

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

# **ВІСНИК**

**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

Серія «Технічні науки»

**№ 6 (92), 2015**

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

*Київ 2015*

**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 (92)  
2015**

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

Свідectво 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 продовження) – 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

---

**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, член-кореспондент НАПН України

**Заступник**

**головного редактора:**

**Каплун В.В.**, д.т.н., професор

---

**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 N4 від 16.12.2015 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 (92), 2015**

Scientific Specialized Edition

Issued: 6 times a year

Founded: December, 1999

*Kyiv 2015*

**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 (92)  
2015**                      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, PIHL, Index Copernicus, Research Bible, SJIF, PBN, JIF, OAJI, InfoBase Index, ISI, UIF, CiteFactor

---

**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, Corresponding Member of NAPS of Ukraine

---

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

---

*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 16.12.2015**

---

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. ШИЛЯЕВ А.С. Программная реализация алгоритмов численно-аналитического метода граничных элементов                                                                           | 11  |
| 2. БУРМІСТЕНКОВ О.П., ДЕМИШОНКОВА С.А., ПЕТКО І.В. Енергоефективність технологічних об'єктів і засоби її досягнення                                                           | 18  |
| 3. ПАНАСЮК І.В., ЗАЛЮБОВСЬКИЙ М.Г. Визначення закону зміни кутової швидкості ведучого валу машини для обробки деталей зі складним рухом робочої ємкості                       | 25  |
| 4. БЕРЕЗІН Л. М. Аналіз причин відмов панчішно-шкарпеткових автоматів                                                                                                         | 31  |
| 5. ДВОРЖАК В.М. Комп'ютерне моделювання механізмів основов'язальних машин зі структурними групами третього класу третього порядку з поступальними парами                      | 37  |
| 6. ЗДОРЕНКО В.Г., ЗАЩЕПКИНА Н.М. Зниження динамічних навантажень в приводі в'язальних машин                                                                                   | 47  |
| 7. САННИКОВ В.Ю., КІВА І.Л. Спосіб вимірювання спектра низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання                                                                    | 52  |
| 8. КОЛЛАРОВ О. Ю. Засади оптимального керування автономними установками електроживлення із воднево-кисневими паливними елементами                                             | 59  |
| 9. ХІМІЧЕВА Г.І., КУРИЛЯК В.В. Передумови процесу моделювання технічного обслуговування підшипників суднового валопроводу                                                     | 67  |
| 10. ЛІСОВЕЦЬ С.М. Застосування інтерфейсу SPI для зв'язку мікроконтролера із периферійними пристроями                                                                         | 73  |
| 11. МУЗИЧИШИН С. В., ППА Б.Ф. Математичний експеримент по оцінці впливу параметрів круглов'язальної машини КО-2 на динамічні навантаження приводу                             | 79  |
| 12. ПЛЕШКО С.А. Зниження динамічних навантажень в парі голка-клин в'язальної машини шляхом удосконалення голок                                                                | 85  |
| 13. МАНОЙЛЕНКО О.П. Проектування механізмів швейних машин для реалізації триниткового ланцюгового зигзагоподібного стібка                                                     | 91  |
| 14. АРТЕМЕНКО М.Ю., БАТРАК Л.М. Методика розрахунку параметрів реактивного компенсатора паралельного гібридного фільтра для випадкової дискретно лінійної моделі навантаження | 100 |
| 15. РУБАНКА М.М. Математичне моделювання динаміки роторної дробарки для переробки відходів легкої промисловості                                                               | 107 |
| 16. ОСТАЛЕЦЬКИЙ В.Б. Теоретичні засади використання нечітких алгоритмів та нейромережевих технологій для управління реалізацією проектів на підприємствах                     | 115 |
| 17. ДРАПАК Г.М. Вплив пристрою зі спіральною пружиною на зниження динамічних навантажень в приводі в'язальних машин                                                           | 122 |
| 18. ШАВЬОЛКІН О.О., РОСІНСЬКА Г.П. Багаторівневі перетворювачі з паралельним з'єднанням автономних інверторів напруги                                                         | 128 |
| 19. ШУРЧКОВА Ю.О., ДУБОВКІНА Ю.О. Дослідження впливу знакозмінних імпульсів тиску в технології одержання водно-етанольних розчинів                                            | 137 |

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

20. ХІМІЧЕВА Г.І., КАЛІНЮК Н.В. Застосування концепції BSC для оцінки результативності та ефективності системи управління якістю 142
21. БАРАНОВА О.С. Дефектоскопія композитних матеріалів з застосуванням ударно - акустичного методу неруйнівного контролю 150
22. ХІМІЧЕВА Г.І. ЗЕНКІН М.А. СКАЛИГА Т.М. Аналіз сучасних принципів і підходів до оцінки якості та безпечності харчової продукції 156
23. ПОНОМАРЕНКО Т.В., ЩУЦЬКА Г.В., СУПРУН Н.П. Особливості вибору матеріалів на дитяче ортопедичне взуття 164
24. КУШНІР О.В., БІЛОЦЬКА Л.Б. Розробка одягу для людей з обмеженими можливостями опорно-рухового апарату (ЛОМ ОРА) 169
25. ОМЕЛЬЧЕНКО В.Д. Проектування складних конфігурацій поверхонь в'язаних виробів 176
26. ЩУЦЬКА Г.В., СУПРУН Н.П. Тривимірна дискретна модель розповсюдження вологи у фрактальних матеріалах 181
27. ГАВАЛЮК У.М., АРТЕМЕНКО Т.П., БЕРЕЗНЕНКО С.М. Удосконалення технології виготовлення чоловічих піджаків з елементами профілактично-оздоровчого призначення 187
28. ГАЛИК І.С., СЕМАК Б.Б., СЕМАК Б.Д. Проблеми формування асортименту та оцінювання властивостей товарів на ринку елітного текстилю в Україні 192
29. ГІРАК О.В., АРТЕМЕНКО Т.П., БЕРЕЗНЕНКО М.П. Удосконалення конструктивного устрою та технології виготовлення чоловічих головних уборів із шкіряних матеріалів з використанням біоактивних компонентів 200
30. ЛИТВИНОВА О.І., МАРХАЙ М.А., СУПРУН Н.П. Розробка нового асортименту шпитального одягу 206
31. СКІДАН О.В., КОНОВАЛ В.П. Основні положення модульної трансформації взуття 212
32. МЕЛЬНИК Л.М., ЧЕРЕПАХОВА Т.І., ДРОБИНА І.І. Дослідження параметрів структури еластичного трикотажу для виготовлення компресійних панчішних виробів 217
33. ГОРІСЛАВЕЦЬ І.В., РУБАНКА А.І., СВТУШИК О.В., ОСТАПЕНКО Н.В. Розробка вимог до спеціального одягу для рятувальників 222
34. ВАЩЕНКО Ю.О., СУПРУН Н.П., ЛЕВИЦЬКА Д.Р. Конфекціювання матеріалів для медичного одягу 227

**ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНІ, БІОЛОГІЧНІ, ФАРМАЦЕВТИЧНІ**

35. РЕЗАНОВА В.Г. Програмне забезпечення для дослідження реологічних властивостей розплавів сумішей полімерів 233
36. БУГАЄВСЬКА С.В., БОРИСЕНКО Ю.В. Дослідження корозійних та електрохімічних властивостей вуглецевої сталі СТ.3 240

**ДИЗАЙН ТА МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО**

37. ГАРКІН П.В. Шляхи розвитку фахового кольорознавства 245
38. НОРЕЦЬ М.В., КОЛОСНІЧЕНКО О.В., НІКОЛАЄВА Т.І. Дослідження творчості Марії Приймаченко для проектування одягу молодших школярів 252
39. РИЖЕНОК Д.О., НІКОЛАЄВА Т.І. Дослідження естетичних та ергономічних характеристик костюма XVIII - початку XX століття для спорту та мисливства, з метою розробки колекції для жінок 4-5 повнотних груп 261
40. САФРОНОВА О.О., СЕРГЄЄВА О.В. Особливості формування простору центру культури для молоді в умовах реконструкції промислової будівлі 267
41. САФРОНОВА О.О., МАЛІК О.І. Особливості впровадження біодизайну у формування інтер'єру офісних приміщень 273

УДК 531:624

ШИЛЯЕВ А.С.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

**ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ  
ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА  
ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Мета.** Програмна реалізація основних алгоритмів численно-аналітичного методу граничних елементів та їх застосування до розрахунку стержневих конструкцій.

**Методика.** Реалізується численно-аналітичний метод граничних елементів у середовищі MATLAB.

**Результати.** Розглянуто залежності численно-аналітичного методу граничних елементів, що використовуються при розрахунку систем перехресних балок. Розроблено програму, що реалізує розрахунок системи перехресних балок довільної конфігурації з довільним навантаженням численно-аналітичним методом граничних елементів.

**Наукова новизна.** Вперше розроблено універсальну логічну схему та програму для розрахунку систем перехресних балок з різними умовами спирання, навантаження, геометричними та фізичними характеристиками численно-аналітичним методом граничних елементів.

**Практична значимість.** Отримані результати дозволяють розраховувати довільні системи перехресних балок на різні види навантажень методом, альтернативним методу скінчених елементів.

**Ключові слова:** перехресні балки, метод граничних елементів, граничні параметри, MATLAB.

**Введение.** Как известно, многие задачи механики не имеют аналитических решений, поэтому приходится использовать численные методы. Развитие компьютерной техники послужило толчком к значительному развитию этих методов. На сегодняшний день наибольшей популярностью пользуется метод конечных элементов (МКЭ). Однако и он не безупречен. Основной проблемой МКЭ является сходимость решения и оценка погрешности, связанной с дискретизацией исходной геометрической модели. Помимо этого, существует еще целый ряд недостатков, которые подробно описаны и проанализированы в специальной литературе [1].

В этой связи продолжается поиск альтернативных подходов к дискретизации исследуемой модели. Наибольшее развитие получили различные модификации метода граничных элементов и среди них – численно-аналитический метод граничных элементов [2-4].

Преимущества данного метода являются его универсальность, точность получаемого решения и относительная простота основных алгоритмов. Для широкого его внедрения в конструкторскую практику необходимо разработать соответствующий программный комплекс, реализующий алгоритм ЧА МГЭ, что позволит решать многие практические задачи, стоящие перед проектировщиками. Были предприняты отдельные попытки создания расчетных программ, базирующихся на численно-аналитическом методе граничных элементов (ЧА МГЭ), однако в этих работах решаются отдельные задачи [4-6].

Разработка программы, использующей все известные на сегодняшний день алгоритмы ЧА МГЭ, является важнейшей задачей.

**Постановка задачи.** В данной работе осуществляется программная реализация метода применительно к расчету стержневых систем, что, на наш взгляд, целесообразно проводить на системе перекрестных балок, поскольку это позволяет выявить основные требования для стержневых систем других типов.

**Результаты исследования.** Сущность ЧА МГЭ подробно изложена в работе [2]. Приведем здесь отдельные положения. Система уравнений метода в матричном виде имеет вид:

$$\bar{Y}(x) = \bar{A}(x)\bar{X}(0) + \bar{B}(x), \quad (1)$$

где:  $\bar{Y}(x)$  – матрица усилий и перемещений в произвольном сечении;  
 $\bar{X}(0)$  – матрица усилий и перемещений в начале координат;  
 $\bar{A}(x)$  – матрица коэффициентов системы уравнений изгиба;  
 $\bar{B}(x)$  – матрица внешней нагрузки.

Преобразуя уравнение (1) по алгоритму, указанному в [5], получаем уравнение:

$$A^*X^* = -B, \quad (2)$$

где:  $A^*$  – матрица коэффициентов;  
 $X^*$  – вектор неизвестных граничных параметров;  
 $B$  – вектор внешней нагрузки.

Матрица  $A^*$  и вектор  $X^*$  для стержневых систем формируются по следующей схеме [5]:

1. Записывается матрица  $\bar{A}(x)$ , вектор  $\bar{X}(0)$  и вектор  $\bar{Y}(x)$ .
2. Последовательно рассматриваем элементы векторов  $\bar{X}(0)$  и  $\bar{Y}(x)$ , выполняя при этом приведенные ниже действия:
  - если элемент вектора  $\bar{X}(0)$  равен нулю, обнуляем столбец матрицы  $\bar{A}(x)$ , номер которого равен порядковому номеру рассматриваемого элемента в векторе  $\bar{X}(0)$ ;
  - если элемент вектора  $\bar{X}(0)$  равен другому элементу вектора  $\bar{X}(0)$ , переносим столбец матрицы  $\bar{A}(x)$  с номером, равным большему номеру рассматриваемых элементов на место столбца, номер которого равен меньшему номеру рассматриваемых элементов. После этого обнуляем столбец матрицы  $\bar{A}(x)$ , номер которого равен большему номеру рассматриваемых элементов и приравниваем элемент вектора  $\bar{X}(0)$  с большим номером нулю;
  - если значение элемента вектора  $\bar{Y}(x)$  неизвестно и не может быть найдено через значения элементов вектора  $\bar{X}(0)$ , не приравненных к нулю, следует перенести эти элементы в вектор  $\bar{X}(0)$  на места элементов, приравненных к нулю, поставив при этом в матрице  $\bar{A}(x)$

коэффициенты, равные -1 на пересечении строки с номером, равным номеру позиции элемента в векторе  $\vec{Y}(x)$  и столбца с номером, равным номеру позиции обнуленного элемента в векторе  $\vec{X}(0)$ , на место которого выполняется перенос. Таким образом завершается формирование вектора  $\vec{X}^*$ ;

- если элемент вектора  $\vec{Y}(x)$  равен элементу или сумме элементов вектора  $\vec{X}^*$ , следует внести компенсирующие элементы в матрицу  $\vec{A}(x)$  на пересечении строки с номером, равным номеру позиции рассматриваемого элемента в векторе  $\vec{Y}(x)$  и столбца с номером, равным номеру позиции соответствующего элемента в векторе  $\vec{X}^*$ . Таким образом завершается формирование матрицы  $\vec{A}^*$ .

3. После выполнения этих действий формируется вектор внешней нагрузки  $\vec{B}$  и решается полученная система уравнений.

Зависимости усилий, углов поворота и перемещений в балках, сходящихся в узлах, детально описаны в [3].

Приведенная на рис. 1 схема состоит из двух пролетов в направлении оси  $OX$  и двух пролетов в направлении оси  $OY$ . В каждом узле системы перекрестных балок находится опора. Однако реальные конструкции в большинстве своем не имеют такого регулярного вида. Довольно частыми являются случаи отсутствия промежуточных опор (ребра кессонного перекрытия, решетчатое покрытие) и ребер. Также нерегулярность схемы может быть вызвана необходимостью получения более детальной картины напряжений, деформаций или усилий по длине стержня, для чего требуется его разбиение на отдельные участки.

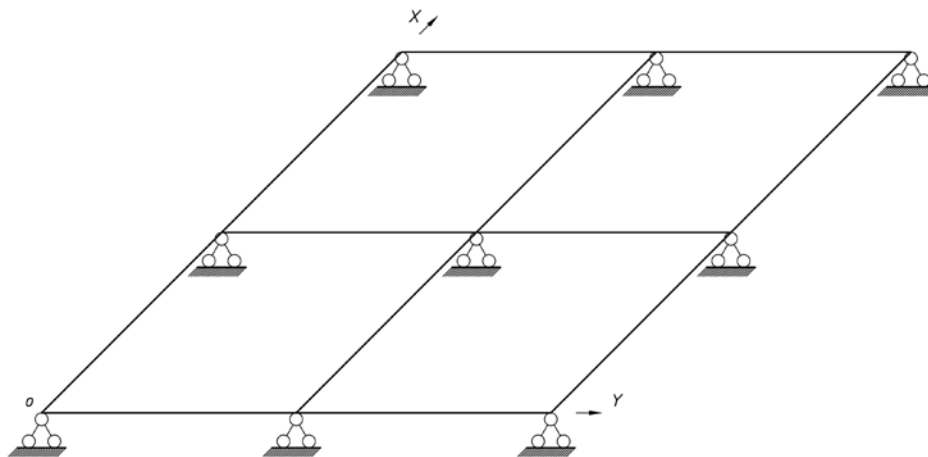


Рис. 1. Система перекрестных балок

Нагрузка на такие системы преимущественно направлена перпендикулярно плоскости  $XY$ , поэтому и мы ограничимся именно таким направлением. Формирование вектора внешней нагрузки описано в работе [2].

