 3248–3254.
24. Goodman M. Mechanistic aspects of oxazolinone reactions with  $\alpha$ -nucleophiles [Text] / M. Goodman, C. B. Glaser // *J. Org. Chem.* – 1970. – Vol. 35, № 6. – P. 1954–1962.

## References

1. Savelova, V.A., Popov, A. F., Vahitova, L. N., Solomoychenko, T.N., Sadovskiy, Yu. S., Prokop'yeva, T.M., et al. (2005). Nukleofil'naja reakcionnaja sposobnost' HO<sup>-</sup>, HO<sub>2</sub><sup>-</sup>-anionov v vodno-spirtovyh smesjah i HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>-aniona v vode [Nucleophile reactionary ability HO<sup>-</sup>, HO<sub>2</sub><sup>-</sup> anions in water-methanol and HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>-anion in water]. *Zhurn. organ. Himii*, 41 (12), 1810–1818 (in Russian).

2. Zhdanov, V.A., Koshelev, V.M., Novikov, V.K., Shuvalov, A.A. (1993). Metody unichtozhenija fosfororganicheskikh otravljajushchih veshhestv [Methods of elimination of phosphorus organic poison substances]. *Zhurn. Ros. him. ob-va im. D. I. Mendeleeva*, 37, (3), 22–25 (in Russian).
3. Beker S., Derre, R., Shtel't E. (1993). Bezopasnoe unichtozhenie vysokotoksichnykh veshhestv [Safe elimination of high-toxic substances]. *Zhurn. Ros. him. ob-va im. D. I. Mendeleeva*, 37, (3), 29–33 (in Russian).
4. Simanenko, Ju.S., Popov, A.F., Prokop'eva, T.M., Karpichev, E. A., Savelova, V. A., Suprun, I. P. et al. (2002). Neorganicheskie anionnye kislorodosoderzhashhie  $\alpha$ -nukleofily – jeffektivnye akceptory acil'noj grupy. Hidroksilamin – «lider» v rjadu  $\alpha$ -nukleofilov [Inorganic Anionic Oxygen-Containing  $\alpha$ -Nucleophiles - Effective Acyl Group Acceptors: Hydroxylamine Ranks First among the  $\alpha$ -Nucleophile Series]. *Zhurn. organ. Himii*, 38, (9), 1341–1353 (in Russian).
5. Z. Rappoport, Z., Liebmann, J. F. (Eds.). (2009). *The chemistry of hydroxylamines, oximes and hydroxamic acids*. England: John Wiley & Sons Ltd (in English).
6. Savelova, V. A., Sadovskij, Ju. S., Solomojchenko, T. N., Prokop'eva, T. M., Kosmynin, V. V., Piskunova, Zh. P. et al. Nukleofil'naja reakcionnaja sposobnost' peroksigidrokarbonat- i peroksokarbonat-ionov po otnosheniju k 4-nitrofenildijetilfosfonatu [Nucleophilic activity of peroxyhydrocarbonate and peroxocarbonate ions relative to 4-nitrophenyl diethyl phosphonate]. *Teoret. i jeksperim. Himija*, 44, (2), 98–104 (in Russian).
7. Bernasconi, C. F., Leyes, A. E., Eventova I., Rappoport Z. (1995). Kinetics of the reactions of  $\beta$ -Methoxy- $\alpha$ -nitrostilbene with methoxyamine and N-methylmethoxyamine. Direct observation of the intermediate in nucleophilic vinylic substitution. *J. Am. Chem. Soc.*, 117, (6), 1703–711 (in English).
8. Blasko A., Bunton, C. A., Kumar, A. (1997). Oxidative hydrolysis of phosphorus (V) esters of thiols by peroxymonosulfate ion. Reactions of peroxymonosulfate ion with phosphorus (V) esters of thiols. *J. Phys. Org. Chem.*, 10, 427–434 (in English).
9. Davies, D. M., Deary, M. E., Quill, K., Smith, R.A. (2005). Borate-catalyzed reactions of hydrogen peroxide: kinetics and mechanism of the oxidation of organic sulfides by peroxoborates. *Chem. Eur. J.*, 11, 3552–3558 (in English).
10. Bennett D. A., Yao, H., Richardson, D. E. (2001) Mechanism of sulfide oxidations by peroxymonocarbonate. *Inorg. Chem.* 40, (13), 2996–3001 (in English).
11. Wagner, G.W.; Procell, L.R.; Yang, Y.C., Bunton, C.A. (2001). Molybdate/peroxide oxidation of mustard in microemulsions. *Langmuir*, 17, (16), 4809–4811 (in English).
12. Simanenko, Yu. S., Popov, A. F., Prokop'eva, T. M., Savelova, V.A., Belousova, I.A., Zubareva, T.M. (1994). Hydroxylamine anion as a strong acceptor of acyl groups. *Mendeleev Commun*, 4, (6), 210–212 (in English).
13. Patent No: US006245957B1 United States. Universal decontaminating solution for chemical warfare agents [Text] / Wagner G. W. (US), Yang Y.-C. (GB). – Data of Patent: Jun. 12, 2001 (in English).
14. Patent No: US006723891B1 United States. Molybdate/peroxide microemulsions useful for decontamination of chemical warfare agents [Text] / Wagner G. W. (US), Procell L. R. (US), Yang Y.-C. (US), Bunton C. A. (US). – Data of Patent: Apr. 20, 2004 (in English).

15. Lobachev, V.L., Prokop'eva, T. M., Savelova, V. A. (2004). Kinetika okislenija dijetilsul'fida peroksidom vodoroda i peroksimonokarbonatom v prisutstvii PAV [Kinetics of oxidation of diethylsulfide by hydrogen peroxide and peroxymonocarbonate in the presence of surfactants]. *Teoret. i jeksperim. Himija*, 40, (6), 368–372 (in Russian).
16. Richardson, D. E., Yao, H., Frank, K.M., Bennett, D. A. (2000). Equilibria, kinetics, and mechanism in the bicarbonate activation of hydrogen peroxide: oxidation of sulfides by peroxymonocarbonate. *J. Am. Chem. Soc.*, 122, (8) 1729–1739 (in English).
17. Solomojchenko, T. N., Sadovskij, Ju. S., Prokop'eva, T. M., Karpichev, E. A., Kapitanov, I. V., Piskunova, Zh. P. et al.(2006). Micelljarnye jeffekty PAV v reakcijah rasshheplenija 4-nitrofenildijetilfosfonata gidroperoksid-anionom [Micellar effects of surfactants in spallation of 4- nitrophenyldiethylphosphonate by hydroperoxide anion]. *Teoret. i jeksperim. Himija*, 42, (6), 357 – 363 (in Russian).
18. Yang Y. C. (1995). Chemical reactions for neutralizing chemical warfare agents. *Chem. Ind.* 9, 334–337 (in English).
19. DePuy, C. H., Della, E.W., Filley, J., Grabowski, J J., Bierbaum, V. M. (1983). Absence of an  $\alpha$ -effect in the gas-phase nucleophilic reactions of hydroperoxide ion. *J. Am. Chem. Soc.*, 105, (8), 2481–2482 (in English).
20. Pearson R. G., Sobel, H. R., Songstad, J. (1968). Nucleophilic reactivity constants toward methyl iodide and trans-dichlorodi(pyridine)platinum(II). *J. Am. Chem. Soc.*, 90, (2), 319–326 (in English).
21. Ren, Y., Yamataka, H. (2007). The alpha-effect in gas-phase SN2 reactions: existence and the origin of the effect. *J. Org. Chem.*, 72, (15), (in English).
22. Buncel, E., Um, I.-H. (2004). The  $\alpha$ -effect and its modulation by solvent. *Tetrahedron Lett.*, 60, (36), 7801–7825 (in English).
23. Bruice, T. C., Dixon, J. E. (1971).  $\alpha$ -Effects. III. Reaction of malachite green with primary amines, methoxylamine, and hydrazines. *J. Am. Chem. Soc.*, 93, (13), 3248–3254 (in English).
24. Goodman, M. C., Glaser, B. (1970). Mechanistic aspects of oxazolinone reactions with  $\alpha$ -nucleophiles. *J. Org. Chem.*, 35, (6), 1954–1962 (in English).

**РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ГИДРОПЕРОКСИД АНИОНА В СИСТЕМАХ ДЕКОНТАМИНАЦИИ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

БЕССАРАБОВ В.И.<sup>1</sup>, ВАХИТОВА Л.Н.<sup>2</sup>, КУЗЬМИНА Г.И.<sup>1</sup>, БАУЛА О.П.<sup>1</sup>, КУРЫШКО Г.Г.<sup>1</sup>, МАТВИЕНКО К.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Киевский национальный университет технологий и дизайна

<sup>2</sup>Институт физико-органической химии и углекислоты им. Л.М. Литвиненко НАН Украины

**Цель.** Анализ состояния исследования и оценка реакционной способности гидропероксид аниона в системах деконтаминации фосфорорганических соединений, которые действуют по нуклеофильному механизму.

**Методика.** Обзор литературных источников, анализ выявленных тенденций и закономерностей.

**Результаты.** На основе анализа литературных источников установлено, что гидропероксид анион обладает аномальной реакционной способностью в реакциях нуклеофильного замещения. Показано, что гидропероксид анион может быть эффективной составляющей систем деконтаминации фосфорорганических соединений.

**Научная новизна.** Описан аномальный характер реакционной способности гидропероксид аниона в реакциях нуклеофильного замещения. Сделан вывод, что этот анион является одним из наиболее активных нуклеофилов, которые доступны для создания зеленых систем деконтаминации.

**Практическая значимость.** Применение источников гидропероксид аниона в новейших системах деконтаминации токсичных фосфорорганических соединений позволит значительно повысить эффективность процессов обеззараживания и их экологичность.

**Ключевые слова:** реакционная способность, деконтаминация, гидропероксид анион, фосфорорганические соединения, перекись водорода, нуклеофил.

## REACTIVITY OF HYDROPEROXIDE ANION IN THE SYSTEMS FOR DECONTAMINATION OF ORGANOPHOSPHORUS COMPOUNDS

BESSARABOV V.I.<sup>1</sup>, VAKHITOVA L.M.<sup>2</sup>, KUZMINA G.I.<sup>1</sup>, BAULA O.P.<sup>1</sup>, KURISHKO G.G.<sup>1</sup>, MATVIENKO K.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kyiv National University of Technologies and Design

<sup>2</sup>L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry of NAS of Ukraine

**Purpose.** An analysis of the state of research and evaluation of the reactivity of the hydroperoxide anion in decontamination systems, organophosphorus compounds, that operate by nucleophilic mechanism.

**Methodology.** Review of literary sources, analysis of the identified trends and patterns.

**Findings.** Based on analysis of literary sources revealed that hydroperoxide anion has abnormal reactivity in nucleophilic substitution reactions. It is shown that hydroperoxide anion may be an effective component decontamination systems of organophosphorus compounds.

**Originality.** Described anomalous reactivity of the hydroperoxide anion in nucleophilic substitution reactions. It is concluded that the anion is one of the most active nucleophiles which are available for green decontamination systems.

**Practical value.** The use of sources of hydroperoxide anion to the newest systems of decontamination of toxic organophosphorus compounds will significantly increase the effectiveness of disinfection processes and their environmental friendliness.

**Key words:** reactivity, decontamination, hydroperoxide anion, organophosphorus compounds, hydrogen peroxide, a nucleophile.

УДК 615.012:615.07

КУЗЬМІНА Г.І.<sup>1</sup>, БЕССАРАБОВ В.І.<sup>1</sup>, БАУЛА О.П.<sup>1</sup>,  
ВАХІТОВА Л.М.<sup>2</sup>, ЛЕОНТЮК І.І.<sup>1</sup>, ТЮХА А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну

<sup>2</sup>Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН  
України

## СУЧАСНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТУ ФАРМАЦЕВТИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

**Мета.** Дослідження сучасних методів оцінювання концептуального проектування на прикладі розробки технологічної частини модельного проекту виробництва твердих лікарських форм (твердих систем деконтамінації фосфорорганічних сполук).

**Методика.** Застосування правил GMP, концепції фармацевтичної системи якості, управлінні ризиками для якості в концептуальному проектуванні.

**Результати.** На базі експертної оцінки (кваліфікації) технологічної частини концептуального модельного проекту встановлено відповідність проектно-планувальних рішень вимогам GMP. Показано необхідність аналізу ризиків для якості на первинних етапах концептуального проектування.

**Наукова новизна.** Доцільність застосування ризик-орієнтованої експертної оцінки (кваліфікації) на відповідність вимогам GMP і аналізу ризиків для якості на первинних етапах концептуального проектування.

**Практична значимість.** впровадження новітніх технологій виробництва сучасних лікарських засобів (твердих систем деконтамінації фосфорорганічних сполук) шляхом виконання проектів в рамках фармацевтичної системи якості.

**Ключові слова:** концептуальний проект, лікарський засіб, тверда система деконтамінації, фармацевтична система якості, правила GMP, аналіз ризику для якості.

**Вступ.** Державна політика України у фармацевтичному секторі економіки спрямована на створення умов інноваційного розвитку фармацевтичної промисловості та забезпечення населення України якісними та безпечними лікарськими засобами (ЛЗ) вітчизняного виробництва [1]. В настановах МОЗ України СТ-Н МОЗУ 42-3.0:2011 (ICH Q8), СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2016 (GMP) наведені обов'язкові для виконання вимоги до фармацевтичної розробки, організації виробництва та контролю якості ЛЗ [2,3]. В настанові МОЗ України СТ-Н МОЗУ 42-4.3:2011 (ICH Q10) запропонована гармонізована модель для фармацевтичної системи якості (ФСЯ), елементи якої призначені заохочувати до застосування наукових підходів, заснованих на оцінці ризиків для якості, на кожній стадії життєвого циклу ЛЗ [4].

Інноваційний розвиток фармацевтичної галузі передбачає впровадження новітніх технологій на діючих підприємствах, відкриття нових виробничих потужностей, які втілюються у життя через стадії концептуального, базового і детального проекту [5]. Концептуальний проект - найважливіша стадія розробки проектно-документації, яка дозволяє уникнути невідповідностей і матеріальних витрат на їх усунення на етапах розробки базового і детального проекту. Рішення, які приймаються на стадії розробки концептуального проекту в значній мірі впливають на якість ЛЗ.

**Постановка завдання.** Проектування фармацевтичних виробництв з регуляторної точки зору не відноситься до «життєвого циклу» ЛЗ, але фактично займає важливе місце в послідовному ланцюзі втілення ЛЗ - від розробки до виведення на ринок, оскільки знаходиться між етапами фармацевтичної розробки та промислового виробництва. Сучасна методологія виконання проектних робіт ґрунтується на ризик-орієнтованому підході з

урахуванням вимог GMP і ФСЯ, але тільки в межах «життєвого циклу» самого проекту, який закінчується вводом дільниці в експлуатацію [5]. На нашу думку такий підхід не враховує в повній мірі ризики для якості ЛЗ при концептуальному проектуванні. Високі вимоги до якості ЛЗ вимагають удосконалення методів проектування в рамках діючих нормативних документів в сфері виробництва і управління якістю фармацевтичних препаратів [3,4, 6].

Метою даної роботи є дослідження сучасних методів оцінювання концептуального проектування на прикладі розробки технологічної частини модельного концептуального проекту виробництва твердих лікарських форм (твердих систем деконтамінації фосфорорганічних сполук).

**Результати.** Огляд літературних джерел стосовно сучасних методів концептуального проектування показав, що існують два підходи оцінювання проектних рішень: ризик-орієнтована експертиза/кваліфікація концептуального проекту на відповідність вимогам GMP і методологія аналізу ризиків для якості продукту. Відповідно до першого підходу оцінювання первинні кваліфікаційні випробування проводяться на перших двох етапах життєвого циклу об'єкту - на етапі проектування і на етапі введення в експлуатацію виробничих ділянок (окремих зон, приміщень, інженерних систем і устаткування) [7]. На етапі проектування можуть проводитися два види кваліфікації - кваліфікація специфікації (Specification Qualification - SQ) і кваліфікація проекту (Design Qualification - DQ). В основні завдання SQ входить визначення повноти і достатності інформації для можливості подальшого правильного і повного проектування. DQ спрямоване на аналіз проекту і його концепції; виявлення недоліків, неточностей, невідповідностей проекту і оцінку впливу цих факторів на якість ЛЗ; оцінку можливості дотримання вимог GMP після реалізації проекту і введення об'єкта в експлуатацію.

Концептуальний проект і результати його експертної оцінки / кваліфікації повинні поряд з іншими аспектами продемонструвати виявлення і врахування усіх потенційних ризиків, способи управління ризиками, що дозволить виключити або мінімізувати усі чинники можливого негативного впливу на якість і безпеку продукції після реалізації проекту у відповідності з системою / процесом управління ризиками; визначити, чи враховані, відомі і прийнятні усі аспекти, які є критично важливими для дотримання вимог GMP, експлуатації і обслуговування в умовах проектного виробництва для забезпечення якості і безпеки продукції [7-9].

Сутність іншого методу оцінювання полягає в оцінці і аналізі ризиків для якості продукту на етапі концептуального проекту виробництва ЛЗ, оскільки неможливо передбачити усі різноманітні варіанти і проблеми, що виникають як на стадії проектування, так і в процесі виробництва [10]. Проектування фармацевтичних виробництв з урахуванням аналізу і оцінки ризиків для якості дозволяє втілити якість продукту в проектні рішення на рівні, що узгоджується з основним положенням системи управління якістю ЛЗ про те, що якість має бути "вбудована" в продукт і технологічний процес ще на стадії розробки.

З огляду на наведені вище методи оцінювання концептуальних проектів була проведена експертна оцінка розроблених нами проектно-планувальних рішень для технологічної частини концептуального модельного проекту виробництва лікарської форми нового покоління – мультипартікулярних таблеток (МТ) з модифікованим вивільненням активного фармацевтичного інгредієнта (АФІ) [11]. Важливо, що форма МТ, за нашими

розрахунками, може бути використана для розробки технологічної частини концептуального проекту виробництва системи деконтамінації АФІ та пестицидів фосфорорганічної природи на основі гідропериту, як твердого джерела пероксиду водню.

Розробка концепцій GMP і технологічного процесу (технології) в концептуальному проектуванні є визначальними для розробки та вибору оптимальних концепцій планування приміщень, розміщення устаткування, технологічної схеми, переліку і характеристик основного технологічного устаткування; концепції переміщення персоналу, матеріалів, продукції і відходів; концепції водопостачання, вентиляції і кондиціонування повітря; концепції безпеки (охорону праці і навколишнього середовища). Тому нами був проведений аналіз традиційних і інноваційних технологій виготовлення МТ, за результатами якого для подальших досліджень була обрана технологія Fastmelt® ODT [12]. Технологія Fastmelt® ODT передбачає два технологічні підходи до виготовлення МТ: на частки (кристали) АФІ наноситься шар функціонального полімеру, який контролює вивільнення діючої речовини та діюча речовина наноситься шаром на завчасно підготовлені нейтральні сфери, а шар полімеру наноситься поверх шару АФІ.

На основі технологія Fastmelt® ODT запропоновано три варіанти проектно-планувальних рішень та апаратного оснащення з застосуванням сучасного технологічного обладнання, до кожного варіанту розроблено технологічні схеми виробництва МТ, плани виробничих цехів, визначені класи чистоти приміщень; технологічні, матеріальні і людські потоки; концепція охорони праці та навколишнього середовища, а також запропоновані специфікації устаткування. Всі проектно-планувальні рішення приймалися з урахуванням вимог GMP до обладнання та технологічного процесу, особливостей обраної технології виготовлення МТ. Один з розроблених варіантів виявився найбільш оптимальним з точки зору економії виробничих площ та енергозбереження.

Експертна оцінка проектно-планувальних рішень технологічної частини концептуального модельного проекту була проведена за двома видами кваліфікацій SQ і DQ, з застосуванням ризик-орієнтованого підходу та відповідно до загальноприйнятих методик проведення процедур кваліфікації/валідації технологічного процесу і обладнання [7-10] і включала перевірку на відповідність вимогам GMP поточності технологічного процесу, мінімізації ризиків контамінації, організації потоків персоналу і матеріалів, правильність визначення класів чистоти приміщень, перепадів тиску між приміщеннями, можливість ефективного очищення устаткування і приміщень, максимальне угруповання приміщень з однаковим класом чистоти, раціональне розміщення устаткування.

Одержані результати показали, що всі три варіанти проектно-планувальних рішень відповідають вимогам GMP і з урахуванням відповідних виробничих площ, фінансової та економічної спроможності замовника можуть розглядатися як остаточний варіант для розробки наступних частин концептуального, базового і детального проектів. В той же час, якщо вибирати серед них оптимальний варіант для подальшої проектно-роботи над концептуальним проектом, то виникають труднощі з прийняттям остаточного рішення. Жоден з них не враховує впливу на якість готових МТ таких фармако-технологічних чинників, як можлива сегрегація в процесі змішування та таблетування певних АФІ і допоміжних речовин; руйнування мікрочастинок (пелет) під час дозування в матрицю таблетпреса; зміну розміру, форми та щільності мікрочастинок після пресування тощо.

Виявлення рівня впливу цих та інших критичних для якості чинників планується провести за загальноприйнятою методологією аналізу ризиків для якості - аналіз і ідентифікація ризиків в концепції технологічного процесу, концепції виробничих зон і потоків, виборі устаткування, об'ємі кваліфікації; оцінку наявності і/або рівня ризиків, порівняння проаналізованих ризиків з критеріями прийнятності та усунення або зниження рівня неприйнятних ризиків для якості.

**Висновки.** В процесі розробки технологічної частини модельного концептуального проекту виробництва твердих лікарських форм (твердих систем деконтамінації фосфорорганічних сполук) та експертної оцінки одержаних результатів встановлена необхідність застосування на первинних стадіях концептуального проектування двох підходів оцінювання проектних рішень - ризик-орієнтованої експертної оцінки (кваліфікації) на відповідність вимогам GMP і аналізу ризиків для якості продукту.

### Список використаної літератури

1. Про затвердження Концепції розвитку фармацевтичного сектору галузі охорони здоров'я України на 2011-2020 роки: МОЗ України, 2010. - № 769 (Нормативний документ МОЗ України. Наказ).
2. Настанова. Лікарські засоби. Фармацевтична розробка (ICH Q8): СТ-Н МОЗУ 42-3.0:2011. - Офіц. вид. – К. : М-во охорони здоров'я України, 2011. – 33 с.
3. Настанова. Лікарські засоби. Належна виробнича практика: СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2016.- Офіц. вид. – К. : М-во охорони здоров'я України, 2016. –289 с.
4. Настанова. Лікарські засоби. Фармацевтична система якості (ICH Q10): СТ-Н МОЗУ 42-4.3:2011.– Офіц. вид. – К. : М-во охорони здоров'я України, 2011. – 30 с.
5. Спицкий О.Р. Модель проектирования фармацевтических и биотехнологических производств// Фармацевтические технологии и упаковка. – 2009. – №8. – С. 28 – 30.
6. Настанова. Лікарські засоби. Управління ризиками для якості (ICH Q9): СТ-Н МОЗУ 42-4.2:2011.– Офіц. вид. –К. : М-во охорони здоров'я України, 2011. – 35 с.
7. Никитюк В.Г, Шакина Т.Н. Основные аспекты экспертизы и квалификации проектов производственных участков фармацевтических компаний. Часть 3. Понятие квалификации проекта и риск-ориентированный подход к его экспертной оценке// Фармацевтическая отрасль.- 2015. - № 3 (50).- С.96-98.
8. Никитюк В. Г., Шакина Т. Н. Оборудование на фармацевтическом предприятии. Проектирование и приемка – основные аспекты // Промышленное обозрение (Фармацевтическая отрасль). – 2012. – № 3 (31). – С. 30 – 38.
9. Пятигорская Н. В. Проведение и документирование валидации в фармацевтическом производстве / Н. В. Пятигорская, В. В. Беляев, В. В. Береговых // Фармация. - 2009. - №5.- С. 24-26.
10. Спицкий О.Р. Проведение анализа рисков при проектировании и валидации фармацевтического производства: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.medbusiness.ru/440.php>
11. Могилюк В.В. Мультипартикулярные таблетки// Фармацевтическая отрасль.- 2014. - № 2 (43). – С.36-39.

12. D. Kaushik. Recent Patents and Patented Technology Platforms for Pharmaceutical Taste Masking [Електрон. ресурс] / D. Kaushik, H. Dureja // Drug Delivery & Formulation.- 2014.- N.8.-P.37-45. - Режим доступу до журн.: <http://www.ingentaconnect.com/content/ben/ddf/2014/00000008/00000001/art00005?crawler=true>

### References

1. Pro zatverdzhennia Kontseptsii rozvytku farmatsevychnoho sektoru haluzi okhorony zdorov'ia Ukrainy na 2011-2020 roky [On approval of the Concept of development of the pharmaceutical sector healthcare of Ukraine for 2011-2020]. Decree of Ministry of Health of Ukraine, 769 (2010) (in Ukrainian).
2. Nastanova. Likars'ki zasoby. Farmatsevychna rozrobka (ICH Q8): ST-N MOZU 42-3.0:2011 [Guidance. Medicinal products. Pharmaceutical development: ST-N MOZU 42-3.0:2011] (2011) (in Ukrainian).
3. Nastanova. Likars'ki zasoby. Nalezhna vyrobnycha praktyka: ST-N MOZU 42-4.0:2016 [Guidance. Medicinal products. Good manufacturing practices: ST-N MOZU 42-4.0:2016] (2016) (in Ukrainian).
4. Nastanova. Likars'ki zasoby. Farmatsevychna systema yakosti (ICH Q10): ST-N MOZU 42-4.3:2011 [Guidance. Medicinal products. Pharmaceutical Quality System (ICH Q10): ST-N MOZU 42-4.3:2011] (2011) (in Ukrainian).
5. Spickij, O.R. (2009). Model' proektirovaniia farmacevticheskikh i biotekhnologicheskikh proizvodstv [Model design of pharmaceutical and biotech manufacturings]. *Farmaceuticheskie tekhnologii i upakovka*, 8, 28 – 30 (in Russian).
6. Nastanova. Likars'ki zasoby. Upravlinnya ryzykamy dlya yakosti (ICH Q9): ST-N MOZU 42-4.2:2011 [Guidance. Medicinal products. Quality Risk Management (ICH Q9): ST-N MOZU 42-4.2:2011], (2011) (in Ukrainian).
7. Nikitjuk, V.G, Shakina, T.N. (2015). Osnovnye aspekty jekspertizy i kvalifikacii proektov proizvodstvennykh uchastkov farmacevticheskikh kompanij. Chast' 3. Ponjatie kvalifikacii proekta i risk-orientirovannyj podhod k ego jekspertnoj ocenke [Key aspects of examination and qualification of production sites of pharmaceutical companies projects. Part 3: The concept of the qualification of the project and the risk-oriented approach to its expert assessment]. *Farmaceuticheskaja otrasl'*, 50 (3), 96-98 (in Russian).
8. Nikitjuk, V.G, Shakina, T.N. (2012). Oborudovanie na farmacevticheskom predpriyatii. Proektirovanie i priemka – osnovnye aspekty [The equipment in the pharmaceutical company. Designing and acceptance - basic aspects]. *Promyshlennoe obozrenie (Farmaceuticheskaja otrasl')*, 31 (3), 30 – 38 (in Russian).
9. Pjatigorskaja, N. V., Beljaev, V. V., Beregovyh, V. V. (2009). Provedenie i dokumentirovanie validacii v farmacevticheskom proizvodstve [Conduct and document validation in the pharmaceutical manufacturing]. *Farmacija*, 5, 24-26 (in Russian).
10. Spickij, O.R. Provedenie analiza riskov pri proektirovanii i validacii farmacevticheskogo proizvodstva [Risk analysis for the design and validation of pharmaceutical manufacturing]. Available at: <http://www.medbusiness.ru/440.php> (in Russian).
11. Mogiljuk, V.V. (2014). Mul'tipartikuljarnye tabletki [Multiple-Unit Pellet/Particle System]. *Farmaceuticheskaja otrasl'*, 43 (2), 36-39 (in Russian).

12. Kaushik, D., Dureja, H. (2014). Recent Patents and Patented Technology Platforms for Pharmaceutical Taste Masking. *Drug Delivery & Formulation*, 8, 37-45. Available at: <http://www.ingentaconnect.com/content/ben/ddf/2014/00000008/00000001/art00005?crawler=true> (in English).

### СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОИЗВОДСТВА

КУЗЬМИНА Г.И.<sup>1</sup>, БЕССАРАБОВ В.И.<sup>1</sup>, БАУЛА О.П.<sup>1</sup>, ВАХИТОВА Л.Н.<sup>2</sup>, ЛЕОНТЮК И.И.<sup>1</sup>, ТЮХА А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Киевский национальный университет технологий и дизайна

<sup>2</sup>Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко НАН Украины

**Цель.** Изучение современных методов оценивания концептуального проектирования на примере разработанной технологической части модельного проекта производства твердых лекарственных форм (твердых систем деконтаминации фосфорорганических соединений).

**Методика.** Использование правил GMP, концепции фармацевтической системы качества, управления рисками для качества в концептуальном проектировании.

**Результаты.** На основе экспертной оценки (квалификации) технологической части концептуального модельного проекта установлено соответствие проектно-планировочных решений требованиям GMP. Показана необходимость анализа рисков для качества на первичных этапах концептуального проектирования.

**Научная новизна.** Целесообразность использования рискориентированной экспертной оценки (квалификации) и анализа рисков на первичных этапах концептуального проектирования.

**Практическая значимость.** внедрение новейших технологий производства современных лекарственных средств (твердых систем деконтаминации фосфорорганических соединений) путем разработки проектов в рамках фармацевтической системы качества.

**Ключевые слова:** концептуальный проект, лекарственное средство, твердая система деконтаминации, фармацевтическая система качества, правила GMP, анализ рисков для качества.

### MODERN ASPECTS OF CONCEPTUAL PROJECT DEVELOPMENT OF PHARMACEUTICAL PRODUCTION

KUZMINA G.I.<sup>1</sup>, BESSARABOV V.I.<sup>1</sup>, BAULA O.P.<sup>1</sup>, VAKHITOVA L.M.<sup>2</sup>, LEONTYUK I.I.<sup>1</sup>, TYUHA A.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kyiv National University of Technologies and Design

<sup>2</sup>L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry of NAS of Ukraine

**Purpose.** Modern methods study of conceptual design evaluation on the example of the model project (technological part) of the hard medicinal forms (solid systems of decontamination of organophosphorus compounds) production.

**Methodology.** Application of GMP rules, pharmaceutical quality system conception and quality risk management to conceptual design.

**Findings.** The expert estimation (qualification) of conceptual model project (technological part) has confirmed the project decisions in accordance with GMP requirements. Risk analysis necessity has been shown for primary conceptual design.

**Originality.** Use of the risk-oriented expert estimation (qualifications) with risk analysis on primary conceptual design stages.

**Practical value.** Newest pharmaceutical production technologies implementation by project execution within the pharmaceutical quality system framework.

**Key words:** conceptual design, pharmaceuticals, solid decontamination system, GMP rules, pharmaceutical quality system.

УДК 675.082; 665.753.4

РОМАНЮК О.О., ПЛАВАН В. П., КОМАНОВСЬКА К. М.  
Київський національний університет технологій та дизайну

### ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕРОБКИ ЖИРОВМІСНИХ ШКІРЯНИХ ВІДХОДІВ У ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНЕ РІДКЕ ПАЛИВО

**Мета.** Оптимізація параметрів технологій переробки жиромісних шкіряних відходів у екологічно безпечне рідке паливо для зниження його собівартості.

**Методика.** Зроблено аналіз існуючих технологій переробки жиромісних відходів із різної сировини щодо пошуку нових реагентів (хімічних, біологічно-активних), які дозволять змінити умови виконання технологічного процесу та знизити енерговитрати при виробництві біодизелю.

**Результати.** Запропоновано способи підвищення ефективності методів одержання біопалива із шкіряних жиромісних відходів, які передбачають комплексну дію на ефіри гліцерину і вищих карбонових кислот різних факторів (високої температури і підвищеного тиску, багатостадійних обробок, гетерогенного каталізу) за умов скорочення тривалості технологічного процесу.

**Наукова новизна.** Жиромісні шкіряні відходи можуть бути ефективною сировиною для отримання біодизелю замість рослинної сировини, зокрема ріпаку, пшениці, кукурудзи, які традиційно для цього використовуються.

**Практична значимість.** Енерго-, ресурсозберіжні технології переробки жиромісних шкіряних відходів можуть бути створені завдяки комплексній дії на ефіри гліцерину і вищих карбонових кислот різних чинників.

**Ключові слова:** жиромісна сировина, шкіряні відходи, біодизель.

**Вступ.** Забезпечення промисловості й населення традиційними енергоресурсами (нафтою, газом, а останнім часом і вугіллям), ціна на які постійно підвищується, є актуальним питанням для економіки України. Крім того, через використання застарілих технологій генеруючих потужностей (ТЕС, ТЕЦ та ін.) та низьку якість моторного палива енергетика, зокрема теплоелектростанції, та автомобільний транспорт країни є значними забруднювачами довкілля. За статистикою серед джерел забруднення на другому місці – викиди теплових електростанцій, а на першому – відпрацьовані гази автотранспорту, які є постійним джерелом основних повітряних забруднювачів: окису вуглецю, вуглеводнів, окису азоту та окису сірки. Забруднення атмосферного повітря сприяє появі підвищеної кількості запальних процесів органів дихання і очей, захворювань серцево-судинної системи, інфекційних захворювань, раку легень [1]. Загалом до 70 % усіх хвороб у містах пов'язують із забрудненням повітря відпрацьованими газами автотранспорту [2]. Тому більшість розвинених країн, до яких прагне долучитися і Україна, дбаючи про екологію та збереження природних ресурсів, все більше використовують альтернативні нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії (НВДЕ) як для виробництва тепла, електроенергії, так і для різних видів твердого, газоподібного (біогаз) та рідкого (біоетанол, біодизель) палива.

Біодизельне паливо (біодизель) – це екологічно чистий різновид біопалива, який може використовуватися в будь-яких дизельних двигунах як самостійно (в адаптованих двигунах), так і в суміші з дизельним паливом, без внесення змін у конструкцію двигуна. Деякі властивості біодизелю кращі, ніж у звичайного дизпалива, а саме: значне зменшення емісії вуглеводнів і CO<sub>2</sub>, значно нижчий вміст сірки, вище цетанове число, висока температура

запалювання (більше 100 °С), що робить його більш безпечним, кращі змащувальні властивості завдяки хімічному складу та вмісту кисню, що збільшує тривалість роботи двигуна. При потрапленні в ґрунт чи воду таке біопаливо не завдає шкоди, а піддається повному біологічному розкладанню [3]. Крім того, біодизель має певні недоліки (вищу на кілька градусів температуру замерзання, агресивно діє на натуральні резини і деякі еластомери та ін.), які можна усунути тим чи іншим способом.

Залежно від сировини, фізичні властивості біодизелю можуть змінюватись. Сировиною для біодизелю є жирні та ефірні олії рослин або водоростей, зокрема пальмова, кокосова, рицинова олії, а також тваринні (переважно свинячий жир) і риб'ячі жири, відходи жирів і олій [4].

В Україні установки будь-якої потужності як малої (від 1000 л/год) так і великої (до 16 тис. л/год) для виробництва біодизелю створює полтавський ТОВ «Завод Укрбудмаш». Нещодавно завод з виробництва біодизелю був розроблений та запущений у дію колективом ТОВ «Завод Укрбудмаш» в Іспанії (рис. 1). Такі біодизельні заводи працюють на різній сировині (будь-яка рослинна олія або тваринний жир), а енергоспоживання їх становить менше 0,02 кВт/л.



Рис. 1. Завод по виробництву біодизелю в Іспанії (Naron, Galicia), побудований компанією ТОВ «Завод Укрбудмаш»

За інформацією «Агентства Промислових Новин» в Україні побудовано 14 великих біодизельних заводів загальною потужністю 300 тис. тонн на рік (тільки в м. Калуші Івано-Франківської області побудовано завод на 170 тис. тонн), однак за інформацією агенції «ПроАгро» ці заводи фактично простоюють, а працює близько 50 менших підприємств, які здатні виробляти до 25 тис. тонн біодизелю щорічно [5]. Аналіз, здійснений авторами [6], засвідчив, що заводи потужністю до 5 тис. тонн продукції на рік є малорентабельними і не спроможні конкурувати з великими заводами (з річною потужністю 20-100 тис. тонн) за собівартістю кінцевого продукту та за здійсненням належного контролю за якістю сировини і виготовленим біопаливом.

Для конкурентоспроможності біодизелю його вартість повинна бути на 5-10 % менша порівняно з традиційними нафтопродуктами. Тому виробництво біопалива в багатьох

країнах світу стимулюється наданням значних дотацій, податковими пільгами, а також державними програмами, які регламентують обов'язковість використання біопалива.