Таким образом, можно сформулировать основные требования к программе расчета системы перекрестных балок:

1. Алгоритм должен предусматривать формирование различных расчетных схем, как регулярных, так и с отсутствием одного и более стержней в произвольном месте системы.

2. Необходимо предусмотреть возможность добавления (удаления) опор в различных узлах.

3. Необходимо предусмотреть возможность приложения к системе любых вертикальных нагрузок, а также изгибающих и крутящих моментов.

4. Программа должна формировать матрицу коэффициентов  $\bar{A}^*$  и вектор неизвестных  $\bar{X}^*$ , а также выводить значения внутренних усилий, перемещений и углов поворота в начале и конце всех стержней, составляющих заданную схему.

Логическая схема, описывающая выполнение приведенных выше задач, показана на рис. 2.

На основании этой логической схемы в среде компьютерной математики MATLAB разработана программа для расчета систем перекрестных балок. Среда MATLAB представляется удобной в связи с наличием в ней большого количества реализованных математических функций и развитым аппаратом работы с матричными выражениями.

Основное окно программы приведено на рис. 3.

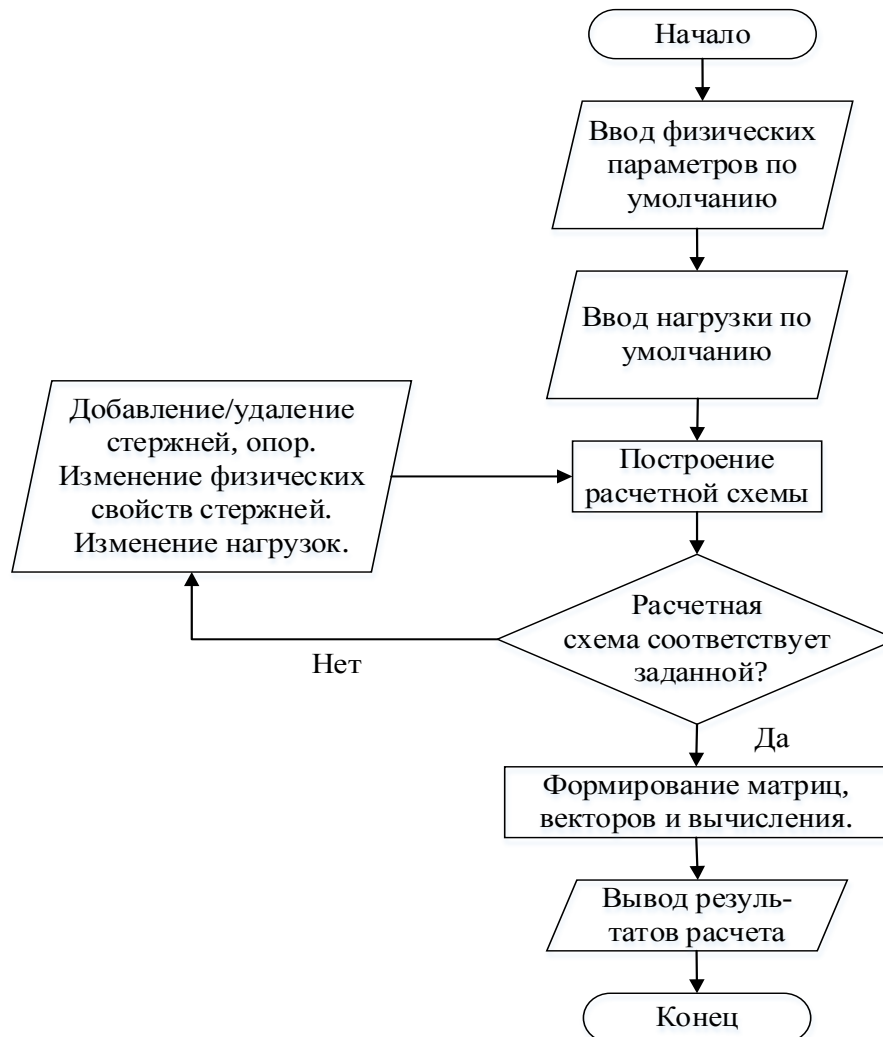


Рис. 2. Логическая схема программы расчета системы перекрестных балок

Кнопка *Default Physics* позволяет задать физические характеристики стержней и геометрические характеристики сечения по умолчанию. Кнопка *Default Loads* открывает окно ввода нагрузок. После введения этих характеристик открывается доступ к другим кнопкам программы. Так, при нажатии на *Generate Scheme* можно сгенерировать регулярную систему перекрестных балок. *Rod Properties* отвечает за добавление стержней, изменение нагрузок и характеристик отдельных стержней, а также добавление (удаление) опорных связей. *Regen* позволяет отрисовать схему в окне программы, а *Calculate* – сформировать расчётные матрицы и вектора, а также решить систему уравнений. На рис. 3 приведено основное окно программы с демонстрацией возможностей формирования расчетных схем.

Следует заметить, что для удобства пользователей предусмотрены кнопки *Pan* и *Zoom*, нумерация стержней в окне просмотра.

Вся вводимая информация обо всех стержнях хранится в единой матрице, хранящей информацию о стержне (координаты начала и конца, наличие закрепления, физические характеристики, нагрузка и т.д.).

На основании этой информации формируется матрица, хранящая информацию об узлах системы – координаты, номера и положение примыкающих элементов. Наличие этой информации позволяет в дальнейшем сформировать систему уравнений (матрицу коэффициентов, вектор неизвестных и вектор внешней нагрузки).

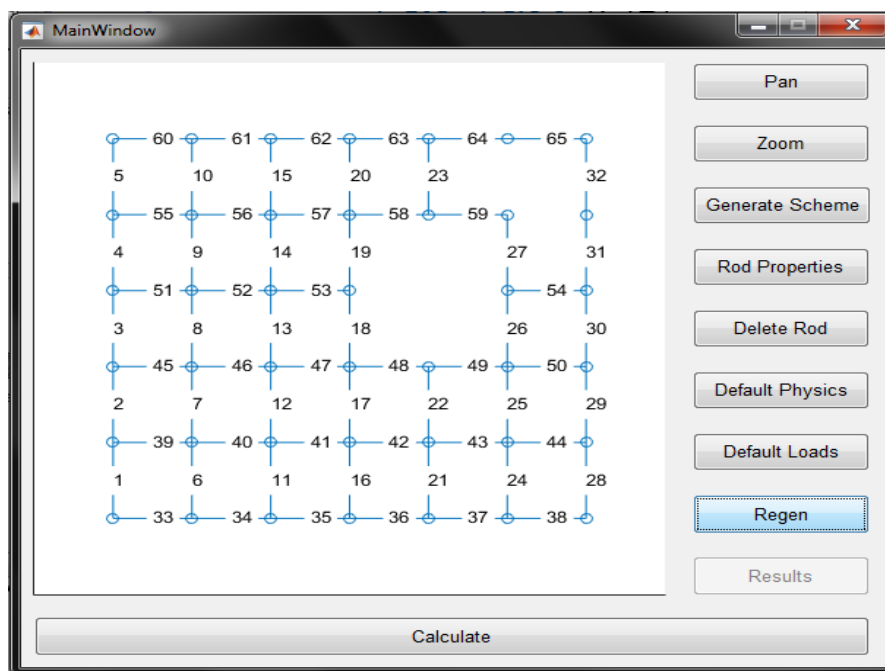


Рис. 3. Основное окно программы расчета систем перекрестных балок.  
Возможности формирования расчетных схем

**Выводы.** Таким образом, разработанная программа позволяет сформировать основные матрицы и вектора, необходимые для расчета, для произвольной системы перекрестных балок с произвольным количеством узлов опирания. Полученные результаты могут быть экстраполированы на создание программ для расчета пространственных конструкций с разнообразными ограничениями геометрического и физического характера.

#### Список использованных источников

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975 – 541 с.
2. Дашенко А.Ф. Численно-аналитический метод граничных элементов. В 2 т. Т. 2. / А.Ф. Дашенко, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов. – Одесса: ВМВ, 2010 – 510 с.
3. Ковров А.В. Напряженно-деформированное состояние железобетонных пространственных рамных конструкций / А.В. Ковров, А.М. Кушнир, А.В. Ковтуненко, Н.К. Высочан. – Одесса: ОГАСА, 2015. – 214 с.
4. Баженов В.А. Строительная механика. Специальный курс. Применение метода граничных элементов / В.А. Баженов, В.Ф. Оробей, А.Ф. Дашенко, Л.В. Коломиец. – Одесса: Астропринт, 2001. – 288 с.
5. Дашенко А.Ф. MATLAB в инженерных и научных расчетах / А.Ф. Дашенко, В.Х. Кириллов, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей. – Одесса: Астропринт, 2003. – 214 с.
6. Корниенко Ю.В. Система автоматизированного проектирования на основе численно-аналитического метода граничных элементов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12 – Одесса, 2015. – 146 с.

#### References

1. Zienkiewicz, O. (1975). *Finite elements method in technic* [Metod konechnyih elementov v tehnike], Mir, Moscow [In Russian].
2. Daschenko, A.F., Kolomiets, L.V., Orobey, V.F., Surianinov, N.G. (2010). *Numerical-analythical boundary elements method* [Chislenno-analiticheskiy metod granichnyih elementov], VMV, Odessa [In Russian].
3. Kovrov, A.V., Kushnir, A.M., Kovtunencko, A.V., Vyisochan, N.K. (2015). *Stress-strain state of reinforced concrete spatial frame structures* [Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie zhelezobetonnyih prostranstvennyih ramnyih konstruktсий], OGASA, Odessa [In Russian].
4. Bazhenov, V.A., Orobey V.F., Daschenko, A.F., Kolomiets, L.V. (2001). *Structural mechanics. Special course. Application of boundary element method* [Stroitel'naya mehanika. Spetsialnyi kurs. Primenenie metoda granichnyih elementov], Astroprint, Odessa [In Russian].
5. Daschenko, A.F., Kirillov, V.H., Kolomiets, L.V., Orobey V.F. (2003). *MATLAB in engineering and scientific calculations* [MATLAB v inzhenernyih i nauchnyih raschetah], Astroprint, Odessa [In Russian].
6. Kornienko, Y.V. (2015). *Computer-aided design based on numerical-analytical boundary element method* [Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya na osnove chislenno-analiticheskogo metoda granichnykh elementov: diss. ... kand. tehn. nauk], Odessa [In Russian].

#### ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ЧИСЛЕНО-АНАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

ШИЛЯЄВ О.С.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

**Мета.** Програмна реалізація основних алгоритмів числено-аналітичного методу граничних елементів та їх застосування до розрахунку стержневих конструкцій.

**Методика.** Реалізується числено-аналітичний метод граничних елементів у середовищі MATLAB.

**Результати.** Розглянуто залежності числено-аналітичного методу граничних елементів, що використовуються при розрахунку систем перехресних балок. Розроблено програму, що реалізує розрахунок системи перехресних балок довільної конфігурації з довільним навантаженням числено-аналітичним методом граничних елементів.

**Наукова новизна.** Вперше розроблено універсальну логічну схему та програму для розрахунку систем перехресних балок з різними умовами спирання, навантаження, геометричними та фізичними характеристиками численно-аналітичним методом граничних елементів.

**Практична значимість.** Отримані результати дозволяють розраховувати довільні системи перехресних балок на різні види навантажень методом, альтернативним методу скінчених елементів.

**Ключові слова:** *перехресні балки, метод граничних елементів, граничні параметри, MATLAB.*

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШИЛЯЕВ А.С.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

**Цель.** Программная реализация основных алгоритмов численно-аналитического метода граничных элементов и их применение к расчету стержневых конструкций.

**Методика.** Реализуется численно-аналитический метод граничных элементов в среде MATLAB.

**Результаты.** Рассмотрено зависимости численно-аналитического метода граничных элементов, которые используются при расчете систем перекрестных балок. Разработано программу, которая реализует расчет системы перекрестных балок произвольной конфигурации с произвольной нагрузкой численно-аналитическим методом граничных элементов.

**Научная новизна.** Впервые разработано универсальную логическую схему и программу для расчета систем перекрестных балок с различными условиями опирания, нагрузок, геометрическими и физическими характеристиками численно-аналитическим методом граничных элементов.

**Практическая значимость.** Полученные результаты позволяют рассчитывать произвольные системы перекрестных балок на различные виды нагрузок методом, альтернативным методу конечных элементов.

**Ключевые слова:** *перекрестные балки, метод граничных элементов, граничные параметры, MATLAB.*

УДК621.317.38+620.9.62

БУРМІСТЕНКОВ О.П., ДЕМІШОНКОВА С.А., ПЕТКО І.В.  
Київський національний університет технологій та дизайну

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ І ЗАСОБИ ЇЇ ДОСЯГНЕННЯ

**Мета.** Розглянути традиційні та нові способи одержання енергії, а також проблеми енергетики та поліпшення енергоефективності технологічних об'єктів.

**Методика.** Огляд і аналіз традиційних і нетрадиційних джерел енергії та використання структурної енергетичної моделі для аналізу енергоефективності технологічних об'єктів.

**Результати.** Розглянуто альтернативні види електроенергії, поліпшення способів їх отримання та способи підвищення енергоефективності технологічних об'єктів.

**Наукова новизна.** Проведено аналіз основних енергетичних втрат, що відбуваються в технологічних об'єктах.

**Практична значимість.** Показано, що основною задачею, яку треба вирішити для зниження енергетичних втрат в електромеханічних системах, є підвищення якості технологічних процесів та коефіцієнта корисної дії електричних апаратів та приладів.

**Ключові слова:** енергозбереження, енергоефективність, альтернативні джерела енергії, екологічна проблема.

**Вступ.** Енергетика – основа розвитку економіки, рушійна сила виробництва.

З філософської точки зору – енергія є кількісною мірою взаємодії та руху всіх видів матерії. Енергія не утворюється з нічого і нікуди не зникає, вона може лише перетворюватися з однієї форми в іншу. Отже енергія підпорядковується закону збереження енергії і зберегти її не можна, тому можна говорити лише про ефективне отримання енергії та енергоефективному її використанні. Проте термін енергозбереження широко використовується в науково-технічній літературі і зводиться, зазвичай, до зниження неефективних втрат. Аналіз структури втрат у сфері виробництва, розподілу та споживання електроенергії показує, що основна складова втрат (до 90%) припадає на сферу споживання.

Темпи енергоспоживання зростають у всьому світі, а тому на сучасному етапі розвитку цивілізації енергоефективність є найбільш актуальною проблемою.

В цілому перед людством стоїть дві проблеми: як отримати дешеву електроенергію і як ефективно її використовувати? У цій статті проведений аналіз джерел енергії, що використовуються в промисловості, транспорті та побуті і визначено можливі шляхи її заощадження при використанні.

**Джерела електроенергії.** Джерела електроенергії можна розділити на два типи: невідновлювані і постійні. У невідновлюваних джерелах виробництво енергії базується на спалюванні вугілля, мазуту, газу та використання атомної енергії.