Така, політика підтримки альтернативних джерел енергії призводить до зростання цін на продовольство, тому існує конкуренція за площі для вирощування сільськогосподарських культур на продовольчі та енергетичні цілі. Динаміка виробництва біоетанолу і біодизелю в країнах ЄС та використання на ці потреби ріпаку, пшениці і кукурудзи наведено на рис. 2.

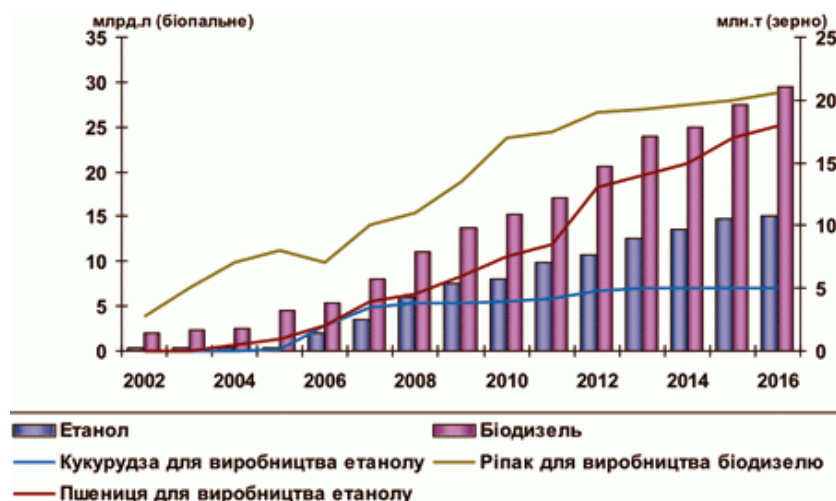


Рис. 2. Динаміка виробництва біоетанолу і біодизелю в країнах ЄС з різних видів рослинної сировини

Подальше нарощування виробництва біопалива збільшить попит на сировину, а отже, зросте потреба в імпорті сировини (ріпак, австралійська канула, ріпакова або пальмова олія тощо). Як приклад, в Україні олійною культурою, яка за площею посіву та валовим виробництвом поступається лише соняшнику, є ріпак. Для вирощування ріпаку відповідні умови мають багато областей, а особливо привабливими є землі так званої Чорнобильської зони, завдяки здатності цієї рослини очищати ґрунт від радіонуклідів, не накопичуючи їх у насінні. Однак, обсяги виробництва біодизелю в Україні, незважаючи на забезпеченість сировиною, наявність технічної бази, є незначними, оскільки переважна кількість насіння ріпаку та ріпакової олії через високі закупівельні ціни експортуються до Європи (до 80 %).

Можливо, з часом буде знайдена рослина (дерево чи кущ), яку переробляти у біодизель було б дешевше, ніж ріпак, як знайшли в Індії ятрофу і каранджу [5]. При цьому вирощування такої біомаси не потребуватиме родючих ґрунтів і не зменшуватиме посівні площі продовольчих культур. Однак на даний час перспективним для виробництва біодизелю в Україні може стати інше джерело сировини – це жировмісні відходи шкіряного виробництва, кістковий жир, який виробляється на санітарно-ветеринарних заводах (їх близько 26), відходи та жировмісні осади стічних вод м'ясопереробних, рибопереробних і масло-жирових виробництв тощо. Крім того, переробка таких відходів та ефективне очищення виробничих стоків дозволить підприємствам вирішити питання утилізації жировмісних речовин, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, отримати вторинні матеріальні ресурси (технічний жир, консистентні мастила, змащувальні композиції, які відповідають вимогам екологічної безпеки).

**Постановка завдання.** Метою роботи є оптимізація параметрів технологій переробки жировмісних шкiряних відходів у екологічно безпечне рідке паливо для зниження його собівартості на основі аналізу існуючих технологій переробки жировмісних відходів із різної сировини щодо пошуку нових реагентів (хімічних, біологічно-активних), які дозволять змінити умови виконання технологічного процесу та знизити енерговитрати при виробництві біодизелю.

**Результати досліджень.** Відповідно до європейського стандарту EN 14214 біодизельне паливо (біодизель) – це моноалкілові ефіри (метилові та етилові) вищих органічних кислот, які одержують із жирів рослинного і тваринного походження. Будь-які жири – це ефіри довголанцюгових жирних кислот і гліцерину, який за своєю хімічною будовою є трьохатомним спиртом. Тому гліцерин у жирах можна замінити трьома молекулами метанолу або етилового спирту. При цьому також буде одержано ефір, але він буде менш в'язким, ніж вихідна рослинна олія або тваринний жир, та не буде тверднути при низьких температурах. Саме цей одержаний ефір метанолу (або етанолу) є біодизелем, а процес хімічного заміщення в жирах гліцерину спиртом називається переетерифікацією або трансетерифікацією.

Етап підготовки сировини передбачає очищення жирових відходів від механічних домішок і видалення білку й води. Для видалення жиру із підготовленої сировини (жирової маси) може застосовуватися спосіб витоплювання, для реалізації якого використовуються установки періодичної або безперервної дії [7].

Установкою періодичної дії є відкритий котел, в якому нагрівання сировини здійснюється глухою парою, що передає тепло через стінку теплообмінного апарату. Під час першої фази жирова маса нагрівається до 65 °С протягом 50-60 хв., друга фаза триває 20 хв. при підвищенні температури до 80-90 °С. При цьому відбувається осадження шквари, а жир стає більш прозорим. Для розділення на фракції, до жиру додають сіль (NaCl), яка також сприяє десорбції вологи і твердих часточок. Цей процес здійснюється одночасно з процесом відстоювання в цьому ж котлі протягом 3 годин. Для переробки неподрібненого менш цінного жиру-сирця і шквари (після витоплювання у відкритих котлах) може застосовуватися витоплювання жиру при надлишковому тиску при температурі 115-120 °С. При цьому відбувається інтенсивний гідроліз денатурованих білків [8].

В установці безперервної дії жирова маса спочатку нагрівається до 70-80 °С, потім подається до брудовідділювача, в якому відстоюється і нагрівається протягом 2-3 годин. Після чого жирова маса при температурі 60-70 °С за допомогою насоса подається в центрифугу для відділення твердих часточок, з якої поступає в машину АВЖ-245, де відбувається заключна теплова обробка гострою парою під тиском 0,2-0,3 МПа. Очищують жир в сепараторах і перекачують у ємкість для збирання [7].

Інтенсифікацію процесу, знезаражування жиру, покращення його якості можна досягти, використовуючи спосіб термообробки жировмісної сировини в електромагнітному полі надвисокої частоти [9].

Основною проблемою переробки як рослинних олій так і тваринних жирів є вміст великої кількості вільних жирних кислот (ВЖК), які не можна трансформувати у біодизель. Для виведення надлишкової кількості ВЖК (для зниження кислотного числа) здійснюється обробка жиру (олії) лугом. Така обробка називається лужною рафінацією або нейтралізацією. Для лужної рафінації можуть використовуватися розчини NaOH або КОН

різної концентрації. При цьому утворюється мило (солі), що за умов методу безперервної лужної нейтралізації, видаляється у сепараторах [10].

Відомий також процес нейтралізації тваринних жирів, який здійснюється завдяки додаванню каустичної або кальцинованої соди, при цьому утворюється мило, однак можливі значні втрати вихідної сировини [11].

Для тваринних жирів з високим вмістом ВЖК рекомендується [12] проводити попередню обробку кислотними каталізаторами (наприклад, сірчаною кислотою). Це дозволяє суттєво знизити кислотне число та ефективно використати лужний каталізатор для перетворення тваринного жиру у біопаливо. При цьому авторами [12] було показано, що високий рівень ВЖК у тваринних жирах можна знизити до значення менше 1 % при використанні одно-, двох- або трьохступінчатої реакції в процесі попередньої кислотної обробки.

Використовують сірчану кислоту у способі переробки відходів рибного виробництва [13]. При цьому спочатку здійснюється підготовка сировини рафінацією, а обробка ведеться в три етапи. На першому етапі риб'ячий жир змішується із абсолютизованим етанолом або метанолом у співвідношенні 1:2-1:5, а на другому – до одержаної суміші додається концентрована сірчана кислота у кількості 2-10 % і проводиться переетерифікація при температурі не більше 40 °С протягом 20-60 хв. На третьому етапі температура суміші підвищується до температури кипіння і витримується при ній 60-480 хв. При цьому відбувається розділення суміші на гліцерин і на суміш етилових і метилових ефірів жирних кислот. Одержана суміш ефірів нейтралізується розчином луку, промивається водою і відстоюється. Потім центрифугуванням відділяються домішки, а одержане паливо зневолюється і очищується. Такий спосіб дозволяє одержати біопаливо з покращеними фізико-хімічними показниками.

Інший спосіб, у якому використовується сірчана кислота, розроблений для переробки тваринної сировини із вмістом жиру 80-90 % і ВЖК 10-40 % [14]. Під час підготовки сировина нагрівається при температурі 55-60 °С, відділяються волога, домішки, а сировина освітлюється. Обробка підготовленої сировини здійснюється у два етапи при температурі 55-60 °С. На першому – сировина двічі змішується з концентрованою сірчаною кислотою у кількості 5 % (або 10 %) до маси сировини і етанолом (або метанолом) протягом 1 години перемішування, при цьому після першого змішування здійснюється відділення води і спирту, а після другого – суміш витримують протягом 24 год. Для першого змішування концентровану сірчану кислоту і метанол (або етанол) беруть у співвідношенні 20:1, а для другого – у співвідношенні 40:1. На другому етапі сировина обробляється при постійному перемішуванні протягом 1 год. сумішшю 0,82 % метилату натрію і метанолу у співвідношенні 6:1, з наступним відстоюванням протягом 8-12 год. для розділення алілових ефірів жирних кислот і гліцерину. Наведений спосіб дозволяє знизити собівартість одержання рідкого палива із жировмісної сировини.

Використання гомогенних кислотних каталізаторів для одночасного зниження кислотного числа і утворення ефірів, а також для подальшої трансетерифікації з лужним каталізатором забезпечують високий рівень конверсії тваринних жирів у біодизель [12]. Недоліком застосування гомогенних каталізаторів є їх невідновність після проведення реакції, а також можливість забруднення ними одержаного біодизелю і гліцерину. Тому авторами [15] запропонували використовувати для реакції етерифікації синтезований в

лабораторії фосфат алюмінію  $AlPO_4$ , а для прискорення трансестерифікації гліцеридів – синтезований в лабораторії алюмінат натрію  $NaAlO_2$ .

Скорочення тривалості процесу, зменшення витрат енергії на нагрівання сировини передбачено авторами [16] при застосуванні озону для переробки риб'ячого жиру із риб'ячих вторинних продуктів у дизельне пальне. Риб'ячий жир та порошок вторинні продукти після фільтрації завантажувалися в реактор із двома каталізаторами (окис заліза і одноосновний фосфат кальцію) та змішувалися із газоподібним озоном протягом 1 год. при кімнатній температурі (первинна обробка озоном). Потім суміш фільтрується і обробляється озоном при такій же температурі, протягом 30 хв., але без каталізаторів (вторинна обробка озоном). Вихід рідкого палива становить 95-96 %, а властивості відповідають вимогам, які висуваються до палива для дизельних двигунів.

Гетерогенний кислотний каталізатор використовується у розробленому способі [17] з метою збільшення кількості біопалива та покращення його екологічних показників. При цьому може перероблятися жиромісна сировина тваринного походження із вмістом ВЖК 10-100 % або рослинна сировина олійних культур. Підготовка сировини здійснюється аналогічно до способу [14], обробка здійснюється в реакційному котлі внаслідок одночасної естерифікації і трансестерифікації під час змішування сировини із спиртом у співвідношенні 5:1 – 7:1 відповідно, а також із додаванням гетерогенного кислотного каталізатора у кількості 5-10% до маси. Процес обробки здійснюється при турбулентному перемішуванні (1200-1500 обертів за хвилину) та при температурі 120-150 °C і атмосферному тиску протягом 60-120 хв. За 15 хв. до закінчення процесу до суміші додається гліцерин 5 %. Після зупинки процесу вилучається гетерогенний каталізатор, а одержаний субстрат залишається на 6 год. у баку для відстоювання. Очищується біодизель протягом 30 хв. за допомогою силікату магнію, який потім вилучається і відновлюється. Як гетерогенний кислотний каталізатор можуть використовуватися: дифосфат лантанума, силікат магнію, дифосфат алюмінію, сульфітований цирконій.

Економічно вигідним виробництво біодизелю із відходів шкіряного виробництва може бути за рахунок використання гідроксиду тетраметиламонію як лужного агента естерифікації вільних жирних кислот і одночасно як каталізатора переестерифікації. Крім того, використання суміші відходів жирів з відпрацьованими оліями сприяє покращенню характеристик готового біодизелю [18].

Для одержання якісного біодизелю із відходів тваринного жиру авторами [19] були запропоновані як каталізатори органічні основи: гідроксид тетраметиламоній, н-бутиламін, циклогексиламін. Вказані речовини містять амін, який під час процесу каталітичного метанолізу «працює» як стабілізатор, а по закінченню процесу може бути використаний повторно.

Наведені способи одержання біодизелю передбачають підготовчий процес вилучення та очищення жиру, використання каталізатора реакції, який сприяє появі твердих залишків, тому актуальною залишається розробка ефективного способу, в якому майже відсутні тверді відходи і не потрібний каталізатор. Спробою реалізації такого способу є метод [20], який базується на використанні замість каталізатора надкритичного метанолу, що нагрівається до надвисоких температур під тиском, поки не набуде властивостей, які відповідають проміжному стану між рідиною і газом. При цьому вихідна сировина (різноманітні тваринні

жири) змішується з метанолом, гомогенізується до стану напіврідкої суміші і закачується в систему – реактор проточного типу (для безперервності процесу).

Фізико-хімічна обробка стічних вод м'ясної промисловості використовується для підвищення ефективності видалення органічних речовин, при цьому накопичується велика кількість жиропіномаси. Обробка жировмісних відходів сульфатом заліза як коагулянта сприяє високій адсорбції органічних речовин. Продуктивність даного способу становить 0,83-0,87 кг біопалива з 1 м<sup>3</sup> очищених стічних вод, при цьому зменшується кількість відходів у біосистемах [21].

**Висновки.** Економічним фактором промислового виробництва біодизелю є світові ціни на нафту. Цей фактор спонукає до створення, розвитку і впровадження механізму фінансової підтримки виробництва палива із відновлювальних джерел енергії, якими є жировмісні відходи шкіряної промисловості. Підвищення ефективності методів одержання біопалива базується на використанні комплексної дії різних факторів, зокрема високих температур і підвищеного тиску, гетерогенного каталізу, багатостадійних обробок, на складні ефіри гліцерину і вищих карбонових кислот. Це дозволяє не тільки одержати біопаливо з покращеними фізико-хімічними показниками, але й знизити його собівартість.

#### Список використаної літератури

1. XII Міжнародна науково-практична конференція «Біосферно-ноосферні ідеї В. І. Вернадського й еколого-економічні та гуманітарні проблеми розвитку регіонів», 28-29 травня 2010 р., м. Кременчук: матеріали конф. Кременчук: Кременчуцький держ. політехн. ун-т ім. Михайла Остроградського, 2010. 236 с.
2. Заверуха Н. М. Серебряков В. В., Скиба Ю. А. Основи екології. Вид. 2-ге. Київ: Каравелла, 2011. 304 с.
3. Солодова Н. Л., Солодова Н. Л., Терентьева Н. А. Немного о биотопливах. *Вестник Казанского технологического университета*. 2010. №11. С. 348-357.
4. Arvanitoyannis IS, Kassaveti A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2008; 43(4): 726-745. doi: 10.1111/j.1365-2621.2006.01513.x. [Cross Ref].
5. Петренко І. Біосолярка для сільгосптехніки. *Агробізнес Сьогодні*. 2013. №4 (251).
6. Скорук О. П., Здор І. А., Гримайло І.С. Економічні аспекти виробництва біодизелю в Україні і в світі. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2012. №2. С. 247-253.
7. Оковитая К. О. Утилизация жиросодержащих осадков сточных вод мясокомбината «РКЗ-ТАВР». *Международный научный журнал «Инновационная наука»*. 2016. №5. С. 172-173.
8. Производство пищевых животных топленых жиров. Ресурс: <http://www.znaytovar.ru/new1005.html>.
9. Сорокина М. Г. Способ термообработки жиросодержащего сырья в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. *Вестник НГИЭИ*. 2015. №2(45). С. 72-74.
10. Земсков В. И., Харченко Г. М. Характеристика способов рафинации растительных масел. *Вестник АГТУ*. 2007. №11(37). С. 58-63.
11. Неклюдов А. Д., Иванкин А. Н. Переработка органических отходов : монографія. Москва: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. 380 с.
12. Горохов Д. Г., Бабурина М. И., Иванкин А. Н. Биодизельное топливо из животных жиров. *Мясная индустрия*. 2008. №11.
13. Способ получения биотоплива: пат. 2440405 Российская Федерация. № 2010124049/05 ; заявл. 16.06.2010; опубл. 20.01.2012.

14. Способ переработки животного жира в жидкое топливо: пат. 2381262 Российская Федерация. № 2008112639/13; заявл. 03.04.2008; опубл. 10.02.2010.
15. Горохов Д. Г., Бабурина М. И., Иванкин А. Н. Переработка жировых отходов в биодизельное топливо. Принципиальная технологическая схема. *Все о мясе*. 2009. №2. С. 45-47.
16. Kato S., Kunisawa N., Kojima T., Murakami S. Evaluation of ozone treated fish waste oil as a fuel for transportation. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 2004, 37, 863-870.
17. Способ получения жидкого биотоплива: пат. 2385900 Российская Федерация. №2008126414/13 ; заявл. 01.07.2008; опубл. 10.04.2010.
18. Economic Aspects of Biodiesel Production from Tannery Waste Fats / Karel Kolomaznik, Jiri Pecha, Michaela Barinova, and Lubomir Sanek. *J. Amer. Leather Chem. Assoc*, 2010. V. 105. № 10. P. 327-333.
19. Karel Kolomaznik, Michaela Barinova, and Tomas Fürst. Possibility of using tannery waster for biodiesel production. *J. Amer. Leather Chem. Assoc*, 2009. V. 104. № 5. P. 177-182.
20. Новый метод получения биодизеля – из животных жиров. *УкрАгроКонсалт*. 20.03.2014. – Режим доступа до журн. : <http://www.ukragroconsult.com>
21. Biofuel application of biomass obtained from a meat industry wastewater plant through the flotation process – a case study / De Sena RF, Claudino A, Moretti K, Bonfanti ICP, Moreira RFPM, José HJ. *Resources, Conservation and Recycling*, 2008. Volume 52, Issue 3, January 2008, Pages 557-569.

#### References

1. Solodova N. L., Solodova N. L., Terenteva N. A. Nemnoho o byotoplyvakh. *Vestnyk Kazanskoho tekhnolohycheskoho unyversyteta*. 2010. № 11. S. 348-357.
2. Arvanitoyannis IS, Kassaveti A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. *Int. J. Food Sci. Technol*. 2008; 43(4): 726-745. doi: 10.1111/j.1365-2621.2006.01513.x. [Cross Ref].
3. Petrenko I. Biosoliarka dlia silhosptekhniky. *Ahrobiznes Sshodni*. 2013. № 4 (251).
4. Skoruk O. P., Zdor I. A., Hrymailo I.S. Ekonomichni aspekty vyrobnytstva biodyzeliu v Ukraini i v sviti. *Zbirnyk naukovykh prats Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho unyversytetu*. 2012. №2. S. 247-253.
5. Proyzvodstvo pyshchevykh zhyvotnykh toplenykh zhyrov. Resurs: <http://www.znaytovar.ru/new1005.html>.
6. Okovytaia K. O. Utylyzatsyia zhyrosoderzhashchykh osadkov stochnykh vod miasokombynata «RKZ-TAVR». *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal «Ynnovatsyonnaia nauka»*. 2016. № 5. S. 172-173.
7. Horokhov D. H., Baburyna M. Y., Yvankyn A. N. Byodyzelnoe toplyvo yz zhyvotnykh zhyrov. *Miasnaia yndustryia*. 2008. № 11.
8. Sposob pererabotky zhyvotnoho zhyra v zhydkoe toplyvo: pat. 2381262 Rosyyskaia Federatsyia. № 2008112639/13; zaiavl. 03.04.2008; opubl. 10.02.2010.
9. Horokhov D. H., Baburyna M. Y., Yvankyn A. N. Pererabotka zhyrovyykh otkhodov v byodyzelnoe toplyvo. Pryntsyypalnaia tekhnolohycheskaia skhema. *Vse o miase*. 2009. № 2. S. 45-47.
10. Kato S., Kunisawa N., Kojima T., Murakami S. Evaluation of ozone treated fish waste oil as a fuel for transportation. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 2004, 37, 863-870.
11. Sposob polucheniya zhydkoho byotoplyva: pat. 2385900 Rosyyskaia Federatsyia. № 2008126414/13 ; zaiavl. 01.07.2008; opubl. 10.04.2010.
12. Economic Aspects of Biodiesel Production from Tannery Waste Fats / Karel Kolomaznik, Jiri Pecha, Michaela Barinova, and Lubomir Sanek . *J. Amer. Leather Chem. Assoc*, 2010. V. 105. № 10. P. 327-333.
13. Karel Kolomaznik, Michaela Barinova, and Tomas Fürst. Possibility of using tannery waster for biodiesel production. *J. Amer. Leather Chem. Assoc*, 2009. V. 104. № 5. P. 177-182.
14. Novyi metod polucheniya biodyzeliia – yz zhyvotnykh zhyrov. *UkrAhroKonsalt*. 20.03.2014. – Rezhym dostupu do zhurn. : <http://www.ukragroconsult.com>.

15. Biofuel application of biomass obtained from a meat industry wastewater plant through the flotation process – a case study / De Sena RF, Claudino A, Moretti K, Bonfanti ICP, Moreira RFP, José HJ. *Resources, Conservation and Recycling*, 2008. Volume 52, Issue 3, January 2008, Pages 557-569.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИРОСОДЕРЖАЩИХ КОЖЕВЕННЫХ ОТХОДОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ЖИДКОЕ ТОПЛИВО**

РОМАНЮК О. А., ПЛАВАН В. П., КОМАНОВСКАЯ К. М.

*Київський національний університет технологій і дизайну*

**Цель.** Оптимизация параметров технологий переработки жиросодержащих кожевенных отходов в экологически безопасное жидкое топливо для снижения его себестоимости.

**Методика.** Сделан анализ существующих технологий переработки жиросодержащих отходов из разного сырья относительно поиска новых реагентов (химических, биологически активных), которые позволяют изменить условия выполнения технологического процесса и снизить энергозатраты при производстве биодизеля.

**Результаты.** Предложены способы повышения эффективности методов получения биотоплива из кожевенных жиросодержащих отходов, которые предполагают комплексное воздействие на эфиры глицерина и высших карбоновых кислот различных факторов (высокой температуры и повышенного давления, многостадийных обработок, гетерогенного катализа) при условии сокращения продолжительности технологического процесса.

**Научная новизна.** Жиросодержащие кожевенные отходы могут быть эффективным сырьем для получения биодизеля вместо растительного сырья, а именно рапса, пшеницы, кукурузы, которые традиционно для этого используются.

**Практическая значимость.** Энерго-, ресурсосберегающие технологии переработки жиросодержащих кожевенных отходов могут быть созданы благодаря комплексному воздействию на эфиры глицерина и высших карбоновых кислот различных факторов.

**Ключевые слова:** *жиросодержащее сырье, кожевенные отходы, биодизель.*

### **PROCESSING PERSPECTIVES OF FAT-CONTAINING TANNERY WASTE IN AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY LIQUID FUELS**

ROMANYUK O.O., PLAVAN V.P., KOMANOVSKA K.M.

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose.** Optimization parameters of fat-containing leather waste processing technologies for obtaining environmentally safe liquid fuel with reduced prime cost.

**Methodology.** The analysis of existing fat-containing waste technologies processing from various raw materials for finding new reagents (chemical, biological active) have been made. This will change their process performance and reduce energy consumption in the production of biodiesel.

**Findings.** The ways of increasing the efficiency of producing biofuels methods from tanning fat-containing waste have been proposed. Which involve a comprehensive effect of various factors on esters of glycerol and higher carboxylic acids (high temperature and pressure, multi-stage treatment, heterogeneous catalysis) upon reducing the length of the process.

**Originality.** Fat-containing leather waste can be effective raw material for biodiesel instead of vegetal souses, including rape, wheat, corn, traditionally used for this purposes.

**Practical value.** Energy- and resource processing technologies of fat-containing leather wastes can be created through an integrated action of various factors on esters of glycerol and higher carboxylic acids.

**Key words:** *fat-containing raw materials, leather waste, biodiesel.*

УДК 54.44+544.7

КАТАШИНСЬКИЙ А. С., БАРСУКОВ В. З., СЕНИК І. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

### АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ШПІНЕЛІ $MnCo_2O_4$

**Мета.** Інтерпретація результатів експериментальних досліджень відновлення молекулярного кисню на поверхні гетерогенного каталізатора типу шпінелі  $MnCo_2O_4$  на основі результатів квантовохімічних розрахунків.

**Методика.** Виконані *ab initio* квантовохімічні розрахунки електронної структури молекулярного кластера  $MnCo_2O_{11}H_{13}$  і адсорбційних комплексів кисню та його сполук з використанням формалізму самоузгодженого поля МО ЛКАО Хартрі-Фока-Рутана в 6-31 базисі функцій Гауса.

**Результати.** Показано, що величина енергії адсорбції  $H_2O_2$  впливає на механізм відновлення кисню: при малих значеннях енергії адсорбції кисень відновлюється по 2-х електронному механізму до  $H_2O_2$ , після чого утворена молекула  $H_2O_2$  десорбується. При великих значеннях енергії адсорбції  $H_2O_2$  відновлення кисню відбувається по 4-х електронному механізму до води.

**Наукова новизна.** Вперше виконано емпіричні квантово-хімічні розрахунки абсолютних значень енергії адсорбції кисню та його сполук на поверхні кристалу  $MnCo_2O_4$ .

**Практична значимість.** Запропоновано пояснення протікання каталітичної реакції відновлення кисню в середньому по 3,7 - електронному механізму на поверхні каталізатора  $MnCo_2O_4$ , що підтверджується результатами експериментів. Отримані результати можуть бути використані при удосконаленні існуючих каталізаторів і плануванні експерименту по створенню нових каталізаторів відновлення кисню.

**Ключові слова:** шпінель, енергія хемосорбції, фізична адсорбція.

**Вступ.** Проблема пошуку доступних і ефективних каталізаторів для кисневого електроду паливних елементів та метал-повітряних батарей є однією з ключових проблем автономної енергетики.

При вирішенні проблем практичного матеріалознавства все частіше використовують методи квантової хімії, яка надає детальну інформацію про електронну структуру конденсованих речовин. Це дає можливість виконувати розрахунки різних фізико-хімічних характеристик і є підґрунтям для теоретичного моделювання нових матеріалів із заданими властивостями, зокрема - адсорбційними і каталітичними.

Теоретичні моделі і розрахунки електронної структури можуть забезпечити більш повну інформацію про особливості електронної структури речовини в порівнянні з експериментальними методами. Аналіз квантовохімічних кластерних моделей корисний як для пояснення властивостей існуючих матеріалів, так і для прогнозування властивостей нових сполук.

Оксиди перехідних металів, а особливо суміші таких оксидів, зокрема, кристалів  $NiCo_2O_4$ ,  $FeCo_2O_4$ ,  $MnCo_2O_4$  створюють значну неоднорідність поверхні, легко адсорбують кисень на поверхні [1] і, як показують експериментальні дослідження [2], можуть демонструвати значний каталітичний ефект.

**Постановка завдання.** Процес електровідновлення кисню в кислому середовищі може проходити за двома основними механізмами: 2-х та 4-х електронному. Експеримент вказує на протікання реакції відновлення кисню, яка відповідає в середньому 3,7 електронному механізму [2]. Квантовохімічний аналіз дає змогу пояснити такий ефект

паралельним перебігом 2-х і 4-х електронних реакцій із більшим зміщенням в бік 4-х електронного процесу.

Квантовохімічні розрахунки виконані по програмі [3]. В процесі хемосорбції по донорно–акцепторному механізму адсорбовані молекули входять в першу координаційну сферу центра адсорбції, що викликає збільшення координаційного числа (КЧ) катіона.

Збільшення КЧ центра адсорбції може викликати деформацію координаційної сфери центра адсорбції та зміщення атомів [1]. В якості адсорбційних центрів (Z) вибрані катіони кобальту  $Co_1$  і  $Co_4$  площини (001) (рис.).

Експериментальні значення параметрів кристалічної ґратки шпінелі  $MnCo_2O_4$  взяті у відповідності до роботи [4]. Квантовохімічні розрахунки виконано з повною оптимізацією усіх структурних параметрів. Із результатів розрахунків слідує, що на поверхні молекулярного кластера можуть утворюватися проміжні донорно-акцепторні комплекси кисню ( $K27-O_2$ ) та його сполук (табл.3, 4). Тут  $K27 = MnCo_2O_{11}H_{13}$ .

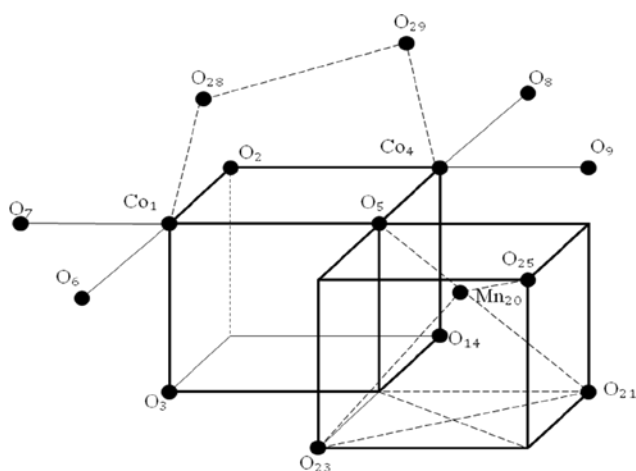


Рис. Модель адсорбційного комплексу  $MnCo_2O_{11}H_{13}-O_2$

В адсорбційному комплексі (АК) внаслідок взаємодії між адсорбатами  $O_2$ ,  $O_2H$ ,  $H_2O_2$ ,  $H_2O_2H$ ,  $H_2O_2H_2$  і молекулярним кластером змінюються ефективні заряди на атомах, міжядерні відстані, і відбувається перерозподіл електронної густини між зв'язками і силовими центрами. Під впливом адсорбатів змінюються кислотно – основні властивості поверхні (табл.1, 2).

Зміна властивостей оточення активних центрів є причиною зміни їх адсорбційних і каталітичних властивостей. Відмітимо, що наявність активних центрів з різними властивостями є однією із передумов перебігу паралельних 2-х і 4-х електронних реакцій відновлення кисню.

Під впливом каталізатора молекула  $O_2$  переходить із основного триплетного в збуджений синглетний стан.

**Фізична адсорбція кисню.** Розрахована рівноважна довжина адсорбційного зв'язку  $R(Co_4-O_{29}) = 2,344 \text{ \AA}$ , енергія зв'язку  $\Delta E_{\text{адс}}$  не перевищує  $-29,401 \text{ кДж/моль}$ . Із результатів розрахунків слідує, що в моделі фізичної адсорбції молекула  $O_{2\text{адс}}$  втрачає  $0,033 \text{ e}$  електронної густини.

Таблиця 1.

Ефективні заряди  $q^*$  на атомах кластера K27 і адсорбційних комплексів K27- $O_2$ , K27- $O_2H$ , K27-  $H_2O_2$

	K27	K27- $O_2$	K27- $O_2H$	K27- $H_2O_2$	K <sub>27</sub> - $H_2O_2H$	K27- $H_2O_2H_2$
Атоми	$q^*$	$q^*$	$q^*$	$q^*$	$q^*$	$q^*$
$Co_1$	+1,681	+1,733	+1,673	+1,719	+1,636	+1,679
$O_2$	-1,074	-1,050	-1,029	-1,051	-1,033	-1,052
$O_3$	-1,044	-1,060	-1,062	-1,051	-1,068	-1,064
$Co_4$	+1,744	+1,789	+1,650	+1,649	+1,644	+1,628
$O_5$	-1,207	-0,923	-1,209	-1,249	-1,206	-1,213
$O_9$	-1,019	-1,024	-1,020	-1,035	-1,034	-1,056
$O_{14}$	-1,016	-1,027	-1,064	-1,028	-1,089	-1,066
$Mn_{20}$	+1,710	+1,740	+1,637	+1,704	+1,652	+1,697
$O_{21}$	-0,985	-0,972	-1,005	-0,989	-1,006	-1,002
$O_{28}$	–	-0,035	-0,439	-0,501	-0,966	-0,916
$O_{29}$	–	-0,466	-0,674	-0,438	-1,037	-0,931
$\Delta(O_2)$	–	-0,501	-1,112	-0,939	-2,003	-1,847

Це є причиною стабілізації внутрішньо - молекулярного зв'язку  $O_{28}-O_{29}$ , що кількісно проявляється в зменшенні його довжини до 1,189 Å. Завдяки явищу фізичної адсорбції в приповерхневому просторі каталізатора збільшується концентрація молекул атмосферного кисню, в результаті чого зростає частота зіткнень молекул кисню з активними центрами і прискорюються процеси хемосорбції і каталізу.

**Хемосорбція кисню.** Показано, що хемосорбована молекула кисню по відношенню до кластерів проявляє акцепторні властивості, в результаті чого на молекулу зміщується електронна густина порядку  $\delta(O_2)$  (табл.1).

В результаті оберненої дативної  $d\pi-2p\pi^*$  взаємодії зміщена з поверхні  $d$ -електронна густина розподіляється на вільній розпушуючій  $2p\pi-MO^*$  молекули  $O_{2адс}$ . Збільшення заселеності на  $2p\pi - MO^*$  в  $O_{2адс}$  викликає перехід молекули  $O_{2адс}$  в збуджений стан. В адсорбованій молекулі дестабілізується зв'язок  $O_{28} - O_{29}$ , що кількісно проявляється в його значному видовженні та зменшенні порядку зв'язку  $\rho(O_{28} - O_{29})$  (табл.3).

Таблиця 2.

Рівноважні довжини зв'язків R(A-B), Å і відповідні їм порядки зв'язків  $\rho(A-B)$  в кластері K27 і адсорбційних комплексах K27- $O_2$ , K27-  $H_2O_2$

Зв'язки	K27		K27- $O_2$		K27- $H_2O_2$	
	R(Co-O)	$\rho(Co-O)$	R(Co-O)	$\rho(Co-O)$	R(Co-O)	$\rho(Co-O)$
$Co_1-O_2$	1,914	0,353	1,866	0,426	1,930	0,368
$Co_1-O_3$	1,848	0,512	1,847	0,477	1,869	0,449
$Co_1-O_5$	1,860	0,411	1,931	0,289	1,863	0,377
$Co_4-O_8$	1,992	0,243	1,930	0,250	1,979	0,268
$Co_4-O_9$	1,845	0,546	1,866	0,506	1,860	0,543
$Co_4-O_{14}$	1,805	0,567	1,840	0,582	1,815	0,667

Зв'язування між хемосорбованою молекулою  $O_{2адс}$  і молекулярним кластером здійснюється через подвійний координаційний зв'язок  $O_{29}-Co_4$  (табл.3) і ковалентний  $O_{28}-O_5$  (параметри зв'язку:  $R(O_5-O_{28}) = 1,484$ ,  $\rho(O_5-O_{28}) = 0,754$ . Крім того, електростатичне притягання між аніонами  $O_{28}$ ,  $O_{29}$  і катіонами  $Co_1$ ,  $Co_4$  вносить додатковий вклад в стабілізацію зв'язку між  $O_{2адс}$  і молекулярним кластером.

Таблиця 3.

Рівноважні довжини зв'язків R(A-B), Å та відповідні їм порядки зв'язків p(A-B) в адсорбційних комплексах на поверхні кристала  $MnCo_2O_4$

Комплекси	Зв'язок $O_{28}-O_{29}$		Зв'язок $Co_1-O_{28}$		Зв'язок $Co_4-O_{29}$	
	R( $O_{28}-O_{29}$ )	p( $O_{28}-O_{29}$ )	R( $Co_1-O_{28}$ )	p( $Co_1-O_{28}$ )	R( $Co_4-O_{29}$ )	p( $Co_4-O_{29}$ )
K27- $O_2$	1,486	0,787	2,871	–	1,938	0,386
K27- $O_2H$	1,513	0,734	1,963	0,375	1,963	0,304
K27- $H_2O_2$	1,439	0,838	2,112	0,097	2,339	0,153
K27- $H_2O_2H$	2,459	–	1,953	0,321	1,898	0,506
K27- $H_2O_2H_2$	2,725	–	1,984	0,245	2,120	0,231

Друга стадія реакції  $2ZO_2 + 2e^- + H^+ \rightarrow 2ZO_2H^-$  характеризується зростанням вкладу ковалентної складової в адсорбційні зв'язки  $Co_1-O_{28}$  і  $Co_4-O_{29}$  та значним збільшенням енергії адсорбції (табл. 3, 4), що є наслідком включення до складу АК двох електронів.

В утвореній в результаті реакції  $2ZO_2H^- + H^+ \rightarrow 2ZH_2O_2$ , молекулі  $H_2O_2$  під впливом електричного поля приєднаного протона відбувається перерозподіл електронної густини, внаслідок чого стабілізується зв'язок  $O_{28}-O_{29}$  і значно дестабілізується зв'язок між утвореною молекулою  $H_2O_2$  і кластером (табл.3, 4).

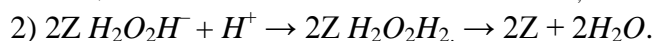
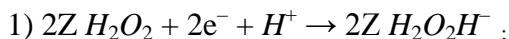
В утвореній в результаті реакції  $2ZO_2H^- + H^+ \rightarrow 2ZH_2O_2$  молекулі  $H_2O_2$  під впливом електричного поля приєднаного протона відбувається перерозподіл електронної густини, внаслідок чого стабілізується зв'язок  $O_{28}-O_{29}$  і значно дестабілізується зв'язок між утвореною молекулою  $H_2O_2$  і кластером (табл.3, 4).

Таблиця 4.

Енергії адсорбційного зв'язку  $\Delta E_{\text{адс}}$ , кДж/моль

Енергія адсорбції	Адсорбати				
	$O_2$	$O_2H$	$H_2O_2$	$H_2O_2H$	$H_2O_2H_2$
$\Delta E_{\text{адс}}$	-191,655	-529,83	-134,946	-493,57	-247,314

В залежності від величини енергії адсорбційного зв'язку  $\Delta E_{\text{адс}}$  між кластером і  $H_2O_2$  можливі два варіанти продовження реакції: при малих значеннях  $\Delta E_{\text{адс}}$  молекула  $H_2O_2$  десорбується, тобто процес відновлення кисню відбувається по 2-х електронному механізмі і закінчується на стадії утворення пероксиду; при великих значеннях  $\Delta E_{\text{адс}}$  процес відновлення кисню відбувається по 4-х електронному механізмі у відповідності до перебігу реакцій:



Вірогідність перебігу наведених реакцій тим більша, чим більша енергія зв'язку між  $H_2O_2$  і каталізатором.

В комплексі K27- $H_2O_2H^-$  рівноважна відстань між атомами кисню в  $O_{2\text{адс}}$  перевищує значення 2,459 Å, що вказує на дисоціацію зв'язку O-O в  $O_{2\text{адс}}$ . Процес відновлення кисню закінчується на стадії утворення комплексу K27- $2H_2O$ , в яких молекули води адсорбовані на різних адсорбційних центрах (табл.3).

**Висновки:**

1. Установлено, що на поверхні  $MnCo_2O_4$  можуть утворюватися стабільні адсорбційні комплекси молекули кисню та його сполук.

2. Показано, що основною причиною активації хемосорбованої молекули кисню є зміщення електронної густини з поверхні катализатора на  $O_{2адс}$ . Величина енергії адсорбції пергідролу впливає на механізм відновлення кисню: при малих значеннях енергії адсорбції кисень відновлюється по 2-х електронному механізму до утворення перекису водню, після чого новоутворена молекула десорбується; при великих значеннях енергії адсорбції пергідролу відновлення кисню відбувається по 4-х електронному механізму до води. Отже, в середньому це формально може відповідати 3,7 електронному механізму відновлення кисню на поверхні кристала  $MnCo_2O_4$ , що відповідає експериментальному значенню, із зміщенням в бік 4-х електронного процесу.

### Список використаної літератури

1. Крылов О. В. Адсорбция и катализ на переходных металлах и их оксидах / О. В. Крылов, В. Ф. Киселев. - М.: Химия, 1981. – 288 с.
2. Khomenko V.G. Oxygen reduction at the surface of polymer/carbon and polymer/carbon/spinel catalysts in aqueous solutions / V.G. Khomenko, K.V. Lykhnyskyi, V.Z. Barsukov // *Electrochim. Acta.* – 2013. – V. 104 – p. 391–399.
3. Программный комплекс PC-GAMESS/Firefly, Режим доступа : <http://clssic.chem.msu.su./gran/gamess/index.html>.
4. Физико-химические свойства окислов: справочник / под ред. Г. В. Самсонова. - М. : Металлургия, 1969. – 456 с.

### АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ШПИНЕЛИ $MnCo_2O_4$

КАТАШИНСКИЙ А. С., БАРСУКОВ В. З., СЕНИК И. В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Интерпретация результатов экспериментальных исследований восстановления молекулярного кислорода на поверхности гетерогенного катализатора типа шпинели  $MnCo_2O_4$  на основе результатов квантовохимических расчетов.

**Методика.** Выполнены ab initio квантовохимические расчеты электронной структуры молекулярного кластера  $MnCo_2O_{11}H_{13}$  и адсорбционных комплексов кислорода и его соединений с использованием формализма самосогласованного поля МО ЛКАО Хартри-Фока-Рутана в 6-31 базисе функций Гаусса.

**Результаты.** Показано, что величина энергии адсорбции  $H_2O_2$  влияет на механизм восстановления кислорода: при малых значениях энергии адсорбции кислород восстанавливается по 2-х електронному механизму до  $H_2O_2$ , после чего образована молекула  $H_2O_2$  десорбируется. При больших значениях энергии адсорбции  $H_2O_2$  восстановление кислорода происходит по 4-х електронному механизму до воды.

**Научная новизна.** Впервые выполнены эмпирические квантово-химические расчеты абсолютных значений энергии адсорбции кислорода и его соединений на поверхности кристалла  $MnCo_2O_4$ .

**Практическая значимость.** Предложено объяснение протекания каталитической реакции восстановления кислорода в среднем по 3,7 - електронному механизму на поверхности катализатора  $MnCo_2O_4$ , что подтверждается результатами экспериментов. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании существующих катализаторов и планировании эксперимента по созданию новых катализаторов восстановления кислорода.

**Ключевые слова:** шпинель, энергия хемосорбции, физическая адсорбция.

**ADSORPTION PROPERTIES OF SPINEL  $MnCo_2O_4$**

KATASHINSKY A., BARSUKOV V., SENYK I.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Purpose.** Interpretation of the results of experimental studies of reduction of molecular oxygen on the surface of  $MnCo_2O_4$  spinel-type heterogeneous catalyst on the basis of quantum chemical calculations.

**Methodology.** Ab initio quantum chemical calculations of the electronic structure of molecular cluster of  $MnCo_2O_{11}H_{13}$  and adsorption complexes were made using the formalism of self-consistent field of MO LCAO Hartree-Fock-Rutan in broadening the basis of Gaussian functions.

**Findings.** It was shown that the adsorption energy (AO) of  $H_2O_2$  affects the mechanism of oxygen reduction: for small AO values oxygen has been reduced for the 2-electron mechanism to  $H_2O_2$ , and then formed  $H_2O_2$  molecule desorbed. For large values of the adsorption energy of  $H_2O_2$ , oxygen reduction takes place for the 4-electron mechanism to form a water.

**Originality.** The empirical quantum-chemical calculations of the absolute oxygen adsorption energy values and its compounds on the surface of the crystal  $MnCo_2O_4$  were performed at first time.

**Practical value.** An explanation of catalytic reaction of oxygen reduction in the average of 3.7 electron mechanism on the  $MnCo_2O_4$ -spinel surface was suggested, which is confirmed by experimental results. The results can be used for improving existing catalysts and planning of the experiment to develop new catalysts for oxygen reduction.

**Keywords:** *spinel, the energy of chemisorption, physical adsorption.*

УДК 615.453: 532

ТАРАСЕНКО Г. В., ЛЕЛЕКА Т. О.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕЛІВ, ЩО МІСТЯТЬ НАТРІЮ ДИКЛОФЕНАК

**Мета.** Дослідити структурно-механічні властивості гелів на гідрофільній основі, що містять натрію диклофенак, для визначення реологічних оптимумів консистенції та підтвердження структурованості системи з наявною тиксотропністю.

**Методика.** Структурно-механічні властивості дослідних зразків вивчали за допомогою реометра Brookfield DV-III Ultra (фірми «Brookfield Engineering Laboratories», США) обладнаного шпинделем – конус-плита.

**Результати.** В результаті досліджень реологічних властивостей гелів на гідрофільній основі, що містять натрію диклофенак, встановлено вплив складу допоміжних речовин на структурно-механічні та тиксотропні властивості дисперсних систем.

**Наукова новизна.** Досліджено та порівняно вплив гідрофобних допоміжних речовин на структурно-механічні властивості гелів на гідрофільній основі, одержано реограми течії та залежності структурної в'язкості від градієнту швидкостей зсуву, а також вивчено реологічні оптимуми консистенції дослідних гелів.

**Практична значимість.** Отримані результати дозволяють підтвердити, що введення до складу гелів на гідрофільній основі емульгаторів гідроксипропілметилцелюлози та каприлокапроїлполіоксигліцериду призводить до одержання механічно стабільних дисперсних систем, що мають ньютонівський тип течії з пластичними та тиксотропними властивостями.

**Ключові слова:** натрію диклофенак, гель, допоміжні речовини, напруга зсуву, структурна в'язкість, швидкість зсуву, реограми течії, тиксотропність.

**Вступ.** На сучасному етапі, враховуючи масштаби поширеності суглобового і м'язового болю, виникає необхідність в ефективній і безпечній фармакотерапії. Нестероїдні протизапальні засоби (НПЗЗ) давно і міцно займають почесне місце в лікуванні різної патології, які супроводжуються болями різного ступеня важкості, що обумовлене спектром їх фармакодинамічних ефектів. За частотою застосування НПЗЗ займають 1-е місце в світі, оскільки є найпопулярнішими лікарськими засобами серед населення, що застосовує їх для лікування болю, запалення і гіпертермії [1]. На фармацевтичному ринку України НПЗЗ представлені широким асортиментом лікарських засобів та їх форм з різним ступенем прояву протизапальної активності й різними механізмами дії.

Для лікування гострого больового синдрому доцільно застосовувати препарати, які мають високу анальгезуючу активність і короткий період напіввиведення, до яких відноситься натрію диклофенак. Не дивлячись на широкий спектр існуючих на даний час НПЗЗ і створення останнім часом нового класу селективних інгібіторів ЦОГ-2, натрію диклофенак залишається найпопулярнішим препаратом серед НПЗЗ. З моменту реєстрації препарату (1974 р.) лікування натрію диклофенаком отримали більше 1 млрд. людей; натрію диклофенак займає 8-е місце в топ-10 лікарських засобів, що продаються, в світі. В перші роки натрію диклофенак застосовували, головним чином, в терапії ревматологічних захворювань, що вимагають вираженого протизапального і ефективного анальгезуючого ефекту, але в подальшому сфера його застосування істотно розширилася [2].

При лікуванні ревматичних захворювань, і зокрема, лікуванні патології, що часто їх супроводжує – остеоартрозу колінних суглобів, показовою є позиція Європейської протиревматичної ліги (European League Against Rheumatism – EULAR) і Міжнародного наукового суспільства по остеоартрозу (International Osteoarthritis Society – IORS), що пероральні форми НПЗЗ доцільно застосовувати лише після недостатньої ефективності зовнішніх лікарських форм НПЗЗ і парацетамолу [3-5].

Було встановлено, що концентрація диклофенаку в плазмі крові при застосуванні гелю в 100 разів нижче, ніж при прийомі пероральних лікарських форм (15 і 1500 нг/мл відповідно). Для гелів і мазей було б доцільним припустити, що вони мають більш низьку біодоступність, проте їх багатократне нанесення приводить до суттєвого збільшення його вмісту в тканинах [6].

**Постановка завдання.** Реологічні властивості залежать від фармацевтичних факторів, таких як природа основи-носія, фізико-хімічні властивості активних фармацевтичних інгредієнтів, температурного режиму і технології виробництва. Рациональний добір цих факторів для вибору оптимального складу готової м'якої лікарської форми є важливим і необхідним етапом фармацевтичної розробки. Гідрогелі більшою мірою відповідають сучасним медико-біологічним вимогам: добре всмоктуються через шкіру, не залишають жирних плям, після нанесення гідрогелів на шкіру можливе утворення пружної захисної плівки, яка утримується тривалий час. Гідрофільним основам властива охолоджувальна дія, що нагадує дію вологої пов'язки.

На сьогодні вітчизняний фармацевтичний ринок пропонує достатньо широкий асортимент гелів вітчизняного та закордонного виробництва до складу яких входять НПЗЗ як активні фармацевтичні інгредієнти, однак гелі з натрію диклофенаком є найбільш часто застосовуваними для лікування ревматоїдного артриту, остеоартриту, ревматичних уражень м'яких тканин, остеохондрозу хребта, радикуліту; міалгії, невралгії, травм (забиття, розтягнення зв'язок, м'язів та сухожилів); запальних набряків м'яких тканин, болі у м'язах та суглобах, спричинених важкими фізичними навантаженнями. Тому, дослідження впливу гідрофільних основ різного складу на структурно-механічні властивості та вивчення реологічних характеристик гелів з натрію диклофенаком є важливим та актуальним.

**Результати досліджень.** Для дослідження були використані зразки гелів з вмістом натрію диклофенаку 1%. Склад допоміжних речовин, які входять до складу гідрофільних гелевих основ наведено в таблиці 1. З наведених допоміжних речовин карбомери (карбополи) є високомолекулярними полімерами акрилової кислоти і використовуються як синтетичні гелеутворювачі. Гідроксипропілметилцелюлоза складається з лінійних ланцюжків етерифікованої целюлози різної молекулярної маси з певною долею (ступенем) заміщення на метоксильні та пропіоксильні замісники і виконує роль емульгатора та стабілізатора гелю. Каприлокапроїлполіоксигліцериди є частково заміщеними гліцеридами – складними ефірами гліцерину і жирних кислот, які містять вільні гідроксильні групи, і виконують роль емульгатора. Пропіленгліколь, гліцерин, етанол, спирт бензиловий, діетиленгліколю моноетиловий ефір та поліетиленгліколь 15 є неводними гідрофільними розчинниками. Поліетоксильована гідрогенізована рицинова олія, яка головним чином містить рецинолеїл гліцерол, етоксильований 30-50 молекулами етиленоксиду та незначні кількості макрогол рицинолеату та певні вільні гліколи, виконує роль солубілізатора гелю. Метилпарагідроксибензоат (ніпагін) та пропілпарагідроксибензоат (ніпазол) є складними

ефірами параоксибензойної кислоти (парабенами) і застосовуються як консерванти гідрофільних і емульсійних основ.

Таблиця 1.

Склад дослідних гелевих основ

Допоміжна речовина	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4	Зразок № 5
Карбомер 940	X	X			X
Карбопол 980			X	X	
Макрогол 400			X		
Каприлокапроїлполіоксигліцери ди		X			
Етанол 96 %	X		X	X	X
Спирт бензиловий		X			
Гідроксипропілметилцелюлоза		X			
Діетиленгліколю моноетиловий ефір		X			
Гліцерин	X			X	X
Пропіленгліколь			X	X	
Поліетиленгліколь 15		X			
Олія мінеральна	X				
Олія рицинова поліетоксильована гідрогенізована	X				
Метилпарагідроксибензоат (ніпагін)	X		X	X	X
Пропілпарагідроксибензоат (ніпазол)	X				
Аміаку розчин 15 %	X			X	X
Вода очищена	X	X	X	X	X

Реологічні властивості дослідних зразків вивчали за допомогою реометра Brookfield DV-III Ultra (фірми «Brookfield Engineering Laboratories», США), обладнаного шпинделем – конус-плита. При цьому проводили вимірювання наступних структурно-механічних показників (напруги зсуву, динамічної в'язкості) за якими будували реограми течії в координатах «швидкість зсуву – напруга зсуву» (петлі «гістерезиса»), залежність структурної в'язкості від прикладеної напруги зсуву, а також визначали реологічні оптимуми реології.

Для встановлення структурно-механічних властивостей наважки дослідних зразків масою  $1,0 \pm 0,05$  г поміщали до вимірювального пристрою приладу та проводили термостатування зразків впродовж 30 хвилин при  $20^\circ\text{C}$ . Після термостатування проводили визначення при дванадцяти послідовно збільшуваних швидкостях шпинделя «конус-плита» в діапазоні  $1,5-1312 \text{ c}^{-1}$ , реєструючи показники індикаторного датчика приладу для кожного вимірювання. Руйнування структури дослідних систем проводили на різних швидкостях впродовж 10 хв. і після чого, зупинивши обертання шпинделя на 10 хв, реєстрували показання індикатора на кожній з дванадцяти швидкостей зсуву при їх зменшенні.

Результати проведених досліджень наведені на рис. 1 та рис. 2 та дозволяють провести оцінку структурно-механічної поведінки дослідних зразків.

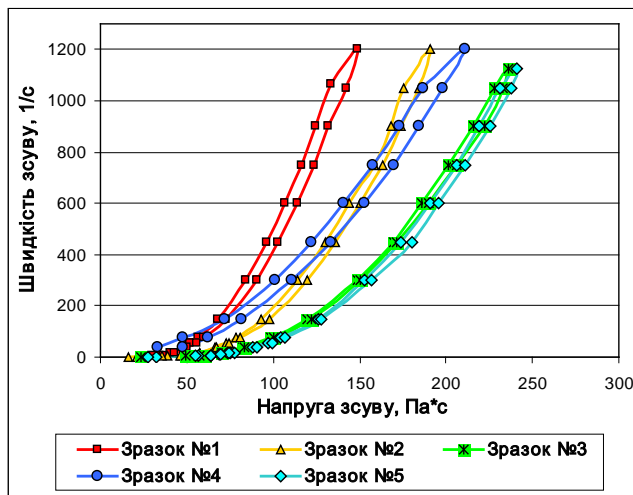


Рис. 1. Реограми течії гелів з натрію диклофенаком

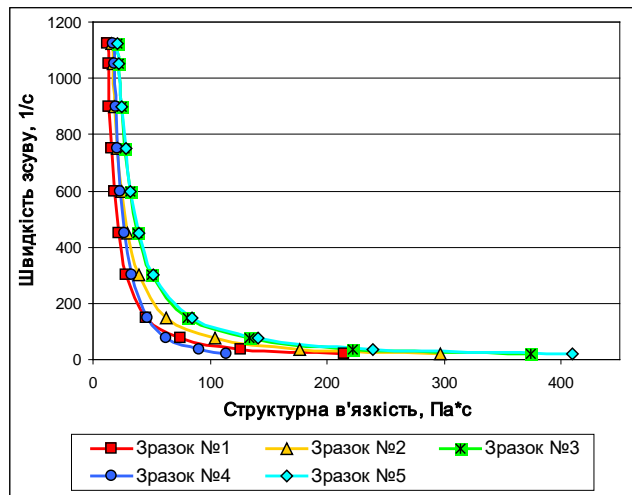


Рис. 2. Залежність структурної в'язкості гелів з натрію диклофенаком від градієнту зсуву

Як видно з рис. 1, всі дослідні зразки відносяться до неньютонівських типів течії і володіють певними пластичними властивостями. Під впливом високих напруг зсуву структура гелів руйнується, а при знятті напруги зсуву їх структурна в'язкість знову відновлюється. При графічному зображенні цих процесів на рис.1 «низхідна крива» відрізняється від «висхідної кривої» з утворенням петлі гистерезиса, з причини збереження залишкової деформації після сильного ослаблення структури під впливом раніше прикладеної напруги, і вказує на те, що всі дослідні зразки мають певні тиксотропні властивості. За величиною площі петлі гистерезиса можна провести відносну оцінку ступенів міцності структуроутворення дослідних зразків, а саме чим більшою є площа петлі гистерезиса, тим більш структурно-механічно стійкою є досліджувана система. Так, за зменшенням величини площі петель гистерезиса дослідні зразки можна розташувати в наступній послідовності: зразок №4 – зразок №1 – зразок №2 – зразок №5 – зразок №3. Також встановлено, що структурна в'язкість зразків гелів №3 та №5 поступово зростає зі збільшенням градієнту швидкості зсуву, а це, в свою чергу, призводить до зменшення тиксотропних властивостей дослідних систем. Можливо, це пов'язано з тим, що зменшення концентрації гідрофільних розчинників (для зразку №3 – пропіленгліколю, а для зразку №5 – гліцерину) призводить до збільшення структурної в'язкості дослідних зразків і до незворотного руйнування структури систем під впливом механічної дії.

Відомо [7-8], що оптимум реології консистенції в діапазоні швидкостей зсуву  $1,5-1312 \text{ c}^{-1}$  для гідрофільних мазей характеризується межею плинності  $45-160 \text{ Па}$  і структурною в'язкістю  $0,34-108 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , а для мазей, що мають гідрофобний характер, оптимум реології консистенції визначається межею плинності  $35-140 \text{ Па}$  і структурною в'язкістю  $0,32-93,3 \text{ Па}\cdot\text{с}$  (обмежений кривими АБ і ВГ на рис. 3).

З метою вивчення споживчих характеристик дослідних зразків, а саме встановлення здатності до намазування, встановлювали реологічні оптимуми консистенції дослідних зразків гелів з натрію диклофенаком шляхом побудови залежності швидкості зсуву від прикладеної напруги зсуву (рис. 3).

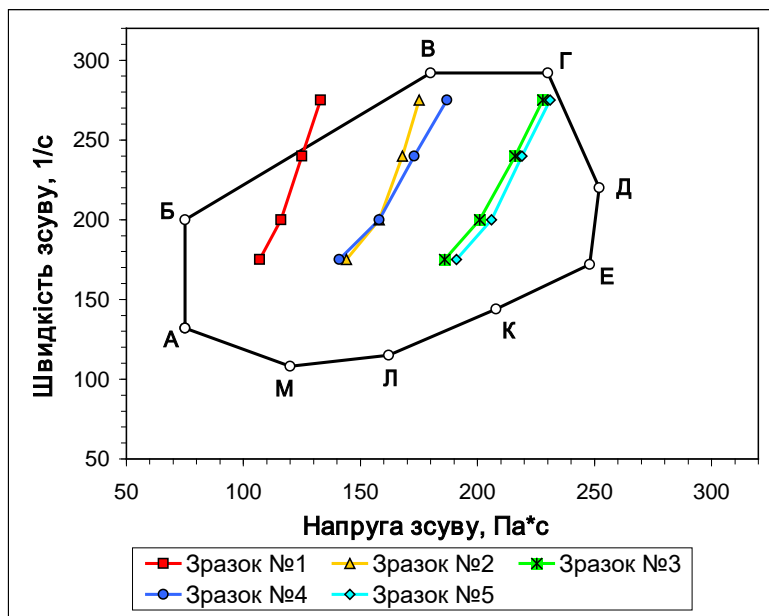


Рис. 3. Реологічний оптимум намазування гелів з натрію диклофенаком

Як видно з рис. 3, всі дослідні зразки, окрім зразку №5, виявили задовільні результати реологічних оптимумів консистенції в заданому діапазоні швидкостей зсуву. В результаті проведених досліджень встановлено, що введення до складу допоміжних речовин сполук, що мають гідрофобний характер, а саме для зразку №5 це олія мінеральна та олія рицинова поліетоксильована гідрогенізована, призводить до погіршення здатності до намазування дослідного зразку. При цьому слід відмітити, що введення до складу гелів, як емульгаторів, гідроксипропілметилцелюлози та каприлокапроїлполіоксигліцериду (зразок №2) дозволяє одержувати механічно стабільні системи, в яких є міжмолекулярні зв'язки між активним фармацевтичним інгредієнтом (дисперсною фазою) та допоміжними речовинами (дисперсною фазою), що дозволяє забезпечити повну зворотність деформації після зняття напруги.

**Висновки.** Досліджено реологічні та тиксотропні властивості гелів, що містять натрію диклофенак. Встановлено, що введення до складу допоміжних речовин основи гелів емульгаторів гідрофобного характеру покращує структурно-механічні властивості дисперсних систем, що мають неньютонівський тип течі з певними пластичними та тиксотропними властивостями. Одержані результати дозволяють підтвердити механічну стабільність гелів в технологічному процесі виробництва при гомогенізації, а також спрогнозувати їх стабільність при зберіганні та застосуванні споживачами.

### Список використаних джерел

1. Буров Н.Е. Нестероидные противовоспалительные препараты как компонент комплексной терапии боли. Фокус на нимесулид / Н.Е. Буров // РМЖ. Хирургия. Урология. – 2012. – № 36. – Режим доступа: [http://www.rmj.ru/numbers\\_616.htm](http://www.rmj.ru/numbers_616.htm).
2. Супрун Э.В., Пиминов А.Ф., Кузнецова В.М., Оклей Д.В. Боль в спине: современные подходы к лечению / Еженедельник Аптека. – №929 (8), 24.02.2014. – Режим доступа: <http://www.apteka.ua/article/278176>
3. Manchikanti L., Singh V., Datta S. et al. (2009) Comprehensive review of epidemiology, scope, and impact of spinal pain, Vol. 12(4): E35-70.

4. Dagenais S. (2008) A systematic review of low back pain cost of illness studies in the United States and internationally. *Spine J.*, Vol. 8(1): 8-20.
5. Chou R., Qaseem A., Snow V. et al. (2007) Diagnosis and treatment of low back pain: a joint clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. *Ann. Intern. Med.*, Vol. 147: 478-491.
6. Assandri A., Canali S., Giachetti C. (1993) Local tolerability and pharmacokinetic profile of a new transdermal delivery system, diclofenac hydroxyethylpyrrolidine plaster. *Drugs Exp. Clin. Res.*, Vol. 19(3): 89-95.
7. Аркуша А.А. Исследование структурно-механических свойств мазей с целью определения оптимума консистенции / Дис. канд. фарм. наук. – Харьков, 1982. – 192 с.
8. Аркуша А.А., Перцев И. М. Оценка и контроль консистенции мазей с использованием реограмм / Информационное письмо. – К.: РЦНМИ МЗ УССР, вып. 10 по проблеме «Фармация», 1983. – 2 с.

### References

1. Burov N.E. (2012) Nesteroidnyie protivovospalitelnyie preparaty kak komponent kompleksnoy terapii boli. Fokus na nimesulid [Nonsteroid antiinflammatory medicines as component of complex therapy of pain. Focus on Nimesulide]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*, 36, URL: [www.rmj.ru/numbers\\_616.htm](http://www.rmj.ru/numbers_616.htm) (in Russian).
2. Suprun E.V., Piminov A.F., Kuznetsova V.M., Okley D.V. (2014) Bol' v spine: sovremennyye podhody k lecheniyu [Dorsodynia: the modern approaches to treatment]. *Ezhenedel'nik Apteka*, 929, (8), URL: [www.apteka.ua/article/278176](http://www.apteka.ua/article/278176) (in Russian).
3. Manchikanti L., Singh V., Datta S. et al. (2009) Comprehensive review of epidemiology, scope, and impact of spinal pain. *Pain Physician*, 12, (4), E35-70 (in English).
4. Dagenais S. (2008) A systematic review of low back pain cost of illness studies in the United States and internationally. *Spine J.*, 8, (1), 8-20 (in English).
5. Chou R., Qaseem A., Snow V. et al. (2007) Diagnosis and treatment of low back pain: a joint clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. *Ann. Intern. Med.*, 147, 478-491 (in English).
6. Assandri A., Canali S., Giachetti C. (1993) Local tolerability and pharmacokinetic profile of a new transdermal delivery system, diclofenac hydroxyethylpyrrolidine plaster. *Drugs Exp. Clin. Res.*, 19, (3), 89-95 (in English).
7. Arkusha A.A. (1982) Issledovaniye strukturno-mekhanicheskikh kharakteristik mazey s tsel'yu opredeleniya optimal'nogo konsistentsii [Research of structural mechanical characteristics of ointments for the purpose of definition of an optimum of a consistence] *Dis. kand. farm. nauk, Harkov* (in Russian).
8. Arkusha A.A., Pertsev I.M. (1983) Otsenka i monitoring konsistentsii mazey s ispol'zovaniyem reogramm [Assessment and monitoring of a consistence of ointments with use of rheograms]. *Informatsionnoe pismo, K., RTsNMI MZ USSR, vyip. 10 po probleme «Farmatsiya»* (in Russian).

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ НАТРИЯ ДИКЛОФЕНАК

ТАРАСЕНКО Г. В., ЛЕЛЕКА Т. О.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Исследовать структурно-механические свойства гелей на гидрофильной основе, содержащих натрия диклофенак, для определения реологических оптимумов консистенции и подтверждения структурированности системы с имеющейся тиксотропностью.

**Методика.** Структурно-механические свойства опытных образцов изучали с помощью реометра Brookfield DV-III Ultra (фирмы «Brookfield Engineering Laboratories», США) оборудованного шпинделем - конус-плита.

**Результаты.** В результате исследований реологических свойств гелей на гидрофильной основе, содержащих натрия диклофенак, установлено влияние состава вспомогательных веществ на структурно-механические и тиксотропные свойства дисперсных систем.

**Научная новизна.** Исследованы и сравнено влияние гидрофобных вспомогательных веществ на структурно-механические свойства гелей на гидрофильной основе, получено реограммы течения и зависимости структурной вязкости от градиента скорости сдвига, а также изучены реологические оптимумы консистенции исследовательских гелей.

**Практическая значимость.** Полученные результаты позволяют подтвердить, что введение в состав гелей на гидрофильной основе эмульгаторов гидроксипропилметилцеллюлозы и каприлокапроилполиоксиглицерида приводит к получению механически стабильных дисперсных систем, имеющих неньютоновской тип течения с пластическими и тиксотропными свойствами.

**Ключевые слова:** *натрия диклофенак, гель, вспомогательные вещества, напряжение смещения, структурная вязкость, скорость сдвига, реограммы течения, тиксотропность.*

## RESEARCH OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF GELS CONTAINING SODIUM DICLOFENAC

TARASENKO H., LELEKA T.

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose.** To investigate structural and mechanical properties of the gels on a hydrophilic basis containing sodium diclofenac for definition of rheological optimum of a consistence and confirmation of structure of system with the available thixotropy.

**Methods.** Structural and mechanical properties of test samples were studied by reometr of Brookfield DV-III Ultra ("Brookfield Engineering Laboratories", USA) equipped with a spindle - a cone-plate.

**Results.** As a result of researches of rheological properties of gels on a hydrophilic basis containing sodium diclofenac influence of composition of excipients on structural, mechanical and thixotropic properties of disperse systems are established.

**Scientific novelty.** The influence of hydrophobic excipients on structural and mechanical properties of gels on a hydrophilic basis, is researched and compared, it is received rheogram of a flow and dependence of structural viscosity on a shift speed gradient, and also rheological optimum of a consistence of examined gels is studied.

**Practical importance.** Received results allow to confirm that introduction of emulsifiers of a hydroxypropyl methylcellulose and a caprile kaproyl polyoksy hlytseryd to composition of gels on a hydrophilic basis leads to receiving mechanically stable disperse systems having non-Newtonian current type with plastic and thixotropic properties.

**Keywords:** *sodium diclofenac, gel, excipients, shift tension, structural viscosity, speed of shift, current rheogram, thixotropy.*

УДК 621.039.637

ЧЕРНИШ О.В., ХОМЕНКО В.Г., БАРСУКОВ В.З.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ВПЛИВ МОРФОЛОГІЇ ПОВЕРХНІ АЛЮМІНІЄВОГО  
СТРУМОВІДВОДУ НА АДГЕЗІЮ ЕЛЕКТРОДНОГО  
МАТЕРІАЛУ І ОПІР ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО  
КОНДЕНСАТОРА**

**Мета.** Робота присвячується вивченню адгезії активного матеріалу електродів до алюмінієвого струмовідводу різної морфології, а також впливу струмовідводу на внутрішній опір електрохімічних конденсаторів.

**Методика.** Адгезію оцінювали за зусиллям відриву електродної композиції від металевого струмовідводу. Внутрішній опір конденсаторів визначали імпедансним методом.

**Результати.** У роботі досліджений вплив поверхні алюмінієвого струмовідводу на адгезію активного матеріалу, котрий був нанесений за допомогою екологічно дружньої технології виготовлення електродів на основі водорозчинного зв'язувального матеріалу, а саме карбоксиметилцелюлози в поєднанні з бутадієн-стирольним каучуком. Експериментально встановлено, що алюмінієва фольга з розвинутою поверхнею дозволяє значно покращити адгезію активного матеріалу до струмовідводу, а також зменшити внутрішній опір електрохімічного конденсатора

**Наукова новизна.** Запропонований новий екологічно-дружній та недорогий метод виготовлення електродів електрохімічних конденсаторів, що мають високу адгезію активного шару до струмовідводу та низький перехідний контактний опір.

**Практична значимість.** Отримані результати дозволяють суттєво покращити електричні характеристики електрохімічних конденсаторів та покращити екологічність їх виготовлення.

**Ключові слова:** електрохімічний конденсатор, електрод, адгезія, колектор струму, внутрішній опір.

**Вступ.** Електрохімічні конденсатори, які ще називають іоністорами та суперконденсаторами (СК), протягом останніх десятиліть пройшли шлях від лабораторних досліджень, розробки та випуску перших прототипів до комерційного виробництва як в Україні, так і за кордоном [1, 2]. Унікальні експлуатаційні характеристики СК, а саме їх висока потужність, дозволили СК зайняти частку ринку автономних джерел електроживлення. Якщо початок експлуатації СК був пов'язаний суто з військовою технікою та космічними технологіями, то зараз вони широко використовуються у радіотехніці, автомобілебудуванні, медичній апаратурі тощо [3] Розвиток альтернативних джерел живлення стимулює розробку в першу чергу саме СК, тому що ці джерела струму дозволяють створити компактні енерго-генеруючі пристрої, які можна багаторазово перезаряджати за дуже короткий проміжок часу (секунди) в широкому діапазоні температур. Важливою умовою подальшого розширення ринку СК є їх дешевизна і стабільність характеристик. Це прямо пов'язано з технологією виготовлення електродів СК. Тим часом роботи у сфері розробки нових технологій виробництва електродів СК істотно відстають від досягнень у розробці самих СК. Основні наукові дослідження останніх років в області СК пов'язані із розробкою нових електрохімічних систем, електродних матеріалів і електролітів. Менша увага приділена вдосконаленню технології поєднання активного матеріалу і струмовідводу. Ще менше науково-дослідницьких робіт присвячено розробці екологічно

безпечних технологій виробництва СК, хоча розвиток саме цих двох складових дозволяє забезпечити високі електричні характеристики СК і суттєво зменшити собівартість їх виробництва.

**Методологія дослідження.** Електрохімічні властивості електродів СК залежать не тільки від їх складу, але і від структури та адгезії активного шару до струмовідводу. Висока адгезія активного шару безумовно є однією із найважливіших характеристик електродів СК. На адгезію впливають реологічні властивості адгезиву, чистота та вид контактуючої поверхні, тривалість контактування адгезиву та субстрату, їхня температура, тиск при контакті і природа та кількість полімеру, що застосовується у якості зв'язувального матеріалу. Особливу увагу потрібно приділити природі струмовідводу електрода. В якості металевих струмовідводів СК традиційно використовують високочисту (понад 99,995%) алюмінієву фольгу товщиною 10-30 мкм [4]. У роботі були виготовлені електроди з використанням комерційних зразків алюмінієвої фольги, що рекомендовані до застосування в літій-іонних акумуляторах (ЛІА) та СК. Для порівняння адгезійних та електричних характеристик були обрані чотири види алюмінієвих колекторів струму, а саме фольги виробництва компаній *Hohsen Co.* (а), *Kawatake Electronics Co.* (б), фольга для ЛІА з попередньо нанесеним електропровідним вуглець-полімерним шаром, що отримана від фірми *MTI Co.* (с), а також аналог такого композитного струмовідводу, виготовлений шляхом нанесення водневої дисперсії графіту *LOCTITE DAG 1050 E&C* на алюмінієву фольгу від фірми *Henken* (д). Вибір графітової дисперсії *LOCTITE DAG 1050 E&C* був обумовлений тим, що компанія *Henken* рекомендує цей продукт для виробництва електродів літій-іонних акумуляторів та електрохімічних конденсаторів. Метою роботи було визначення впливу морфології і поверхні струмовідводу на характеристики СК.

**Результати дослідження.** За методикою, що широко використовується у виробництві ЛІА та СК [1-4], була виготовлена вуглець-полімерна електродна суміш, яка у подальшому з однаковою товщиною наносилася на різні типи алюмінієвої фольги. Схематичний процес виготовлення електродів показаний на (рис.1).