Невідновні джерела енергії – це ті запаси речовин, що природно утворилися й накопичені в надрах планети, а отже, здатні за певних умов звільняти накопичену енергію. До таких джерел енергії можна віднести органічне паливо: вугілля, нафту, природний газ, торф, пальні сланці, ядерне паливо. Органічне паливо утворюється переважно з рослинної маси. Мільйони років у надрах Землі продовжувався процес розкладання решток рослин і тварин, які колись отримали енергію сонця. Швидкість, з якою люди витрачають невідновні джерела енергії, у багато разів перевищує швидкість їх утворення. Тому основним недоліком невідновних джерел енергії є те, що рано чи пізно вони будуть вичерпані. Другий істотний

недолік невідновних джерел енергії полягає в тому, що під час їх використання завдається значна шкода навколишньому середовищу.

До постійних джерел енергії відноситься енергія сонця, вітру, води і т.п. Технологія одержання та перетворення енергії з цих джерел відпрацьована досить добре, але цих джерел енергії катастрофічно не вистачає і потрібні нові джерела енергії.

**Альтернативні джерела енергії. Енергія Сонця.** Багато мільйонів років Сонце випромінює на Землю свої промені, разом з якими йде потужний потік енергії. Чи застосовуємо ми цей дар у повній мірі? Ні і ні! Ми повинні брати від Сонця більше, ніж беремо зараз. Для цього треба розв'язати задачу безпосереднього перетворення сонячної енергії в електричну [1].

Енергія сонця належить до постійно відновлювальних, практично невичерпних джерел енергії. Завдяки розробці високоефективних методів перетворення сонячної енергії в електричну. Сонце може забезпечити потребу в електроенергії протягом багатьох сотень років. Енергія Сонця певно вистачить на виробництво 11000 кВт/год. електроенергії за рік.

Найбільша перевага сонячних установок полягає в тому, що вони лише перетворюють енергію Сонця і не збільшують вмісту вуглекислоти в атмосфері, а тому не порушують теплову рівновагу нашої планети.

Перевагами сонячних установок є використання відновлюваного джерела енергії та екологічна чистота, а недоліками – висока вартість вироблення електроенергії та низький ККД станції.

Згенерована на основі сонячного випромінювання енергія зможе до 2050 року забезпечити 20–25% потреб людства в електриці і значно скоротить викиди вуглекислоти в атмосферу. Як вважають експерти Міжнародного енергетичного агентства (ІЕА), сонячна енергетика вже через 40 років при відповідному рівні поширення передових технологій буде виробляти близько 9 тисяч терават-годин або 20–25% всієї необхідної електрики, що забезпечить скорочення викидів вуглекислого газу на 6 млрд тонн щорічно [2].

**Енергія вітрів.** Енергія, народжена вітрами, використовувалася людьми ще в сиву давнину.

Приблизно 3000 років тому почали будувати вітрові млини в Єгипті та Китаї. У Вавілоні ними підсушували заболочені місця. В Європі вітрові двигуни з'явилися в 18 ст., які приводили в рух насоси. Особливо поширеними вони були в Голландії. Перший вітроелектрогенератор був сконструйований у Данії у 1890 році. В Росії в 1913 році їх налічувалося близько 250 тис. В основному вони використовувались для розмелювання зерна.

Джерелом енергії для вітрових двигунів є вітер, який, як відомо, утворюється внаслідок нерівномірного нагрівання поверхні суші, водних басейнів і повітря. Через це безперервно переміщуються вітряні маси. Сила і напрям вітру залежать від температури і рельєфу місцевості, наявності водних басейнів, лісових ділянок. Енергії вітру на земній кулі у 2 рази більше, ніж запасів гідроенергії. Цю енергію можна отримувати не забруднюючи навколишнє середовище [3].

Вітрові агрегати в Україні не новина. Вони були широко розповсюджені тут до другої світової війни, щоправда їх потужність не перевищувала кількох кіловат. Тоді річне виробництво вітроагрегатів Херсонського заводу сільськогосподарської техніки потужністю до 5 кіловат сягало 2 тисяч на рік. А по всій Україні працювало близько 6000 вітроагрегатів, які за окремим винятком були зруйновані.

Україна за вітроенергетичними потужностями посідає 13 місце. Згідно з «Комплексною програмою будівництва вітростанцій в Україні», планується покрити за рахунок вітрових електростанцій (ВЕС) до 25% сумарного споживання електроенергії в Україні. За першою редакцією «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року і

подальшу перспективу», передбачено досягнення до 2030 року потужності вітроелектростанцій до 5–7 млн. кВт з річним виробництвом електроенергії 12 млрд. кВт за рік. При цьому вартість електроенергії, яку виробляють ВЕС потужністю 600 кВт, вже сьогодні перебуває на рівні вартості електроенергії теплових електростанцій і нижче.

Сьогодні на українських підприємствах щомісяця випускається 10 турбін, сертифікованих Держкомстатом України. На 1 січня 2000 року в експлуатації знаходиться Донузлавська, Сакська, Новоазовська та Трускавецька вітрові електростанції. Тобто, перспективи розвитку вітроенергетики в Україні.

Перевагами вітроенергетики в Україні є використання відновлюваних ресурсів, екологічна безпека. Недоліками є функціонування кількох ВЕС у комплексі, великий рівень шуму та мала питома потужність.

**Тепло Землі.** В надрах Землі вирує вогняний океан, який несе в собі величезні запаси тепла. Діючі вулкани – свідки цього. Внутрішнє тепло Землі треба поставити на службу людині. Що ж зроблено в цьому напрямку і що ще можна зробити [5].

Перспективною є енергія підземної теплоти. Потужність геотермальних станцій (ГТС) у світі перевищила 5000 мВт. Найбільших успіхів в освоєнні теплоти земних надр досягли США, Італія, Ісландія, Нова Зеландія, Росія. В Україні ця галузь енергетики почалася розвиватись порівняно недавно. Перша свердловина з'явилася в Криму наприкінці 80-х років. Відтоді на півострові було споруджено ще 12 ГТС. Остання з ГТС, що має потужність 5 мВт, здатна обігрівати 5000 квартир. Найближчим часом планується спорудити ще дві потужні станції біля Керчі на Тарханкутському півострові.

Енергія підземної теплоти сьогодні використовується для теплопостачання спортивного комплексу «Закарпаття» в м. Берегове, теплично-парникові господарства Присивашся, обігрівання будинків та в бальнеології на Саксько-Євпаторійських курортах. Проте масштаби використання підземної теплоти в Україні далеко не відповідають її потенційним можливостям. Відомо, що запаси теплоти, зосередженої в районі лише однієї Закарпатської геотермальної аномалії, рівноцінні промисловим запасам кам'яного вугілля шести таких вугільних басейнів як Львівсько-Волинський.

**Біологічне паливо.** Для свого існування людина добуває корисні копалини, вирубує ліс, використовує воду. При цьому обсяг видобутку корисних копалин кожні 15 років подвоюється. Проте лише 10% сировини, що видобувається з надр планети, перетворюється на готову продукцію, решта 90% є відходи, що забруднюють біосферу. Однак, людина знайшла шляхи використання вторинних ресурсів, які можуть виконувати роль альтернативних джерел теплової та електроенергії.

Відходи рослинної біомаси в Україні складають щорічно 40 млн. тон, що є еквівалентом 20–30 млрд. м<sup>3</sup> газу [6].

Такі відходи, як вуглевідвали, є природними і техногенними джерелами низько потенційної енергії з температурою 5–40 °С. За допомогою теплопомпових агрегатів (ТПА), що вживаються в системах опалення та вентиляції промислових цехів, Україна може отримати додатково 4900 мВт. Тому сучасні підходи до використання відходів вугільної промисловості може надати Україні додаткової, достатньо дешевої джерела енергії. Крім того, не слід забувати про підземну газифікацію вугілля.

Ще одним традиційним паливним резервом України є родовища родючих сланців. Найбільшим, готовим до розробки є Балтійське (межа Черкаської та Кіровоградської областей). Воно являє собою 600 метрову воронкоподібну западину діаметром 20–25 км.

Щорічні відходи тваринництва та птахівництва в Україні сягають 32 млн. тон сухих відходів. Гній – це джерело енергії, в той же час свиноферми, корівники є активними забруднювачами навколишнього середовища. Для вирішення цієї в Англії розробили технологію по перетворенню гною в електроенергію. Відходи від ферм по трубопроводу

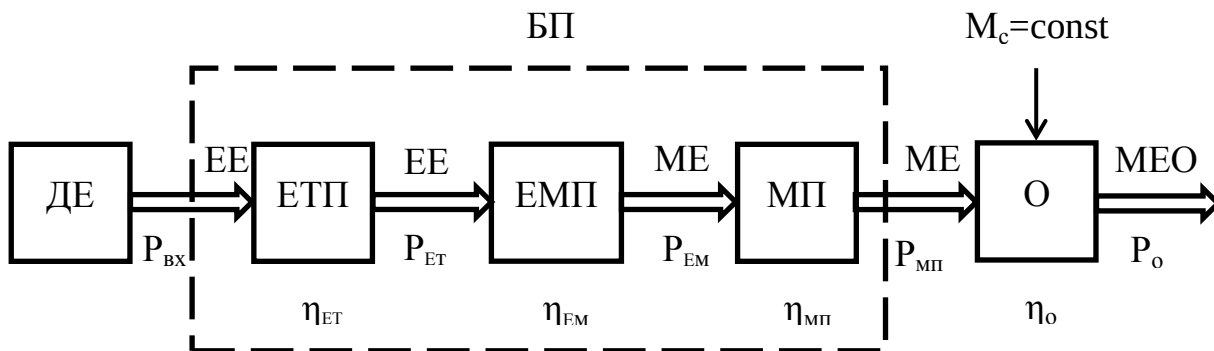
йдуть на електростанції, де в спеціальному реакторі проходять біологічну переробку. Газ, що утворюється, використовують для одержання електроенергії, а перероблені відходи для добрива. Одним з найбільш нетрадиційних видів використання відходів є одержання електроенергії із сміття. Розкладаючись на смітниках, сміття виділяє газ, 50–55% якого, метан, а 45–50% – вуглекислий газ. Якщо раніше виділений газ просто отруював повітря, то тепер у таких країнах як США, Японія, Китай, Індія, Румунія – використовують так звану технологію метанобактерій. Ці мікроорганізми активно розмножуються у будь яких органічних рештках, при цьому утворюючи біогаз. Технологія дуже проста. Бетонні ємності наповняють сміттям, листям, тирсою, гноєм. Ємність повинна бути щільно закрита, щоб не було доступу кисню. Газ, що утворився в результаті бродіння, відводять у приймальний пристрій або безпосередньо у газову плиту [7].

Джерел енергії на даний час відомо досить багато, але не всі вони використовуються з високим ступенем ефективності, а пристрої перетворення енергії в інші її види недостатньо зручні для використання в промисловості та побуті.

Таким чином, проблема ефективного використання отриманої енергії з мінімальними втратами є нагальною і своєчасною.

Розглянемо питання енергозбереження на прикладі електромеханічної системи - некерованого електроприводу.

**Енергозбереження в некерованому електроприводі.** Ефект енергозбереження на кожному елементі електромеханічної системи зручно простежити на прикладі функціональної енергетичної структурної схеми з некерованим електроприводом.



**Функціональна енергетична структурна схема з некерованим електроприводом**

Де, EE і ME – потоки електричної та механічної енергії; ДЕ – джерело енергії; ЕТП – електротехнічний перетворювач; ЕМП – електромеханічний перетворювач; МП – механічна передача; О – технологічний об’єкт.

Енергетичні особливості кожного елемента схеми характеризуються його коефіцієнтом корисної дії (ККД)  $\eta$  і потужністю, яка надходить на вхід. Коефіцієнт корисної дії характеризує втрати  $\Delta P_x$  енергії у відповідному елементі, які можна виразити:

$$\Delta P_x = (1 - \eta_x) \cdot P_{xvx};$$

де,  $P_{xvx}$  – потужність, що подається на вхід елемента X.

В електромеханічних системах з некерованим електроприводом, як правило, постійна величина моменту навантаження  $M_c = const$ . Тоді енергетична рівність елементів аналізованої системи буде мати вигляд:

$$P_{ET} = P_{BX} \cdot \eta_{ET};$$

$$P_{EM} = P_{ET} \cdot \eta_{EM};$$

$$P_{МП} = P_{EM} \cdot \eta_{МП};$$

$$P_O = P_{МП} \cdot \eta_O.$$

де  $P_{ET}$  – потужність на виході електротехнічного перетворювача і на вході електромеханічного перетворювача  $P_{EM}$ ;  $P_{МП}$  – потужність на виході механічної передачі і на вході технологічного об'єкту  $P_O$ .

Вирішуючи спільно отримані рівняння можна отримати рівняння, що визначає потужність на виході системи:

$$P_O = P_{BX} = P_{BX} \cdot \eta_{EMC};$$

де  $\eta_{EMC} = \eta_{ET} \cdot \eta_{EM} \cdot \eta_{МП} \cdot \eta_O$  – ККД некерованої електромеханічної системи, що складається з ККД всіх елементів системи:  $\eta_{ET}$  – ККД електротехнічного перетворювача;  $\eta_{EM}$  – ККД електромеханічного перетворювача;  $\eta_{МП}$  – ККД механічної передачі;  $\eta_O$  – ККД технологічного об'єкта.

Якщо припустити, що ККД об'єкта величина постійна або близька до неї, то втрати енергії в системі будуть залежати тільки від ККД складових її елементів.

Величина номінальних ККД окремих елементів, які входять в структуру електромеханічної системи, залежать від типу, потужності та деяких особливостей сучасних елементів системи, параметри яких зазначені у відповідних технічних документах.

Скористаємося значеннями ККД для елементів найбільш поширених в розглянутих системах: ККД електротехнічного перетворювача (на основі сучасних тиристорів) – 0,96; ККД електромеханічного перетворювача (найбільший ККД має асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором) – 0,8; ККД механічної передачі (циліндричні зубчасті передачі) – 0,96 та розрахуємо потужність на виході об'єкта:

$$P_O = 0,96 \cdot 0,8 \cdot 0,96 \cdot P_{BX} = 0,74 \cdot P_{BX}.$$

Звідси видно який відсоток енергії втрачається в елементах, що зв'язують джерело енергії і об'єкт. Якщо в останнім рівнянні врахувати ККД для об'єкту, то можна визначити повні втрати енергії і намітити шляхи зниження втрат. Так для об'єкту виду відцентрові вентилятори – ККД дорівнює 0,5, звідси:

$$P_O = 0,37 \cdot P_{BX}$$

Таким чином більше 50% енергії втрачається на шляху від джерела енергії до об'єкта, причому основна частка втрат падає на процеси, що відбуваються в об'єкті.

Зниження втрат енергії в електромеханічній системі можна забезпечити використанням елементів з високими значеннями ККД, зменшенням кількості елементів у системі (наприклад, використання безредукторного приводу) і вдосконаленням технологічних процесів в об'єкті.

Аналогічним чином можна проаналізувати втрати енергії та намітити шляхи її зниження при для освітлення вулиць і будинків, в побутовій техніці для приготування їжі і т.п.

**Висновки.** Ефективне використання енергії залежить від політики держави у галузі енергозбереження. В Україні створено декілька національних програм, спрямованих на ефективне споживання енергії у промисловості побуті, зміну ставлення громадськості до сучасних проблем енергозбереження та екології.

Освіту в галузі енергозбереження потрібно розглядати як безупинний процес, який починається в сім'ї, продовжується в школі та на робочому місці.

Населення Землі повинне змінити свої погляди на використання невідновлюваних джерел енергії, оскільки їхні запаси вичерпуються, а інтенсивне неефективне їх використання забруднює навколишнє середовище. Найпростіший спосіб зменшення забруднення навколишнього середовища – це раціональне та зменшене використання невідновлювальних джерел енергії та збільшене використання відновлювальних джерел енергії.

### Список використаних джерел

1. Краснок А.Е., Максимов И.С., Денисюк А.И., Белов П.А., Мирошніченко А.Е., Симовский К.Р., Кившарь Ю.С. Оптические наноантенны // Успехи физических наук. — 2013. — Т. 183, № 6. — С. 561–589.
2. BP Statistical Review of World Energy June 2015, Electricity section.
3. Electric Power Monthly. U.S. Department of Energy. February 2013.
4. Кондратьев К.Я. Радиационные факторы современных измерений глобального климата. - Л., 2008.
5. J.T. Kiehl and Kevin E. Trenberth, February 1997: Earth's Annual Global Mean Energy Budget.
6. Лопушняк В.І., Слобода П.М. Топінамбур як джерело одержання біопалива в Україні // Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук. Наукові праці. — 2011.
7. Енергетична стратегія України до 2030 року. — Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/control/uk/archive/>

### References

1. Krasnyk A.E., Maksimov I.S., Denysiuk A.I. Belov P.A., Miroshnichenko A.E., Simovsky K.R., Kivshar Y.S. Optical nanoantenna // Successes of physical sciences. - 2013. - V. 183, № 6. - S. 561-589.
2. BP Statistical Review of World Energy June 2015, Electricity section.
3. Electric Power Monthly. U.S. Department of Energy. February 2013.
4. Kondrat'ev Radiation effects of modern global climate change. - L., 2008.
5. J.T. Kiehl and Kevin E. Trenberth, February 1997: Earth's Annual Global Mean Energy Budget.
6. Lopushnyak V.I., Sloboda P.M. Topinambur yak Dzherelo obsession biopaliva in Ukraini // Institut bioenergetichnih cultures i tsukrovih buryakiv Natsionalnoi Academy of Agrarian Sciences. Naukovi pratsi. - 2011.
7. Energetichna strategiia Ukraine 2030 rock. - Access: <http://mpe.kmu.gov.ua/control/uk/archive/>

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И СРЕДСТВА ЕЕ ДОСТИЖЕНИЯ

БУРМІСТЕНКОВ А.П., ДЕМИШОНКОВА С.А., ПЕТКО И.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Рассмотреть традиционные и новые способы получения энергии, а также проблемы энергетики и улучшения энергоэффективности технологических объектов.

**Методика.** Обзор и анализ традиционных и нетрадиционных источников энергии и использования структурной энергетической модели для анализа энергоэффективности технологических объектов.

**Результаты.** Рассмотрены альтернативные виды электроэнергии, улучшение способов их получения и способы повышения энергоэффективности технологических объектов.

**Научная новизна.** Проведен анализ основных энергетических потерь, происходящих в технологических объектах.

**Практическая значимость.** Показано, что основной задачей, которую надо решить для снижения энергетических потерь в электромеханических системах, является повышение качества технологических процессов и коэффициента полезного действия электрических аппаратов и приборов.

**Ключевые слова:** *энергосбережение, энергоэффективность, альтернативные источники энергии, экологическая проблема.*

## OBJECTS AND ENERGY TECHNOLOGY MEANS TO ACHIEVE

BURMISTENKOV A.P., DEMISHONKOVA S.A., PETKO I.V.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** To consider the traditional and new methods of energy generation, as well as problems of power industry and improving energy efficiency of technological objects.

**Methodology.** Review and analysis of conventional and non-conventional energy sources and the use of the structural model for the analysis of energy efficiency of technological objects.

**Findings.** Alternative types of power, improved methods for their preparation and methods for improving energy efficiency of technological objects are considered.

**Originality.** An analysis of major energy losses that occur in technological objects.

**Practical value.** It has been introduced that In order to reduce energy losses in electromechanical systems , it Is important to improve the quality of processes and efficiency of electrical devices and appliances.

**Keywords:** *energy conservation, energy efficiency, alternative energy, environmental issues.*

УДК 621.9

ПАНАСЮК І.В., ЗАЛЮБОВСЬКИЙ М.Г.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНУ ЗМІНИ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ВЕДУЧОГО ВАЛУ МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ЗІ СКЛАДНИМ РУХОМ РОБОЧОЇ ЄМКОСТІ

**Мета.** Встановлення закону зміни кутової швидкості ведучого валу машини, який забезпечує умови для якісної обробки деталей в середині робочої ємкості, що виконує складний просторовий рух.

**Методика.** Проведено 3D моделювання та кінематичний аналіз машини зі складним рухом робочої ємкості в САПР SolidWorks.

**Результати.** Визначено умови, при яких забезпечується рівність кутових прискорень ведучого та веденого валів, а також зникає різниця між значеннями повних максимальних прискорень точок А та В, що лежать на торцях робочої ємкості.

**Наукова новизна.** Встановлено змінно-прискорений закон кутової швидкості ведучого валу машини, реалізація якого забезпечує циклічну зміну кутових швидкостей ведучого та веденого валів, при якій їх екстремуми знаходяться в протифазі з однаковим амплітудним значенням.

**Практична значимість.** Отримано рівняння, що дозволяє розраховувати кутову швидкість ведучого валу машини і забезпечити умови для підвищення якості та ефективності обробки деталей в середині робочої ємкості.

**Ключові слова:** закон зміни кутової швидкості, робоча ємкість.

**Постановка проблеми.** Машину зі складним рухом робочої ємкості [1] використовують для процесів змішування сипких речовин, а також для процесів обробки деталей. При використанні машини для процесів обробки деталей, суть яких полягає у шліфуванні та поліруванні їх поверхні, необхідно забезпечити "делікатний" характер руху сипкого робочого середовища в середині робочої ємкості, унеможливити виникнення явища "удару" по поверхні оброблюваних деталей, що виникає при їх зіткненні між собою та стінками робочої ємкості.

**Актуальність проблеми.** При розширенні меж використання обладнання зі складним рухом робочої ємкості та можливістю його застосування не лише для змішування сипких речовин, а й для процесів обробки деталей постає проблема щодо забезпечення такого руху робочої ємкості, при якому зникає різниця між максимальними значеннями повних прискорень точок, які розташовані в центрі торців робочої ємкості, що виконана у вигляді циліндричного барабану та досягнення однакової інтенсивності обробки деталей у різних частинах робочої ємкості.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз опублікованих робіт щодо забезпечення вискоефективних та якісних процесів шліфування, полірування та глянцювання в середині робочої ємкості машини для обробки деталей показав, що відомі конструкції та принцип роботи приводів [2,3], за допомогою яких можливо покращити процеси обробки деталей, зменшити сили інерції, що діють на оброблюване середовище, однак, відсутня інформація про те, який саме закон зміни кутової швидкості на ведучому

валу машини повинні реалізувати відповідні конструкції приводів, в якому діапазоні повинна змінюватися кутова швидкість.

**Основні результати дослідження.** З результатів роботи [4] відомо, що під час роботи машини зі складним рухом робочої ємкості, схема якої представлена на рис.1, без застосування спеціального приводу виникає значна різниця між значеннями повних максимальних прискорень точок А та В, які розташовані в центрі основ робочої ємкості.

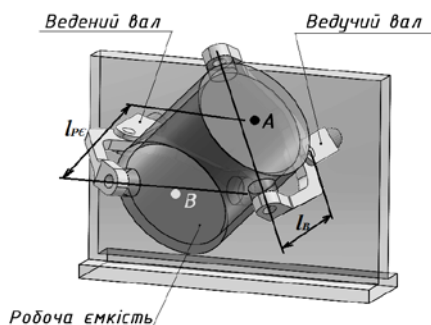


Рис.1 Схема машини для обробки деталей зі складним рухом робочої ємкості

Таким чином, частина робочої ємкості, яка розташована ближче до веденого валу машини рухається зі значним прискоренням, викликаючи нерівномірну інтенсивність обробки деталей в різних частинах робочої ємкості, виникає явище "удару" по поверхні оброблюваних виробів, що погіршує якість оздоблювально-зачищувальних операцій. Саме тому необхідно забезпечити рівність повних максимальних прискорень точок А та В, які належать робочій ємкості. Відомо [2], що зменшення різниці між максимальними значеннями повних прискорень точок А та В відбувається за рахунок забезпечення змінно-прискореного обертального закону кутової швидкості на ведучому валу машини.

Для того, щоб зрівняти між собою значення повних максимальних прискорень точок А та В робочої ємкості, необхідно забезпечити циклічну зміну кутової швидкості ведучого та веденого валів машини таким чином, щоб їх екстремуми знаходилися в протифазі з однаковим амплітудним значенням.

Встановимо необхідний змінно-прискорений закон кутової швидкості ведучого валу машини зі складним рухом робочої ємкості за допомогою САПР SolidWorks для будь-якого типорозміру однієї конструкції машини з геометричним співвідношенням:

$$\frac{l_{PC}}{l_B} = 1 \quad (1)$$

де:  $l_{PC}$  - міжосьова відстань робочої ємкості;  
 $l_B$  - міжосьова відстань вилок;

У процесі моделювання збільшували діапазон зміни кутової швидкості ведучого валу машини та паралельно спостерігали за зменшенням діапазону кутової швидкості веденого валу. Визначали момент, коли їх значення стануть рівними між собою. Для чисельного моделювання у SolidWorks середнє значення кутової швидкості ведучого валу приймали  $\omega_{сер} = 6,3$  рад/с.

На рис.2 представлено набір кривих, які відображають зміну кутової швидкості веденого валу в залежності від кутової швидкості ведучого валу машини.

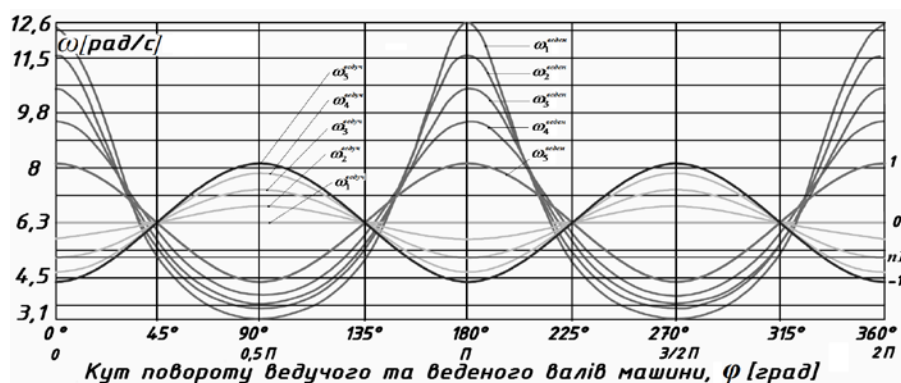


Рис.2 Залежність зміни кутової швидкості веденого валу від кута повороту валу при різних значеннях кутової швидкості ведучого валу машини

де:  $\omega_1^{\text{ведуч}}$  - кутова швидкість ведучого валу,  $\omega_1^{\text{веден}}$  - кутова швидкість веденого валу. Нижній індекс у вигляді цифри від 1-го до 5-ти характеризує відповідність між відповідними кутовими швидкостями, наприклад, при кутовій швидкості ведучого валу, яка подана у вигляді кривої  $\omega_3^{\text{ведуч}}$  на веденому валу утворюватиметься закон кутової швидкості з відповідною кривою  $\omega_3^{\text{веден}}$ .

Усі криві мають синусоїдальний характер, зміщені на  $\pi/2$  у від'ємному напрямі вісі абсцис, з періодом функції  $T=\pi$ , тобто забезпечується двохперіодний характер зміни кутової швидкості за один оберт ведучого та веденого валів [2], що є необхідною умовою щодо ефективної обробки виробів робочим середовищем. Так при постійній кутовій швидкості ведучого валу в 6,3 рад/с (на рис.2 лінія  $\omega_1^{\text{ведуч}}$ ), значення кутової швидкості веденого валу змінювалися в діапазоні  $\omega_1^{\text{веден}} = [3,1 \div 12,6]$  рад/с, максимальне значення кутового прискорення веденого валу становило  $\varepsilon_1^{\text{веден}} = 84,2$  рад/с<sup>2</sup>, а при реалізації змінно-прискореного обертального закону кутової швидкості на ведучому валу машини з діапазоном  $\omega_5^{\text{ведуч}} = [4,2 \div 8,4]$ , еквівалентним до нього став діапазон зміни кутової швидкості веденого валу  $\omega_5^{\text{веден}} = [4,2 \div 8,4]$ .

Граничні екстремальні значення кутових швидкостей ведучого та веденого валів, а також їх максимальні кутові прискорення представлені в таблиці.

| Ведучий вал                                                                                      |                                                      |                                           | Ведений вал                                          |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Закон зміни кутової швидкості                                                                    | Діапазон кутової швидкості, $\omega_{inv}$ , [рад/с] | Кутове прискорення, [рад/с <sup>2</sup> ] | Діапазон кутової швидкості, $\omega_{inv}$ , [рад/с] | Кутове прискор., [рад/с <sup>2</sup> ] |
| $\omega_1^{\text{ведуч}} = \omega_{\text{сеп}} = 6,3$                                            | $\omega_1^{\text{ведуч}} = \text{const} = 6,3$       | $\varepsilon_1^{\text{ведуч}} = 0$        | $\omega_1^{\text{веден}} = [3,1 \div 12,6]$          | $\varepsilon_1^{\text{веден}} = 84,2$  |
| $\omega_2^{\text{ведуч}} = \omega_{\text{сеп}} - 0,28 \sin\left(2\varphi + \frac{\pi}{2}\right)$ | $\omega_2^{\text{ведуч}} = [5,8 \div 6,8]$           | $\varepsilon_2^{\text{ведуч}} = 6,3$      | $\omega_2^{\text{веден}} = [3,4 \div 11,5]$          | $\varepsilon_2^{\text{веден}} = 66,3$  |
| $\omega_3^{\text{ведуч}} = \omega_{\text{сеп}} - 0,56 \sin\left(2\varphi + \frac{\pi}{2}\right)$ | $\omega_3^{\text{ведуч}} = [5,2 \div 7,3]$           | $\varepsilon_3^{\text{ведуч}} = 12,6$     | $\omega_3^{\text{веден}} = [3,7 \div 10,5]$          | $\varepsilon_3^{\text{веден}} = 52,4$  |
| $\omega_4^{\text{ведуч}} = \omega_{\text{сеп}} - 0,84 \sin\left(2\varphi + \frac{\pi}{2}\right)$ | $\omega_4^{\text{ведуч}} = [4,7 \div 7,9]$           | $\varepsilon_4^{\text{ведуч}} = 18,8$     | $\omega_4^{\text{веден}} = [3,9 \div 9,4]$           | $\varepsilon_4^{\text{веден}} = 38,2$  |
| $\omega_5^{\text{ведуч}} = \omega_{\text{сеп}} - 1 \sin\left(2\varphi + \frac{\pi}{2}\right)$    | $\omega_5^{\text{ведуч}} = [4,2 \div 8,4]$           | $\varepsilon_5^{\text{ведуч}} = 25,7$     | $\omega_5^{\text{веден}} = [4,2 \div 8,4]$           | $\varepsilon_5^{\text{веден}} = 28,1$  |

Таким чином на ведучому валу машини необхідно забезпечити змінно-прискорений закон кутової швидкості, який має вигляд:

$$\omega^{\text{ведуч}} = \omega_{\text{сер}} - \omega_{\text{ампл}} \sin\left(2\varphi + \frac{\pi}{2}\right) \quad (2)$$

Де:  $\varphi$  - кут повороту ведучого валу машини,  $\omega_{\text{ампл}}$  - це різниця по модулю між екстремумами кутової швидкості та її середнім значенням.