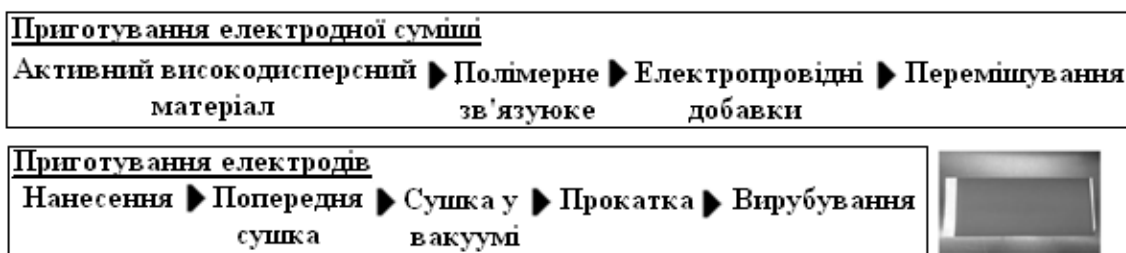
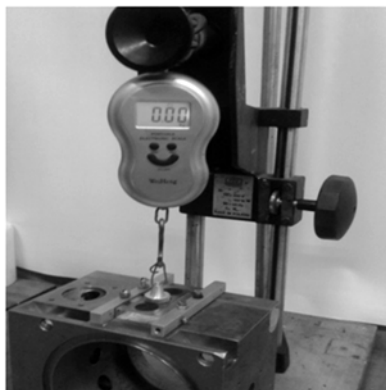


Рис.1. Схеми виготовлення електродів СК

Адгезію активного матеріалу кількісно визначали за допомогою методів, які ґрунтуються на вимірі зусилля відриву активного шару електрода від струмовідводу. Зокрема для оцінки адгезійної міцності використовували метод прямого відриву [5], для реалізації якого був виготовлений нескладний пристрій, показаний на (рис.2).

Пристрій складався з нерухомої платформи, до якої закріплювався за допомогою двохстороннього скотчу досліджуваний зразок зі сторони металу, а також рухомого циліндра, який був приєднаний до електронного динамометра.



**Рис. 2. Пристрій для дослідження адгезійних властивостей електродів СК**

Цей рухомий циліндр з'єднувався з поверхнею активного шару електрода також за допомогою двохстороннього скотчу. В процесі дослідження динамометр разом з циліндром повільно піднімали вгору і фіксували зусилля відриву електродної маси від металевого струмовідводу. Для проведення досліджень на розробленій експериментальній установці обрано електродний композиційний матеріал, що складався з активованого вугілля “Norit DLC Supra 50” від фірми “Norit” (Нідерланди) та комбінованого водорозчинного зв'язувального матеріалу. Використання водорозчинного зв'язувального матеріалу, а саме карбоксиметилцелюлози в поєднанні з бутадієн-стирольним каучуком, дозволило нам розробити екологічно безпечний метод виготовлення електродів СК [6]. Результати оцінки адгезійної міцності виготовлених електродів та опору СК наведені в таблиці.

Як видно з таблиці, найкращі показники адгезії (зусилля відриву) має зразок фольги від компанії *Kawatake Electronics Co.* (Японія) та зразок з вуглець-полімерним шаром від компанії *MTI Co.* (США), хоча останній демонструє досить високій опір в складі готового СК. Зразок з вуглецевим шаром на основі *LOCTITE DAG1050 E&C* демонструє одночасно досить низьку адгезію і найбільший опір в складі СК. Це вказує на те, що полімер, який використовується фірмою *LOCTITE DAG1050 E&C*, має гіршу адгезію до фольги від компанії *Henken*, ніж запропонований нами зв'язувальний матеріал.

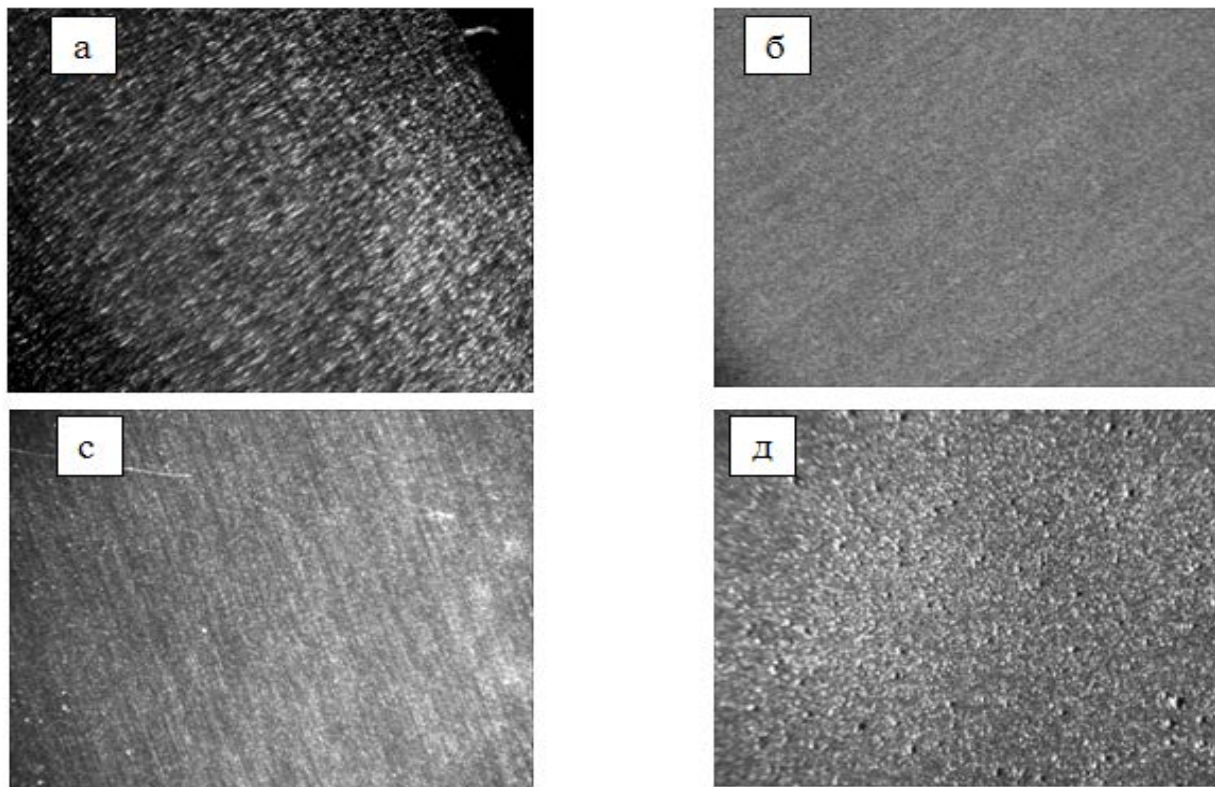
Таблиця

**Характеристики електродів та СК на основі різних типів металевої фольги**

Шифр	Алюмінієва фольга (виробник)	Зусилля відриву, Н/м <sup>2</sup>	Опір СК, Ом
(а)	Фольга від <i>Hohsen Co.</i> (Японія)	3381	1,43
(б)	Фольга від <i>Kawatake Electronics Co.</i> (Японія)	4704	1,15
(с)	Фольга від <i>MTI Co.</i> з вуглець-полімерним шаром (США)	4116	4,31
(д)	Фольга від <i>Henken</i> з графітовим шаром <i>LOCTITE DAG1050 E&amp;C</i>	1744	5,12

Таким чином, найкращі результати згідно з даними таблиці демонструє фольга від Kawatake Electronics Co. (Японія).

Нами встановлено, що основними критеріями, що впливають на силу адгезії, є поверхня і форма рельєфу поверхні алюмінієвої фольги. Чим більш розвинена поверхня і неоднорідний рельєф, тим кращий контакт активної маси електрода з металевою поверхнею. Зовнішній вигляд поверхні зразків струмовідводу показаний на (рис.3).



**Рис.3. Поверхневий рельєф різних типів Al фольги при збільшенні у 4 рази:**  
**а) Nohsen Co. (Японія), б) Kawatake Electronics Co. (Японія), с) MTI Co. (США),**  
**д) фольга від компанії Henken з графітовим шаром від LOCTITE DAG1050 E&C**

У відповідності до (рис. 3а), поверхня фольги від компанії Nohsen Co. має характерні борозни від прокатки, які виникають під час її виготовлення. Інший вигляд має поверхня фольги від компанії Kawatake Electronics Co (рис. 3б). Фольга має дрібнозернистий рельєф, що значно збільшує площу контакту активного матеріалу з струмовідводом. Такий профіль досягнутий за рахунок цілеспрямованої обробки поверхні алюмінієвої фольги виробником.

Фольга від фірми MTI Co. (США) з попередньо-нанесеним вуглець-полімерним шаром (рис. 3с) також має досить розвинену поверхню, що позитивно впливає на адгезію активного матеріалу до струмовідводу (табл.).

Дослідження електричних властивостей СК (і зокрема – внутрішнього опору СК) на основі різних струмовідводів були виконані методом електрохімічної імпеданс-спектроскопії в діапазоні частот  $10^{-3}$ –  $200 \cdot 10^3$  Гц за допомогою вимірювального комплексу “VMP-3” фірми “Bio-Logic SAS” (Великобританія). Вимірювання здійснювалися в двох-електродних електрохімічних комірках в електроліті, що містив  $1M (C_2H_5)_4NBF_4$  в ацетонітрилі.

На (рис.4) показана зміна імпедансу СК у випадку застосування в якості струмовідводу фольги від фірм Hohsen Co. та Kawatake Electronics Co. Як видно із (рис.4), модифікація і збільшення питомої поверхні струмовідводу (фольга від фірми Kawatake Electronics Co.) суттєво зменшує внутрішній опір конденсатора у порівнянні з СК на основі необробленої (гладкої) поверхні фольги від фірми Hohsen Co.

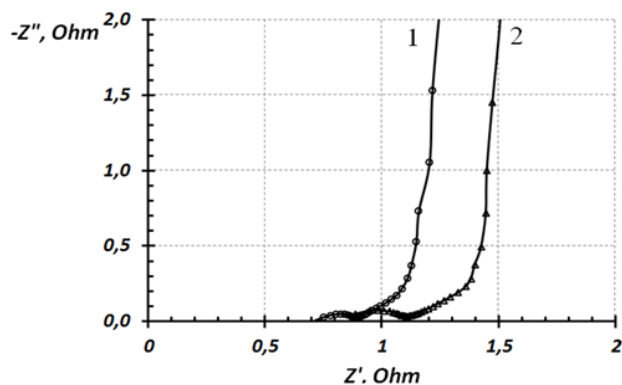


Рис.4. Зміна імпедансу СК від типу струмовідводу (крива 1 - фольга фірми Kawatake Electronics Co.; крива 2 – фольга фірми Hohsen Co.)

Також згідно проведених досліджень було показано, що попереднє нанесення електропровідного полімер-вуглецевого шару не завжди дозволяє покращити електричні характеристики СК. Як видно із таблиці, електропровідний полімер-вуглецевий шар в варіантах (с), (д), що нанесений на алюмінієвий струмовідвід, навпаки суттєво збільшує внутрішній опір конденсатора у порівнянні з електродами на основі модифікованої фольги від компанії Kawatake Electronics Co., яка не має такого шару. Це можна пояснити присутністю великої кількості полімеру у попередньо-нанесеному шарі (с) та недостатньому зчепленню у варіанті (д), що призводить до блокування кінетики заряду-розряду активного матеріалу СК.

**Висновки.** Вибір алюмінієвого струмовідводу з дрібнозернистим рельєфом (наприклад, фольга від фірми Kawatake Electronics Co.) дозволяє значно (приблизно на 40%) покращити адгезію електродного шару за рахунок збільшення ефективної поверхні контакту, а також зменшити на 20% внутрішній опір електрохімічного конденсатора (по відношенню до струмовідводу від фірми Hohsen Co., який часто вважають за «стандартний»).

Запропонована екологічно-дружня технологія виготовлення електродів на основі водорозчинного зв'язувального матеріалу (карбоксиметилцелюлоза в поєднанні з бутадієн-стирольним каучуком) має значний прикладний потенціал.

#### Список використаної літератури

1. Малетін Ю. Суперконденсатори – накопичувачі електричної енергії з використанням нанорозмірних вуглецевих матеріалів / Малетін Ю., Стрижакова Н., Зелінський С., та ін. // Вісник НАН України. – 2011. – №12. – С. 23-29.

2. Бухаров В.А. Углеродный материал из растительного сырья для электродов суперконденсаторов/ Бухаров В.А., Ковалюк З.Д., Нетьяга В.В., Юрценюк С.П. //Электрохимическая энергетика. –2008. – Т.8. –№ 2. – С. 111-114.
3. Burke A. Ultracapacitors: why, how, and where is the technology? / A. Burke. //Journal of Power Sources. – 2000. - №. 91. – P. 37–50.
4. Пат. RU 2381586 Электрод и коллектор тока для электрохимического конденсатора с двойным электрическим слоем и формируемый с ними электрохимический конденсатор с двойным электрическим флюем / Недошивин В.П., Степанов А.Б., Варакин И.Н., Разумов С.Н. - №2381586. заявл. 10.10.2000 ; опублік. 15.01.2002,
5. Берлин А.А. Основы адгезии полимеров/ Берлин А.А. , Басин В.Е. – М.: “Химия” – 1969. – 321 с
6. Maletin Yu. Carbon Based Electrochemical Double Layer Capacitors of Low Internal Resistance / Maletin Yurii, Strelko Volodymyr, Stryzhakova Natalia / Energy and Environment Research. – 2013. – Vol. 3. – №. 2. – P.156-165.

### References

1. Malyetin Yu., Stryzhakova N., Zelins'kyu S. Superkondensatory – nakopychuvachi elektrychnoyi enerhiyi z vykorystannyam nanorozmirnykh vuhletsevykh materialiv [Supercapacitors - storage device of electrical energy using a nanoscale carbon materials]. Visnyk NAN Ukrayiny, 2011, no.12, pp.23-29 [in Ukrainian].
2. Buharov V.A., Kovalyuk Z.D., Netyaga V.V., Yurtsenyuk S.P. Uglerodnyiy material iz rastitelnogo syiryia dlya elektrodov superkondensatorov [The carbon material of plant raw materials for supercapacitor electrodes] Elektrohimičeskaya energetika, 2008, no.2(8), pp.111-114 [in Russian].
3. Burke A. (2000). Ultracapacitors: why, how, and where is the technology? Journal of Power Sources, 91, 37-50 [in English].
4. . Nedoshivin V.P., Stepanov A.B., Varakin I.N., Razumov S.N. Elektrod i kollektor toka dlya elektrohimičeskogo kondensatora s dvoynym elektricheskim sloem i formiruemyiy s nimi elektrohimičeskiy kondensator s dvoynym elektricheskim sloem. [An electrode and a current collector for an electrochemical capacitor having an electric double layer formed with them and an electrochemical capacitor with a double electric layer]. Pat. RU 2381586, 2002, no.2381586 [in Russian].
5. Berlin A.A. , Basin V.E. Osnovi adgezii polimerov [Basics of polymers adhesion] Himiya, 1969, p.321.[in Russian].
6. Maletin Yu., Strelko V., Stryzhakova N. (2013). Carbon Based Electrochemical Double Layer Capacitors of Low Internal Resistance. Energy and Environment Research, 2(3),156-165 [in English].

### ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВОГО ТОКОТВОДА НА АДГЕЗИЮ ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА И СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО КОНДЕНСАТОРА

ЧЕРНИШ О.В., ХОМЕНКО В.Г., БАРСУКОВ В.З.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** В работе изучена величина адгезии активного материала электродов к алюминиевому токоотводу различной морфологии, а также влияние токоотвода на сопротивление электрохимических конденсаторов.

**Методика.** Адгезию оценивали по усилию отрыва электродной композиции от металлического токоотвода. Внутреннее сопротивление конденсаторов определяли импедансным методом.

**Результаты.** В работе исследовано влияние поверхности алюминиевого токоотвода на адгезию активного материала, который был нанесен с помощью экологически-дружественной технологии изготовления электродов на основе комплексного водорастворимого связующего материала (карбоксиметилцеллюлозы в сочетании с бутадиен-стирольным каучуком). Экспериментально показано, что алюминиевая фольга с развитой поверхностью позволяет значительно улучшить адгезию активного материала к токоотводу, а также снизить внутреннее сопротивление электрохимического конденсатора.

**Научная новизна.** Предложен новый экологически-дружественный и недорогой метод изготовления электродов электрохимических конденсаторов, который позволяет обеспечить высокую адгезию активного слоя к токоотводу и малое переходное контактное сопротивление.

**Практическая значимость.** Полученные результаты позволяют существенно улучшить электрические характеристики электрохимических конденсаторов и улучшить экологичность их изготовления.

**Ключевые слова:** электрохимический конденсатор, электрод, адгезия, коллектор тока, внутреннее сопротивление.

## **THE EFFECT OF SURFACE OF ALUMINUM CURRENT COLLECTOR ON ADHESION OF ELECTRODE MATERIAL OF ELECTROCHEMICAL CAPACITORS**

CHERNISH O.V., HOMENKO V.G., BARSUKOV V.Z.

*Kiev National University of Technologies and Design*

**Purpose.** The adhesion of the active material to the current collector, as well as internal resistance of electrochemical capacitors was investigated in the paper.

**Methods.** An adhesion was evaluated by peeling test, an internal resistance was measured using impedance technique.

**Findings.** Different Al current collectors have been tested and compared in order to improve adhesion of the active material and contact resistance. Using the Al current collectors with different morphology and extended surface gave possibility to improve adhesion and to reduce the contact resistance between the active layer and Al foil. The current work describes also some new approaches for low-cost electrode fabrication process using the water-based binder system based on Styrene-Butadiene Rubber (SBR) and Carboxymethyl cellulose (CMC).

**Originality.** A new environmentally friendly and low-cost method for manufacturing the electrodes of electrochemical capacitors has been proposed. The method has shown the possibilities to produce electrodes with a high adhesion of the active layer to the Al current collector of some morphology and also achieving the low contact resistance.

**Practical value.** The results allow us to improve the electrical characteristics of electrochemical capacitors and the technology of its production.

**Keywords:** *electrochemical capacitor, electrode, adhesion, current collector, internal resistance.*

УДК 677.014.5/6

ГЕЙЧУК О.В., ШЕВЧУК М.В., ПОЛОСУХІНА А.І.,  
САВЧЕНКО Б.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ НАПОВНЮВАЧІВ НА НЕТКАНИЙ МАТЕРІАЛ

**Мета.** Розробка методу одержання нетканих виробів методом "Meltblown" на основі поліпропілену (ПП) із різною концентрацією мінерального наповнювача.

**Методика.** Зразки нетканого матеріалу з композитних сумішей було отримано методом "Meltblown". Властивості одержаних зразків були досліджені на визначення реологічних характеристик - показника текучості розплаву (ПТР), механічних показників та морфологію, методом растрової електронної мікроскопії.

**Результати.** Показано можливість створення нетканих матеріалів на основі ПП з різними концентраціями мінерального наповнювача. Встановлено, що при введенні мінерального наповнювача межах від 5% до 10%, видовження при розриві зменшується межах від 30% до 18%. З введенням мінерального наповнювача середній діаметр волокон збільшується від 14,29  $\mu\text{m}$  до 22,72  $\mu\text{m}$ . Отримані результати можуть бути використані для подальшого дослідження фільтрувальних властивостей нетканого матеріалу.

**Наукова новизна.** Досліджено спосіб модифікації нетканих матеріалів, шляхом заміни органічної складової мінеральним наповнювачем, що сприяє покращенню екологічних властивостей кінцевого виробу і не змінює характеристик нетканого матеріалу.

**Практична значимість.** Отримані неткані матеріали з мінеральними наповнювачами можуть бути використані як фільтруючий матеріал для очистки води або повітря зі спеціальним ступенем чистоти.

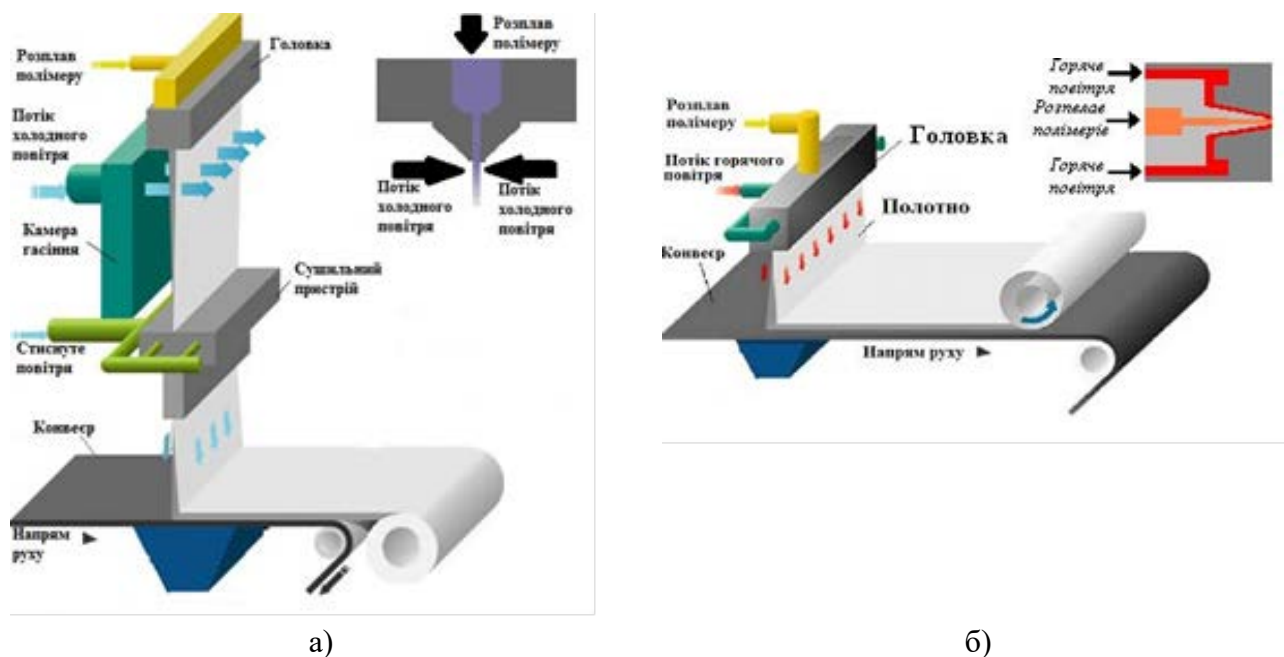
**Ключові слова:** метод аеродинамічного формування, неткані матеріали, мінеральні наповнювачі, кальцит.

**Вступ.** Неткані матеріали – це матеріали з сітчасто – волокнистою полімерною структурою, волокна з'єднані між собою під дією різних фізико-механічних чи фізико-хімічних процесів. Розуміння терміну "нетканний матеріал" виникло більш ніж півстоліття тому, коли неткані вироби розпочали використовувати в якості більш дешевої заміни традиційним текстильним матеріалам. В теперішній час неткані матеріали є найбільш важливою складовою текстильної промисловості, внаслідок значної функціональності, специфічних властивостей і легкості виробництва. Найбільшу популярність у промисловості займають неткані метріали виготовленні з поліолефінів.

Поліолефіни – це високомолекулярні сполуки, що утворюються під час полімеризації ненасичених вуглеводів. Найчастіше неткані матеріали виробляють з поліпропілену (ПП). Неткані вироби з поліпропілену є міцні, екологічно чисті і антиалергенними матеріалам. Пропускна здатність нетканих матеріалів, стійкість до корозії, міцність тонкого матеріалу, а також хімічна нейтральність, сприяє широкому використанню його у якості фільтрувальних матеріалів. Неткані ПП фільтрувальні вироби широко використовуються як у промислових цілях (очищення стоків підприємства і фільтрація викидів у атмосферу), так і в господарстві (очищення водопровідної води).

Існує безліч різних методів переробки пластмас в неткані вироби. Основною відзнакою всіх методів полягає у постобробці волокон, в залежності від потрібних

властивостей кінцевого матеріалу. Серед багатьох різновидів виробництва виділяють два найбільш поширених методи - “Spunbond” і “Meltblown”.



а) б)  
Рис. 1. Метод “Spunbond” (а) та метод “Meltblown” (б)

Метод “Spunbond” – це технологія виробництва нетканого матеріалу з розплаву полімеру фільтрним способом (рис. 1, а). Під час виробництва нетканих матеріалів розплав полімеру виділяється через фільтри у вигляді тонких безперервних волокон, які потім витягуються в повітряному потоці, вкладаючись на рухомий транспортер, утворюють полотно. Після формування волокна піддаються додатковій обробці – термосклеюванню.

Метод “Meltblown” – цей метод передбачає формування волокнистих полотен шляхом екструзії розплаву полімеру через отвір формуючої фільтри за допомогою потоку гарячого повітря (як правило, температура повітря і температура розплаву однакові), безпосередньо на транспортерну стрічку або на іншу прийомну поверхню (рис. 1, б). Метод “Meltblown” є одним з найсучасніших методів формування нетканих полотен. Цей процес є надзвичайно технологічним, і може бути використаний для майже всіх різновидів полімерів. Відмінністю технології “Meltblown” від “Spunbond” є те, що волокна при фільтрно-роздувному способі отримання нетканих матеріалів, після осадження на приймально-транспортувальну поверхню волокна самосклеюються за рахунок липкості гарячого полімеру, що виключає необхідність в додатковому скріпленні. Технологія “Meltblown” дозволяє отримувати неткані матеріали з найбільш тонкими волокнами і їх рівномірним розташуванням в полотні. Ці характеристики надають матеріалу високі фільтраційні і абсорбційні характеристики.

**Методика.** Динамічний розвиток нетканих матеріалів зумовлений широкою гаммою різновидів полімерів і їх модифікацій. Використання композитних сумішей є одним із можливих способів модифікації кінцевого полотна. Введення наповнювача в матрицю ПП полімеру стало можливим завдяки розвитку технології компандування.

Ведення мінерального наповнювача у полімерну основу нетканих виробів може бути здійснено способом модифікації волокон. Існує великий асортимент мінеральних наповнювачів: кальцид, тальк, цеоліт, діоксин титану та інші. Для виробництва нетканих матеріалів наповнювач повинен володіти високими дисперсними властивостями і містити мінімальну кількість великих частинок.

Метою роботи є розробка методу одержання нетканих виробів методом “Meltblown” на основі ПП із різною концентрацією мінерального наповнювача.

Для проведення дослідження використовувався ПП Nipolen P марки ТМ 2G, мікродисперсний концентрат кальцита (КК) “ТОВ НПК «РеалПакс»”, вироблений з Омуа Carb 1Т на основі ПП, та поліпропілен октен блоксополімер еластомер ExxonMobil Vistamaxx марки 6202.

**Результати та обговорення.** Для отримання зразків нетканих матеріалів було використано технологію “Meltblown”, що передбачає отримання нетканого матеріалу з використанням одношнекового екструдера ( $D = 25$  мм.,  $L/D = 32$ ), приймального барабану, повітряного компресору і калориферу (рис. 2).

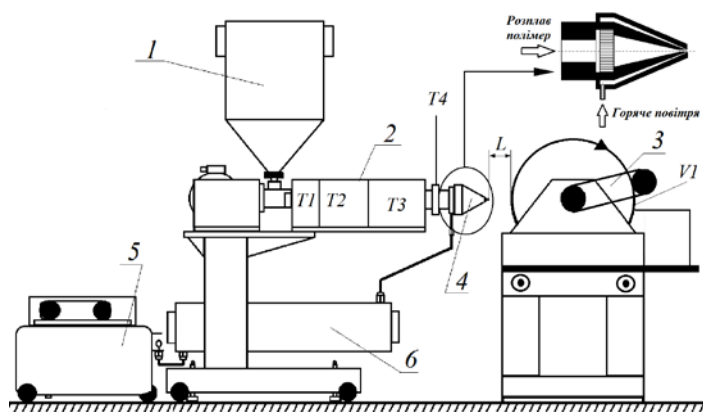


Рис. 2. Схема експериментальної установки: 1 – завантажувальний бак; 2 – одношнековий екструдер; 3 – приймальний барабан; 4 – експериментальна головка; 5 – компресор; 6 - теплообмінник

Спочатку полімерна композиція потрапляє в завантажувальний бак, далі поступає до екструдера. В екструдері розплав полімеру нагрівається до  $300$  °С і відбувається розклад ПП. Стисле повітря потрапляє з компресора в калорифер, нагрівається до  $220$  °С і подається в головку. В головці, завдяки ефекту Вентурі, стисле повітря видуває розплав з фільтри на приймальний барабан. Конструкція сопла утворює ламінарний потік стислого повітря, в якому розплав прискорюється і розтягується перетворюючись у дуже тонке волокно. Завдяки руху барабану, від краю до краю, вздовж і поперек, вдається напилити нетканий матеріал рівномірним шаром на всю поверхню барабану.

Перед проведенням досліджень було визначено масову продуктивність установки (А), при заданих технологічних параметрах, що полягає у вимірюванні часу проходження відомої кількості полімеру через експериментальну установку, яка складає  $1$  кг/год. Для підрахунку різниці маси полімеру на виході, між головкою екструдера і приймальним барабаном, було встановлено приймальну решітку, що дозволило встановити виробничу спроможність та отримати експериментальні зразки з заданою щільністю –  $700$  г/м<sup>2</sup>.

В дослідній установці використано екструдер довжиною шнека (L/D 32), що дозволяє подовжити час перебування розплаву в екструдері, для здійснення керованої деструкції ПП у композитній суміші. В процесі досліджень були встановлені раціональні параметри технологічного процесу експериментальної лінії одержанням нетканих матеріалів (таб. 1).

Таблиця 1

**Технологічні параметри експериментальної лінії**

Параметри	A	Vш.	V1	Частота роботи	T1	T2	T3	T4
	кг/год	Об/хв	Об/хв	Гц	°C	°C	°C	°C
Технічні характеристики	1	1 - 50	5 - 100	0 - 8	200 - 400	200 - 400	200 - 400	180 - 400
Експериментальні дані	0,9	3 - 5	45	1 - 2	215-225	320	365	239 - 250
Параметри	Tпов.	Dф.	Dгол,	Витрати повітря	L	Rпов,	Фрікції в хв	
	°C	см	см	л/хв	M	Па		
Технічні характеристики	170-300	0,5 - 10	3 - 10	1 - 100	0 - 2	0 - 6	1 - 50	
Експериментальні дані	220	1,0	4,5	20 - 35	0,25	2,5	10 - 20	

Результати механічних властивостей при розтязі в поперечному і повздожньому напрямку були одержані на розрівній машині марки 2167 P-50, з датчиком максимального зусилля в 5 кг, згідно ГОСТ 14236-81. При розрахунку здатності матеріалу на розтяг було прийнято максимальні значення сили, до розриву зразків (таб. 2).

Таблиця 2

**Показники міцності експериментальних зразків**

Назва зразків	Повздожній напрям		Поперечні напрям	
	Міцність при розриві	Видовження при розриві	Міцність при розриві	Видовження при розриві
	мПа	%	мПа	%
ПП	4,00	30,00	3,30	22,00
Vistamaxx 20%	4,20	68,00	4,00	54,00
КК 5%	5,00	30,00	4,50	20,00
КК 10%	4,50	26,00	4,10	17,00
КК 20%	3,30	18,00	3,40	13,00
КК 5% + Vistamaxx 2%	5,30	56,00	4,70	40,00
КК 10% + Vistamaxx 2%	4,90	40,00	4,30	31,00

Досліджено зміну показників ПТР до і після екструзії (таб. 3). Для методу аеродинамічного формування необхідно ПП з високим показником текучості розплаву.

Збільшення ПТР вдалося досягти в процесі екструзії завдяки конструктивним особливостям екструдера (L/D 32) і використання високих температурних режимів.

В процесі досліджень, було встановлено, що введення КК зменшує ПТР зразків нетканих матеріалів та надає шороховату поверхню волокнам нетканого матеріалу, що є доцільним для застосування в якості фільтраційних матеріалів, збільшуючи питому поверхню фільтрувального матеріалу.

КК також стабілізує процес екструзії, завдяки тому, що у його складі є стеарат кальцію, який виступає у ролі стабілізатора [2].

Таблиця 3

**Реологічні характеристики експериментальних зразків**

Назва зразків	ПТР до екструзії	ПТР після екструзії
ПП	18,00	67,00
Vistamaxx 20%	24,00	74,00
КК 5%	19,00	64,00
КК 10%	21,00	61,00
КК 20%	25,00	54,00
КК 5% + Vistamaxx 2%	21,00	71,00
КК 10% + Vistamaxx 2%	22,00	74,00

У ході роботи був проведений експеримент впливу наповнювача на полімерну основу, методом штучного температурного зістарювання матеріалу, під час якого зразки нетканих матеріалів були витримані в сушарній шафі, при температурі 100 °С, на протязі 2 тижнів (336 год). В результаті чого, було встановлено, що у зразка чистого ПП видовження при розтязі зменшилось на 30 %, а у зразків із вмістом КК зменшилось на 60% (таб. 4). Це зумовлено тим, що концентрат кальцида є природним осадковим матеріалом, тому він прискорює розклад поліпропіленової основи під дією ультрафіолетового світла та тепла, а також дозволяє швидко розвиватися мікроорганізмам під час процесу компостування [3].

Таблиця 4

**Показники міцності експериментальних зразків після термообробки**

Назва зразків	Повздожній напрям		Поперечні напрям	
	Міцність при розриві	Видовження при розриві	Міцність при розриві	Видовження при розриві
	МПа	%	МПа	%
ПП	3,80	22,00	2,30	15,00
КК 5%	2,60	16,00	2,70	11,00
КК 10%	1,80	5,00	1,70	7,00

Поверхню волокна нетканового матеріалу з вмістом КК було модифіковано використанням Vistamaxx, передбачало покращення еластичних властивостей нетканого

виробу, завдяки покращенню сумісності полімерної матриці ПП і наповнювача КК [2]. Отримані дослідні зразки нетканого матеріалу з додаванням 2% Vistamaxx відзначаються покращеними механічними показниками (таб. 2)

Морфологія поверхні нетканих матеріалів була досліджена методом растрової електронної мікроскопії на скануючому електронному мікроскопі марки VEGA 3 TESCAN. Аналіз зображень дослідних зразків проведено в новітній цифровій аналітичній програмі «ImageJ2.1.5.0», що надає можливість значно заощадити час на обробку зображень, та визначити діаметр волокон (таб. 5) і розмір пор (таб. 6).