Закон зміни кутової швидкості веденого валу буде оберненим до закону зміни кутової швидкості ведучого валу та матиме вигляд:

$$\omega^{\text{ведени}} = \omega_{\text{сер}} + \omega_{\text{ампл}} \sin\left(2\varphi + \frac{\pi}{2}\right) \quad (3)$$

При забезпеченні змінно-прискореного закону кутової швидкості (2) на ведучому валу, кутові прискорення ведучого та веденого валів практично стали рівними між собою. Так досягнуто випадку, при якому різниця між значеннями повних максимальних прискорень точок А та В фактично зникає. Повне прискорення точки А:  $a^A = 11,9 [\text{м/с}^2]$ , повне прискорення точки В:  $a^B = 11,94 [\text{м/с}^2]$ . Амплітудне значення коливань кутової швидкості  $\omega_{\text{ампл}}$  для її середнього значення в  $\omega_{\text{сер}} = 6,3 \text{ рад/с}$  встановлюється як:

$$\omega_{\text{ампл}} = \frac{\omega_{\text{max}}^{\text{ведуч}} - \omega_{\text{min}}^{\text{ведуч}}}{2} = \frac{8,4 - 4,2}{2} = 2,1 \text{ рад/с} \quad (4)$$

Де:  $\omega_{\text{max}}^{\text{ведуч}}$  та  $\omega_{\text{min}}^{\text{ведуч}}$  - максимальне та мінімальне значення змінно-прискореного закону кутової швидкості при її середньому значенні  $\omega_{\text{сер}} = 6,3 \text{ рад/с}$ .

Визначений закон зміни кутової швидкості ведучого валу повинен реалізовуватися для будь-якого значення середньої кутової швидкості  $\omega_{\text{сер}}$  шляхом застосування відповідного приводу. Тому необхідно записати вирази за допомогою яких можна визначити екстремуми змінно-прискореного закону кутової швидкості для будь-якого значення середньої кутової швидкості  $\omega_{\text{сер}}$ . Середнє значення кутової швидкості можна визначити як:

$$\omega_{\text{сер}} = \frac{\omega_{\text{max}}^{\text{ведуч}} + \omega_{\text{min}}^{\text{ведуч}}}{2} \quad (5)$$

Встановимо коефіцієнти, що характеризують відношення суми екстремумів необхідного змінно-прискореного закону зміни кутової швидкості до максимального та мінімального екстремумів цього ж закону кутової швидкості відповідно:

$$\frac{\omega_{\text{max}}^{\text{ведуч}} + \omega_{\text{min}}^{\text{ведуч}}}{\omega_{\text{min}}^{\text{ведуч}}} = \frac{8,4 + 4,2}{4,2} = 3 \quad (6)$$

$$\frac{\omega_{\text{max}}^{\text{ведуч}} + \omega_{\text{min}}^{\text{ведуч}}}{\omega_{\text{max}}^{\text{ведуч}}} = \frac{8,4 + 4,2}{8,4} = 1,5 \quad (7)$$

При проведенні моделювання в можливому діапазоні для реалізації  $\omega_{\text{сер}}$ , значення коефіцієнтів, які встановлені у виразах (6, 7), залишилися незмінними. Вони є універсальними.

Виразимо з формул (6,7), враховуючи вираз (5), значення  $\omega_{\text{min}}^{\text{ведуч}}$  та  $\omega_{\text{max}}^{\text{ведуч}}$  відповідно:

$$\omega_{\min}^{\text{ведуч}} = \frac{2\omega_{\text{сер}}}{3} \quad (8)$$

$$\omega_{\max}^{\text{ведуч}} = \frac{4\omega_{\text{сер}}}{3} \quad (9)$$

З урахуванням формули (4), вираз (2), який описує необхідний змінно-прискорений закон руху ведучого валу машини матиме вигляд:

$$\omega^{\text{ведуч}} = \omega_{\text{сер}} - \left( \frac{\omega_{\max}^{\text{ведуч}} - \omega_{\min}^{\text{ведуч}}}{2} \right) \sin \left( 2\varphi + \frac{\pi}{2} \right) \quad (10)$$

Підставивши значення формул (8) та (9) у вираз (10), отримаємо:

$$\omega^{\text{ведуч}} = \omega_{\text{сер}} - \left( \frac{\omega_{\text{сер}}}{3} \right) \sin \left( 2\varphi + \frac{\pi}{2} \right) \quad (11)$$

Вираз (11) описує необхідний змінно-прискорений закон кутової швидкості ведучого валу машини і дозволяє знайти миттєві значення кутової швидкості ведучого валу.

**Висновок.** Отримано вираз (11), який дозволяє реалізувати циклічну зміну кутових швидкостей ведучого та веденого валів з екстремумами, що знаходяться в протифазі з однаковими амплітудними значеннями. Таким чином, зрівнюються між собою значення повних максимальних прискорень точок А та В робочої ємкості. Як наслідок, може бути досягнуто однакової інтенсивності обробки деталей по всьому об'єму робочої ємкості, що забезпечить необхідні умови для високої ефективності та якості процесів шліфування й полірування поверхні оброблюваних виробів.

### Список використаних джерел

1. I. Panasyuk. Driving machine shaft angular velocity impact on motion conditional change of granular medium in working reservoir for components compounding and process / I. Panasyuk, M. Zalyubovskiy // Metallurgical and Mining Industry – 2015, №3. – С. 260-264;
2. Панасюк І.В. Визначення деяких конструктивних параметрів приводу маятникового типу машини з тривимірним обертанням барабану для змішування та обробки деталей / І.В.Панасюк, М.Г.Залюбовський, Ю.В.Клапцов // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2014. – №3. – С. 221-228;
3. Патент №92544, МПК B01F 11/00. Машина для обробки деталей / Панасюк І.В., Залюбовський М.Г., заявник та патентовлас. Київський національний університет технологій та дизайну - №u201401841; заяв. 25.02.2014, опуб. 26.08.2014, бюл. № 16;
4. Панасюк І.В. Визначення кінематичних параметрів змішувачів з тривимірним обертанням барабану / І.В.Панасюк, М.Г.Залюбовський // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки – 2013. – №6. – С. 28-33.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА ИЗМЕНЕНИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВЕДУЩЕГО ВАЛА МАШИНЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧЕЙ ЕМКОСТИ**

ПАНАСЮК И.В., ЗАЛЮБОВСЬКИЙ М.Г.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Определение закона изменения угловой скорости ведущего вала машины, который обеспечивает условия для качественной обработки деталей в середине рабочей емкости, что выполняет сложное пространственное движение.

**Методика.** Проведено 3D моделирование и кинематический анализ машины со сложным движением рабочей емкости в САПР SolidWorks.

**Результаты.** Определены условия, при которых обеспечивается равенство угловых ускорений ведущего и ведомого валов, а также исчезает разница между значениями полных максимальных ускорений точек А и В, которые лежат на торцах рабочей емкости.

**Научная новизна.** Установлено переменного-ускоренный закон угловой скорости ведущего вала машины, реализация которого обеспечивает циклическое изменение угловых скоростей ведущего и ведомого валов, при котором их экстремумы находятся в противофазе с одинаковым амплитудным значением.

**Практическая значимость.** Получено уравнение, позволяющее рассчитывать угловую скорость ведущего вала машины и обеспечить условия для повышения качества и эффективности обработки деталей в середине рабочей емкости.

**Ключевые слова:** закон изменения угловой скорости, рабочая емкость.

**THE DEFINITION OF THE LAW OF VARIATION OF THE ANGULAR VELOCITY OF THE DRIVE SHAFT OF THE MACHINE FOR DETAILS TREATMENT WITH COMPLEX MOVEMENT OF THE OPERATING CAPACITY**

PANASJUK I.V., M.G.ZALJUBOVSKIY M.G.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**The purpose.** Establishment the law of variation of the angular velocity of the drive shaft of the machine that provides conditions for quality of details treatment in the middle of the working capacity which performs complex spatial motion.

**The methods.** It was performed 3D modeling and kinematic analysis of machines with complex movement of the working capacity in CAD software SolidWorks.

**The results.** It were defined conditions that provide the equality of the angular acceleration of the driving and driven shafts, and also disappears difference between the full maximum values of the accelerations of points A and B located on the ends of the working capacity.

**The scientific novelty.** It was installed the law of the angular velocity of the drive shaft of the machine, the implementation of which provides a cyclic change of the angular velocity of the driving and driven shafts, in which the extreme are in opposite phase with the same amplitude value.

**The practical significance.** It was established equation allowing to calculate the angular velocity of the drive shaft of the machine and to provide the conditions for improving the quality and efficiency of the details treatment in the middle of the operating capacity.

**The keywords:** the law of change of the angular velocity, the working capacity.

УДК 677.055.548

БЕРЕЗІН Л. М.

Київський національний університет технологій і дизайну

## АНАЛІЗ ПРИЧИН ВІДМОВ ПАНЧІШНО-ШКАРПЕТКОВИХ АВТОМАТІВ

**Мета.** Систематизація загальних вимог та комплексу дій до аналізу причин відмов в'язальних машин на прикладі панчішно-шкарпеткових автоматів для прийняття обґрунтованих заходів щодо усунення або зменшення кількості дефектів в продукції та відмов обладнання.

**Методика.** Використано метод деталізації об'єкту дослідження, метод якісного аналізу діагностичного дерева відмов, методи експертних оцінок, галузеві керівні матеріали та інші нормативно-технічні документи.

**Результати.** Запропоновано теоретичні положення та сукупність заходів для якісного аналізу відмов панчішно-шкарпеткових автоматів як складової системи забезпечення надійності. Виявлені варіанти можливих відмов, основні причини їх виникнення та можливі наслідки для використання по запитах коригування та доопрацювання конструкцій-аналогів автоматів

**Наукова новизна.** Запропоновано новий методологічний підхід до комплексної ідентифікації характеру виникнення, причин та наслідків відмов деталей панчішно-шкарпеткових автоматів для реалізації якісного аналізу діагностичного дерева можливих відмов на основі багатоваріантності рішень.

**Практична значимість.** Представлена інформація сприяє комплексному підходу щодо обґрунтування, підвищення та підтримки заданого рівня характеристик надійності об'єктів, що розглядаються, на різних стадіях їх життєвого циклу.

**Ключові слова:** відмова, аналіз, класифікація, фрактографія, проектування, панчішно-шкарпеткові автомати

**Вступ.** Аналіз причин відмов технологічного обладнання є складовою заходів по керуванню надійністю діючих аналогів та забезпеченню заданого рівня надійності нових прототипів. Комплекс робіт включає вивчення характеру і причин виникнення відмов, накопичення, систематизацію та узагальнення визначальних факторів, які впливають на надійність для розробки заходів по удосконаленню конструкції об'єкту та технології його виготовлення з подальшою оцінкою ефективності вжитих заходів. Враховуючи значну бібліографію за темою [1-4] та інші, слід зазначити, що більшість видань має методично-організаційну спрямованість та стосується переважно деталей та конструкцій загальномашинобудівного призначення або вузького спрямування. Узагальнена інформація щодо відмов в'язального обладнання в технічній літературі не відображена. Дана стаття спрямована на усунення цієї прогалини на прикладі панчішно-шкарпеткових автоматів (ПША) як найбільш складного обладнання галузі.

**Постановка завдання.** Метою статті є систематизація загальних вимог та комплексу дій до аналізу причин відмов ПША на основі ідентифікації видів відмов, характеру прояву та причин їх виникнення для прийняття обґрунтованих заходів щодо усунення конструктивних та виробничих недоліків, які зумовлюють невідповідність об'єкту встановленим вимогам надійності з подальшим критичним аналізом наслідків можливих схемно-конструктивних варіантів будови автоматів.

**Результати досліджень.** ПША представляють собою сукупність функціонально пов'язаних механічних пристроїв, вільні виходи яких замикаються на технологічних операціях, що послідовно виконуються, тобто відмова будь-якого механізму спричиняє брак

виробу. При розгляді надійності ПША доцільно розрізняти наступні події: відмова, яка характеризується повною або частковою втратою працездатності, та пошкодження, яке полягає в порушенні справності об'єкту при зберіганні його працездатності. Пошкодження, що безпосередньо призводить до втрати якості виробів, відносять до технологічних відмов.

При аналізі відмов враховують наступні принципи:

- ПША є складною динамічною системою, при експлуатації якої відбуваються накопичення пошкоджень втомленості або зносу;

- ПША характеризується великою кількістю однотипних деталей у вигляді стержньових елементів (в'язальних голок, селекторів, штовхачів тощо), які найбільше обмежують надійність обладнання в цілому;

- на швидкість накопичення пошкоджень та процес руйнування деталей ПША комплексно впливає незначна кількість визначальних факторів, які мають як детермінований, так і випадковий характер;

- достовірність причин відмов деталей ПША встановлюється комплексним підходом на основі функціонального, конструкційного та технологічного аналізів, інформації про відмови в конструкціях-аналогах, при необхідності, з використанням лабораторних досліджень фізико-механічних властивостей матеріалу деталей тощо.

Обґрунтований аналіз причин відмов неможливий без їх класифікації та систематизації. При фіксуванні та аналізі відмов ПША доцільно враховувати наступну класифікацію відмов, враховуючи [1, 5].

За причиною відмови поділяють на конструктивні, виробничі та експлуатаційні. Можливе виникнення відмови при комбінації причин. Конструктивні відмови зумовлені помилками при проектуванні, порушенні норм та правил проектування. Як правило, вони є наслідком недостатньої перевірки на дію динамічних навантажень, невдалого вибору матеріалу за міцністю або жорсткістю, неправильного призначення посадок та допусків, невідповідності зносостійкості матеріалу тощо. Ці відмови є систематичними, оскільки помилки в проектуванні розповсюджуються на всю сукупність виготовлених машин. Причини таких відмов достовірно встановлюються та усуваються. Виробничі (технологічні) відмови виникають через порушення встановленої технології виготовлення або ремонту обладнання. Найчастіше причинами виробничих відмов є невідповідність вимог конструкторської документації при виготовленні, недостатній вхідний та вихідний контроль збірних одиниць тощо. Вони також носять переважно систематичний характер при розповсюдженні на обладнання великих партій. Експлуатаційні відмови є наслідком порушення встановлених правил та умов експлуатації. На заключній стадії експлуатації ПША виникають відмови як наслідок природного зношування деталей, накопичення втомленості матеріалу, зміни властивостей матеріалу за часом тощо, коли показники довговічності (строк служби або ресурс) знаходяться поза межами нормативних значень. Ці відмови також відносять до експлуатаційних. Очевидно, що для ПША серійного виробництва, які пройшли період припрацювання, характерними є експлуатаційні відмови. Повністю їх усунути неможливо, тобто задача зводиться до їх мінімізації. При визначенні причин відмов попередньо складають відповідні класифікатори.

Критерієм для класифікації відмов ПША за характером наслідків є прямі та побічні втрати, які виникають при порушенні працездатного стану об'єкту, випуску бракованих виробів та втрати через простої.

Розрізняють три періоди за час експлуатації обладнання до списання за зміною інтенсивності їх відмов. На інтенсивність відмов періоду припрацювання на початку експлуатації ПША впливають конструктивні прорахунки, якість виготовлення, монтажу та налагоджування обладнання, природне припрацювання деталей. Нормальний період експлуатації характеризується тим, що процес припрацювання закінчено, а виникнення відмов ще не пов'язано з погіршенням міцності деталей. Ці відмови мають випадковий

характер і є наслідком несприятливого збігу багатьох обставин, що зумовлює сталість інтенсивності відмов. Період нормальної експлуатації є найбільш тривалим і важливим. Відмовам старіння (зношення та втомленості матеріалу) відповідає третій період експлуатації з різким зростанням кількості відмов. Усунення відмов третього періоду економічно недоцільно або фізично неможливо.

Відмови за характером прояву поділяють на поступові та раптові і розрізняють за швидкістю зміни параметру працездатності обладнання (для ПША – можливість виконання технологічних операцій за встановленими вимогами). Ймовірність виникнення поступової відмови залежить від тривалості попередньої роботи, є прогнозованими, їх виникненню передують поява певних ознак: погіршення якості продукції, підвищення потужності споживання, зниження продуктивності, поява шуму та вібрацій тощо. Ознакою раптових відмов є незалежність моменту виникнення від тривалості роботи. Приклади таких відмов: поломки деталей внаслідок неправильної експлуатації або виникнення перевантажень; зломи та деформації деталей, коли кожний параметр одночасно приймає екстремальне значення (найбільше навантаження при мінімальній міцності матеріалу). Раптові відмови є випадковими, викликані збігом несприятливих обставин і тому мають сталу інтенсивність відмов, можуть виникнути в будь-який час. Вилучити раптові відмови повністю неможливо, але зменшення ймовірності їх появи практично реалізується.

По взаємозв'язку відмови поділяються на залежні, коли відмова одного елементу спонукає відмову іншого (наприклад, вузол на пряжі може спричинити злом гачка голки), та незалежні, коли дві суміжні відмови не пов'язані між собою.

За ознакою несправності відмови поділяють на функціональні та параметричні. До функціональних належать відмови, при яких виконання функцій ПША неможливе, до параметричних – відмови, при яких деякі параметри об'єкту змінюються в неприпустимих межах. Наприклад, руйнування гачка голки - функціональна відмова, знос робочої поверхні клину, що перевищує допустимі межі та призводить до невідповідності траєкторії руху гачка голки - параметрична.

Метою визначення причин відмов на етапі експлуатації є їх усунення. Визначення причин відмов рекомендується виконувати в зворотній послідовності виникненню, розвитку та прояву відмови, а саме: причина відмови, стан, процес відмови, прояв відмови. Аналіз причин відмов виконується за місцем їх появи, а при необхідності уточнення – за результатами лабораторних досліджень. Доцільно застосовувати наступні етапи визначення причин відмов. При реєстрації відмови встановлюють факт відмови у відповідності до критеріїв відмов, які наводяться в нормативно-технічній та конструкторській документації на конкретний тип обладнання, де наводиться перелік описів зовнішнього виду відмов та пошкоджень зруйнованих поверхонь.

Однакові види (зовнішні прояви) відмов можуть бути наслідком різних причин. До основних видів відмов ПША відносять злом, розрив, знос, тріщини, втрати жорсткості пружних елементів, змішані відмови тощо.

Визначення механізму (процесу руйнування) відмови встановлюють за переліком можливих механізмів відмов. Орієнтовний класифікатор механізмів відмов, наприклад, стержньових елементів ПША, що призводять до злому, включає крихкий, втомленісний та в'язкий злом [6]. Крихкий злом – руйнування з незначною пластичною деформацією. В'язким зломом є руйнування, яке супроводжується значною пластичною деформацією. Переважаючий втомленісний злом характеризується наявністю в перерізі руйнування дрібнозернистої зони від дії значної кількості циклів змінного навантаження та залишкової крупнозернистої зони від одноразового статичного навантаження. Розроблена таблиця-класифікатор втомленісних зломів [7], за якою можна визначити вид та оцінити величину робочих навантажень, умови зародження та напрямок розвитку тріщин. При аналізі відмов застосовують результати досліджень за аналогічним і відмовами, розбирання для

зовнішнього огляду поверхонь деталі, що відмовила та спряжених з нею, перевірку якості монтажу шляхом контролю розмірів, зазорів, взаємного положення деталі, що відмовила та спряжених з нею; виявлення дефектів механічної, термічної або інших видів обробки деталі, тобто доцільно використовувати метод ведучого експерта [8]. В лабораторних умовах, що особливо важливо на стадії відпрацювання дослідного зразку, досліджують механічні та фізичні властивості матеріалу в зоні руйнування деталі; визначають вид та характер руйнування з використанням фрактографії злому, зародження та напрямки розповсюдження тріщин тощо; порівняльний аналіз структури та хімічного складу матеріалу до та після відмови. Лабораторні дослідження можуть доповнюватися стендовими або натурними дослідженнями з штучним нанесенням подібних дефектів на деталі. За результатами всіх етапів аналізу відмов методом експертних комісій [8] розробляють рекомендації по їх запобіганню, складаючи звітні документи.

Розглянемо комплекс дій стосовно аналізу причин найбільш поширених відмов в'язальних голок ПША. Першим етапом є формальний аналіз відмов голок, який включав загальний огляд місць явних пошкоджень та руйнувань, вивчення зовнішніх ознак відмов голок та місця дефекту на виробі. Оскільки функціональні та параметричні відмови відрізняються за характером та підходом, дослідження обмежували найбільш характерними для голок відмовами за критерієм міцності. За результатами класифікаційно-діагностичної обробки зібраної інформації отримали, що більшість відмов голок складають втомленісні руйнування гачків (для голок поз.0-1305 – 65%; поз.0-1306 – 76%; поз.0-1308 – 85%). Фрактографічний аналіз поверхонь злому гачків та класифікація втомленісних зломів за [6, 7, 9], дозволили оцінити вид навантаження (двосторонній згин з розтягом), величину навантаження (помірне та високе номінальне напруження). Місце зародження втомленісної тріщини - внутрішня сторона гачка на початку його згину, де маємо максимальні напруження від інерційних сил при ударі п'ятки голки з клином та підвищенні концентратори напружень. Це підтверджує, що втомленісний вид відмов є результатом багаторазових знакозмінних ударів та відбиття хвиль в голці. При фрактографічному дослідженні злому гачків зареєстровано характерні дві втомленісні ділянки по краях та ділянка крихкого злому посередині перерізу. Крихкі зломи гачків виникають при в'язанні борту виробу, причина їх поломок – непередбачений одноразовий дотик гачків голок до нитководія при переключеннях. Наявність кінців ниток при заробітку та спуску петель на виробі підтверджують це припущення.

Експлуатаційні відмови голок, які викликані порушенням умов експлуатації ПША, зумовлені переважно співударами голок з пристроєм для відкривання клапанів, масовим зломом гачків голок та поривах на виробі при недотриманні встановлених зазорів, збоєм ланцюгів керування, несвоєчасним зніманням петель платинами, різким перепадом щільності на виробі тощо. Основні причини цих відмов – несвоєчасне регулювання механізмів для подачі ниток, керування, зміни щільності виробу за ділянками. Відповідно, подальші конструктивні удосконалення в'язального механізму повинні усувати необхідність в регулюваннях або збільшувати інтервал між ними.

Злом гачків та п'яток голок, пошкодження їх язичків можуть виникати через дефекти сировини. Встановлено, що 21% відмов голок при реверсивному в'язанні п'ятки або миска виробу є наслідком появи вузла на одній з посиленних ниток. Усунення перелічених відмов голок можливе виключенням або зменшенням появи прядильних пороків при застосуванні спеціальної підготовки пряжі для посиленої нитки.

Розрахунково-конструктивні відмови елементів в'язального механізму звичайно супроводжуються масовою поломкою голок. Діагностика їх причин не викликає труднощів. Складний механізм мають короткочасні відмови-збої, які самоусуваються та носять випадковий характер. Наприклад, невідповідність кількості збавлених та прибавлених голок,

повторення однією з голок циклу з її виводом та вводом на реверсному ході ПША, набігання п'яток голок на кромки поверхонь клинів тощо.

Для голок як деталей критеріальних за розмірами немає можливостей забезпечити значні запаси міцності через обмеження їх розмірів. Тому першочерговим завданням підвищення надійності та швидкості в'язання ПША є вибір найбільш прогресивних конструкторських рішень та раціональних режимів навантаження, які базуються включно на даних аналізу причин відмов об'єктів-аналогів.

#### **Висновки.**

1. Запропоновано систематизовану сукупність заходів для якісного встановлення механізму руйнування та причин відмов в'язального обладнання на прикладі ПША, які сприяють розробці наукових основ експертизи.

2. Перелічені потенційні варіанти відмов, основні причини їх появи та можливий вплив на технологічний процес і функціонування автоматів, виходячи з прийнятих схемно-конструктивних рішень при створенні конкурентноздатної продукції в короткі терміни та при економії коштів.

3. Накопичення бази даних про відмови дозволяє виконувати основний обсяг робіт щодо аналізу надійності на стадії дослідно-конструкторських робіт з подальшою можливістю впровадження методів неруйнівного контролю та технічної діагностики.

#### **Список використаних джерел**

1. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин. - М.: Высш. шк., 1988. - 238с.
2. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення.
3. РД 50-514-84. Надежность в технике. Порядок проведения анализа причин отказов изделий.
4. РД 302-07-17-92 Порядок и организация анализа дефектов и отказов изделий в ходе эксплуатации.
5. РД 50-699-90 Надежность в технике. Общие правила классификации отказов и предельных состояний.
6. Гордеева Г.А., Жегина И.П. Анализ изломов при оценке надежности материалов. – М.: Машиностроение, 1978. – 200 с.;
7. Гребенник В.М., Цапко В.К. Надежность металлургического оборудования (оценка эксплуатационной надежности и долговечности): Справочник. - М.: Металлургия, 1980. - 344с.
8. Панков Л.А., Петровский А.Н., Шнейдерман М.В. Организация экспертизы и анализа экспертной информации. – М.: Наука, 1984. – 120с.
9. Гайдамака В.К., Красовский А.Я., Крамаренко И.В. Причины и характер разрушения игл вязальных машин // Проблемы прочности. - 1983. - №3. - С.68 - 71

#### **АНАЛИЗ ПРИЧИН ОТКАЗОВ ЧУЛОЧНО-НОСОЧНЫХ АВТОМАТОВ**

БЕРЕЗИН Л. Н.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Систематизация общих требований и комплекса действий к анализу причин отказов вязальных машин на примере чулочно-носочных автоматов для принятия обоснованных решений по устранению или уменьшению количества дефектов в продукции и отказов оборудования.

**Методика.** Использован метод детализации объекта исследования, метод качественного анализа диагностического дерева отказов, методы экспертных оценок, отраслевые руководящие материалы и другие нормативно-технические документы.

**Результаты.** Предложены теоретические положения и совокупность мер для качественного анализа отказов чулочно-носочных автоматов как составляющей системы обеспечения надежности. Установлены варианты потенциальных отказов, основные причины их возникновения и вероятные последствия для использования по запросам корректирования и доработки конструкций-аналогов автоматов.

**Научная новизна.** Предложен новый методологический подход для комплексной идентификации характера возникновения, причин и следствий отказов деталей чулочно-носочных автоматов для реализации качественного анализа диагностического дерева возможных отказов на основе многовариантности решений.

**Практическая значимость.** Представленная информация способствует комплексному подходу при обосновании, повышении и поддержке заданного уровня характеристик надежности объектов, которые рассматриваются, на различных стадиях их жизненного цикла.

**Ключевые слова:** отказ, анализ, классификация, фрактография, проектирование, чулочно-носочные автоматы.

## ANALYSIS OF REASONS OF AUTOMATIC HALF-HOSE MACHINES

BEREZIN L.

*Kiev National University of Technologies & Design*

**Purpose.** Systematization of general requirements and complex of actions for the analysis of reasons of failures on the example of automatic half-hose machines, which can be used for the choice of decisions for a removal or reduction of defects of products and failures of equipment.

**Methodology.** We used the method of working out in detail of research object, method of quality analysis of diagnostic tree of failures, methods of expert estimations, leading materials and other normatively-technical documents.

**Findings.** Theoretical positions and aggregate of measures which are used for the quality analysis of failures of automatic half-hose machines and are constituent of system of reliability assurance are offered. The variants of potential failures, principal reasons of their origin and credible consequences which are used for the over patching of constructions-analogues of automats, are presented.

**Originality.** It is offered new methodological approach to the integrated identification of the character, causes and consequences of failures of details of automatic half-hose machines for realization of qualitative analysis of diagnostic tree of possible failures in the cases of their species diversity.

**Practical value.** The presented information is instrumental in complex approach at a rationale, stiffening and support of the set level of reliability of objects which are examined on the different stages of existence of automatic half-hose machines.

**Keywords:** failure, analysis, classification, fractography, designing, automatic half-hose machines.

УДК 677.055

ДВОРЖАК В. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМІВ  
ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН ЗІ СТРУКТУРНИМИ  
ГРУПАМИ ТРЕТЬОГО КЛАСУ ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ  
З ПОСТУПАЛЬНИМИ ПАРАМИ**

**Мета.** Вдосконалення методів проектування цільових механізмів основов'язальних машин із застосуванням прикладних CAD-програм.

**Методика.** Використаний чисельний метод дослідження типових механізмів машин галузі.

**Результати.** Отримані математичні моделі для кінематики та комп'ютерного (схемотехнічного) моделювання цільових механізмів основов'язальних машин третього класу третього порядку з одною поступальною та двома обертальними кінематичними парами в прикладній програмі MathCAD.

**Наукова новизна.** Запропонований аналітичний метод дослідження шарнірно-важільних механізмів, на основі якого проведено комп'ютерне моделювання цільового механізму третього класу з поступальними парами основов'язальної машини.

**Практична значимість.** Робота полягає у використанні одержаних результатів досліджень при проектуванні цільових типових механізмів машин галузі.

**Ключові слова:** структурна група Ассура III класу, шарнірно-важільний механізм, основов'язальна машина, закон руху із зупинкою.

**Вступ.** В сучасних швидкохідних основов'язальних машинах (ОВ-машинах) для приводу петлетвірних органів широко використовуються шарнірно-важільні механізми. Особливістю цих механізмів є забезпечення складних траєкторій та законів руху петлетвірним органам із зупинками впродовж циклу петлетворення, наприклад, крючкова голка машини ОВ-7 при прокладанні нитки основи зупиняється перший раз, а при пресуванні – другий раз. Переважна більшість механізмів ОВ-машин є багатоланковими, деякі з них мають кілька ведучих ланок та групи Ассура високих класів. До таких механізмів можна віднести семиланковий механізм ОВ-машини ФНФ (Англія) (рис. 1) [2], що містить два ведучі кривошипи та складається зі структурної групи третього класу третього порядку з одною поступальною та двома обертальними кінематичними парами. Аналіз структури цього механізму, враховуючи властивості механізмів вищих класів змінювати свій клас в залежності від обраного початкового механізму, наведено в роботі [6]. Подібні механізми є доволі гнучкими з огляду на можливість реалізації різноманітних задач кінематики, оскільки при зміні деяких його геометричних параметрів дозволяють одержати різні закони руху веденої ланки – повзуна, у тому числі закони руху із зупинкою [2].

**Постановка завдання.** При дослідженні структури та кінематики шарнірних механізмів, у тому числі зі структурними групами Ассура третього та вище класів, зазвичай використовуються прикладні CAD-програми, які дозволяють швидше одержати точні результати. У роботах [4, 10, 12-16] та ін. для розв'язку задач кінематики використовується програма MathCAD фірми РТС, особливо при дослідженні механізмів вищих класів, векторні рівняння яких не мають графічного розв'язку. Крім того, використання вбудованих в MathCAD чисельних методів дозволяє скоротити обсяг обчислень та одержати доволі

компактну програму. Перевірку отриманих результатів можна здійснити графічним методом для механізмів вищих класів побудовою планів (положень, швидкостей та прискорень) для декотрих положень механізму, наприклад, використовуючи властивість механізмів вищих класів змінювати клас від вибору ведучої ланки [7, 8].