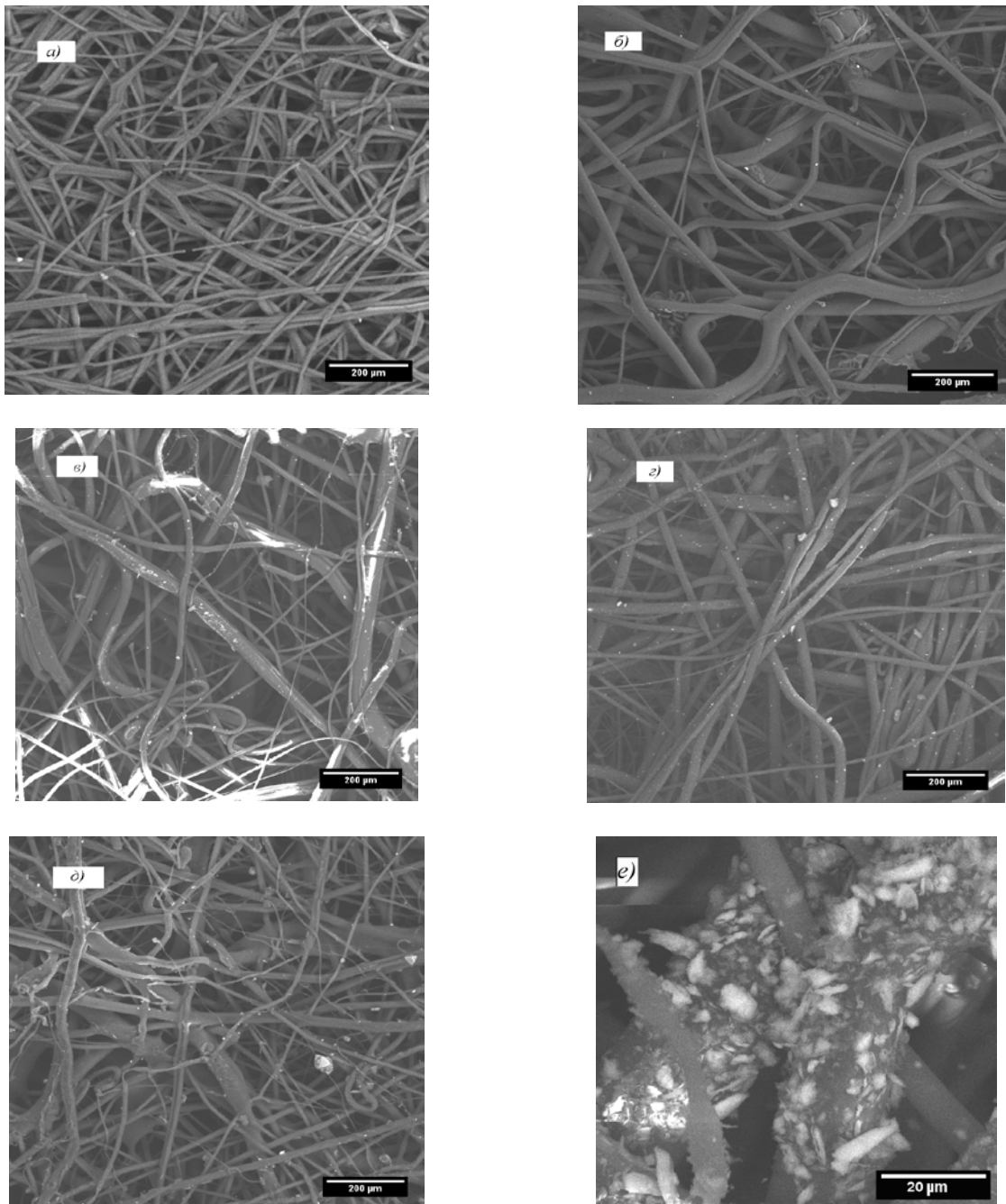


Рис. 3. а – ПП; б – Vistamaxx 20%; в – КК 5%; г – КК 10%; д – КК 20%; е – збільшені КК частинки на поверхні елементарних волокон

Таблиця 5

**Показники діаметру волокон експериментальних зразків**

Назва зразків	Кількість волокон	Середній діаметр	Медіана	Стандартне відхилення	Загальний	Мін.	Макс.
		µm	µm	δ	µm	µm	µm
ПП	80,00	14,29	13,41	3,44	1143,22	5,66	24,05
Vistamaxx 20%	80,00	23,09	23,16	8,45	1847,01	7,45	44,75
КК 5%	80,00	16,25	14,67	7,68	1300,10	6,32	39,47
КК 10%	80,00	22,72	21,64	7,69	1814,59	7,94	39,79
КК 20%	80,00	18,55	18,23	6,39	2990,23	8,43	33,47
КК 5% + Vistamaxx 2%	80,00	15,78	14,36	7,68	1262,40	6,08	39,12
КК 10% + Vistamaxx 2%	80,00	20,36	20,68	7,69	1628,81	7,26	39,15

Таблиця 6

**Показники між волоконних пор експериментальних зразків**

Назва зразків	Кількість пор	Середня площа	Мін. площа	Макс. площа	Відсоток пор	Середнє квадратичне відхилення
		(µm <sup>2</sup> )	(µm <sup>2</sup> )	(µm <sup>2</sup> )		(µm <sup>2</sup> )
ПП	335,00	1175,22	21,34	16401,78	0,50	1643,25
Vistamaxx 20%	107,00	1759,86	12,00	12382,00	0,51	2799,31
КК 5%	222,00	1738,66	21,32	18762,67	0,43	2928,44
КК 10%	123,00	2271,32	21,30	35980,44	0,51	4351,93
КК 20%	160,00	1166,65	12,00	10131,00	0,53	1839,36
КК 5% + Vistamaxx 2%	246,00	1868,52	23,20	18912,52	0,48	2689,39
КК 10% + Vistamaxx 2%	158,00	2582,73	22,14	25324,36	0,53	3532,58

В результаті проведених досліджень, встановлено, що кальцит впливає на морфологічні характеристики матеріалу, виступаючи у ролі розпушувача поверхні волокон, утворюючи на поверхні елементарних волокон голкові або зіркові структури (рис. 3.г), які при фільтрації можуть затримувати додаткові частинки забруднювача.

Порівняно з чистим поліпропіленом для зразків модифікованих різними концентраціями КК спостерігається планомірне збільшення середнього діаметру волокна від 14,29 µm до 22,72 µm, що ймовірно пов'язано з зміною характеру течії розплаву у фільтрі, а також в процесі орієнтації розплаву під час аеродинамічного формування "Meltblown". З

літературних даних відомо, що характер течії композитів порівняно з розплавами елементарної сумішшю змінюється з параболічного до більш пробкоподібного [1].

**Висновки.** Проведено експериментальні дослідження нетканого матеріалу з різним вмістом мінеральних наповнювачів. За результатом дослідження встановлено, що введення до складу нетканого матеріалу мінеральних наповнювачів, різної концентрації, не призводить до різкої зміни механічних властивостей нетканого матеріалу. Мінеральний наповнювач впливає на розгалуження волокон у матеріалі, що може впливати на фільтруючу спроможність матеріалу. При введенні мінерального наповнювача видовження при розтязі зменшується до 12%. Ведення наповнювача поліпропілену октену блоксополімеру в систему ПП/КК призводить до збільшення міцності при розтягті нетканей матеріалів від 54% до 64%, що зумовлено пластифікуючими властивостями Vistamaxx на ПП. Введенням мінерального наповнювача збільшує розмір середнього діаметру волокна нетканого матеріалу від 14,29  $\mu\text{m}$  до 22,72  $\mu\text{m}$ , що покращує фільтраційні властивості нетканих виробів. Заміна органічної полімерної основи на мінеральну прискорює процес розпаду нетканого матеріалу у навколишньому середовищі. Отримані результати можуть бути використані для подальшого дослідження фільтрувальних властивостей нетканого матеріалу з мінеральними наповнювачами.

#### Список використаної літератури

1. В.М. Шаповалов, Механіка елонгационно течения полимеров / В.М. Шаповалов – М.: ФИЗМАТЛИТ. - 2007 – С. 176.
2. L. C. Wadsworth, A Review of Melt Blowing Technology / L. C. Wadsworth, S. R. Malkan - INB Nonwovens – 1991 - №2 - P. 2 -31.
3. Das. D. Woodhead, Composite Nonwoven Materials: Structures, Properties and Applications / D. Das, B. Pourdeyhimi // Publishing Ltd., UK. - 2014 – P. 252.
4. Г. Л. Барабанов, Физико-механические способы производства нетканых материалов и валяно-войлочных изделий / Г.Л. Барабанов, Е.Н.Бершев, Г.П.Смирнов, Ю.Я.Тюменев - М.: Легпромбытиздат - 1994 - 118-119 с.

#### Reference

1. Shapovalov V.M. (2007). *Mehanika elongatsionnono techeniya polimerov* [Elongatsionnono flow mechanics of polymers]. (p. 176). Moscow: FIZMATLIT [in Russian].
2. Wadsworth L. C., Malkan S. R. (1991). *A Review of Melt Blowing Technology*. (pp. 2 -31) Schlieren-Zürich, Switzerland: INB Nonwovens. [in English]
3. Das D., Pourdeyhimi B. (2014). *Composite Nonwoven Materials: Structures, Properties and Applications*. (p. 252). Cambridge,UK: Woodhead Publishing Ltd. [in English]
4. Barabanov H.L., Bershev E.N., Smyrnov H.P., Tyumenev Yu.Ya. (1994). *Fyzyko-mekhanicheskiye sposobi proyzvodstva netkanikh materyalov y valyalno-voylochnikh yzdelyy* [Physical and mechanical methods for the production of nonwovens and felting products]. (pp. 118 –119). Moscow: Lehprombtyzdat [in Russian].

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА НЕТКАНЫЙ МАТЕРИАЛ

ГЕЙЧУК А.В., ШЕВЧУК М.В., ПОЛОСУХИНА А.И., САВЧЕНКО Б.М.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка метода получения нетканых изделий методом "Meltblown" на основе полипропилена (ПП) с разной концентрацией минерального наполнителя.

**Методика.** Образцы нетканого материала из композитных смесей было получено методом "Meltblown", свойства полученных образцов были исследованы на определение реологических характеристик – показателя текучести расплава (ПТР), механических показателей и морфологию, методом растровой электронной микроскопии.

**Результаты.** Показана возможность создания нетканых материалов на основе ПП с различными концентрациями минерального наполнителя. Установлено, что при введении минерального наполнителя в пределах от 5% до 10%, удлинение при разрыве уменьшается в пределах с 30% до 18%. С введением минерального наполнителя средний диаметр волокон увеличивается от 14,29  $\mu\text{m}$  до 22,72  $\mu\text{m}$ . Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего исследования фильтровальных свойств нетканого материала.

**Научная новизна.** Исследована способ модификации нетканых материалов, путем замены органической составляющей минеральным наполнителем, способствует улучшению экологических свойств конечного продукта и не меняет характеристик нетканого материала.

**Практическая значимость.** Полученные нетканые материалы с минеральными наполнителями могут быть использованы в качестве фильтрующего материала для очистки воды или воздуха со специальным степенью чистоты.

**Ключевые слова:** *метод аэродинамического формирования, нетканые материалы, минеральные наполнители, кальцит.*

## THE INFLUENCE OF MINERAL FILLERS ON THE NON-WOVEN FABRIC

GEYCHUK O.V., SHEVCHUK M.V., POLOSUHINA A.I., SAVCHENKO B.M.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Develop a method for producing nonwoven articles by the method "Meltblown", based on polypropylene with the different concentrations of mineral filler.

**Methodology.** Samples of nonwoven composite blends were prepared by the method "Meltblown", properties of the resulting samples were examined for determining reologichnyh characteristics - melt flow index (MFI), mechanical properties and morphology by scanning electron microscopy.

**Findings.** The results demonstrated the possibility of creating non-woven materials based on PP with various concentrations of a mineral filler was found that the introduction of the mineral filler ranges from 5% to 10%, the elongation at break is reduced within from 30% to 18%. With the introduction of the mineral filler average fiber diameter is increased from 14,29  $\mu\text{m}$  to 22,72  $\mu\text{m}$ , results can be used to further study the properties of the nonwoven filter material.

**Originality.** It was investigated the method of modification nonwovens by replacing the organic component of the mineral filler that improves environmental properties of the final product and does not change the characteristics of the nonwoven material.

**Practical value.** The resulting nonwovens with mineral fillers can be used as filter material for water treatment or air with special purity.

**Keywords:** *method of aerodynamic formation, nonwovens, mineral fillers, calcite.*

УДК 544.6:57

КИСЛОВА О.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ФЕРМЕНТАТИВНІ БІОСЕНСОРИ

**Мета.** Дати характеристику сучасних електрохімічних ферментативних біосенсорів різного типу дії, порівняти принципи їх роботи, переваги та недоліки, особливості застосування кожного типу біосенсорів, узагальнити методи підвищення їх селективності та чутливості, подальші перспективи розвитку.

**Методика.** Аналітичні методи порівняння принципів дії електрохімічних ферментативних біосенсорів різного типу.

**Результати.** Проведені дослідження показали переваги та недоліки ферментативних біосенсорів, особливості електрохімічних перетворень, що лежать в основі їх дії.

**Наукова новизна.** На основі дослідження електрохімічного механізму дії різних типів біосенсорів окреслено можливі напрямки подальшого їх вдосконалення.

**Практична значимість.** Узагальнено чинники, необхідні для створення високоефективних сучасних біоаналітичних приладів: вибір матеріалу електроду, підготовка ферменту, створення умов для підвищення чутливості приладів шляхом попереднього накопичення аналіту біля індикаторного електроду або на ньому; вдосконалення електрохімічних вимірів.

**Ключові слова:** біосенсори електрохімічні, ферментативні, потенціометричні, амперметричні, кондуктометричні.

**Вступ.** В останні десятиріччя інтенсивного розвитку набули біоелектронні аналітичні пристрої – біосенсори. Вони містять біологічний матеріал, що продукує або селективно реагує на досліджувану речовину, та генерують сигнал, пропорційний її концентрації [1,2]. Принцип дії більшості електрохімічних біосенсорів переважно заснований на реакціях ферментативного каталізу, які супроводжуються виділенням або поглинанням електронів. У цьому випадку субстрат або продукт ферментативної реакції здатні швидко і переважно оборотно окиснюватись або відновлюватись на електроді при накладенні на нього відповідного потенціалу [2-4].

Біосенсори дозволяють отримувати і переробляти експрес-інформацію про хімічний склад тих чи інших об'єктів, здатні підвищувати якість контролю технологічних процесів та стану навколишнього середовища, точність медичних аналізів, здійснювати оцінку складу харчових продуктів [3-5].

**Постановка завдання.** Охарактеризувати електрохімічні ферментативні біосенсори різних типів дії, порівняти принципи їх роботи, переваги та недоліки, узагальнити шляхи вдосконалення.

**Результати дослідження.** Загальний принцип роботи ферментативних біосенсорів полягає в наступному: досліджувана речовина дифундує через напівпроникну мембрану в тонкий шар біокаталізатору, де відбувається ферментативна реакція, характер якої загалом залежить від природи ферменту та типу його каталітичної дії. Найчастіше для конструювання біосенсорів використовуються ферменти класу оксидоредуктаз, гідролаз, трансфераз. Оскільки нативний фермент здатний зберігати свої властивості тільки протягом короткого періоду часу, використовують так звані іммобілізовані ферменти, які або

закріплені на поверхні адсорбентів (силікагель, вугілля або целюлоза), або введені в плівку пористого полімеру, або ковалентно прив'язані до підкладки [6]. Це значно підвищує стабільність ферменту, запобігає зниженню каталітичної активності та дає змогу використовувати його повторно.

Складовими частинами біосенсорів є наступні компоненти:

1) селективний біологічний матеріал, який високо специфічно пов'язаний з досліджуванним компонентом. Це мікроорганізми, бактерії, тканини, живі клітини, органели, клітинні рецептори, ферменти, антитіла, нуклеїнові кислоти;

2) фізико-хімічні перетворювачі сигналів, що виникають в результаті взаємодії аналіту з біоселективним елементом, в інший сигнал, який вимірюють з використанням оптичних, п'єзоелектричних, електрохімічних, термічних та інших методів детекції;

3) сучасні електронні системи посилення, відтворення та реєстрації сигналу [1,6].

Комбінація багатоманітних видів біологічного матеріалу з різними типами фізико-хімічних перетворювачів сигналів призводить до утворення значної кількості біосенсорів, більшість з яких орієнтована на аналіз біологічних рідин [1].

Найбільшого поширення набули електрохімічні методи вимірювання сигналу, основу яких складають процеси переносу заряду на межі розділу фаз [2]. Цим електрохімічні методи принципово відрізняються від оптичних - флюорометричного, фотометричного, де сигнал обумовлений змінами, що відбуваються в об'ємі розчину. При цьому оптичні та електрохімічні методи можуть вирішувати одні й ті ж завдання. Наприклад, можна реєструвати зміну окисно-відновних властивостей розчину фотометричним методом, використовуючи кольорові редокс-індикатори, або за допомогою спеціального редокс-електроду [6, 7].

Електрохімічний біосенсор складається з трьох електродів: робочого, електроду порівняння і допоміжного. На поверхню робочого електроду наносять біологічний матеріал, який специфічно вступає в реакцію з аналітом [8]. Заряджені продукти реакції створюють на робочому електроді потенціал, значення якого віднімається від потенціалу на електроді порівняння для отримання вихідного сигналу [1].

Ферментативний каталіз забезпечує біоселективними можливостями основну масу сучасних біосенсорів. Поєднання ферментативно-каталітичних і електрохімічних реакцій, що відбуваються на занурених у розчин електроліту електропровідних матеріалах, і супроводжуються виділенням або поглинанням електронів, дозволило розробити багато біосенсорів, зокрема для визначення глюкози, амінокислот, молочного цукру, пірувату, сечовини та інших метаболітів [3,4].

Електрокаталітичний транспорт електронів може здійснюватись кількома шляхами:

1) за допомогою електрохімічно активного специфічного проміжного низькомолекулярного дифузійно-рухомого переносника електронів;

2) прямим електрокаталітичним перенесенням електронів між електродом і активним центром ферменту;

3) з використанням органічних напівпровідників з включеними в них ферментами (відбувається перенесення електронів між активним центром ферменту і доменами в напівпровіднику) [9].

Електрохімічні біосенсори характеризуються низькою вартістю, малими габаритними розмірами, стабільністю сигналу, зручністю в експлуатації. До недоліків електрохімічних біосенсорів слід віднести чутливість до коливань температури та значень рН. До потенційних обмежень належить також неминучість стадії масопереносу реагентів на межі перетворювач - розчин. Вона може призвести до загального збільшення тривалості вимірювання або зменшення його чутливості. Подібне явище відоме як дифузійне обмеження або гальмування ферментативної реакції. Проте у ряді випадків процеси масопереносу на межі розділу фаз дозволяють істотно поліпшити аналітичні характеристики визначення компонентів ферментативної реакції, зокрема коли межа розділу фаз (електрод-розчин) є в той же час місцем локалізації ферменту. Відбувається також сорбційне концентрування досліджуваного компонента або його селективне перенесення до ферменту через допоміжну мембрану [9,10].

Оскільки електрохімічні перетворювачі здатні генерувати в ході реакції досліджуваної речовини з біоматеріалом на поверхні електроду потенціал або електричний струм, тому відповідно до принципів вимірювання їх поділяють на потенціометричні або амперометричні (вольтамперометричні) відповідно.

Дія потенціометричних датчиків заснована на вимірюванні різниці потенціалів при постійному (як правило, нульовому) струмі між активним електродом і електродом порівняння. Обраний індикаторний електрод повинен бути специфічним до іонів продукту або субстрату ферментативної реакції, повинен мати низьку межу виявлення потенціалвизначаючого йону, бути стабільним у роботі і нечутливим до шару іммобілізованого ферменту (біопрепарату). У потенціометричних біосенсорах індикаторним електродом є скляний та інші рН – метричні електроди, а також газочутливі електроди. Широкого розповсюдження набули і інші йоноселективні електроди: амонійний, нітратний, холіновий і т.д. [2,3].

Оскільки перебіг більшості ферментативних реакцій супроводжується зміною рН, саме скляний рН-метричний електрод знайшов широке застосування в конструкції ферментативних біосенсорів завдяки його високій специфічності до іонів, низькій межі виявлення, високій стабільності в роботі. Основним обмеженням рН-метричних методів є залежність сигналу від буферних властивостей середовища. Це звужує сферу їх практичного використання, оскільки є придатним тільки для проб, склад яких незначно відрізняється від робочих умов вимірювання сигналу і є постійним. Будь-які неферментативні процеси, що змінюють буферні властивості або рН реакційного середовища, впливають на величину вимірюваного сигналу. До числа таких небажаних процесів відносяться поглинання деяких летких домішок і газів з повітря (зокрема вуглекислого газу для лужних розчинів); неферментативні перетворення субстрату (окиснення, гідроліз та ін.), а також вплив поверхнево-активних речовин і поліелектролітів. Крім самих ферментів до числа останніх відноситься багато стабілізаторів (желатин, трегалоза, агар) і баластних білків, що містяться в препаратах ферментів [6,10].

Найбільшою популярністю на сьогоднішній день користуються амперометричні датчики. Принцип їх дії заснований на вимірюванні електричного струму, що генерується при окисненні (або відновленні) електроактивних частинок на поверхні робочого електрода при постійному значенні потенціалу [11].

Селективність амперометричного біосенсора визначається природою матеріалу поверхні електрода і величиною потенціалу протікання електрохімічних реакцій за участю досліджуваного компонента. Чутливість амперометричного біосенсора становить  $10^{-8}$ - $10^{-9}$  моль/л. В біологічних середовищах з його допомогою можна визначити навіть дуже низькі концентрації субстрату - до  $10^{-15}$  моль/л [1].

Оскільки сигнал сенсора не залежить від масопереносу електроактивних частинок до поверхні електрода, вимірювання відбувається достатньо швидко.

Фермент в режимі амперометричного біосенсора виявляє електрокаталітичну активність, тобто прискорює процес обміну електронами між субстратом і електродом. При адсорбції на твердих поверхнях (метали, кераміка, полімери) ферменти, як правило, зберігають свою структуру і каталітичну активність. В амперометричних ферментативних біосенсорах індикаторним електродом найчастіше є платиновий.

Амперометрія є перспективним напрямком розвитку біосенсорів для застосування як в умовах *in vivo*, так і *in vitro*. Проблема полягає лише в ефективному поєднанні специфічних біохімічних реакцій з процесами, що зумовлюють відповідний сигнал електрода. Такі сенсори можуть функціонувати у неоднорідному середовищі та при фізіологічній температурі  $37^{\circ}\text{C}$  [12].

Амперометричні перетворювачі придатні і для розв'язання оберненої задачі - оцінки активності ферменту за величиною вимірюваного струму при деякій певній концентрації субстрату. Подібні біосенсори знайшли застосування в медицині, зокрема в кардіології, де інформація про активність аспартатамінотрансферази і креатинкінази дозволяє оцінити глибину інфаркту в клінічних умовах [13].

Амперометричні біосенсори працюють при постійному потенціалі, що істотно спрощує приладове оформлення. Однак при цьому завжди спостерігається фоновий струм, величина якого може бути суттєвою при низьких концентраціях досліджуваної речовини. Корекція фонового струму і труднощі з калібруванням біосенсорів *in vivo* - дві серйозні проблеми, які потребують вирішення. Погіршується також чутливість і час відгуку біосенсора. Коливання цих параметрів можуть бути обумовлені так званим "отруєнням" електрода компонентами середовища.

Якщо флуктуації базової лінії обумовлені коливаннями концентрацій ендогенних електроактивних частинок, то можна використовувати двохелектродну систему, де один електрод вкритий мембраною на основі ферменту, а інший - мембраною, яка не містить ферменту. Передбачається, що електроактивні домішки однаковим чином дифундують через обидві мембрани [9].

У випадках, коли електрод забруднюється домішками з матриці або продуктом електрохімічної реакції, його піддають ступінчастій обробці при різних потенціалах. Цей спосіб дозволяє одночасно провести як обробку електрода (включаючи видалення плівок, що накопичились на його поверхні), так і встановлення базової лінії в області потенціалів, де відсутній електроліз. Застосовують також різні види імпульсної полярографії, вольтамперометрію (циклічну або з лінійною розгорткою потенціалу) [1].

Принцип дії ємнісних біосенсорів базується на вимірюванні ємності подвійного шару на межі розділу електрод / електроліт і діелектричних властивостях мембран. Подібні

датчики використовуються в деяких імуносенсорах, де зв'язування антитіл та антигенів призводить до зменшення діелектричної постійної приповерхневої зони.

Кондуктометричні перетворювачі реєструють зміну провідності розчину в біоселективній мембрані і тим самим дозволяють спостерігати за ходом біохімічних реакцій, у тому числі ферментативних. Для ферментативних реакцій зміна провідності може бути обумовлена декількома факторами – утворенням іонних груп, поділом різних зарядів, міграцією протонів, зміною ступеня асоціації іонів і зміною розмірів заряджених груп. Оскільки іони Гідрогену та гідроксид-іони характеризуються надзвичайно високою рухливістю, що пов'язано з особливостями їх переміщення в водному розчині, кондуктометричні біосенсиори фактично вимірюють зміну рН розчину в ході перебігу ферментативної реакції [14,15].

Біосенсиори на основі вимірів електрохімічного імпедансу фіксують зміну амплітуди та частоти змінного струму зарядження поверхневого шару при накладенні високочастотної змінної напруги [16]. Проходження біохімічних процесів змінює характеристики електрохімічного імпедансу в результаті перерозподілу заряду поверхневого шару або його проникності для індикаторних іонів розчину. Сенсиори цього типу використовуються для вивчення процесів електрополімеризації, корозії металів, реєстрації білків та нуклеотидів в ДНК-сенсорах та антитіл в імуносенсорах.

**Висновки.** Популярність електрохімічних ферментативних біосенсорів та необхідність їх подальшого розвитку та вдосконалення обумовлена наступними обставинами:

- електрохімічні методи детекції аналітичних сигналів дають можливість поліпшувати характеристики ферментативних методів в цілому і вдосконалювати конструкцію ферментативних біосенсорів;

- застосування стандартних електрохімічних методів реєстрації сигналу дозволяє скоротити витрати на підготовчій стадії досліджень, уніфікувати вимірювання і в подальшому інтегрувати біохімічні методи аналізу в існуючі системи автоматичного контролю;

- завдяки детально розробленій теорії електродних реакцій і методів електроаналізу значно полегшується розуміння закономірностей формування аналітичного сигналу з використанням ферментативних електродів;

- оскільки методи електроаналізу є універсальними, частина їх (визначення рН, концентрації деяких низькомолекулярних речовин) може бути використана для визначення активності ряду ферментів одночасно за однакових умов проведення дослідів.

### Список використаної літератури

1. Будников Г.К. Основы современного электрохимического анализа / Г.К Будников., В.Н.Майстренко, М.Р. Вяселев. – М.: Мир, БИНОМ, 2003. – 592 с.
2. Grieshaber D. Electrochemical Biosensors - Sensor Principles and Architectures / D.Grieshaber, R.MacKenzie, J. Vörös, E.Reimhult, J. Octa // Biosci. – 2013. – Vol. 1(2). – P. 147-150.
3. Pohanka M. Electrochemical biosensors – principles and applications / M. Pohanka, P. Skládal // J. Appl. Biomed. – 2008. – № 6. – P. 57–64.

4. Bunyakul N. Combining Electrochemical Sensors with Miniaturized Sample Preparation for Rapid Detection in Clinical Samples / N.Bunyakul, A.Baеumner // *Sensors*. – 2015. – № 15(1). – P. 547-564.
5. Rogers K. Recent advances in biosensor techniques for environmental monitoring / K. Rogers // *Analytica Chimica Acta*, – 2006. – Vol. 568, № 1-2. – P. 222-231.
6. Castillo J. Biosensors for life quality: Design, development and applications / J.Castillo, S.Gaspar, S.Leth, M.Niculescu, A.Mortari // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2004. – Vol. 102, № 2. – P. 179-194.
7. Velasco-Garcia M. Optical biosensors for probing at the cellular level: A review of recent progress and future prospects / M.Velasco-Garcia // *Developmental Biology*. – 2009. – V. 20, № 1. – P. 27-33.
8. Crespilho F., Ghica M., Florescu M., Nart F., Oliveira O. A strategy for enzyme immobilization on layer-by-layer dendrimer-gold nanoparticle electrocatalytic membrane incorporating redox mediator // *Electrochemistry Communications*. – 2006. – №8. – P. 1665-1670.
9. Chen L. Electron transfer properties and electrocatalytic behavior of tyrosinase on ZnO nanorod / L.Chen, B.Gu, G.Zhu, Y.Wu, S.Liu // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. – 2008. – № 617. – P. 7-13.
10. Lieberzeit, P. Sensor technology and its application in environmental analysis / P. Lieberzeit, F.Dickert // *Anal Bioanal Chem*. – 2007. – Vol. 387. – P. 237-247.
11. Dzyadevych S. Amperometric enzyme biosensors: Past, present and future / S. Dzyadevych, V.Arkhypova, A.Soldatkin, A.El'skaya, C.Martelet // *IRBM*. – 2008. – Vol. 29. – № 171-180.
12. Hayat A. Current Trends in Nanomaterial - Based Amperometric Biosensors / A.Hayat, G.Catanante, J.Marty // *Sensors*. – 2014. – № 14(12). – P. 23439-23461.
13. Justino C., Rocha-Santos T., Duarte A. Review of analytical figures of merit of sensors and biosensors in clinical applications / C.Justino, T.Rocha-Santos, A.Duarte // *Trends in Analytical Chemistry*. – Vol. 29, № 10. – P. 1172-1183.
14. Maffrezic-Renault N. Conductometric Microbiosensors for Environmental Monitoring/ N. Maffrezic-Renault, S.Dzyadevych // *Sensors*. – 2008. – № 8. – P. 2569-2588.
15. Berezhet'skyi L. Development of Conductometric Biosensors Based on Alkaline Phosphatases for the Water Quality Control / L.Berezhet'skyi, C.Durrieu, H.Nguyen-Ngoc, J.Chovelon, S.Dzyadevych // *Biopolymers and Cell*. – 2007. – № 23. – P. 511-518.
16. Huang Y. Impedance Biosensor for Peanut Protein Ara / Y.Huang, C.Suni, I.Ian // *Analytical Chemistry*. – 2008. – № 80 (23). – P. 9157-9161.

#### References

1. Byd'nikov G.K., Maystrenko V.N., Vyaselev M.R. *Osnovi sovremennogo elektrokhimicheskogo analiza* [Foundations of modern electrochemical analysis]. Moscow: Mir, BINOM Publ., 2003, 592 p. (in Russian).
2. Grieshaber D., MacKenzie R., Voros J., Reimhult E., Octa J.. *Electrochemical Biosensors - Sensor Principles and Architectures*. Biosciences, 2013, vol. 1, no 2, pp. 147-150.
3. Pohanka M., Skládal P. Electrochemical biosensors – principles and applications *Journal of Applied Biomedicine*, 2008, no 6, pp. 57-64.

4. Bunyakul N., Baeumner A. Combining Electrochemical Sensors with Miniaturized Sample Preparation for Rapid Detection in Clinical Samples. *Sensors*, 2015, vol. 15, no 1, pp. 547-564.
5. Rogers K. Recent advances in biosensor techniques for environmental monitoring. *Analytica Chimica Acta*, 2006, vol. 568, no. 1-2, pp. 222-231.
6. Castillo J., Gaspar S., Leth S., Niculescu M., Mortari A. Biosensors for life quality: Design, development and applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2004, vol. 102, no. 2, pp. 179-194.
7. Velasco-Garcia M. Optical biosensors for probing at the cellular level: A review of recent progress and future prospects. *Developmental Biology*, 2009, vol. 20, no 1, pp. 27-33.
8. Crespilho F., Ghica M., Florescu M., Nart F., Oliveira O. A strategy for enzyme immobilization on layer-by-layer dendrimer-gold nanoparticle electrocatalytic membrane incorporating redox mediator. *Electrochemistry Communications*, 2006, no. 8, pp. 1665-1670.
9. Chen L., Gu B., Zhu G., Wu Y., Liu S. Electron transfer properties and electrocatalytic behavior of tyrosinase on ZnO nanorod. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2008, vol. 617, pp. 7-13.
10. Lieberzeit P., Dickert F. Sensor technology and its application in environmental analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2007, v. 387, pp. 237-247.
11. Dzyadevych S., Arkhypova V., Soldatkin A., El'skaya A., Martelet C. Amperometric enzyme biosensors: Past, present and future. *IRBM*, 2008, vol. 29, pp. 171-180.
12. Hayat A., Catanante G., Marty J. Current Trends in Nanomaterial - Based Amperometric Biosensors. *Sensors*, 2014, vol. 14, no. 12, pp. 23439-23461.
13. Justino C., Rocha-Santos T., Duarte A. Review of analytical figures of merit of sensors and biosensors in clinical applications. *Trends in Analytical Chemistry*, 2013, vol. 29, no. 10, pp. 1172-1183.
14. Maffrezic-Renault N., Dzyadevych S. Conductometric Microbiosensors for Environmental Monitoring. *Sensors*, 2008, no. 8, pp. 2569-2588.
15. Berezhetsky L., Durrieu C., Nguyen-Ngoc H., Chovelon J., Dzyadevych S. Development of Conductometric Biosensors Based on Alkaline Phosphatases for the Water Quality Control. *Biopolymers and Cell*, 2007, no. 23, pp. 511-518.
16. Huang Y., Suni C., Ian I. Impedance Biosensor for Peanut Protein Ara. *Analytical Chemistry*, 2008, no. 80(23), pp. 9157-9161.

## **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ БИОСЕНСОРЫ** **КИСЛОВА О.В.**

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Охарактеризовать современные электрохимические биосенсоры различного типа действия, сравнить принципы их работы, особенности применения каждого типа биосенсоров, обобщить методы повышения селективности и чувствительности биосенсоров, дальнейшие перспективы развития.

**Методика.** Аналитические методы сравнения принципов действия электрохимических ферментативных биосенсоров различного типа.

**Результаты.** Проведенные исследования показали преимущества и недостатки ферментативных биосенсоров, особенности электрохимических превращений, лежащих в основе их действия.

**Научная новизна.** На основе исследования электрохимического механизма действия различных типов биосенсоров выделены возможные направления дальнейшего их совершенствования.

**Практическая значимость.** Обобщены факторы, необходимые для создания высокоэффективных современных биоаналитических приборов: выбор материала электрода, подготовка фермента, создание условий для повышения чувствительности приборов путем предварительного накопления аналита у индикаторного электрода или на нем; совершенствование электрохимических измерений.

**Ключевые слова:** биосенсоры электрохимические, ферментативные, потенциометрические, амперометрические, кондуктометрические.

## **ELECTROCHEMICAL ENZYMATIC BIOSENSORS**

KISLOVA O.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** To characterize modern electrochemical enzymatic biosensors of different action types, compare the principles of their work, each type of biosensor application features, summarize methods to improve selectivity and sensitivity of the biosensors, future prospects of their development.

**Methods.** Analytical methods of action principles comparison of the various types electrochemical enzyme biosensors.

**Results.** Studies have demonstrated the advantages and disadvantages of enzymatic biosensors, especially electrochemical reactions that underlie their action.

**Scientific novelty.** Showing possible way's of enzymatic biosensors further improvement based on electrochemical studies of their action mechanism.

**Practical significance.** Given necessary factors for the creation of highly advanced bioanalytical instruments: the choice of the electrode material, the preparation of the enzyme, to create conditions for increasing the sensitivity of the instrument by the prior accumulation of the analyte from the indicator electrode or on it; improving electrochemical measurements.

**Keywords:** biosensors electrochemical, enzymatic, potentiometric, amperometric, conductometric.

УДК 7.012:891.001

**ПАРАНЬКО Н.П., НІКОЛАЄВА Т.В., НІКОЛАЄВА Т.І.**  
Київський національний університет технологій та дизайну

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФОРМОУТВОРЮЮЧИХ  
ЕЛЕМЕНТІВ ТА КОЛОРИСТИКИ ВЕРХНЬОГО ОДЯГУ  
УКРАЇНОК СЕРЕДИНИ ХІХ СТОЛІТТЯ**

***Мета.** Визначення та порівняльний аналіз особливостей побудови формоутворюючих елементів та колористики українського жіночого верхнього одягу осінньо-весняного типу на основі вивчення творчої спадщини дослідника Домініка Де ля Фліза.*

***Методика.** В роботі використано історіографічний та системно-структурний аналіз особливостей формоутворюючих елементів української свити та юпки.*

***Результати.** Проведені дослідження дають змогу класифікувати особливості побудови форми українського жіночого верхнього одягу та його колористику.*

***Наукова новизна.** Вперше проведено науковий аналіз формоутворення та колористики українського народного одягу на основі аналізу оригінальних документів з творчої спадщини дослідника української народної культури Домініка П'єра Де ля Фліза. Представлено класифікацію провідних елементів комплексу народного жіночого одягу.*

***Практична значимість.** Представлені результати досліджень будуть використані в проектуванні сучасних моделей одягу за мотивами українського народного одягу.*

***Ключові слова:** український народний одяг, формоутворення, силуетна форма, конструктивні особливості, класифікація, колористика.*

**Вступ.** В мистецтві творення українського народного строю, його силуету та емоційної виразності, значну роль відігравав верхній одяг. Серед українок, завдяки помірним кліматичним умовам, історично найбільшого поширення набув верхній одяг осінньо-весняного типу. Таке вбрання характеризувалося великою різноманітністю форм, матеріалів та конструктивно-художніх прийомів. Одяг, пошитий із досить легких тканин, в кліматичних умовах України був верхнім одягом протягом значної частини року. Для його виготовлення використовувалось кольорове сукно різного гатунку, візерунчастий штоф, репс, черкасин, набійка, сатин, байка, оксамит [1]. До верхнього жіночого вбрання осінньо-весняного типу відносяться свита та юпка, художньо-композиційні характеристики формоутворення та колористики яких удосконалювалися українськими митцями впродовж віків.

**Постановка завдання.** Одним із найдавніших складників комплексу українського народного костюма є свита. Цей тип одягу був широко поширений на всіх теренах України, особливо в центральних регіонах. Свити виготовлялись із домотканого однотонного сукна, колористика якого здебільшого відповідала природним кольорам вовни. Свити відрізнялися одна від одної кроєм спинки. Як наслідок, в середині 19 – на початку 20 століть одночасно побутували свити прямого та приталеного силуету, невідрізні в талії (багатоклинні), призбирані з частково або повністю відрізною спинкою.

Детальне дослідження свит, а саме їх різновидів, типів крою, силуетних форм, конструктивних особливостей, їх колористики та оздоблення, представлено в статті автора, опублікованій в науковому журналі «Вісник КНУТД» № 4 (100), 2016.