Для дослідження кінематики подібних механізмів в роботі [3] представлена математична модель механізму третього класу з поступальною кінематичною парою в середовищі Model Vision Studium, згідно з якою визначаються шість невідомих координат трьох характерних точок механізму при спільному розв'язку семи рівнянь. При застосуванні чисельного методу розв'язку цих рівнянь з використанням програми MathCAD є складність в обранні початкових значень невідомих координат, в околиці яких здійснюються пошуки розв'язків, та ймовірність отримати так званий дефект розгалуження [5], при якому функція положення робочого органу механізму може бути відразу відтворена різними складаннями механізму.

Завданням дослідження є створення математичної моделі двокривошипного механізму третього класу четвертого порядку з одною поступальною та трьома обертальними кінематичними парами та проведення комп'ютерного (схемотехнічного) моделювання механізму з метою подальшого розвитку методу векторного перетворення координат для кінематичного аналізу подібних механізмів з використанням прикладної програми MathCAD.

**Результати дослідження.** При дослідженні механізму за методом векторного перетворення координат позначення всіх вихідних і розрахункових параметрів були прийняті як у роботі [10].

При складанні розрахункової схеми механізму початок координат правої системи координат (ПСК) розміщений в точці  $P_1$ , тобто на осі обертання першого кривошипа 1-2. Ланки механізму представляються векторами та позначаються  $P_{i-j}$  (перше число в позначенні вектора вказує на його початок, друге після риски – на його кінець). Характерні точки механізму позначаються  $P_i$  (індекс в позначенні точки вказує на її номер). Слід зазначити, що точки  $P_i$  є радіус-векторами в обраній ПСК.

Структура механізму, що досліджується, детально описується в роботі [6]. Розрахункова схема механізму (рис. 1), що досліджується, складається з вектора кривошипа  $P_{1-2}$ , який в механізмі обертається за годинниковою стрілкою та вектора кривошипа  $P_{7-6}$ , що обертається проти годинникової стрілки. До кривошипів  $P_{1-2}$  та  $P_{7-6}$  приєднується триповідкова група третього класу Асура 2-3-4-5-6 з векторами повідками  $P_{2-3}$  та  $P_{6-4}$ , базисною ланкою 3-4-5, яка в точці  $P_5$  утворює обертальну кінематичну пару з повзуном, а в точках  $P_3$ , та  $P_4$  обертальні кінематичні пари зі своїми повідками. Робоча точка механізму  $P_8$  розміщується на відростковій  $P_{5-8}$  повзуна. Кут  $U_{N2-5-8}$  визначає положення відростка  $P_{5-8}$  відносно напрямної  $P_{N1-N2}$  повзуна. Положення напрямної повзуна задається точкою  $P_{N1}$  та кутом  $\alpha_1$ , який визначає її нахил до осі  $X$  ПСК. Стояки механізму задаються точками  $P_1$  та  $P_7$ . Призначення інших векторів, що позначені на розрахунковій схемі на рис. 1, описуються нижче в ході розрахунку.

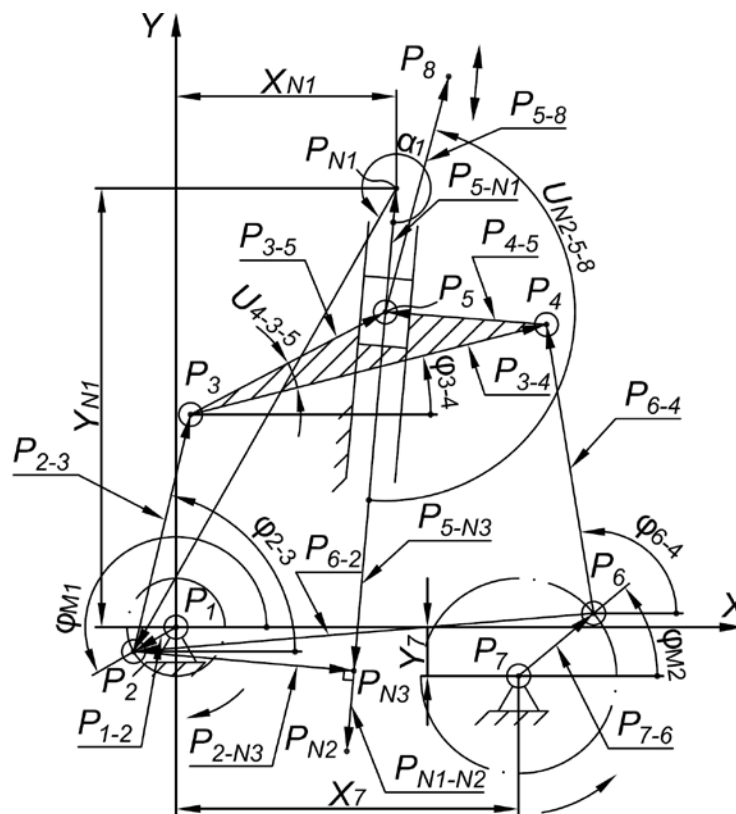


Рис. 1. Розрахункова схема для дослідження двокривошипного механізму третього класу третього порядку з поступальною парою

Для завдання поворотів векторів ланок механізму в MathCAD визначимо матрицю повороту вектора відносно осі Z:

$$T_z(\alpha) := \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; (1) \text{ де } \alpha - \text{кут повороту вектора.}$$

З використанням матриці (1) запишемо функцію користувача повороту вектора зі змінною його довжини:

$$\rho_1(r_1, \alpha, r_2) := T_z(\alpha) \cdot r_1 \cdot \frac{r_2}{|r_1|}; (2) \text{ де } r_1 - \text{вектор, що повертається;}$$

$r_2$  – довжина вектора  $r_1$  після його повороту на кут  $\alpha$ .

З використанням виразів (1) та (2) визначаються вектори кривошипів  $P_{1-2}$  та  $P_{7-6}$  та радіуси-вектори точок  $P_2$  та  $P_6$ :

$$P_{1-2}(\varphi_1) := \rho_z(e_x, \varphi_{M1}, l_{1-2}); (3) P_2(\varphi_1) := P_1 + P_{1-2}(\varphi_1); (4) P_{7-6}(\varphi_1) := \rho_z(e_x, \varphi_{M2}(\varphi_1), l_{7-6}); (5)$$

$$P_6(\varphi_1) := P_7 + P_{7-6}(\varphi_1); (6) \text{ де } e_x := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} - \text{орт осі X;}$$

$\varphi_1$  – поточний кут повороту головного вала;

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

$\varphi_{M2}(\varphi_1)$  – кут повороту другого кривошипа, який залежить від кута  $\varphi_1$ .

Кут  $\varphi_1$  задається у вигляді дискретної змінної, значення якої змінюється від

початкового  $\varphi_0$  до кінцевого  $\varphi_{\max}$  з кроком  $\Delta\varphi_1$ :

$\varphi_1 := \varphi_0, \varphi_0 + \Delta\varphi_1 \cdot \varphi_{\max}$ . (7) Кут  $\varphi_{M1}(\varphi_1)$  першого кривошипа залежить від свого початкового кута встановлення:

$\varphi_{M1}(\varphi_1) := \varphi_1 + \varphi_{M1-0}$ . (8) В ОБ-машинах робочі органи петлетворення отримують рух від механізмів, ведучі ланки яких зазвичай закріплюються на головному валові. У випадку використання в механізмі декількох ведучих ланок, останні зв'язані з головним валом передаточним числом. В механізмі, що досліджується, кут повороту другого кривошипа, який залежить від кута повороту першого кривошипа, визначається з такого виразу:

$$\varphi_{M2}(\varphi_1) := Rot_1 \cdot \varphi_{M1}(\varphi_1 - \varphi_{M1-0}) \cdot \frac{Rot_2}{u_{2-1}} + \varphi_{M2-0}, (9) \text{ де } Rot_1 \text{ та } Rot_2 \text{ змінна напрямку}$$

повертання кривошипів («+1» – за годинниковою стрілкою, «-1» – проти годинникової стрілки);

$\varphi_{M1-0}$  та  $\varphi_{M2-0}$  – початкові кути встановлення кривошипів;

$u_{2-1}$  – передаточне число між валами кривошипів.

Визначаємо вектор  $P_{6-2}$  змінної довжини та напрямку, який з'єднує точки  $P_6$  та  $P_2$  кривошипів:

$P_{6-2}(\varphi_1) := P_2(\varphi_1) - P_6(\varphi_1)$ . (10) Визначаємо вектор  $P_{N1-2}$ , що з'єднує точку  $N_1$  напрямної повзуна та точку  $P_2$  першого кривошипа:

$P_{N1-2}(\varphi_1) := P_2(\varphi_1) - P_{N1}$ . (11) Довжина перпендикуляра з точки  $P_2$  на напрямну повзуна  $N_1N_2$ , проведеного до точки  $N_3$ , яка належить напрямній  $N_1N_2$ , визначається як векторний добуток вектора  $P_{N1-2}$  та орта вектора напрямної  $P_{N1-N2}$ :

$$l_{2-N3}(\varphi_1) := (P_{N1-2}(\varphi_1) \times Ort(P_{N1-N2}))_Z, (12) \text{ де}$$

$$P_{N1-N2} := \rho_Z(e_X, \alpha_1, l_{N1-N2}), (13) Ort(P_{N1-N2}) := \frac{P_{N1-N2}}{|P_{N1-N2}|}. (14) \text{ Оскільки механізм плоский і}$$

розміщується в площині XY ПСК, то в результаті обчислення виразу (12) шукана довжина  $l_{2-N3}$  визначатиметься модулем проекції на вісь Z. У виразі (13)  $\alpha_1$  – кут встановлення напрямної повзуна, а  $l_{N1-N2}$  – довжина напрямної повзуна (будь-яке дійсне додатне число).

Визначаємо вектор  $P_{2-N3}$  перпендикуляра з точки  $P_2$  на напрямну в точку  $N_3$ :

$P_{2-N3}(\varphi_1) := \rho_Z(P_{N1-N2}, 90, l_{2-N3}(\varphi_1))$ , (15) Далі складаємо програмний код обчислювального блоку «Given-Find» [1, 11], до якого увійдуть початкові значення відповідних невідомих змінних, векторні рівняння замкнутості векторних контурів [9] механізму та матриця результатів розрахунку. Згідно з рис. 1 механізм поділено на такі векторні контури: I-ий  $P_{6-2} \rightarrow P_{2-3} \rightarrow P_{3-4} \leftarrow P_{6-4}$  та II-ий  $P_{2-3} \rightarrow P_{3-5} \rightarrow P_{5-N3} \leftarrow P_{2-N3}$ .

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{2-3-0} &:= 80 \\ \varphi_{3-4-0} &:= 10 \\ \varphi_{6-4-0} &:= 95 \\ l_{5-N3-0} &:= 45 \text{ мм} \end{aligned} \right\} \text{початкові умови для}$$

$$\text{розв'язку, (16)} \begin{bmatrix} l_{2-3} \cdot \cos(\varphi_{2-3-0}) \\ l_{2-3} \cdot \sin(\varphi_{2-3-0}) \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_{3-4} \cdot \cos(\varphi_{3-4-0}) \\ l_{3-4} \cdot \sin(\varphi_{3-4-0}) \\ 0 \end{bmatrix} + P_{6-2}(\varphi_1) = \begin{bmatrix} l_{6-4} \cdot \cos(\varphi_{6-4-0}) \\ l_{6-4} \cdot \sin(\varphi_{6-4-0}) \\ 0 \end{bmatrix}, (17)$$

$$P_{2-N3}(\varphi_1) = \begin{bmatrix} l_{2-3} \cdot \cos(\varphi_{2-3-0}) \\ l_{2-3} \cdot \sin(\varphi_{2-3-0}) \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_{3-5} \cdot \cos(\varphi_{3-4-0} + U_{4-3-5}) \\ l_{3-5} \cdot \sin(\varphi_{3-4-0} + U_{4-3-5}) \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_{5-N3-0} \cdot \cos(\alpha_1) \\ l_{5-N3-0} \cdot \sin(\alpha_1) \\ 0 \end{bmatrix}, (18)$$

$$\begin{bmatrix} \varphi_{2-3}(\varphi_1) \\ \varphi_{3-4}(\varphi_1) \\ \varphi_{6-4}(\varphi_1) \\ l_{N3-5}(\varphi_1) \end{bmatrix} := Find(\varphi_{2-3-0}, \varphi_{3-4-0}, \varphi_{6-4-0}, l_{N3-5-0}) (19) \text{ У виразах (16), (17), (18) та (19) кути } \varphi_{2-3-0}, \varphi_{3-4-0}, \varphi_{6-4-0} \text{ і } \varphi_{2-3}, \varphi_{3-4}, \varphi_{6-4} \text{ характеризують відповідні задані початкові та обчислені функцією } Find \text{ поточні кути повороту векторів ланок механізму відповідно } P_{2-3}, P_{3-4}, \text{ та } P_{6-4}; \text{ довжини } l_{5-N3-0} \text{ та } l_{5-N3} \text{ характеризують відповідно задане початкове та обчислене функцією } Find \text{ поточне значення відстані між точкою } P_5 \text{ базисної ланки та точкою } N_3 \text{ напрямної, у яку опущений перпендикуляр з точки } P_2 \text{ першого кривошипа; кут } U_{4-3-5} \text{ визначає положення вектора } P_{3-5} \text{ на базисній ланці відносно вектора } P_{3-4}.$$

4-0,  $\varphi_{6-4-0}$  і  $\varphi_{2-3}$ ,  $\varphi_{3-4}$ ,  $\varphi_{6-4}$  характеризують відповідні задані початкові та обчислені функцією *Find* поточні кути повороту векторів ланок механізму відповідно  $P_{2-3}$ ,  $P_{3-4}$ , та  $P_{6-4}$ ; довжини  $l_{5-N3-0}$  та  $l_{5-N3}$  характеризують відповідно задане початкове та обчислене функцією *Find* поточне значення відстані між точкою  $P_5$  базисної ланки та точкою  $N_3$  напрямної, у яку опущений перпендикуляр з точки  $P_2$  першого кривошипа; кут  $U_{4-3-5}$  визначає положення вектора  $P_{3-5}$  на базисній ланці відносно вектора  $P_{3-4}$ .

Слід зазначити, що значення параметрів  $\varphi_{2-3-0}$ ,  $\varphi_{3-4-0}$ ,  $\varphi_{6-4-0}$  та  $l_{5-N3-0}$  у виразі (16) початкових умов для розв'язку, залежать від варіанту складання механізму; значення параметра  $l_{5-N3-0}$  може бути будь-яким дійсним додатним числом (наприклад, для механізму, що досліджується, можна прийняти  $l_{5-N3-0} = 45$  мм). Мінімальна кількість варіантів складання для механізму, що досліджується, дорівнює 4. Для визначення потрібного варіанту складання слід провести схемотехнічне моделювання механізму, при якому можливо відслідкувати дефект розгалуження та перевірити стабільність обчислення параметрів механізму чисельним блоком MathCAD.

Використовуючи визначені за виразом (19) параметри, складається програмний код для моделювання рухомих ланок та характерних точок механізму в MathCAD.