Більш новітній вид верхнього одягу, не такий архаїчний як свита, виготовлявся з сукна чи баї і називався «юпка». Як писав дослідник української культури Х.К.Вовк, назва «юпка» близька до слова «жупан». В Україні ця назва стосувалася тільки плечового одягу,

слово «юпка» ніколи не вживали на означення жіночого поясного вбрання, як то було в російській та деяких європейських мовах [2]. Юпкою називали два типи верхнього жіночого одягу: перший тип - це вкорочена свита, пошита з легкої тканини, другий тип – дуже подібний до свити верхній одяг, пошитий із фабричної тканини. Перший тип юпок не відрізняється від свит ні кроєм, ні матеріалом. Юпки з купованої тканини відрізняються від свити збільшеним числом «вусів», варіативністю комірів та оздобленням. Крім того, в таких юпках зустрічається заміна «вусів» фалдами або фалдами особливої форми (досить широкими в талієвому поясі та ще ширшими внизу виробу). Юпка мала від трьох до семи, а іноді і більше «вусів» чи фалд. Спинка могла бути невідрізною або відрізною по лінії талії. Для пошиття юпок використовували однотонні або орнаментовані тканини. Верхня, більш дорога та ошатна тканина відтінялася гармоніючою, але недорогою підкладкою. Тканини для підкладки використовували світлих тонів зі скромним орнаментом (в тонку смугу або дрібні квіти). Іноді для утеплення юпки підбивали ватною прокладкою, яку прошивали ручним швом.

**Результати досліджень.** В наукових працях Х.К.Вовка, Т.О.Ніколаєвої, З.О.Васіної зазначається, що наприкінці 19 століття на Київщині, Полтавщині та Чернігівщині завдяки широкому асортименту фабричних тканин з'явився такий вид одягу, як юпка. Але замальовки Де ля Фліза стверджують, що юпка на Київщині і Черкащині була широко поширена вже в середині 19 століття. Різнобарвні юпки із покупних тканин оживили монохромну гаму традиційних свит. В верхньому жіночому одязі з'явилися яскраві життєрадісні акценти, що особливо помітно в малюнках Де ля Фліза. На рис.1-5 представлені фотографії замальовок дослідника Домініка Де ля Фліза, зроблені Інститутом української археографії та джерелознавства ім. М.С.Грушевського НАН України [3] та фотографії автора, зроблені із оригіналів малюнків Де ля Фліза, які зберігаються в Чернігівському історичному музеї ім.В.В.Тарновського. На цих малюнках зображені українки, які мешкали в Київському, Васильківському, Чигиринському та Звенигородському повітах Київської губернії, в юпках короткої або середньої довжини, які мають різний крій, ошатну колористику, оздоблення, з довгим чи коротким рукавом, з різноплановими комірами. Цей тип одягу увібрав кращі традиції конструктивно-технологічних і декоративних прийомів, які використовувались для створення українського народного костюма. В своєму рукописі Де ля Фліз відзначив, що «в Київському повіті жінки носять юпки із світло - зеленого сукна, поцятковані маленькими пучечками червоної вовни, а от в околицях Києва ці юпки шують із гарного, яскравих кольорів ситцю» [4].



Рис.1. Мешканці сіл Веприк, Плесецьке, Вільшанка, Баракхти та м.Фастів Васильківського повіту



Рис.2. Мешканці с.Жуківці і м.Обухів Київського повіту



Рис.3. Мешканці м. Фастів Васильківського повіту



Рис.4. Мешканці сіл Юрківка і Богачівка Чигиринського повіту



Рис.5. Мешканці сіл Боровиця та Трушеві Звенигородського повіту

Стосовно довжини юпок: вони були короткими, помірної довжини або довгі. Здебільшого довжина юпок була такою, щоб надати можливість відкрити нижню частину багатошарового жіночого вбрання – рясні яскраві спідниці, картаті плахти, різнобарвні фартухи, вишитий поділ сорочки. Малюнки дослідника Де ля Фліза яскраво підкреслюють цю тенденцію. В результаті проведених досліджень виявлено, що довжина рукавів юпок теж була різною. Рукави були довгими, довжиною до ліктя і короткими. Мешканка Чигиринського повіту зображена в зеленій юпці з рожевими «перчиками» з короткими рукавами (рис.5.). Раніше науковцями такий факт не описувався.

Різноманітні за фактурою і кольором фабричні тканини мали більш м'яку та пластичну структуру, ніж цупке домоткане сукно, з якого виготовлялись свити. Тому типи крою свит були відносно простими – поєднання основних (спинка, пілки) прямокутних шматків тканини і вшивання клинів.

А завдяки використанню більш легких тканин для виготовлення юпок, крій став більш досконалим, з'явилися нові форми доповнюючих елементів (виложисті коміри різної конфігурації) та нові прийоми оздоблення (окантовки кольоровим сукном чи оксамитом). На рис.3, 4 зображені мешканки Васильківського та Звенигородського повітів в юпках з великими виложистими комірами, оздобленими широкою окантовкою. Варіанти крою комірів представлені в табл.1.



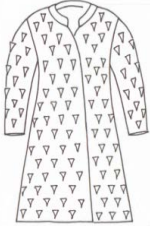





Юпки шили також безкомірними. Глибокий виріз горловини відкривав вишитий комір сорочки, зав'язаний яскравою стрічкою, та багате намисто. Цей факт підтверджує вбрання мешканок Київського повіту (рис.2).







Особливою по оформленню, з більш раннім різновидом оздоблення була баєва юпка, її шили з червоної або зеленої байки (фланелі) та всю поверхню юпки прикрашали саморобними кусочками вовни (їх ще називали перчиками, хвостиками або мухами). Колір цих «перчиків» був контрастний. На червоного кольору юпку пришивали зелені кусочки вовни, на зелену юпку – червоні [5]. Хведір Вовк відзначив, що таке оздоблення на юпках було поширене в 18 столітті, а потім такий одяг траплявся дуже рідко. Але аналізуючи замальовки Де ля Фліза, можна побачити, що мешканки Васильківського повіту (м.Фастів, села Плесецьке та Веприк), Київського повіту (м.Обухів, с.Петро-Павлівська Борщагівка), Чигиринського повіту (села Суботів та Боровиця) одягнуті в зелені юпки з рожевими «перчиками». Це свідчить про те, що на теренах Київської губернії одночасно побутували як архаїчні, так і більш нові типи юпок, що є підтвердженням того, що традиції в народному костюмі змінювались дуже повільно.

За конструкцією юпки мали різні силуети. Лінія, від якої починалося розширення могла розташовуватися на рівні талії або вище, іноді ця лінія піднімалась під лопатки. Тому співвідношення спинки та довжини вусів мінялось, завдяки цьому силует юпки був строгим або пишно розширеним донизу. Основні силуетні форми з урахуванням пропорцій, типи комірів, колористика та інші характеристики юпок та свит різних регіонів Київської губернії представлені автором в табл.1.

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика формуючих елементів та колористики свит та юпок

Назва виробу	Силуетна форма	Колористика	Вид комірів	Довжина виробу	Місце розташування оздоблення
1	2	3	4	5	6
<b>Київський повіт</b>					
Свита		білий та рожевий		середньої довжини	комір, край правої поли, низ рукавів
Юпка		зелений + рожевий		коротка	по всій площині
<b>Васильківський повіт</b>					
Свита		світло :- зелений+ чорний		середньої довжини	комір; край правої поли; низ рукавів; по центру до талієвого поясу
<b>Васильківський повіт</b>					
Юпка		синій + зелений + рожевий		середньої довжини	комір

Юпка		темно-зелений+рожевий		середньої довжини	по всій площині + комір
	Чигиринський повіт				
Свита		коричневий + чорний		середньої довжини	комір; край правої поли; низ рукавів
Юпка		темно-зелений+рожевий		коротка	по всій площині

За кроєм жіночі свити були такого ж типу, що і чоловічі. Відрізнялися лише тим, що були більш орнаментовані вишивкою, кольоровими шнурами або аплікацією. Навіть застітали традиційно чоловічі та жіночі свити однаково, з лівого боку. А от такий вид верхнього одягу осінньо – весняного типу, як юпка, був суто жіночим.

Стосовно колористики юпок можна зазначити, що здебільшого використовувалась тканина зі смугастим орнаментом. Колористика смуг була: коричнево-жовта, синьо-зелена, зелено-рожева, синьо-зелена-жовта, чорно-рожева, синьо- та зелено-чорна, бордово-жовта. Також, аналізуючи оригінальні замальовки Де ля Фліза, були виявлені юпки з набивним орнаментом в клітинку (мешканки сіл Юрківка і Богачівка Звенигородського повіту, рис.4.) та юпки з квітковим орнаментом (мешканки м.Обухів та с.Жуківці Київського повіту зображені в юпках жовтого та рожевого кольорів з контрастним орнаментом). В результаті досліджень колористики українського народного одягу, зображеного на замальовках Де ля Фліза, виявлено, що чистий червоний колір в одязі не зустрічається, замість нього присутні бордовий та рожевий кольори в різних відтінках та в сполученнях з іншими кольорами.

В ході дослідження спадщини Домініка Де ля Фліза було проаналізовано частоту зустрічаємості свит або юпок в різних регіонах Київської губернії. Результати досліджень представлені на рис.6.

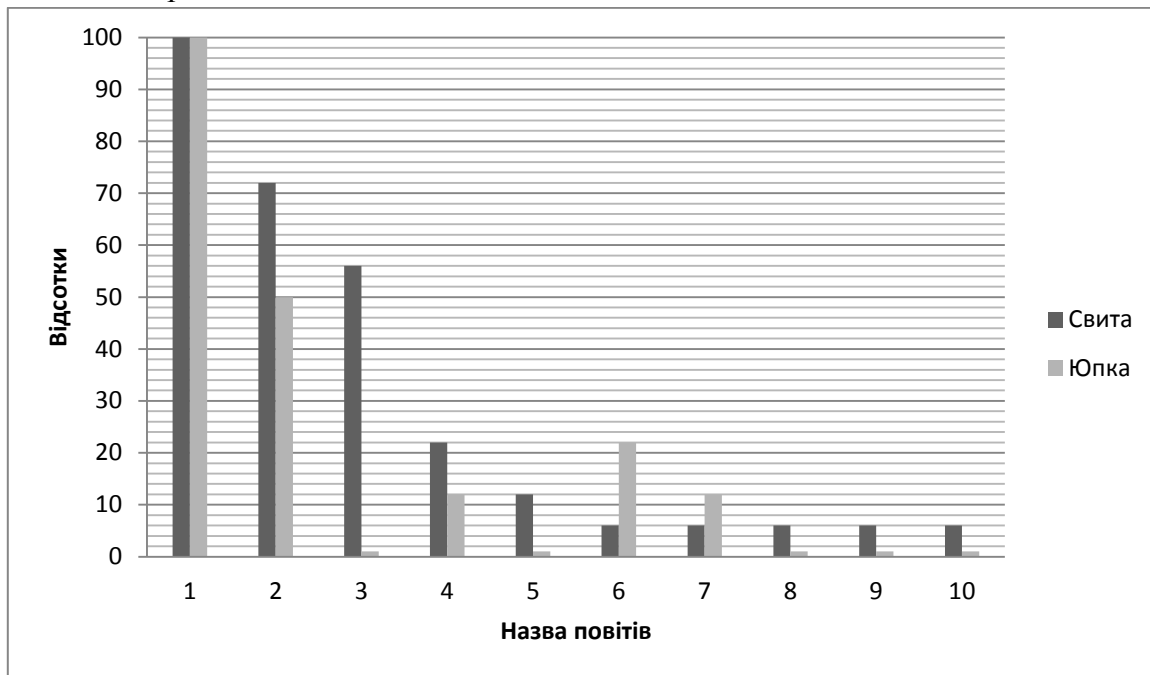


Рис.6. Гістограма частоти зустрічаємості свит або юпок  
1- Київський повіт; 2 - Васильківський повіт; 3 - Радомишльський повіт;  
4 - Черкаський повіт; 5 - Липовецький повіт; 6 - Чигиринський повіт;  
7- Звенигородський повіт; 8- Бердичівський повіт; 9 - Сквирський повіт;  
10 - Таращанський повіт

Судячи із представленої гістограми, більш новітній тип жіночого одягу – юпка - набув більшого поширення в Київському та Васильківському повітах, які були ближче до Києва, що відповідає спостереженням Домініка Де ля Фліза [4].

**Висновки.** Проведені вперше дослідження форм українських свит та юпок за мотивами оригінальних замальовок дослідника Домініка Де ля Фліза, як об'єктів складних просторово-структурних утворень, що мають багаторівневу структуру зв'язку між складовими елементами, людиною та середовищем, дають можливість вдосконалення процесу формоутворення сучасних форм одягу. Розуміння естетичних канонів побудови форми народного костюма дозволяє визначити головні структурні характеристики утворення форми: пропорційність, співпорядкованість, цілісність частин і цілого, вивершену колористику, що притаманні досліджуваному складовим комплексом народного одягу. Аналіз розвитку народних форм - прототипів сучасного костюма - дає змогу визначити саме ті форми і деталі, які будуть трансформуватися у перспективні сучасні форми.

Вивчення структурних особливостей та систематизація складових формоутворення українського народного костюма є актуальним на сучасному етапі розвитку проектної культури, спрямованої на збагачення естетичних уподобань споживачів моди, що стверджує життєздатність та універсальність національної культури та костюма, як її складової.

### Список використаних джерел.

1. Ніколаєва Т.О. Історія українського костюма. – К.: Либідь, 1996.- С.84-89.
2. Васіна З.О. Український літопис вбрання. Т.2. – К.: Мистецтво, 2006.- 268 с.
3. Де ля Фліз Д.П. Костюми селян Київської губернії. [Електронний ресурс]/ Режим доступу: <http://litopys.org.ua/deflise/flise02.htm>
4. Інститут української археографії та джерелознавства ім. М.С.Грушевського НАН України, Інститут рукопису Національної бібліотеки України ім.В.І. Вернадського. Альбоми Де ля Фліза у 2-томах.– К.: Поліграфкнига, 1999. - С.227-249
5. Вовк Х.К. Студії з української етнографії та антропології.– К.: Мистецтво, 1995. – 144с.
6. Ніколаєва Т.В. Тектоніка формоутворення костюма. – К. Арістей, 2005.

### References

1. Nikolayeva T.O.(1996). *Istoriya ukrayinskogo kostyumu. [Ukrainian folk costume history]*. K: Lybid [in Ukrainian].
2. Vasina Z.O.(2006). *Ukrayins'kyj litopys vbrannya. [Ukrainian chronicle of clothing]. T.2.* K.: Mystetstvo [in Ukrainian].
3. De la Flis D.P. *Kostumy selyan Kyuyivskoyi hubernii. [Costumes of the villagers of the Kyiv province]. [Elektronnyj resurs] /Rezhym dostupu: <http://litopys.org.ua/deflise/flise02.htm>*
4. Instytut ukrayins'koyi arheografii ta dzhereloznavstva im. M.S.Hrushevskoho NAN Ukrayiny, Instytut rukopysu Natsionalnoyi biblioteky Ukrayiny im. V.I.Vernads'koho.(1999). *Albomy De la Flisa u 2-tomah. [De la Flise's albums in two tomes]*. K.: Polihrafknyha [in Ukrainian].
5. Vovk H.K.(1995). *Studiyi z ukrayinskoyi etnografiyi ta antropologiyi. [Ukrainian ethnography and anthropology studies]*. K: Mystetstvo [in Ukrainian].
6. Nikolayeva T.V.(2005). *Tektonyka formoutvorennya kostyumu [The tectonics of formation of costume]*. K: Arystei [in Ukrainian].

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОЛОРИСТИКИ ВЕРХНЕЙ ОДЕЖДЫ УКРАИНОК СЕРЕДИНЫ XIX СТОЛЕТИЯ

ПАРАНЬКО Н.П., НИКОЛАЄВА Т.В., НИКОЛАЄВА Т.И.

Київський національний університет технологій і дизайну

**Цель.** Определение и сравнительный анализ особенностей построения формообразующих элементов и колористики украинской женской верхней одежды осенне-весеннего типа на основании изучения творческого наследия исследователя Доминика Де ля Флиза.

**Методика.** В работе использован историографический и системно-структурный анализ особенностей формообразующих элементов украинской свиты и юпки.

**Результаты.** Проведенные исследования дают возможность классифицировать особенности построения формы украинской женской верхней одежды и ее колористику.

**Научная новизна.** Впервые произведен научный анализ формообразования и колористики украинской народной одежды на основании анализа оригинальных документов из творческого наследия исследователя украинской народной культуры Доминика Пьера Де

---

ля Флиза. Представлено классификацию основных составляющих комплекса народной женской одежды.

**Практическая значимость.** Представленные результаты исследований будут использованы в проектировании современных моделей одежды по мотивам украинского народного костюма.

**Ключевые слова:** украинская народная одежда, формообразование, силуетная форма, конструктивные особенности, классификация, колористика.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF FORMATIVE ELEMENTS AND COLORISTICS OF THE OUTERWEAR OF UKRAINIAN WOMEN IN THE MIDDLE OF 19<sup>TH</sup> CENTURY.

PARANKO N. P., NIKOLAEVA T. V., NIKOLAEVA T. I.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Identify and conduct comparative analysis of the formative elements design features and coloristics of Ukrainian women's outerwear of autumn and spring type based on the study of the creative heritage of the researcher, Dominique De la Flise.

**Methodology:** The historiographical and system-structural analysis of the forming elements of Ukrainian suites and jackets is used in the work.

**Findings.** The conducted researches allow classifying the Ukrainian women's outerwear design peculiarities and its coloristics.

**Originality.** The scientific analysis of formation and coloristics of Ukrainian folk clothing is carried out for the first time based on the analysis of original documents concerning the creative heritage of Ukrainian folk culture researcher, Dominique Pierre De la Flise. The classification of the leading elements of the complex of the folk women's clothing is provided.

**The practical value.** The research results provided will be used in the design of the modern clothing for women based on Ukrainian folk clothing.

**Keywords:** *Ukrainian national clothing, forming, silhouette form, design features, classification, coloristics.*

УДК 72. 012. 8 + 747: 728. 5

**САФРОНОВА О.О., АГЛУЛЛІН Р.М., ЧЕБИКІНА М.В.,  
ВОЗНЮК А.М.**

Київський національний університет технологій та дизайну

**ОСОБЛИВОСТІ ДИЗАЙНУ ГРОМАДСЬКИХ  
ПРИМІЩЕНЬ В УМОВАХ РЕНОВАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ  
СПОРУД БАШТОВОГО ТИПУ**

***Мета.** Виявлення особливостей дизайну громадських приміщень в умовах реновації інженерних споруд баштового типу.*

***Методика.** Використано методи: літературно-системного аналізу наукових публікацій за тематикою дослідження; функціонального, морфологічного та структурного аналізів інтер'єрів громадських приміщень на базі інженерних споруд баштового типу, узагальнення отриманих результатів дослідження.*

***Результати.** Узагальнені фактори впливу на формування громадського простору в умовах реновації інженерних споруд баштового типу і визначені основні підходи до їх дизайну.*

***Наукова новизна.** Визначені основні принципи дизайну громадських приміщень в умовах реновації інженерних споруд баштового типу.*

***Практична значимість.** Виявлені основні фактори впливу на адаптацію споруд баштового типу під нові функції і обґрунтовані підходи до їх дизайну, які можуть бути використані у практичній діяльності дизайнера.*

***Ключові слова:** реновація, споруди баштового типу, особливості адаптації, дизайн, водонапірна вежа, громадські приміщення.*

**Вступ.** Будівництво споруд з вертикальним зонуванням на сьогоднішній день набирає обертів. Це явище можна помітити в містах, де стрімко зростає урбанізація міського середовища або найближчим часом очікують на її ріст. Переваги методу вертикального зонування полягають в реальній можливості досягнення економії площі забудови за умовами забезпечення зручного і безпечного доступу до об'єктів обслуговування. Крім того, приміщення з вертикальним зонуванням надають широкі можливості в організації простору за рахунок гнучкого планування. Тому особливий інтерес для реновації з впровадженням нової функції громадського призначення представляють застарілі інженерні споруди баштового типу, яких в Україні велика кількість. На сьогоднішній день до таких споруд, належать перш за все водонапірні башти, газгольдери, маяки та силоси. Але окрім того, що їх об'єднує вертикальне зонування, вони мають відмінну геометрію архітектурного простору, що впливає і на формування інтер'єру.

Питання реновації промислових споруд сьогодні активно обговорюються в наукових публікаціях. Визначаються основні поняття цього напрямку містобудівного проектування, розглядаються фактори впливу на прийняття рішень щодо реновації промислової споруди, підходи до її адаптивного використання в архітектурному середовищі та методи реконструкції. Так, у роботах С.О. Іванова-Костецького [1], А.А. Яковлева [2] запропоновані класифікації основних факторів, що впливають на архітектурну адаптацію промислових споруд під нові функції. Підходи та методи їх перепланування висвітлені у наукових працях Ю.С. Соколовської [4], М.А. Вотінова [6] та С.В. Семенцова [5]. Аналіз закордонного досвіду реновації ряду споруд під нові функції розглянули К.П. Войтенко [7] та Л.Р. Гнатюк

[7], О.П. Олійник [3] та А.Є. Бовдуй [7]. В роботі Назарової М.В. [8] наведені приклади реновації інженерних споруд баштового типу з малим та великим об'ємом баку.

Зазначимо, що на відміну від реновації приміщень промислових споруд (фабрики, заводи, тощо) під нові функції, питанню дизайну громадського простору в умовах реновації інженерних споруд баштового типу, не приділено достатньої уваги.

Метою статті є виявлення особливостей дизайну громадських приміщень в умовах реновації інженерних споруд баштового типу.

**Основна частина.** В країнах Європи, США та Австралії існує багатий досвід реновації споруд баштового типу під громадські функції, на відміну від України, де відомі одиничні приклади такої реновації, в основному під функції музеїв (Музей води в м. Києві, Етнографічний музей у водонапірній башті у м. Глухові, музей пам'яті воїнів Вінниччини, загиблих у Афганській війні у м. Вінниці), незважаючи на велику кількість застарілих інженерних споруд, виведених з експлуатації.

Системний підхід до рішення питання щодо реновації промислових споруд під нові громадські функції передбачає врахування взаємодії комплексу містобудівних аспектів з рядом інших, що безпосередньо пов'язані з архітектурно-планувальними особливостями споруди. На основі узагальнення наукових досліджень ряду авторів [1, 2] і аналізу досвіду реновацій, розроблено схему (рис. 1), в якій представлені основні фактори впливу на реновацію інженерних споруд баштового типу.

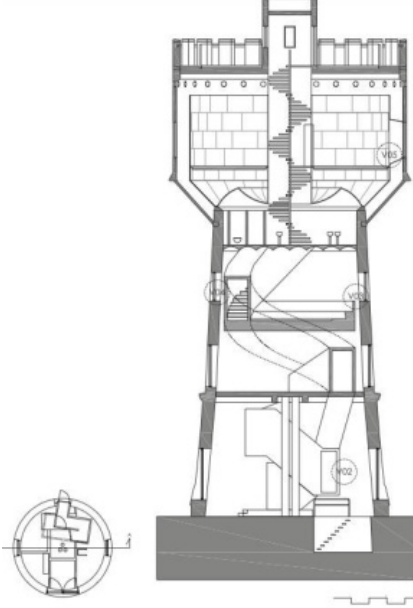
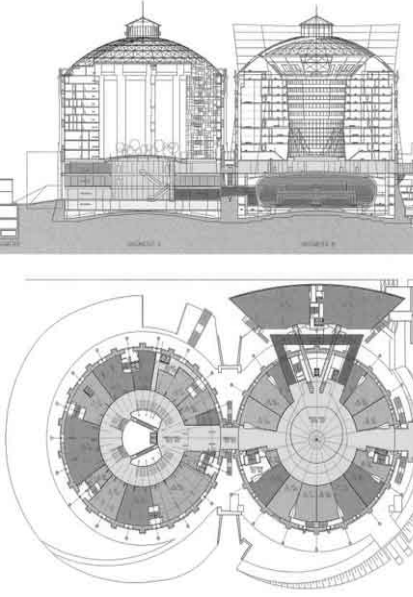
Зовнішні фактори	Внутрішні фактори
<p><b>Містобудівельні</b>                      Локалізація в міському середовищі, розвиток комунікацій</p>	<p><b>Функціонально - планувальні</b>                      можливість адаптації нових функцій, освоєння підземного простору, розвиток інженерної та транспортної інфраструктури</p>
<p><b>Історико- культурні</b>                      історична цінність, архітектурна виразність</p>	<p><b>Об'ємно – планувальні</b>                      наявність планувальних обмежень, врахування обмежень і переваг об'ємно-просторової структури, наприклад, наявність безопорного простору</p>
<p><b>Матеріальні</b>                      відсоток збереженості основних конструкцій, їх міцність</p>	<p><b>Конструктивно – матеріальні</b>                      існуючі конструктивні схеми і можливість їх адаптації, наприклад, підвищення поверховості забудови; уніфікація</p>
<p><b>Природно – екологічні</b>                      Забрудненість навколишнього середовища</p>	<p><b>Економічні і технологічні</b>                      економічність архітектурно-будівельних і функціонально-технологічних рішень, економічна ефективність нових виробничих процесів, характер інвестицій, можливість застосування сучасних безвідходних та екологічних технологій</p>
<p><b>Соціологічні</b>                      Затребуваність нової типології, можливість створення нових робочих місць</p>	<p><b>Художньо - естетичні</b>                      єдність архітектурних рішень в організації простору, місце в системі міського ансамблю.</p>

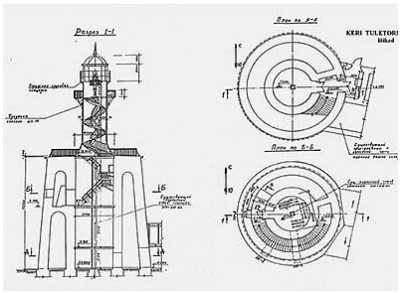
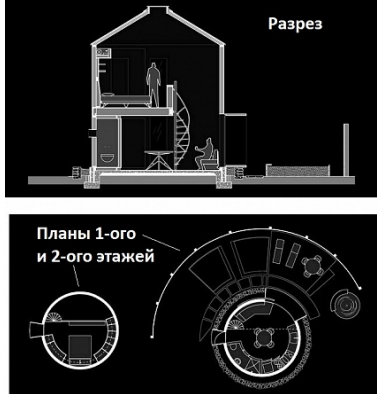
Рис. 1. Фактори впливу на реновацію промислової споруди під громадські функції

Проведений аналіз показав, що вихідна геометрія внутрішнього простору споруди впливає на особливості просторово-функціонального зонування громадських приміщень, які формуються на їх базі (табл. 1).

Таблиця 1

**Вплив геометрії простору на напрямки реновації споруди залежно від її типу**

Геометрія простору	Схематичне зображення	Напрямки реновації
<i>Тип споруди: Водонапірна башта</i>		
<p>Конструкція водонапірної вежі складається з ємкості («барабану») і баштового циліндричного ствола. Діаметр верхньої частини зазвичай більший ніж нижньої. Висота опорної частини від 6 м до 50 м. Ємкість резервуара від 15 до 3000 м<sup>3</sup></p>		<p>Завдяки такій геометрії вертикальне приміщення можна поділити на поверхи. Більша частина водонапірних веж реконструюється під музеї, житлові будинки та готелі невеликої чисельності, що запобігає великому потоку людей та перетину зон.</p>
<i>Тип споруди: Газгольдер</i>		
<p>Споруда в залежності від тиску поділяється на групи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• циліндричні газгольдери зі сферичними днищами;</li> <li>• сферичні газгольдери.</li> </ul> <p>Максимальна висота газгольдера 18 м. Об'єм баку газгольдера може досягати 90 000 м<sup>3</sup>, в діаметрі до 60м.</p>		<p>Беручи до уваги геометрію інтер'єру газгольдера (приміщення округле в плані, великого діаметру), на його базі проектують поліфункціональні громадські приміщення з об'єднаним простором і можливістю внесення динамічних предметно-просторових змін, наукові чи виставкові центри, музеї тощо. Відомі випадки реновації під житлові будинки і готелі.</p>
<i>Тип споруди: Маяк</i>		

<p>Конструкція маяка складається з колони, вахтової кімнати та ліхтарного приміщення. Висота різна, залежно від місцевості від 20 м до 30 м і більше.</p>		<p>В маяках проєктують музеї. В деяких випадках поруч з маяками облаштовують приміщення, які використовуються під житлові будинки.</p>
<p><i>Тип споруди: Силос</i></p>		
<p>Силос має циліндричну форму з конічним днищем. Діаметр від 6 м до 18 м. Висота до 43 м.</p>		<p>Геометрія простору схожа на газгольдер, але враховуючи висоту, на їх базі проєктують великі розважальні центри. Зустрічаються випадки реновації під житло великої і середньої етажності.</p>

Досвід реновації споруд з вертикальним зонуванням у світі постійно розширює свої межі. Плануючи реновацію споруди під нові громадські функції, перш за все враховують історичну цінність об'єкта. Якщо споруда – архітектурна спадщина, то її екстер'єр та інтер'єр залишають абсолютно незмінними, як це, наприклад, зроблено у музеях води в Києві, Лондоні, Петербурзі. В інших випадках допустима як часткова, так і повна реконструкція споруди, тому що незважаючи на переваги вертикального зонування, її конструктивні особливості можуть накладати певні обмеження на організацію інтер'єрного простору громадського приміщення, пов'язані перш за все з нормативними вимогами до його функціонального зонування. Так, архітектурна адаптація споруди під нові функції, часто супроводжується впровадженням додаткових конструктивних елементів в існуючі конструкції споруди для створення нової об'ємно-просторової композиції. Можлива як часткова так і кардинальна зміна зовнішнього вигляду споруди за рахунок створення і додавання сучасної вхідної групи, нових сходів (наприклад, евакуаційних).

Виявлено наступні типологічні напрямки реновації баштових споруд: створення музеїв (часто в комплексі з збереженням і експонуванням унікального технічного обладнання) у разі історичної цінності споруди; перетворення під нові функції: житлові (елітне житло, індивідуальне житло, студентські гуртожитки, готелі); громадські приміщення різного напрямку діяльності (громадського харчування, офісні центри, архіви, художні майстерні); поліфункціональні центри (культурно-розважальні, спортивно-розважальні, музейно-виставкові), змішані (поєднання житлових і громадських функцій, науково-виробничі центри).

Залежно від нового призначення, вертикальне зонування споруди дає можливість або створити багатоповерховий простір, або підкреслити масштабність споруди, надати емоційне

забарвлення музею, культурно-розважальному, спортивному комплексу за рахунок висоти стелі або атріуму, впровадження сучасних матеріалів і технологій освітлення (рис.2).

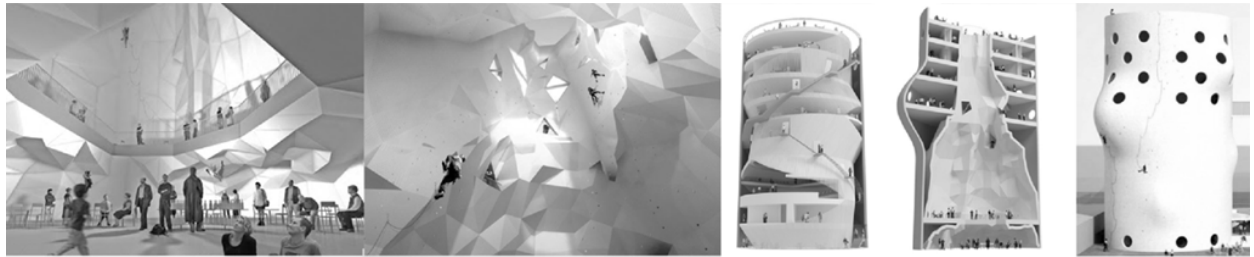


Рис. 2. Реновація силоса під розважальний центр Zeeburg в м. Амстердам

На наведених нижче прикладах, показано, що в підходах до дизайну максимально використовують конструктивні властивості споруди. Часто інтер'єри проектують у відповідності до сучасних тенденцій, залишаючи відкритими опорні конструкції та цегляну кладку (рис. 3). Аби максимально зберегти природне освітлення, створюють скляні фасади (рис.4, рис. 5). Якщо споруда має недостатню інсоляцію, використовують засоби світлового дизайну, функціонального зонування (у найменш освітлених місцях розташовують підсобні приміщення, кінозали, конференс-зали, кухні тощо, рис. 5).



Рис. 3. Реновація вежі з великою ємністю резервуару під готель Movenpick в м. Гамбург

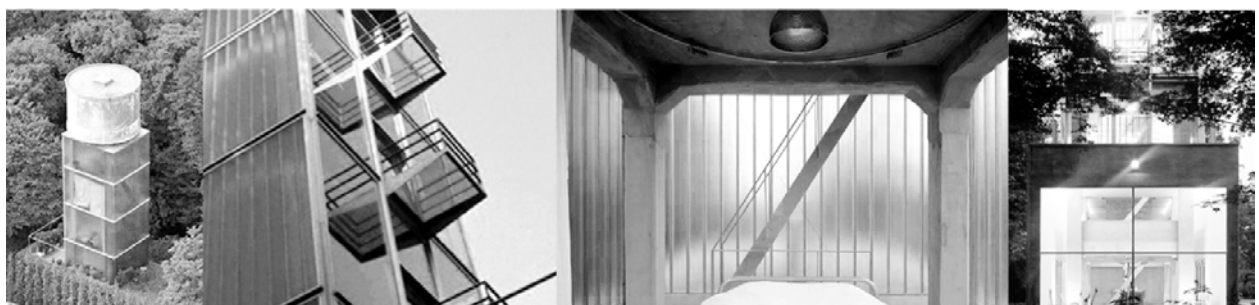


Рис. 4. Реновація вежі з малою ємністю резервуара Woning Moereels в м. Антверпен



Рис. 5. Реновація газгольдера під офіс компанії Bio – Rad, м. Москва

В залежності від діаметру та масштабності споруд, їх внутрішній простір можуть розширити візуально не тільки за допомогою монтажу та демонтажу, але і використовуючи психологічні особливості сприйняття кольору. Наприклад, використання в інтер'єрі світлих кольорів візуально розширює простір (рис. 5, рис. 6)



Рис. 6. Реновація водонапірної вежі під житловий будинок в м. Стіноккерзил

Як приклад системного підходу до реновації і дизайну застарілої споруди баштового типу, були розглянуті варіанти реновації водонапірної вежі, що не має історичної цінності і знаходиться в Голосіївському парку міста Києва. Втративши свої першочергові функції, споруда пустує. Вежа цегляна, була побудована в 1955 році за проектом інституту «Київпроект», має висоту 35 м, внутрішні гвинтові сходи, мінімальне освітлення. В 2005 р. у вежі обвалився дах.

На основі проведеного аналізу (за табл. 1, рис. 1) були отримані наступні висновки: реновація під ресторанний комплекс – варіант з максимальними витратами. Для нього потрібно проектувати додатковий вихід для прийому товару, передбачити можливість розміщення приміщень для зберігання сировини та готової продукції і інших службових приміщень, яких у закладі харчування налічується велика кількість. Приміщення зберігання продуктів повинні мати безпосередній зв'язок із завантажувальною і бути ізольованими від сторонніх. У залах, основних виробничих і адміністративних приміщеннях рекомендується мати природне освітлення (бічне, верхнє). Така реновація потребує реконструкції як внутрішнього простору, так і фасаду споруди. Ще один варіант з максимальними витратами – це реновація під готель. Для нього потрібне зонування, яке включатиме, як мінімум 7 номерів, вестибюль та приміщення для зустрічі гостей, засоби комунікації, а також приміщення для персоналу та кухні, яке теж потребує зон для прийому товару, зберігання та приготування їжі та інші зони. Норми інсоляції для готелів не такі жорсткі, як для приміщень житлового фонду. Реновація під житловий будинок – теж варіант з максимальними витратами, який потребує своїх добудов та комунікацій. Не варто забувати про пожежні норми, норми опалення, вентиляції та кондиціонування, інсоляції. На сьогодні один з факторів, які безпосередньо впливають на адаптацію споруди під нові функції, являється орієнтація на споживача та соціальну затребуваність закладу. Будівля знаходиться в районі з великою кількістю гуртожитків, тобто основний контингент району – студентська молодь. Спостереження за поведінкою, проведені співбесіди і опитування молодих людей, мешканців району, показали актуальність реновації вежі під спортивно-розважальний комплекс з секцією скелелазіння, тому що молодь вже почала освоювати простір споруди. На базі такого

комплексу можна організувати також: коворкінг-зону, оглядовий майданчик, кафе, розважальну та спортивну зону з найменшими витратами на реновацію і реконструкцію.

**Висновки.** Проведений аналіз показав, що дизайн інтер'єру громадських закладів в умовах реновації споруд баштового типу треба розглядати у невідривному зв'язку з архітектурно-просторовими рішеннями споруди. Геометрія простору: вертикальне зонування, округла або близька до округлої форма споруд в плані, дозволяють створювати на їх базі комфортні громадські простори поліфункціонального призначення, багатоповерхові житлові будинки і готелі залежно від вихідних параметрів споруди. Основні принципи дизайну такого простору: підтримка емоційної атмосфери при забезпеченні вимог до його функціональності, ергономічності, екологічності та естетичності. Орієнтація на споживача та соціальну затребуваність закладу – необхідна складова прийняття рішення про типологічний напрям реновації і вибір засобів дизайну.

### Список використаної літератури

1. Іванов-Костецький С.О. Архітектурно – функціональна реабілітація історичної індустріальної архітектури [Текст] / С.О. Іванов-Костецький // Вісник Національного університету «Львівська Політехніка». Архітектура. – 2013. – № 757. – С. 189-192.
2. Яковлев А.А. Архитектурная адаптация индустриального наследия к новой функции [Текст] : автореф. дис. ... канд. Архитектуры: 05.23.21 / А.А. Яковлев. – Н.Новгород, 2014. – 24 с.
3. Олійник О.П. Особливості реновації промислових об'єктів (закордонний досвід) [Текст] / О.П. Олійник // Теорія та практика дизайну: Збірка наукових праць. Технічна естетика. – 2015. – Вип.7. – С. 169-177
4. Соколовська Ю.С. Об'ємно – планувальні принципи і методи реновації масової житлової і громадської забудови [Текст] / Ю.С. Соколовська // Науковий журнал «Молодий вчений». – 2016. – № 1, частина 3. – С. 80-86
5. Семенцов С.В. Реконструкция производственного здания в исторической застройке: метод. указания / С.В.Крылова; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 38с.
6. Вотинов М.А. Основные направления гуманизации промышленных объектов в городской среде [Текст] / М.А. Вотинов // Вісник: проблема архітектури і містобудування. – 2014. – Вип.2. – С.6
7. Войтенко К.П. Особливості реконструкції водонапірної вежі під готельно-ресторанний комплекс в історичному центрі м. Житомира [Текст] / К.П. Войтенко., Л.Р. Гнатюк // Теорія та практика дизайну: Збірка наукових праць. Технічна естетика. – 2015. – Вип.8. – С. 68-73
8. Назарова М.В. Современный опыт реконструкции объектов промышленной архитектуры под жильё (Европа, США, Австралия) [Текст] / М.В. Назарова // Стаття. Архитектурное проектирование. История, теория, практика. – 2013. – С.1-13
9. Umods. Все о архитектуре и дизайне [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://umods.ru/architecture/sovremenniy-dom-iz-vodonapornoi-bashni-v-antverpene>
10. Бойкон Д. Исследовательский центр ННН/Газгольдер / Д. Бойкон [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.db-arch.de/\\_1ru.html](http://www.db-arch.de/_1ru.html)

11. Шварц М. Венские газометры – уникальный «город в городе» / М. Шварц [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://venagid.ru/18199-gasometers>
12. Kaiser Ch. From grain silo to a comfortable home / Ch. Kaiser [Electronic resource]. Mode of access: <http://theownerbuildernetwork.co/house-hunting/recycled-homes/silo-conversion/>
13. Annie M.G. Silos Zeeburg / M.G. Annie [Electronic resource]. Mode of access: <http://aronsengelauff.nl/cultural/silos-zeeburg>.

### References

1. Ivanov-Kostetskyi S.O. (2013) Arkhitekturno – funktsionalna reabilitatsiia istorychnoi industrialnoi arkhitektury [Architecture - functional rehabilitation of historic industrial architecture]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska Politehnika»*, no. 757, pp. 189-192 [in Ukrainian].
2. Yakovlev A.A. (2014) *Arkhitekturnaya adaptatsiya industrialnogo naslediya k novoy funktsii* [Architectural adaptation of the industrial heritage to new functions] (PhD Thesis), N.Novgorod: Nizhegorodskiy gosudarstvennyy arkhitekturno – stroitelnyy universitet [in Russian].
3. Oliinyk O.P. (2015) Osoblyvosti renovatsii promyslovykh ob'ektiv (zakordonnyi dosvid) [Features of the renovation of industrial facilities (overseas experience)]. *Teoriia ta praktyka dyzainu: Zbirka naukovykh prats*, vol. 7, pp. 169-177 [in Ukrainian].
4. Sokolovska Yu.S. (2016) Ob'ємno – planuvalni pryntsyipy i metody renovatsii masovoi zhytlovoi i hromadskoi zabudovy [Volume - planning principles and methods of mass renovation of residential and public buildings]. *Naukovyi zhurnal «Molodyi vchenyi»*, vol. 1, no. 3, pp. 80-86 [in Ukrainian].
5. Sementsov S.V. (2010) *Rekonstruktsiya proizvodstvennogo zdaniya v istoricheskoy zastroyke: metod. ukazaniya* [Reconstruction of an industrial building in the historic building: the method. instructions] Sankt – Peterburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet [in Russian].
6. Votinov M.A. (2014) Osnovnye napravleniya gumanitatsii promyshlennykh ob'ektov v gorodskoy crede [The main directions of the humanization of industrial facilities in the urban space]. *Vestnik Donbasskoy natsionalnoy akademii stroitelstva i arkhitektury*, vol. 2, pp. 114-119 [in Russian].
7. Voitenko K.P., L.R. Hnatiuk (2015) Osoblyvosti rekonstruktsii vodonapirnoi vezhi pid hotelno-restoranni kompleks v istorychnomu tsentri m. Zhytomyra [Features of reconstruction of the water tower in the hotel-restaurant complex in the historic center of Zhitomir]. *Teoriia ta praktyka dyzainu: Zbirka naukovykh prats*, vol. 8, pp. 68-73 [in Ukrainian].
8. Nazarova M.V. (2013) Sovremennyy opyt rekonstruktsii ob'ektov promyshlennoy arkhitektury pod zhile (Yevropa, SShA, Avstraliya) [Modern experience of reconstruction of industrial architecture sites for housing (Europe, USA, Australia)]. *Arkhitekturnoe proektirovanie. Istoryia, teoriya, praktika*, pp. 1-13 [in Russian].
9. Umods. Vse o arkhitekture i dizayne [All of the architecture and design]. Retrieved from: <http://umods.ru/architecture/sovremennyyi-dom-iz-vodonapornoj-bashni-v-antverpene> [in Russian].
10. Boykon D. Issledovatel'skiy tsentr HHN/Gazgolder [Research Center HHN / Gasometer]. Retrieved from: [http://www.db-arch.de/\\_1ru.html](http://www.db-arch.de/_1ru.html) [in Russian].

11. Shvarts M. Venskie gazometry – unikalnyy «gorod v gorode» [Gasometer, Vienna - a unique "city within a city"]. Retrieved from: <http://venagid.ru/18199-gasometers> [in Russian].
12. Kaiser Ch. From grain silo to a comfortable home / Ch. Kaiser [Electronic resource]. Retrieved from: <http://theownerbuildernetwork.co/house-hunting/recycled-homes/silo-conversion/>.
13. Annie M.G. Silos Zeeburg / M.G. Annie [Electronic resource]. Retrieved from: <http://aronsengelauuff.nl/cultural/silos-zeeburg>.

## ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙНА ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РЕНОВАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ БАШЕННОГО ТИПА

САФРОНОВА Е.О., АГЛИУЛЛИН Р.М., ЧЕБЫКИНА М.В., ВОЗНЮК А.Н.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Выявить особенности дизайна общественных помещений в условиях реновации инженерных сооружений башенного типа.

**Методика.** Используются методы: литературно-системного анализа научных публикаций по теме исследования; функционального, морфологического и структурного анализа интерьеров общественных помещений на базе инженерных сооружений башенного типа, обобщение полученных результатов исследования.

**Результаты.** Обобщены факторы влияния на формирование общественного пространства на базе инженерных сооружений башенного типа и определены основные подходы к их дизайну.

**Научная новизна.** Определены основные принципы дизайна общественных помещений в условиях реновации инженерных сооружений башенного типа.

**Практическая значимость.** Выявлены основные факторы, влияющие на адаптацию сооружений башенного типа под новые функции и обоснованы подходы к их дизайну, которые могут быть использованы в практической деятельности дизайнера.

**Ключевые слова:** реновация, сооружения башенного типа, особенности адаптации, дизайн, водонапорная башня, общественные помещения.

## DESIGN FEATURES OF PUBLIC SPACES IN THE RECONSTRUCTION OF TOWER STRUCTURES

SAFRONOVA E.O., AGLIULLIN R.M., CHEBIKINA M.V. VOZNYUK A.M.

*Kiev national university of technologies and design*

**Purpose.** To identify design features in public buildings under renovation of engineering structures tower.

**Methodology.** Literary and system analysis of scientific publications on the subject of the study; functional, morphological and structural analysis of interior public spaces at the tower engineering structures, generalization of the results of the study.

**Findings.** Factors influence the design of public space, the basic design approaches.

**Originality.** Basic principles of designing public spaces in the reconstruction of tower structures.

**The practical value.** Discovered factors influencing adaptation tower structures for new functions and intelligent approaches to their design, which can be used in the practice of the designer.

**Keywords:** renovation, reconstruction, tower building, feature adaptation, design, public spaces, water tower.

УДК 766.012:004.9

ЗДОЛЬНИК І. Г., ДОВЖЕНКО І.Б., ПОТАНІН С. Є.  
Київський національний університет технологій та дизайну

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СТВОРЕННЯ КІНЕТИЧНОЇ ТИПОГРАФІКИ

**Мета.** Виявлення особливостей створення кінетичної типографіки.

**Методика.** Використано систему загальнонаукових та емпіричних методів дослідження: аналізу і синтезу, систематизації і узагальнення, що дало можливість провести аналіз створення типографіки в русі.

**Результати.** В ході вивчення кінетичної типографіки, визначено оптимальний варіант використання базових знань в створенні відеотипографіки.

**Наукова новизна.** В статті проаналізовано та досліджені послідовності та особливості створення типографіки з метою передачі емоцій та подачі певної авторської ідеї до свого глядача через анімаційний текст.

**Практична значимість.** Практичне значення роботи полягає в тому, що результати можуть використовуватись як матеріал для навчання та вдосконалення теоретичної бази студентів спеціальності фотовідеодизайн, а також можуть бути використані при підготовці індивідуальних відео проєктів.

**Ключові слова:** кінетична типографіка, анімація, рух, динаміка, дизайнер, дизайн.

**Вступ.** Одне з важливих питань сьогодення: зацікавити юну чи молоду людину читати і через книгу вона зможе набувати знань, досвіду, пізнавати світ. Адже книга містить величезний досвід і знання людства, ідеї, методики, стратегії. Книги формують світогляд, а відтак, втрата інтересу суспільства до читання тягне за собою втрату культури, моралі, зв'язку між поколіннями. Сучасна молодь, вихована серед інтерактивних технологій, звикла сприймати інформацію візуально, швидко, захоплюючи миттєво інформаційний образ. Падіння інтересу до друкованого слова і загалом до книги, простежується культурологами усього світу [2].

Набуття соціальної значущості інформації, спровокувало створення нових методів її подачі, застосування візуальних, а подекуди і мультимедійних технологій. Їх розвиток і запровадження частково відновив читацький інтерес. Кінетична типографіка стала тією технологією, котра допомогла вирішити дилему перенасичення інформаційного простору і повернення сучасної читацької аудиторії. За допомогою рухомого зображення, де символи, знаки, букви, цифри, «скачуть», «ростуть» вгору, розсуваються на всю ширину екрану, навіть, «плавають» і «літають», - «сухий» текст, у вигляді нерухомих чорно-білих колонок і таблиць перетворюється на «текстове шоу».

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність проблеми та необхідність її вирішення, розглянемо особливості створення кінетичної типографіки, як сучасної технології, яка здатна викликати певний емоційний стан у глядача і утримувати його увагу доавторського тексту.

**Результати дослідження.** Motion typography (kinetic typography) або «Кінетична типографіка» – це такий вид анімації, що створює рухомий текст, тобто замість зображень в анімації – слова і літери. Вітчизняною мовою визначення відсутнє, тому найчастіше використовується англійське. Кінетична типографіка має свої витоки ще з 1899 року [1]. Зазвичай її поділяють на два різних типи - «рухому» і «рідку». Букви та слова рухаються і переміщуються одне відносно другого в «рухомій», а в «рідкій» - можуть залишатися на

одному місці, але при цьому вони будуть видозмінюватись, перетікати з однієї форми в іншу. Дуже активного застосування в наші дні така техніка отримала в телевізійних роликах, музичних кліпах, титрах теле- і кінофільмах. Її можна описати такими словами: рух, динаміка і відраза до статичності. Але на відміну від фіксованої друкованої типографіки, кінетична знаходиться в постійному русі [10].

Структуризація етапів розробки композиції дизайнерів кардинально відрізняється один від одного. Дехто дуже детально і неухильно дотримується кожного пункту композиції та її елементу. Інші піддаються емоційному впливу, пориву, відкидаючи раціональний підхід до роботи. Кожний дизайнер виходить з конкретної ситуації та обирає саме той підхід, який для нього, на даному етапі, буде найкращим та найергономічним. Тому композиція стає основою будь-якого дизайнерського проекту. Робота починається з чорнових начерків, де враховуються структурно-ергономічні та психологічні характеристики.

Виготовлення чорнового ескізу композиції – наступний етап роботи дизайнера. Він характеризується раціональністю, суворим масштабуванням та пропорційністю основного варіанту. Тут дуже важливим стає той факт, що малий розмір, нехай навіть і пропорційний, вкрай згубний для кінцевого варіанту, тому що в малих масштабах на графічний елемент (лінію) накладається навантаження плями, а не просто її межі. Також вкрай життєво необхідно дотримуватися пропорційності самого простору. В іншому випадку, коли йде підгонка пропорцій, може бути повністю втрачено та зруйновано як грацію, так і естетику композиційної плями. У чорновому ескізі композиції є вкрай необхідним підібрати місце для текстових заголовків, так би мовити, вербальних вузлів. Важливим є і розташування основних колористичних плям. Кольорові акценти і тональні переходи та їх взаємодія вкрай необхідні в проекті дизайнера. Колір завжди несе в собі досить складну систему асоціацій і є достатньо великою графічною плямою в просторі. Основним композиційним центром в даній ситуації виступає текст. Тому переважання кольору не повинно спостерігатися. Він має бути лише гармонійним доповненням до всього проекту.

Останнє місце в ескізі займають графічні та візуально-предметні, або ж абстрактні елементи. Це пояснюється і аргументується тим, що в текстовому ролик головне навантаження - сам текст, а не декоративне зображення.

Загальним виглядом є презентація перед фінального вигляду проєктованого об'єкта. Всі елементи композиції набираються в масштабі один до одного. Все доводиться до фінального зразка, текст набирається відповідною гарнітурою та кеглем, а колір редагується в намальованих зразках. І вже не підготовка до друку, а саме рендр і конвертація в потрібний формат відеозображення, стають завершальним акордом всіх етапів проєктування.

Протягом підготовки відеоролика дуже складно уявити як буде виглядати макет в кінцевому результаті. Графічний лист концентрує всі характерні елементи відеорянку, котрі зможуть без будь-яких зусиль допомогти людині провести паралель між самим відеорянком та графічним банером. Тому макет повинен включати в себе характерні елементи, виглядати як кінцевий і абсолютно самостійний продукт.

Стадії підготовки макета можуть включати, і чорновий начерк, і чорновий ескіз, і загальний вигляд, і механічний етап монтажу.

Багаторічні дослідження соціуму показують, що макет відеоролика потрібен. На графічному банері заголовки повинні затримувати всю увагу читача, оскільки їх головна

роль у запам'ятовуваності і зрозумілості змісту тексту. І це може бути важливішим, ніж внесок візуальних засобів. Дослідження показують, найкраще використовувати короткі заголовки з одного рядка, але можна робити і два. Вся загальна площа заголовка має займати лише 10-15% загальної площі сторінки, тому шрифт має бути помірно великим. Все залежить від ситуації. Заголовок можна розмішувати і вище, і нижче фотографії або малюнка. Практичний досвід свідчить, що розташування нижче ілюстрації, приверне увагу на 10-відсотків більше тих, хто читатиме.

Предметом нашої статті стала кінетична типографіка. Цей напрямок дизайну в нашій країні практично недосліджений і тільки виходить з тіні інших елементів графічного дизайну. Кінетична типографіка мобільна, динамічна та рухлива, що в свою чергу, ще більше приваблює глядача. Вона не терпить помилок, оскільки зовсім не розрахована на швидкоплинне ознайомлення. Тобто, рухлива типографіка вимагає від свого творця осмисленого та дуже глибокого підходу.

Особлива увага необхідна для звукового ряду. Неуважне ставлення до цього етапу може звести нанівець всі напрацювання попереднього етапу, адже звуковий супровід має доповнювати, поглиблювати візуальний ряд, заряджати глядача позитивною енергією.

В роботі над кінетичною типографікою, важливе місце займають композиційне рішення і вивчення аналогів. Досягнення відчуття єдності є завданням професійного дизайнера. Він повинен мислити масштабно і різнопланово, наперед уявляти як буде себе поводити його майбутнє творіння в своєму середовищі перебування, як на нього вплине і як саме середовище пристосується до нього. Дизайнер зобов'язаний зберегти чистоту ідеї для всіх складових - функціональну обґрунтованість для форми, матеріалу, графіки тощо. І врешті-решт передбачити справжню необхідність, потребу в створюваній речі.

При виборі композиційного рішення дизайнер має враховувати момент емоційного впливу аудіовізуального твору, що залежить від характеру використаного матеріалу (пластичних ліній та плям, їх напрямків, маси та розташування). За допомогою ліній можна створити художній образ. Так, замкнута лінія, котра обмежує силует плями, завжди залежить від сприйняття форми цієї плями.

У кінетичній типографіці лінія є одним з найбільш виразних засобів. Тому що вона рухлива гнучка, легко трансформується. За її допомогою можна легко створити ілюзію стрімкого або плавного руху.

Всі елементи композиції сторінки повинні займати певну площу, пропорційну до їх значень в композиції як єдиного цілого. Однаковість елементів за кольором та розміром або іншими якостями викликає монотонність і знижує зацікавленість.

Єдність - це поєднання всіх елементів в єдине ціле. Не зважаючи на те, що композиція складається з багатьох різних частин, вони мають бути так взаємопов'язані, щоб в цілому справляти гармонійне враження на глядача. У поєднанні всіх елементів важливу роль відіграють рівновага, переміщення, пропорційність, контраст, колір. Будь-який зайвий елемент композиції, від відсутності якого вона нічого не втратить, повинен бути одразу прибраний. Перевантаженість різними стилями шрифтів чи занадто дрібними буквами, негативами, зображеннями або нікому непотрібним текстом, дуже ускладнює і захаращує всю композицію. Інша річ – пляма. В композиції вона завжди допомагає зробити акцент на

важливому об'єкті і визначити її смисловий центр. В залежності від поставлених завдань вона може бути як кольоровою, так і тональною.

Чіткість сприйняття композиції та її запам'ятовуваність безпосередньо абсолютно завжди залежать від її внутрішнього ритму. Він може проявлятися у багатьох іпостасях, наприклад, у блоках на сторінці, у паузах і стійок в різних шрифтових композиціях. Чим монотонніше буде ритм - тим нудніше виглядатиме композиція. Людський мозок не любить монотонності. Отже, в тексті сторінки і в її композиції слід враховувати ритм зображень, елементів і пауз.

Комбінацією лінії і плями є силует, який, в основному, проявляє себе як дуже темна пляма на світлому фоні. Краса і граціозність обрисів силуету, за допомогою лінії, можуть надати композиції неповторності і чарівної індивідуальності.

Композиційним прийомом вважатиметься таке розташування ліній, що спонукає глядача пересуватися від найголовнішого об'єкта до іншого, менш головного, і так далі, спостерігаючи за складною кривою, що охоплює майже весь робочий простір.

Застосовуючи у проекті домінуючі кольори різноманітних відтінків помаранчевого і чорного, дизайнер посилює динаміку. Помаранчевий колір пом'якшує депресивність чорного, а чорний заколисує енергійність помаранчевого. У поєднанні вони викликають асоціації з оксамитовим заходом сонця. Колір - один з найпотужніших засобів вираження. Краще за колір настрої проекту ніщо не зможе передати так влучно. Незначна зміна в тональності може вкрай радикально змінити враження від усієї роботи в цілому. Отже, колір ні в якому разі не можна залишати поза увагою, оскільки його значення для людської психіки є незаперечним фактом [8].

**Висновок.** Дослідивши особливості створення кінетичної типографіки, нам вдалося довести її велике значення у вирішенні проблеми збереження та утримання глядача перед інформаційним текстом. оскільки застосування і розвиток таких нових технологій дозволить зробити привабливим зовні непривабливі об'єкти (тексти), зацікавити ними молодь та донести певну авторську ідею, перетворюючи тексти на рухомі зображення. В ході вивчення кінетичної типографіки вдалося визначити оптимальний варіант використання базових знань у створенні відеотипографіки.

### Список використаної літератури

1. Зотов И. Кинетическая типографика: часть 1/ Игорь Зотов [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://movienations.com/tutorial/148> (17.11.2016).
2. Почему дети не читают книг? Что делать? [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://para.by/articles/text/pochemu-deti-ne-chitajut-knig-chto-delat> (17.11.2016).
3. Брингхёрст Р. Основы стиля в типографике / Роберт Брингхёрст. — Москва: Д. Аронов, 2006. — 432 с.
4. Королькова А. Живая типографика / Александра Королькова. — IndexMarket, 2010. — 224 с.
5. Кричевский В.. Типографика в терминах и образах / Владимир Кричевский. — М.: Слово, 2000. — В 2-х тт.: 144+158 с.
6. Wightman M. and S. Book Typography: A Designer's Manual / Michael and Susan Wightman . - Marlborough : Libanus Press Ltd, 2005. - 448 p.

7. Йозеф Мюллер-Брокманн[en]. Модульные системы в графическом дизайне: пособие для графических дизайнеров, типографов и оформителей выставок. — М.: ИЗДАЛ, 2014
8. Агостон Ж.А. Теория цвета и ее применение в искусстве и дизайне / Агостон Ж.А. ; пер. с англ. И.В.Пенова. — М.: Мир, 1982. — 181 с., илл.
9. Колейчук, В.Ф. Динамическая и кинетическая форма в дизайне: метод. материалы / В. Ф. Колейчук и др. ; ВНИИ техн. эстетики. — М.:ВНИИТЭ, . — 80 с., илл.
10. Ёжиков А. Дизайн - Типографика в движении / Алексей Ёжиков [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://habrahabr.ru/post/24209/> (17.11.2016).

### References

1. Zotov Y. Kynetycheskaia typhrafyka: chast 1/ Yhor Zotov [Elektronnyi resurs]. — Rezhym dostupu : <http://movienations.com/tutorial/148> (17.11.2016) [in Russian].
2. Pochemu dety ne chytaiut knykh? Chto delat? [Elektronnyi resurs]. — Rezhym dostupu : <http://para.by/articles/text/pochemu-deti-ne-chitajut-knig-chto-delat> (17.11.2016) [in Russian].
3. Brynhkhërst R. Osnovy styliya v typhrafyke / Robert Brynhkhërst. — Moskva: D. Aronov, 2006. — 432 s. [in Russian]
4. Korolkova A. Zhyvaia typhrafyka / Aleksandra Korolkova. — IndexMarket, 2010. — 224 s. [in Russian]
5. Krychevskiy V.. Typhrafyka v termynakh y obrazakh / Vladymyr Krychevskiy. — M.: Slovo, 2000. — V 2-kh tt.: 144+158 s. [in Russian]
6. Wightman M. and S. Book Typography: A Designers Manual / Michael and Susan Wightman . - Marlborough : Libanus Press Ltd, 2005. - 448 p. [in English]
7. Yozef Miuller-Brokmann[en]. Modulnye systemy v hrafycheskom dyzaine: posobyedlia hrafycheskykh dyzainerov, typhrafov y oformytelei vystavok. — M.: YZDAL, 2014 [in Russian]
8. Ahoston Zh.A. Teoryia tsveta y ee prymenenye v yskusstve y dyzaine / Ahoston Zh.A. ; per. s anhl. Y.V.Penova. — M.: Myr, 1982. — 181 s., yll. [in Russian]
9. Koleichuk, V.F. Dynamycheskaia y kynetycheskaia forma v dyzaine: metod. materyaly / V. F. Koleichuk y dr. ; VNYU tekhn. estetyky. — M.:VNYUTЭ, . — 80 s., yll. [in Russian]
10. Ёzhykov A. Dyzain - Typhrafyka v dvyzhenyy / Aleksei Ёzhykov [Elektronnyi resurs]. — Rezhym dostupu : <https://habrahabr.ru/post/24209/> (17.11.2016) [in Russian].

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ В СОЗДАНИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ТИПОГРАФИКИ

ЗДОЛЬНИК И.Г., ДОВЖЕНКО И.Б., ПОТАНИН С.Е.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Выявление особенностей создания кинетической типографики.

**Методика.** Использована система общенаучных и эмпирических методов исследования: анализа и синтеза, систематизации и обобщения, что позволило провести анализ создания типографики в движении.

**Результаты.** В ходе изучения кинетической типографики, определен оптимальный вариант использования базовых знаний в создании видеотипографики.

**Научная новизна.** В статье проанализированы и исследованы последовательность и особенности создания типографики с целью передачи эмоций и подачи определенной авторской идеи к своему зрителю через анимационный текст.

**Практическая значимость.** Практическое значение работы состоит в том, что результаты могут использоваться как материал для обучения и совершенствования теоретической базы студентов специальности фотовидеодизайн, а также могут быть использованы при подготовке индивидуальных видео проектов.

**Ключевые слова:** кинетическая типографика, анимация, движение, динамика, дизайнер, дизайн.

## THE STUDY OF FEATURES IN THE CREATION OF KINETIC TYPOGRAPHY

ZDOLNYK I.G., DOVZHENKO I.B., POTANIN S.E.

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose.** Identifying characteristics create kinetic typography.

**Methodology.** Used system of general scientific and empirical research methods: analysis and synthesis, generalization and systematization, which allowed the analysis of the creation of typography in motion.

**Findings.** During the study kinetic typography, set a good use of basic knowledge in videotypohrafiky created.

**Scientific novelty.** The paper analyzed and studied the sequence of creation and features to transfer emotions and supply some of the author's ideas to his audience through animated text.

**Practical signficance.** The practical significance of the work lies in the fact that the results can be used as material for training and improving the theoretical base of students majoring fotovideodizayn, and can be used in the preparation of individual projects video.

**Key words:** kinetic typography, animation, motion, dynamics, designer, design.

УДК 7.012:891.001

СЕМЧЕНКОВА О. Р., ДОВЖЕНКО І.Б.

Київський національний університет технологій та дизайну

### ПРОМОРОЛИК ЯК ВІЗУАЛІЗАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ ДИЗАЙН-ПРОЕКТУ. ЕТАПИ СТВОРЕННЯ

*Мета.* Розгляд створення проморолика як нової стратегії в створенні фірмового стилю в музичній індустрії.

*Методика.* В роботі над даною статтею були використані такі методи дослідження, як спостереження, порівняння, узагальнення, аналіз та синтез.

*Результати.* Проаналізовано взаємозв'язок фірмового стилю і відеокліпу виконавця, сформульовані основні етапи створення проморолика, сформульовані практичні дії по просуванню проморолика в соціальних мережах.

*Наукова новизна.* Показані особливості впровадження фірмового стилю в музичній індустрії до відеоробіт виконавця.

*Практична значимість.* В результаті проведеного дослідження визначено способи впровадження фірмового стилю у відеороботи, а також конкретні кроки по просуванню проморолика.

*Ключові слова:* проморолик, фірмовий стиль, логотип, режисерський сценарій, монтаж, соціальна мережа, просування.

**Вступ.** Використання фірмового стилю передбачає єдиний підхід до оформлення, колірних сполучень, образів у рекламі, ділових паперах, технічної та ділової документації, упаковці продукції та ін. У музичній індустрії фірмовий стиль вже не є новинкою. Багато відомих груп розробили власні логотипи, знайшли підхід до образів на концертах і в відеокліпах. Однак, прямий взаємозв'язок фірмового стилю і його інтерпретація у відеокліпах виконавців - сфера досить нова, і теоретично недостатньо обґрунтована. Дмитро Ніл в своїх статтях на сайті [musecube.org](http://musecube.org) [1] розповідає про розвиток створення фірмового стилю в музичній індустрії - коли на ранніх етапах логотипи створювалися так, щоб відображати стиль музики, але з часом це положення змінилося. Він розглядає приклади вдалого і невдалого брендингу для різних груп. Великий масив матеріалу представлено у наукових дослідженнях, розвідках, статтях в інтернет мережі, які розглядають проблеми, пов'язані з виробництвом екранного продукту (процесу зйомки і монтажу). Так, Олексій Соколов у книзі «Монтаж» розглядає базові правила монтажу [4]. А Соня Шенк (Sonja Shenk) та Бен Лонг (Ben Long) у створеному «Довіднику з цифрового кіновиробництва» («The digital filmmaking handbook») [5] - організацію зйомки відеопродукту від написання сценарію до зйомки і постобробки. Ще один довідник під назвою «Довідник зеленого екрану» («The green screen handbook») [6] Джеффа Фостера (Jeff Foster) детально розглядає процес застосування хромакея для зйомки відео. А процес створення та використання візуальних ефектів у відео детально описує Рон Ганбар (Ron Ganbar) в роботі «Нюк 101: Професійний композитінг і візуальні ефекти» («Nuke 101: Professional compositing and visual effects») [7]. Маємо відзначити, що окремі роботи з технології створення фірмового стилю, зйомки та обробки екранного продукту знаходяться у полі зору науковців і практиків, в той час як інший важливий аспект, а саме, взаємозв'язок цих складових, залишається невисвітленим. Тому метою статті є розгляд проблеми взаємозв'язку технологій творення фірмового стилю і аудіовізуального мистецтва.

**Постановка завдання.** Розвиток нових стратегій у фірмовому стилі є досить важливим. Винайшовши новий підхід до фірмового стилю в музичній індустрії, виконавець має великий шанс бути більш запам'ятовуваним та впізнаваним, ніж його конкуренти. Проморолик не є повноцінним відеокліпом. У проморолику можливо презентувати майбутній відеокліп, заінтригувати глядача. Або ж, якщо виконавець початківець - завданням проморолика є представити артиста глядачам, зацікавити їх у прослуховуванні пісень саме цього виконавця, а не будь-якого іншого. Набагато продуктивніше і цікавіше проморолик буде виглядати, якщо в ньому будуть присутні елементи фірмового стилю виконавця. Це може бути особливий вибір кольорокорекції, який притаманний тільки цьому виконавцю, або ж набір певних ракурсів зйомки, який використовується у відеороботах артиста. Завданням впровадження фірмового стилю у відеороботи є впізнаваність - навіть без звуку глядач має здогадатися, що ця відеоробота належить саме цьому артисту. Також, використання елементів логотипу в відеороботі може створити особливу атмосферу - визначити вибір локацій, сюжетну і смислову спрямованість екранного твору.

**Результати дослідження.** Проморолик - один з різновидів рекламних відеороликів, що дозволяє надавати більш спрямований вплив на цільову аудиторію. Створення промороликів зазвичай необхідно для просування конкретного товару (послуги) або для інформування клієнтів про важливу подію.

Одна з початкових стадій роботи над промороликом - написання режисерського сценарію.

Режисерський сценарій - загальноприйнята форма підготовки до зйомок відео. У ньому фіксуються авторське трактування матеріалу і всі технічні та художні засоби створення картини. Це перш за все розробка детального плану, на основі якого творча група, керована режисером, може реалізувати авторський задум на екрані. Він дозволяє розподілити роботу між усіма учасниками знімальної групи, а також запрошеними фахівцями. Режисерський сценарій, як правило, записується у вигляді таблиці, що складається з 8 колонок і включає наступні позначення: номер кадру, хронометраж, розкадровка, об'єкт зйомки, крупність плану, дія, звук і реквізит.

Етапи створення проморолика поділяються на підготовчу частину, зйомку та постобработку.

Підготовча частина включає в себе розробку сюжету ролика. При розробці задуму ролика слід враховувати різні чинники. Виходячи з того, яку музику виконує артист, характер і сприйняття ролика можуть кардинально відрізнятись. Спокійна, плавна, розслаблююча музика диктує відповідне візуальне, темпо-ритмічне, монтажне і колірне рішення. Швидка, ритмічна музика вимагає іншого підходу, як у виборі засобів художньої виразності, так і в сюжетній побудові. Відмінною ідеєю буде використання елементів логотипу в самому відео, як це робить виконавець Jerry Springle. У своїх піснях вона використовує акустичні інструменти - або гавайську гітару, або піаніно. Музика легка, позитивна. На даний момент готується вихід дебютного альбому, тому важливо щоб обкладинка, логотип, та й фірмовий стиль в цілому були гармонійні з самою музикою.

Розглянемо логотип Jerry Springle. Вписані один в одного букви об'єднані рамкою, що дає відчуття завершеності і спокою. Це відповідає характеру музики виконавця - спокійна і не агресивна. Ромб - один з фундаментальних символів в українській культурі. Будучи

символом родючості, оберега, а також жіночого начала, він чудово доповнює логотип, адже виконавець - жінка. Символи – це штучно побудовані знаки, які несуть розгорнуту, інколи концептуально навантажену інформацію, узагальнене зображення цілої системи понять. Національний символ – узагальнене зображення цілої системи понять, ідей (зазвичай абстрактних), які акумулювали у собі нашарування значень і смислів, притаманних певній епосі, певному періоду становлення і розвитку українського народу. Використання національної символіки у логотипі є основою для проектування зрозумілого для цільової аудиторії повідомлення, а відповідно, й ефективного. Вона забезпечує сприйняття інформації на підсвідомому рівні, апелюючи до чуттєвого досвіду адресата. Правильне застосування національних мотивів може дозволити сфокусувати увагу не лише на змісті повідомлення, але й на його контексті, створивши відповідний настрій, емоційне тло.

Буква S, що закручується в спіраль, оформлена таким чином не просто так. Спіралеподібні лінії надають розуміння складності, звивистості людського шляху, відчуття того, що можливі несподівані повороти і зміни. Це відповідає характеру музики, адже вона не стоїть на місці і має мелодійний розвиток, як і музична творчість виконавця, а з роками набуває зовсім інший характер. Також, спіраль є символом творчої сили, символом часу і циклічності ритмів.

Ці елементи цілком можливо використовувати в проморолику. Наприклад, спіралеподібні лінії можуть перетворитися в серпантин доріг, пісочний годинник і т.д.

Коли сюжет розроблений, настає час детально опрацювати режисерський сценарій і покадрове втілення задуму. Оскільки проморолик створюється для музичного виконавця, його основною темою буде пісня. Виходячи з її темпу і характеру розраховується хронометраж кадрів. З огляду на назву і зміст пісні, а також з можливостей міста, що обирається для зйомок, напр., Києва, ретельно продумуються локації для зйомки.

Важливим пунктом є розкадровка. Завдяки попередньо продуманому покадровому рішенню візуального ряду, під час зйомок не витрачається час на пошук правильної композиції, крупності і т.д. Все це заздалегідь продумано, промальовано, і все що залишається - це вибудувати кадр і відзняти його. Розкадровка допомагає візуально уявити режисерське бачення майбутнього екранного твору, способи зйомки відео, а також промальовати і узгодити шляхи взаємодії режисера і оператора.

Далі настає знімальний етап. На цьому етапі важливо бути гнучким і вміти підлаштуватися під зміни умов погоди. Якщо щось іде не за планом, потрібно вміти зорієнтуватися в ситуації і підкорегувати сценарій.

Останнім етапом є постобробка - монтаж, корекція кольору, можливо, візуальні ефекти, переозвучка. Якщо зйомка пройшла чітко за режисерським сценарієм, і всі моменти з хронометражем та правилами «комфортного» монтажу, які передбачають дотримання базових принципів монтажної зйомки для здійснення подальшого «грамотного» монтажу, були враховані - монтаж не складе труднощів. Якщо ж були зроблені зміни або відбулися які-небудь упущення, при монтажі можна буде спробувати виправити ситуацію і знайти правильне рішення для комфортної склейки.

Після того як проморолик готовий, наступним завданням є його просування. Правильне просування в соц. мережах допоможе набрати і розширити аудиторію глядачів. На сьогоднішній день існує безліч платформ і соц. мереж, де можливо просувати

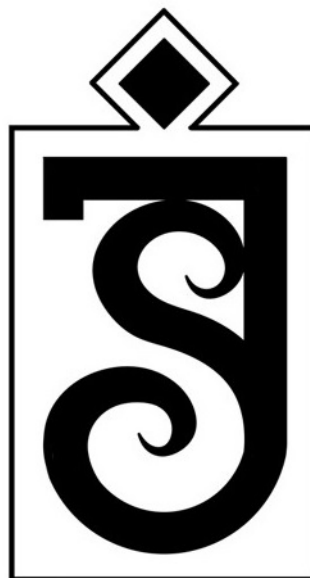
проморолик: Facebook, V Kontakte, Vimeo, Youtube і ін. Оскільки мова йде про відео-роботи, розглянемо розміщення проморолика на Youtube. Для того, щоб відео вибивалося в перші ряди при пошуку на сервісі, необхідно виконати деякі умови:

1. Грамотно проставити теги, які відповідають тому, що відбувається в відео. Так само важливо в тегах проставити такі ж слова, які використовуються в назві і описі до відео. Це робиться в першу чергу для того, щоб система пошуку в Youtube правильно розпізнавала відео.

2. В описі до відео важливо вставити якомога більше різних посилань (доречних по темі). Наприклад, якщо виконавець грає на певному інструменті - вставити посилання на сайт фірми-виробника інструменту і т.д.

3. Домовитися з іншими блогерами і користувачами YouTube про те, щоб вони вставили посилання на проморолик в описі до своїх відео. Це так само підвищує авторитетність відео при роботі з пошуковими системами.

4. Створити яскраве прев'ю - ключовий кадр, який буде обкладинкою проморолика. Яскравий фон, фотографія і великий напис з правильною композицією завжди привернуть увагу серед десятків інших відео.



Логотип Jerry Springle

**Висновки.** Як основа візуальної комунікації, фірмовий стиль, у будь-якій сфері діяльності людини чи компанії, покликаний підкреслити її індивідуальність і неповторність. Тому пошук, розробка і застосування нових стратегій його творення є важливим елементом розвитку проектних стратегій формування рекламного образу об'єкту. Проектні стратегії: розвитку і вдосконалення проектних технологій та творчого розвитку і оновлення професійних цінностей і засобів дизайну, щасливо перетинаються підчас творення візуального образу об'єкту. Застосування проморолику як нової стратегії творення фірмового стилю в музичній індустрії цілком логічний і виправданий інноваційний крок, оскільки стає не лише візуальним рішенням проблеми комунікації, втіленням іміджу виконавця, можливістю його популяризації. Будь-яка ідея потребує головного – візуалізації, тому проморолик стає візуалізацією концепції всього дизайн-проекту. А використання

логотипу, як базового силеутворюючого елементу, відкриває перед його автором широкі можливості для розробки іконографії аудіовізуального твору.

### Список використаної літератури

1. Сайт Musecube - територія творчої свободи [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://musecube.org/?author=310&paged=2>.
2. Сайт DeesideSchool - навчання кіновиробництва [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://school.deeside.ru/encyclopedia/pre-production/rezhisserskij-scenarij-kak-pisat-rezhisserskij-scenarij/>.
3. Сайт Науковий блог [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://naub.oa.edu.ua/2015/проблеми-інтеграції-національних-си/>.
4. Соколов А.Г. Монтаж: телевидение, кино, видео / Алексей Георгиевич Соколов. – М.: Издательство «625», 2001. – 207 с.
5. Schenk S. The digital filmmaking handbook fourth edition / S. Schenk, B. Long – Boston.: Course Technology, a part of Cengage Learning, 2012. – 555 p.
6. Foster J. The green screen handbook / Jeff Foster – Canada: Wiley Publishing, 2010. – 387 p.
7. Ganbar R. Nuke 101: Professional compositing and visual effects / Ron Ganbar – USA: Peachpit Press, 2011. – 404 p.

### References

1. Website Musecube – Area of creative freedom [Electronic resource]. - Access mode: <http://musecube.org/?author=310&paged=2> [in Russian].
2. Website DeesideSchool – Filmmaking study [Electronic resource]. - Access mode: <http://school.deeside.ru/encyclopedia/pre-production/rezhisserskij-scenarij-kak-pisat-rezhisserskij-scenarij/> [in Russian].
3. Website Science blog [Electronic resource]. - Access mode: <http://naub.oa.edu.ua/2015/проблеми-інтеграції-національних-си/> [in Russian].
4. Sokolov A.H. (2001), «Editing: television, movie, video», p. 625 [in Russian].
5. Schenk S. The digital filmmaking handbook fourth edition / S. Schenk, B. Long – Boston.: Course Technology, a part of Cengage Learning, 2012. – 555 p. [in English].
6. Foster J. The green screen handbook / Jeff Foster – Canada: Wiley Publishing, 2010. – 387 p. [in English].
7. Ganbar R. Nuke 101: Professional compositing and visual effects / Ron Ganbar – USA: Peachpit Press, 2011. – 404 p. [in English].

### **ПРОМОРОЛИК КАК ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ДИЗАЙН-ПРОЕКТА. ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ**

СЕМЧЕНКОВА О.Р., ДОВЖЕНКО И.Б.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Рассмотрение создания проморолика как новой стратегии в создании фирменного стиля в музыкальной индустрии.

**Методика.** В работе над данной статьей были использованы такие методы исследования, как наблюдение, сравнение, обобщение, анализ и синтез.

**Результаты.** Проанализирована взаимосвязь фирменного стиля и видеоклипа исполнителя, сформулированы основные этапы создания проморолика, сформулированные практические действия по продвижению проморолика в социальных сетях.

**Научная новизна.** Показаны особенности внедрения фирменного стиля в музыкальной индустрии в видеоработы исполнителя.

**Практическая значимость.** В результате проведенного исследования определены способы внедрения фирменного стиля в видеоработы, а также конкретные шаги по продвижению проморолика.

**Ключевые слова:** проморолик, фирменный стиль, логотип, режиссерский сценарий, монтаж, социальная сеть, продвижение.

## **PROMO VIDEO AS A VISUALIZATION OF A CONCEPT OF DESIGN PROJECTS. STAGES OF CREATION**

SEMCHENKOVA O.R., DOVZHENKO I.B.

*Kyiv national university of technologies and design*

**Purpose.** Consideration of creating a promo video as the new strategy in the creation of corporate identity in the music industry.

**Methodology.** While working on this article there have been used such methods of research as observation, comparison, generalization, analysis and synthesis.

**Findings.** After analyzing the relationship of corporate identity and video of an artist, the basic steps of creating a promo video were set out, and practical actions about promotion the promo video in social networks were given.

**Originality.** Determining the need for implementation of corporate identity in the music industry into the video work of artist.

**Practical value.** The study identified how to implement corporate identity into the video work, as well as concrete steps of promotion of the promo video.

**Key words:** *Promo video, corporate identity, logo, shooting script, editing, social networking, promotion.*

УДК 687.745/749

СЕЛЬСЬКА О.О., ЗАСОРНОВА І.О., ЗАСОРНОВ О.С.

Хмельницький національний університет

**ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ ТА НАПОВНЕНОСТІ  
ОРНАМЕНТАМИ ВИШИВКИ ДЕТАЛЕЙ ПОДІЛЬСЬКОЇ  
НАЦІОНАЛЬНОЇ СОРОЧКИ ДЛЯ ОЗДОБЛЕННЯ СУЧАСНОЇ  
ЖІНОЧОЇ СУКНІ, ВИКОНАНОЇ В ЕТНО-СТИЛІ**

**Мета.** *Визначення місць розташування геометричних орнаментів вишивки на деталях української сорочки з метою удосконалення способу оздоблення сучасної жіночої сукні, виконаної в етно-стилі.*

**Методика.** *Виконано літературно-аналітичний та історико-графічний аналіз, здійснено теоретичні дослідження у фондах музеїв Поділля, розглянуто зразки національних виробів для визначення різновидів місць розташування вишивки на деталях жіночих сорочок Подільського регіону кінця XIX початку XX століття.*

**Результати.** *Проведені дослідження різних видів українських національних жіночих сорочок з урахуванням використовуваних матеріалів, композиційного рішення орнаменту, колористичного оформлення та мотивів вишивки Подільського регіону кінця XIX початку XX століття. На основі проведених досліджень розроблено ескіз та виготовлено модель жіночої сукні, виконаної в етно-стилі.*

**Наукова новизна.** *Проведені дослідження дали можливість розробити рекомендації щодо оздоблення сучасних жіночих виробів легкого асортименту орнаментами подільської вишивки, які вирізняють їх серед інших регіонів України.*

**Практична значимість.** *Представлені результати досліджень можливо використовувати при проектуванні сучасного одягу, що виконаний в етно-стилі і відповідає високій художній довершеності.*

**Ключові слова:** *національна сорочка, орнаменти вишивки, регіон Поділля, місця розташування вишивки, наповненість вишивкою деталей одягу, сучасна сукня.*

**Вступ.** Українська вишивка є найбільш красивою і поширеною часткою у народній творчості, яка з споконвіків передавала міфологію, осмислення життя, красу природи та сприйняття світу слов'ян. Це підтверджує велика кількість виробів, виготовлених народними майстринями [1,2].

Створення орнаментів вишивки на виробах (сорочках, безрукавках, плахтах, кожушках та ін.) пов'язане з національними традиціями, географічним розташуванням, світобаченням та людською вірою. Саме тому в Україні є ряд усталеної символіки, яку дослідники знаходять у різноманітних виробах [3].

Найбільшою різноманітністю з поміж усіх традиційних видів одягу вирізняється українська сорочка. Вона здавна носилась, як натільний одяг і складала основу українського національного костюму [4].

Українська сорочка – це нижня жіноча білизна, яку виготовляли трапецієподібної або прямої силуетної форми, що забезпечувало необхідний повітряний прошарок та свободу рухів.

Для її виготовлення обов'язковим було використання натуральних домотканих тканин. Переважно використовували: улітку лляні тканини, восени та навесні — конопляні та вовняні у зимовий період. Серед них найбільшою популярністю користувалось конопляне та лляне полотно, оскільки воно було найдоступнішим. Інколи, щоб надати домотканому конопляному полотну більшої м'якості, до основних волокон додавали волокна льону. Окрім того,

використовували структуру полотна для виконання на ньому орнаментів вишивки технікою “хрест”.

Високої художньої довершеності досягли вироби подільських майстринь: Параски Березовської та Марії Коржук, які першими в країні здобули почесне звання “майстра народної творчості України”. Їх роботи представлені в центрі художньої вишивки Поділля, що на Клембівщині [5].

Дослідження національної сорочки, її декорування, технік вишивання і семантики орнаментів належать науковцям: Городцову В. А., Динцесу Л. А., Амброзу А. К., Фалесвій В. А., Масловій Г. С., Нікішенко Ю. І., Куксюк А. А., Васильєвій І. В., Кара-Васильєвій Т. В., Булгаковій-Ситник Л. П. та ін. [5-7].

Також на сьогодні проведено немало досліджень щодо символічного значення видів геометричних мотивів, які притаманні всій слов'янській міфології і найчастіше зустрічаються у виробах Поділля [8,9], характеру розміщення національної символіки на певних ділянках одягу.

**Постановка завдання.** Для поширення знань про національні традиції, духовність та культуру нашої держави в сучасному жіночому одязі часто використовують елементи народного вбрання, які характерні саме для нашої країни, зокрема подільського регіону.

Для проектування сучасної жіночої сукні, виконаної в етно-стилі, прототипом може слугувати саме національна сорочка. При цьому, необхідно враховувати конструктивні та художні особливості національних сорочок. Орнамент вишивки має відповідати призначенню виробу, гармонійно поєднуватись з виробом по формі, силуетних лініях, кольору, способу виконання тощо. Важливими задачами також є: вибір розмірів орнаменту, місце його розташування на деталях сукні, крій.

**Результати дослідження.** Сьогодні сучасне виробництво пропонує різноманітний асортимент тканин за цільовим призначенням, за зовнішнім виглядом, вмістом натуральних, штучних чи синтетичних волокон або ж їх у поєднанні та згідно цінової політики. Найпоширенішими тканинами для виготовлення сукні в етно-стилі є асортимент тканин із вмістом таких волокон як: льон з лавсаном, різновиди сукна, вовняних тканин із домішками віскози та синтетичних волокон. При використанні натуральних тканин і ниток для вишивання, покращуються естетичні показники виробів, а також їх гігієнічні властивості.

Відомо, що усі орнаменти вишивки, якими оздоблювали українські сорочки, розділені на три групи: геометричні (кола, розетки, ромби, ромби з гачками, квадрати, трикутники, орнаменти язичницької символіки), рослинні (вазони, листя, жолуді, барвінок, калина, маки, виноград, рожа), при цьому у кожній місцевості вишивали саме ті рослини, які оточували людину та тваринного характеру (птахи – фазани, півні, зозулі, голуби; тварини – риба, кінь, заєць; комахи – метелики, бабки) тощо [5,6].

Більшість геометричних мотивів пов'язані з культом сонця і сонячною системою: кола, розетки, зірки, ромби, трикутники, квадрати і прості кольорові смуги. Також символ кола означав весільний вінок нареченої, але таке значення переважає лише у обрядовій символіці. А от значення хреста не лише оберігав предмет і власника від негативних потойбічних сил, але й мав значення дерева Всесвіту. Тобто він позначав чотири природні стихії – земля, вода, вогонь та повітря.

Найчастіше при оздобленні подільських сорочок використовували різноманітні варіанти ромбів: прості ромби, ромби з гачками (вусиками) або з вписаними у них іншими орнаментами, ромби у поєднанні з рослинними мотивами тощо.

Ромб часто зустрічається на стародавніх статуетках богинь плодючості, ромбовидні узорі вишивали на весільних рушниках, весільному вбранні молодої, такий одяг жінка носила до народження дитини. Ромб (або трипільський квадрат) – це також образ борони – інструмента, що готує землю до засіву.

З рослинних мотивів: барвінок і калина — символ дівоцтва; соняшник, виноград, рожа з трьома листками, рута та любисток були символами кохання, які найчастіше зображували на весільних жіночих сорочках [10].

У подільському регіоні переважали геометричні орнаментальні композиції, рослинні та тваринні зустрічаються рідше. Використання подолянами складних геометричних форм у вишивці досягло високого рівня у вишивальному мистецтві настільки, що його можна порівняти із мозаїкою. А виконання геометричних орнаментів технікою “хрест” надавало можливість підвищення або пониження тональності окремих їх елементів. Також у подільських вишиванках простежуються геометричні символи із стародавньої трипільської культури, представники якої проживали на території Хмельницької області.

Композиційне рішення є взаємозалежним із призначенням кожної жіночої сорочки. Відомо, що у будні жінки носили сорочки із меншою кількістю вишитих елементів, а у святкові дні, в церкву, на весілля, а також на смерть жінки одягали пишно прикрашені сорочки.

Вибір композиції залежав від техніки виконання вишивки і виду матеріалу. Мережили полотно, щоб надати сорочці більшої легкості та вишуканості, а також використовували мережку, як спосіб з'єднання деталей між собою. Техніка “низь”, надавала виробу насиченості, тому композиція таких сорочок є простішою. З використанням техніки “хрест” композиція ставала вразі складнішою та багатограннішою у порівнянні з “низью”, а техніка “гладь” є вершиною будь-яких композиційних рішень. Тобто, композиція сорочки є цілою системою, що поєднує усі конструктивно-декоративні елементи виробу. Оскільки техніка «хрест» найчастіше застосовується на Поділлі [11], тому її обрано для подальшого дослідження.

Колірне вирішення оздоблення сорочки уособлювало використання одного чи двох кольорів, але інколи зустрічались вишиті вироби із трьома і більше кольорами. Найхарактернішим забарвленням були нитки чорного і червоного (або темно-вишневого) кольорів. Інколи простежується включення до основного кольору таких кольорів як – жовтий, зелений, блакитний, синій.

Для святкових сорочок, а особливо весільних, заможніші майстрині вишивали та мережили полотно золотими та срібними нитками, менш заможні використовували для вишивки і мережки нитки білого кольору [11]. Найбільш часто використовували нитки червоного та чорного кольорів, оскільки саме червоний колір підсилює енергію та є найактивнішим оберегом. Цей колір також може нейтралізувати негативну інформацію. Червоний у поєднанні з чорним - є символічними кольорами для української вишитої сорочки.

Сорочка завжди була натільним одягом і використовувалась, як нижня білизна, тому саме вона слугувала своєрідним духовним оберегом людини. Щоб вберегтись від негативної енергетики, злих демонів, вроків, приворотів (чорної магії), традиційно розташовували вишивку: навколо шиї (комір, зріз горловини); навколо нагрудного розрізу, низ рукава (манжети, нижній зріз рукава); низ переду і спинки. Таким чином, усі отвори у жіночій сорочці оздоблювали вишивкою, яка виконувала функцію оберегу та оздоблення.

Місце розташування та наповненість вишивкою деталей одягу також залежали від призначення сорочки. Проте, в процесі дослідження виявлено чітку систему розташування орнаментів в українських сорочках.

**І. Розміщення вишивки на переді.** Довжина вишивки спереду зазвичай сягала від горловини виробу до лінії талії або нижче лінії грудей. Композиційне рішення вишивки по низу виробу (переду і спинки), рукава може бути таким же як і у верхній частині переду або його спрощений варіант.

Варіанти розміщення залежали від: композиційного вирішення вишивки (вузька чи широка вишивка), способу і місця розташування орнаментів на певній деталі сорочки. Оздоблюючи сорочки геометричними орнаментами, враховували їх симетричність. Для цього орнаменти починали вишивати з середини рапорту і з середини деталі виробу [11].

Варіанти композиційних рішень розміщення вишивки на переді сорочки представлені на рис. 1-3.

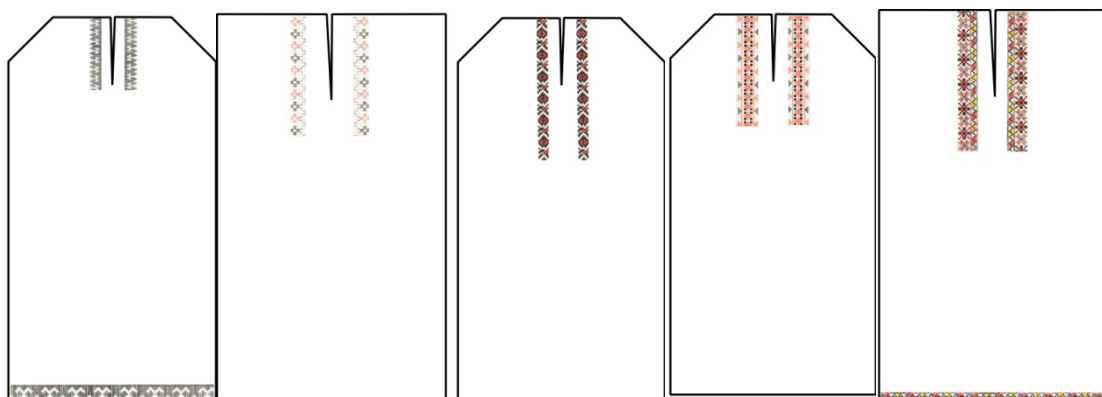


Рис. 1. Варіанти композиційного рішення розміщення вузької вишивки на переді сорочки

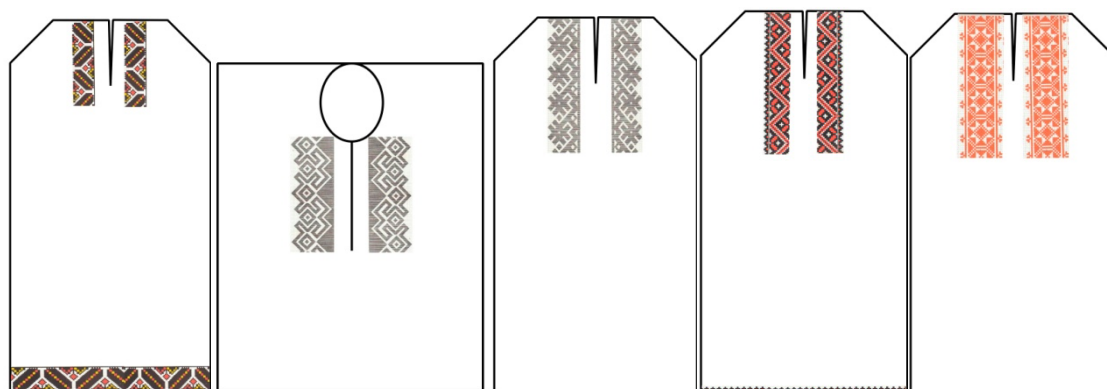


Рис. 2. Варіанти композиційного рішення розміщення широкої вишивки на переді сорочки

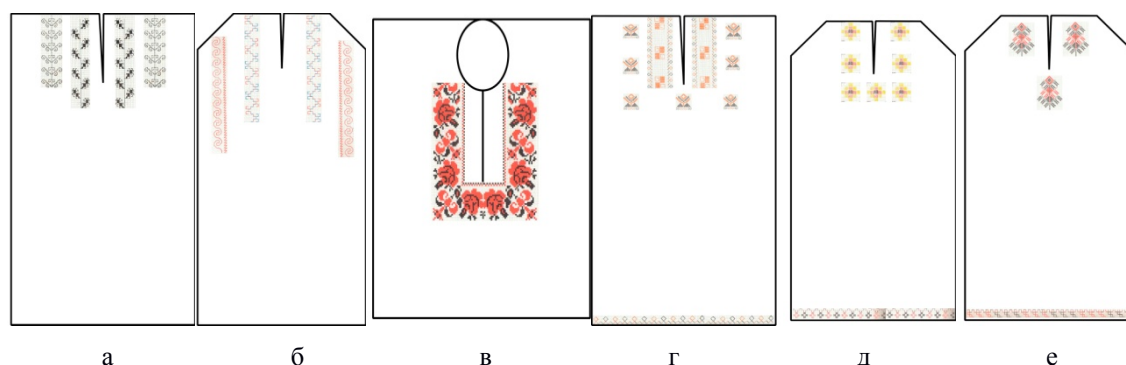


Рис. 3. Варіанти композиційного рішення розміщення вишивки:

а – паралельне розміщення на різних рівнях широкої вишивки; б – паралельне розміщення на різних рівнях вузької вишивки; в – квадратне розміщення по лінії розрізу горловини; г – розміщення широкої вишивки паралельно лінії розрізу горловини з квадратним розміщенням розеток; д – квадратне розміщення розеток по лінії розрізу горловини; е – трикутне розміщення вазону по лінії розрізу горловини

**II. Розміщення вишивки на комірі.** Оскільки в подільській сорочці переважно виконували коміри: відрізний стояк та стояче-відкладний з суцільновикроєним стояком, то у першому варіанті вишивка розміщувалась по всьому комірі, а у другому - по стояку або по лінії відльоту коміра, рис. 4.

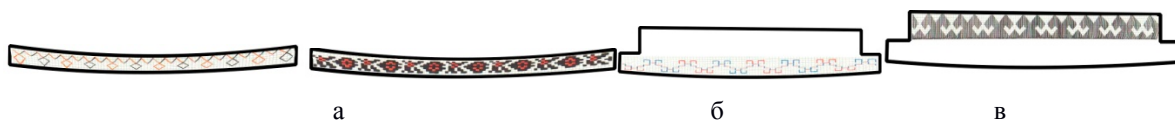


Рис. 4. Варіанти композиційного рішення розміщення вишивки на комірі:

а – повністю по відрізаному стояку; б – по стояку у стояче-відкладному з суцільновикроєним стояком; в – по лінії відльоту у стояче-відкладному з суцільновикроєним стояком

**III. Розміщення вишивки на рукаві.** Найбільше варіантів розташування вишивки виявлено на рукавах: лінійне розміщення (вертикальне або горизонтальне), вазон, розетки, паралельне на різних рівнях, розміщення по діагоналі. При цьому, деталь рукава може бути повністю заповнена (рис. 5), наполовину (рис. 6) або частково (рис. 7) тощо.

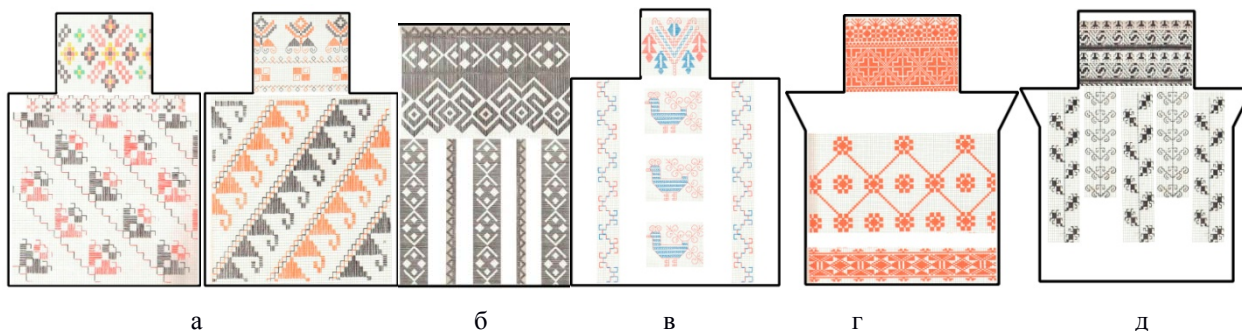
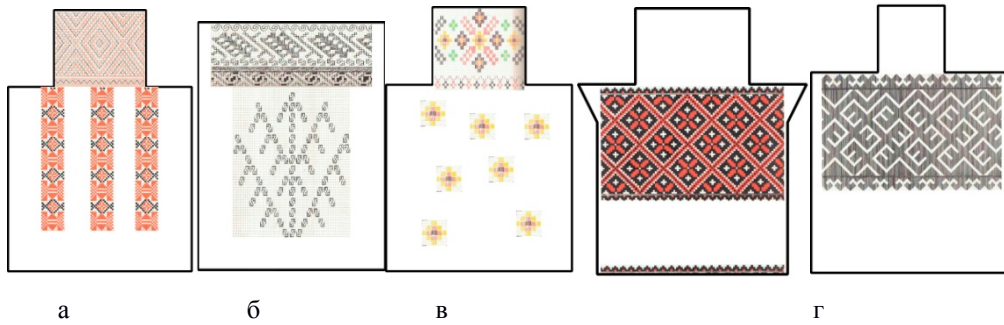


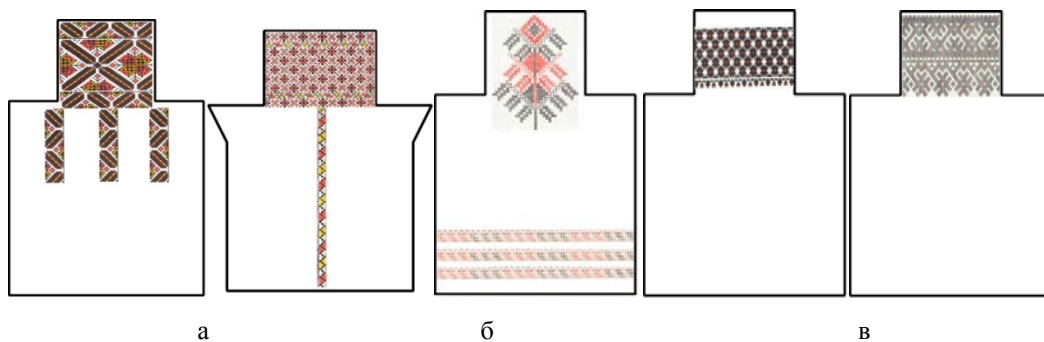
Рис. 5. Варіанти композиційного рішення розміщення вишивки на рукаві із повним заповненням вишивкою:

а – горизонтальне та діагональне розміщення вишивки; б – горизонтальне та вертикальне розміщення вишивки; в – вертикальне розміщення вишивки; г – горизонтальне та ромбовидне розміщення вишивки; д – горизонтальне та вертикальне паралельне на різних рівнях розміщення вишивки



**Рис. 6. Варіанти композиційного рішення розміщення вишивки на рукаві із заповненням вишивкою наповнину:**

а – горизонтальне та вертикальне паралельне розміщення вишивки; б – горизонтальне розміщення вишивки та вазон; в – горизонтальне розміщення вишивки із розетками; г – горизонтальне розміщення вишивки



**Рис. 7. Варіанти композиційного рішення розміщення вишивки на рукаві із частковим заповненням вишивкою:**

а – горизонтальне та вертикальне розміщення вишивки; б – горизонтальне розміщення вишивки та вазон; в – горизонтальне розміщення вишивки

**IV. Розміщення вишивки на манжетах.** Досліджено, що розташування вишивки на манжетах завжди горизонтальне, єдиною відмінністю є лише наповненість: часткова або повна, рис. 8.



**Рис. 8. Варіанти композиційного рішення розміщення вишивки на манжетах**

На основі проведених досліджень щодо варіантів розміщення та заповнення вишивкою українських національних сорочок розроблено ескіз та виготовлено модель жіночої сукні, виконаної в етно-стилі із врахуванням конструктивних особливостей національної сорочки [12], видів матеріалів та підбору кольорів ниток для вишивання, рис. 9.



Рис. 9. Модель жіночої сукні, виконаної в етно-стилі:

а – ескіз моделі сукні; б – фотографічне зображення сучасної жіночої сукні, виконаної в етно-стилі

**Висновок.** Проведено наукові дослідження різних видів українських національних жіночих сорочок подільського регіону кінця XIX початку XX століття щодо використовуваних матеріалів, наповненості деталей сорочок орнаментами вишивки і місць їх розташування, колористичного оформлення.

Визначено особливості та характерні ознаки подільських сорочок, що вирізняють їх серед інших регіонів України. Запропонована характеристика надає можливість розробки практичних рекомендацій та вдосконалення способу оздоблення сучасного жіночого одягу легкого асортименту, що виконаний в етно-стилі.

В результаті проведених досліджень розроблено ескіз та виготовлено модель жіночої сукні, виконаної в етно-стилі. Модель є конструктивно та композиційно довершеною, тому може бути впроваджена у швейне виробництво.

#### Список використаної літератури

1. Булгакова-Ситник Л. П. : Етнокультурна Характеристика Народної Вишивки Поділля (кінець XIX - 30-і роки XX ст.) // Автореферат дисертації Львів – 2000. – С. 1-11.
2. Скрипник Г. А. Історія українського мистецтва : у 5 томах / За ред. Г. А. Скрипник. Т. 5. К., 2008. - 1048 с.
3. Причепій Є. М. Вишивка східного Поділля: Альбом / Є. М. Причепій, Т. І. Причепій. - К. : Родовід, 2007. – 344 с.
4. Кара-Васильєва Т. В. Українська сорочка : Альбом / Т. В. Кара-Васильєва. – К. : Томіріс, 1994. – 32 с.
5. Кара-Васильєва Т. В. Українська вишивка : Альбом / Т. В. Кара-Васильєва. К. : Мистецтво, 1993. - 264 с.

6. Нікішенко Ю. І. Символіка окремих геометричних орнаментів української вишивки / Ю. І. Нікішенко // Наукові записки. – Т. 20-21. – К. : КМ Академія, 2002. – С. 76-80.
7. Амброз А. К. Раннеземледельческий культовый символ (“ромб с крючками”) / А. К. Амброз // Советская археология – 1965. – №3. – С. 11–22.
8. Куксюк А. А. Аналіз та класифікація художньо-конструктивних елементів автентичних зразків українських жіночих вишитих сорочок / А. А. Куксюк, І. В. Васильєва / Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2015. - №4. - С. 169-176.
9. Засорнова І.О. Розробка процесу оздоблення вишивкою жіночих костюмів з урахуванням українських народних традицій : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.19 / І.О. Засорнова. - Хмельницький, 2012.– 21 с.
10. Китова С. А. Полотняний літопис України: Семантика орнаменту / С. А. Китова. - 2-е вид., доповн. - Черкаси : Брама, 2003. - 223 с.
11. Чумарна М. І. Вишивання долі / М. І. Чумарна. – Львів : Апріорі, 2009. – 88 с.
12. Засорнова І. О. Класифікація конструктивних особливостей українських національних сорочок / І. О. Засорнова, О.О. Сельська // Вісник Хмельницького національного університету. - 2016. - №3. - С. 272-277.

#### References

1. Bulgakova-Sytnik L. : Ethno-cultural Characteristics of Podillya folk embroidery (late XIX – 30-th years of XX century) // Thesis Lviv - 2000. - P. 1-11.
2. Skrypnyk G. History of Ukrainian art : in 5 volumes / ed. G. Skrypnyk. 5. Т. К., 2008. - 1048 p.
3. Prychepiy E. Embroidery of eastern Podillya : Album / E. Prychepiy, T. Prychepiy. - К. : Rodovid, 2007. - 344 p.
4. Kara-Vasilyeva T. Ukrainian shirt : Album / T. Kara-Vasilyeva. - К. : Tomiris, 1994. - 32 p.
5. Kara-Vasilyeva T. Ukrainian embroidery : Album / T. Kara-Vasilyeva. К. : Mysteztvo, 1993. - 264 p.
6. Nikishenko Yu. Symbols of geometric ornaments in Ukrainian embroidery / Yu. Nikishenko // Scientific notes. - Т. 20-21. - К. : КМ Academia, 2002. - P. 76-80.
7. Ambrose A. Early agricultural symbol (“rhombus with hooks”) / A. Ambrose // Soviet archeology - 1965. - №3. - P. 11-22.
8. Kuksyuk A. Analysis and classification of elements of authentic examples of female Ukrainian embroidered shirts / A. Kuksyuk, I. Vasilyeva / Announcer of Kiev National University of Technology and Design. - 2015. - №4. - P. 169-176.
9. Zasornova I. Development of process of finishing women costumes with embroidery taking into account Ukrainian folk traditions : abst. dis. ... cand. techn. scien. : spec. 05.18.19 / I. Zasornova. - Khmelnytsky, 2012.- 21 p.
10. Kitova S. Linen Ukraine chronicle: Semantics of ornament / S. Kitova – 2nd ed., adv. - Cherkasy : Brama, 2003. - 223 p.
11. Chumarna M. Embroiding fate / M. Chumarna. - Lviv : Apriori, 2009. - 88 p.
12. Zasornova I. Classification of the design features of Ukrainian national shirts / I. Zasornova, O. Sielska // Announcer of Khmelnytsky National University. - 2016. - №3. - P. 272-277.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ И НАПОЛНЕННОСТИ  
ОРНАМЕНТАМИ ВЫШИВКИ ДЕТАЛЕЙ ПОДОЛЬСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ  
СОРОЧКИ ДЛЯ ОТДЕЛКИ СОВРЕМЕННОГО ЖЕНСКОГО ПЛАТЬЯ,  
ВЫПОЛНЕННОГО В ЭТНО-СТИЛЕ**

СЕЛЬСКАЯ А.О., ЗАСОРНОВА И.А., ЗАСОРНОВ А.С.

*Хмельницкий национальный университет*

**Цель.** Определение мест расположения геометрических орнаментов вышивки на деталях украинской сорочки с целью усовершенствования способа отделки современного женского платья, выполненного в этно-стиле.

**Методика.** Выполнено литературно-аналитический и историко-графический анализ, осуществлено теоретические исследования в фондах музеев Подолья, рассмотрены образцы национальных изделий для определения разновидностей мест расположения вышивки на деталях женских сорочек Подольского региона конца XIX начала XX века.

**Результаты.** Проведены исследования различных видов украинских национальных женских сорочек с учетом используемых материалов, композиционного решения орнамента, колористического оформления и мотивов вышивки Подольского региона конца XIX начала XX века. На основе проведенных исследований разработаны эскиз и изготовлена модель женского платья, выполненного в этно-стиле.

**Научная новизна.** Проведенные исследования дали возможность разработать рекомендации по отделке современных женских изделий легкого ассортимента орнаментами украинской подольской вышивки, которые выделяют их среди других регионов Украины.

**Практическая значимость.** Представлены результаты исследований можно использовать при проектировании современной одежды, выполненной в этно-стиле, которая соответствует высокому художественному совершенству.

**Ключевые слова:** национальная сорочка, орнаменты вышивки, регион Подолья, места расположения вышивки, наполненность вышивкой деталей одежды, современное платье.

**POSITIONING LOCATION AND PLENUM ORNAMENT WITH EMBROIDERY  
OF PARTS OF PODOLSKYI NATIONAL SHIRTS FOR FINISHING MODERN  
WOMEN DRESS, MADE IN THE ETHNIC STYLE**

SELSKA O., ZASORNOVA I. ZASORNOV A.

*Khmelnytsky National University*

**Purpose.** Determining the locations of geometric embroidery patterns on Ukrainian shirts with the aim of improving the method of finishing modern woman's dress, made in the ethnic style.

**Methods.** Achieved literary-analytical, historical and graphical analysis, carried out theoretical research in collections of Podillya museums to determine the varieties of embroidery locations on the details of women's shirts in Podillya region, in the end of XIX beginning of the XX century.

**Results.** The research of different kinds of Ukrainian national women's shirts based on the materials used, the composite ornament, color creation and design motifs of embroidery in Podillya region of the end of XIX beginning of the XX century. Based on these studies we designed and produced a sketch of the female model dress, made in the ethnic style.

**Scientific novelty.** The studies create an opportunity to develop recommendations for the decoration of modern women's clothes with ornaments of Ukrainian Podillya embroidery, distinguishing them from other regions of Ukraine.

**Practical importance.** The research results can be used in the design of modern clothing made in the ethnic style and it is the highest artistic perfection.

**Keywords:** national shirt, embroidery designs, Podolia region, embroidery location, plenum of with embroidery, modern dress.