Визначаємо вектори повідків  $P_{2-3}$  і  $P_{6-4}$  та базисної ланки  $P_{3-4}$  і  $P_{3-5}$ , використовуючи функцію повороту (2):

$$P_{2-3}(\varphi_1) := \rho_Z(e_X, \varphi_{2-3}(\varphi_1), l_{2-3}). (20) \quad P_{3-4}(\varphi_1) := \rho_Z(e_X, \varphi_{3-4}(\varphi_1), l_{3-4}). (21)$$

$$P_{3-5}(\varphi_1) := \rho_Z(P_{3-4}(\varphi_1), U_{4-3-5}, l_{3-5}). (22) \quad P_{6-4}(\varphi_1) := \rho_Z(e_X, \varphi_{6-4}(\varphi_1), l_{6-4}). (23)$$

Визначаємо радіуси-вектори точок  $P_3$ ,  $P_4$  та  $P_5$ :

$$P_3(\varphi_1) := P_2(\varphi_1) + P_{2-3}(\varphi_1). (24) \quad P_4(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) + P_{3-4}(\varphi_1). (25) \quad P_5(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) + P_{3-5}(\varphi_1). (26)$$

Вектор  $P_{4-5}$  базисної ланки можна визначити як різницю радіус-векторів точок  $P_5$  та  $P_4$ :

$$P_{4-5}(\varphi_1) := P_5(\varphi_1) - P_4(\varphi_1). (27)$$

Визначаємо вектор  $P_{5-8}$ , що характеризує положення робочої точки механізму відносно повзуна та лінії його руху:

$$P_{5-8} := \rho_Z(P_{N1-N2}, U_{N2-5-8}, l_{5-8}). (28)$$

Радіус-вектор робочої точки механізму  $P_8$  визначається з виразу:

$$P_8(\varphi_1) := P_5(\varphi_1) + P_{5-8}. (29)$$

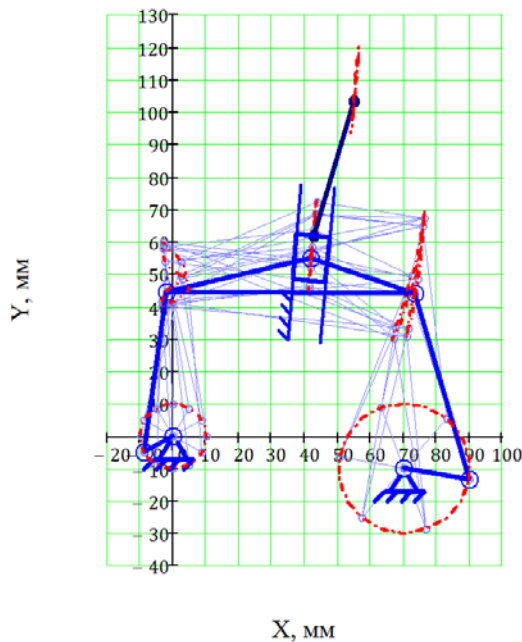


Рис. 2. Графік візуалізації в MathCAD кінематичної схеми механізму третього класу третього порядку з поступальною парою (загальний випадок)

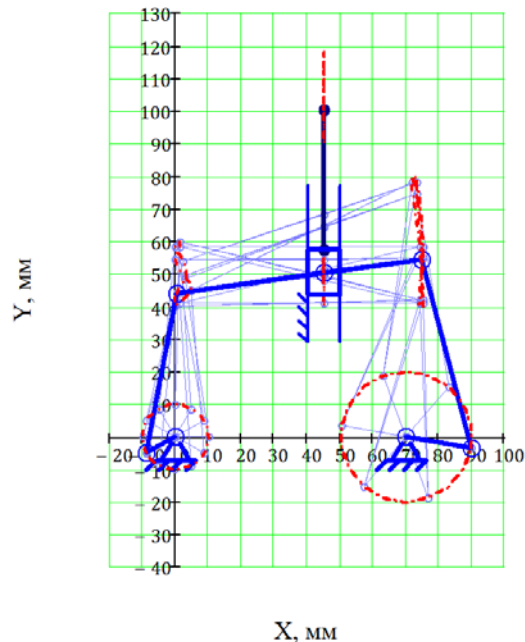


Рис. 3. Графік візуалізації в MathCAD кінематичної схеми механізму ОВ-машини ФНФ (Англія)

Для оцінки стабільності обчислення функції положення робочої точки  $P_8$  проводиться розрахунок відхилення її траєкторії від прямолінійності.

Для цього спочатку визнається вектор  $P_{5-N_1}$ , а потім його проекція на напрям, перпендикулярний до напрямної  $N_1N_2$ ; ця проекція чисельно дорівнює відхиленню  $\Delta$  робочої точки механізму від прямолінійності, тобто:

$$P_{5-N_1}(\varphi_1) := P_{N_1} - P_5(\varphi_1). (30) \Delta(\varphi_1) := (P_{5-N_1}(\varphi_1) \times \text{Ort}(P_{N_1-N_2}))_Z. (31)$$



Рис. 4. Графік відхилення траєкторії повзуна від прямолінійної напрямної (крок розрахунку відхилення  $\Delta\varphi_1=0,5^\circ$ )

Згідно з графіком на рис. 4, побудованому за виразом (31), інтервал відхилення  $\Delta$  становить близько  $\pm 3 \times 10^{-8}$  нанометра, а отже, зважаючи на таке мізерно мале відхилення, можна вважати, що робоча точка  $P_8$  відтворює закон руху по прямій лінії.

**Висновки.** Отримані математичні вирази дозволяють виконати комп'ютерне моделювання кінематичної схеми двокривошипного механізму третього класу третього порядку з поступальною парою для приводу робочого органу за цикл петлетворення та

дослідити взаємне переміщення робочих органів петлетворення основов'язальної машини із застосуванням програми MathCAD, що представлено в [17]. Результати дослідження можуть бути впроваджені в навчальну дисципліну «Схемотехнічне проектування машин» Київського національного університету технологій та дизайну.

### Список використаних джерел

1. Бертяев В. Д. Теоретическая механика на базе MathCAD. Практикум. / В. Д. Бертяев – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 752 с. – ISBN 5-94157-625-0.
2. Гарбарук В. Н. Проектирование трикотажных машин: [учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и аппараты текстильной промышленности»] / В. Н. Гарбарук – М. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние 1980. – 472 с.
3. Гебель Е. С. Кинематический синтез и анализ кривошипно-ползунных механизмов 3-го класса при заданных циклограмме и положении направляющей [Электронный ресурс] / Е. С. Гебель, В. Г. Хомченко, В. В. Клевакин // Научный журнал НИУ ИТМО. Процессы и аппараты пищевых производств. – 2015. - № 2(24). Режим доступа: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/7413.pdf>.
4. Дворжак В. М. Схемотехнічне моделювання механізмів основов'язальних машин зі структурними групами III класу. [електронний ресурс] / В. М. Дворжак, Б. В. Орловський, Б. М. Петрів, М. Г. Залюбовський // Технології та дизайн. – 2012. – № 4. – Режим доступу до журн.: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2012\\_4/index.html](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2012_4/index.html).
5. Кикин А. Б. Разработка методов и средств для структурно-кинематического проектирования рычажных механизмов машин легкой промышленности : дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы (легкая промышленность)» / А. Б. Кикин. – СПб, 2006. – 362 с.
6. Кошель С. О. Аналіз складного двокривошипного шестиланкового механізму основов'язальної машини [Електронний ресурс] / С. О. Кошель, Г. В. Кошель // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2014. - № 2. - С. 16-19. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vchnu\\_tekh\\_2014\\_2\\_4.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vchnu_tekh_2014_2_4.pdf).
7. Кошель С. О. Визначення швидкостей точок плоского механізму з структурними групами третього класу графічним способом / С. О. Кошель, Г. В. Кошель // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2013. – № 3. – С. 30-34.
8. Кошель С. О. Кінематичне дослідження механізмів з декількома ведучими ланками [Електронний ресурс] / С. О. Кошель, Г. В. Кошель // Наукові нотатки. - 2014. - Вип. 46. - С. 290-294. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nn\\_2014\\_46\\_48.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nn_2014_46_48.pdf).
9. Левитский Н. И. Теория механизмов и машин / Н. И. Левитский – М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 576 с.
10. Майданюк Т. А. Схемотехнічне моделювання механізму голок основов'язальної машини. [електронний ресурс] / Т. А. Майданюк, Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Технології та дизайн. – 2012. – № 2. – Режим доступу до журн.: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2012\\_2/index.html](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2012_2/index.html).
11. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD. Учебный курс. / Е. Г. Макаров – СПб. : Питер, 2005. – 448 с. – ISBN 5-94723-530-7.
12. Мацюк И. Н. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов высоких

классов в программе MathCAD. [електронний ресурс] / И. Н. Мацюк, В. М. Третьяков, Э. М. Шляхов // Теория механизмов и машин. – 2012. – № 1. Том 10. – С. 65-70. – Режим доступа до журн.: <http://tmm.spbstu.ru/journal.html>.

13. Мацюк И. Н. Решение векторных уравнений кинематики механизмов с помощью программы MathCAD. [електронний ресурс] / И. Н. Мацюк, К. А. Зиборов, Э. М. Шляхов // Теория механизмов и машин. – 2008. – № 1. Том 6. – С. 64-70. – Режим доступа до журн.: <http://tmm.spbstu.ru/journal.html>.

14. Митрев Р. П. Компьютерный кинематический анализ шестизвенного механизма для привода рабочих органов строительных и дорожных машин. [електронний ресурс] / Р. П. Митрев // Теория механизмов и машин. – 2008. – № 1. Том 6. – С. 81-88. – Режим доступа до журн.: <http://tmm.spbstu.ru/journal.html>.

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

16. Орловський Б. В. Схемотехнічне моделювання механізмів основов'язальних машин з трьома ступенями вільності зі структурними групами III класу IV порядку / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, І. В. Савченко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 3. – С. 174-181.

17. Владимир Дворжак. (2015). Механизм третьего класса третьего порядка с поступательной парой [відеокліп] / YouTube. 19 серпня (<https://youtu.be/Zc3wAJYYfuk>).

### References

1. Bertjaev, V. D. (2005). *Teoreticheskaja mehanika na baze MathCAD. Praktikum. [Theoretical mechanics based on MathCAD. Workshop]*. St. Petersburg: BHV-Petersburg [in Russian].
2. Garbaruk, V. N. (1980) *Proektirovanie trikotazhnyh mashin [Designing knitting machines]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
3. Gebel', E. S. (2015). *Kinematicheskij sintez i analiz krivoshipno-polzunnyh mehanizmov 3-go klassa pri zadannyh ciklogramme i polozenii napravljajushhej [The kinematic synthesis and analysis of the slider-crank mechanism of 3rd class at specified patterns, and the guides]*. Moscow: NIU ITMO [in Russian].
4. Dvorzhak, V. M. (2012). *Skhemotekhnichne modelyuvannya mekhanizmiv osnovov'yazal'nykh mashyn zi strukturnymy hrupamy III klasu [Schematic Modeling of warp knitting machines from structural class III groups]*. Kyiv: KNUITD [in Ukrainian].
5. Kikin, A. B. (2006). *Razrabotka metodov i sredstv dlja strukturno-kinematicheskogo proektirovaniya rychazhnyh mehanizmov mashin legkoj promyshlennosti [Development of methods and tools for structural and kinematic linkage design machines of light industry]*. St. Petersburg [in Russian].
6. Koshel', S. O. (2014). *Analiz skladnoho dvokryvoshypnoho shestylankovoho mekhanizmu osnovov'yazal'noyi mashyny [Analysis of the complex mechanisms of warp knitting machines with two cranks and six links]*. Khmel'nitsky: KhNU [in Ukrainian].
7. Koshel', S. O. (2013). *Vyznachennya shvydkostey tochok ploskoho mekhanizmu z strukturnymy hrupamy tret'oho klasu hrafichnym sposobom [Determination of the velocity points flat mechanism with structural groups of the third class graphic way]*. Kyiv: KNUITD [in Ukrainian].

8. Koshel', S. O. (2014). *Kinematychnе doslidzhennya mekhanizmiv z dekil'koma veduchymy lankamy [Kinematic study of the mechanisms leading to several links]*. Lutsk: Naukovi notatky [in Ukrainian].
9. Levitskij, N. I. (1979). *Teorija mehanizmov i mashin [Theory mechanisms and machines]*. Moscow: Nauka [in Russian].
10. Maydanyuk, T. A. (2012). *Skhemotekhnichne modelyuvannya mekhanizmu holok osnovov"yazal'noyi mashyny [Circuit simulation mechanism needle warp knitting machines]*. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
11. Makarov, E. G. (2005). *Inzhenernye raschety v MathCAD. [Engineering calculations in MathCAD]*. St. Petersburg: Piter [in Russian].
12. Macjuk, I. N. (2012). *Kinematicheskij analiz ploskih rychaznyh mehanizmov vysokih klassov v programme MathCAD [Kinematic analysis of plane lever mechanisms of high classes in the program MathCAD]*. St. Petersburg: SPBSTU [in Russian].
13. Macjuk, I. N. (2008) *Reshenie vektornyh uravnenij kinematiki mehanizmov s pomoshh'ju programmy MathCAD [Solution vector equations kinematics of mechanisms using MathCAD]*. St. Petersburg: SPBSTU [in Russian].
14. Mitrev, R. P. (2008). *Komp'yuternyj kinematicheskij analiz shestizvennogo mehanizma dlja privoda rabochih organov stroitel'nyh i dorozhnyh mashin. [Computer kinematic analysis of six-membered mechanism to drive the workers of building and road machines]*. St. Petersburg: SPBSTU [in Russian].
15. Orlovs'kyi, B. V. (2010). *Skhemotekhnichne modelyuvannya kinematychnykh skhem mekhanizmiv z dvoma stupenyamy vil'nosti osnovov"yazal'nykh mashyn [Circuit simulation schemes kinematic mechanisms with two degrees of freedom warp knitting machines]*. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
16. Orlovs'kyi, B. V. (2013). *Skhemotekhnichne modelyuvannya mekhanizmiv osnovov"yazal'nykh mashyn z tr'oma stupenyamy vil'nosti zi strukturnymy hrupamy III klasu IV poryadku [Schematic Modeling of warp knitting machines with three degrees of freedom with structural group III Class IV order]*. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
17. Vladimir Dvorzhak. (2015). The mechanism of the third class of third-order sliding pair [video] / YouTube. Aug. 19 (<https://youtu.be/Zc3wAJYYfuk>).

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ОСНОВОВЯЗАЛЬНЫХ МАШИН СО СТРУКТУРНЫМИ ГРУППАМИ ТРЕТЬЕГО КЛАССА ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА С ПОСТУПАТЕЛЬНЫМИ ПАРАМИ**  
ДВОРЖАК В. М.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Усовершенствование методов проектирования целевых механизмов основовязальных машин с применением прикладных САД-программ.

**Методика.** Для выполнения исследований использовался численный метод исследования типовых механизмов машин отрасли.

**Результаты.** Получены математические модели для кинематики и компьютерного (схемотехнического) моделирования целевых механизмов основовязальных машин третьего класса третьего порядка с одной поступательной и двумя вращательными кинематическими парами в приложении MathCAD.

**Научная новизна.** Предложен аналитический метод исследования шарнирно-рычажных механизмов, на основе которого проведено компьютерное моделирование целевого механизма третьего класса с поступательными парами основовязальной машины.

**Практическая значимость** работы состоит в использовании полученных результатов исследований при проектировании целевых типовых механизмов машин отрасли.

**Ключевые слова:** структурная группа Ассура III класса, шарнирно-рычажный

*механизм, основовязальных машина, закон движения с выстоем.*

## COMPUTER SIMULATION OF MECHANISMS WARP KNITTING MACHINES WITH STRUCTURAL GROUPS OF THE THIRD CLASS OF THIRD ORDER WITH SUSTAINED PAIRS

DVORZHAK V. M.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Improved methods of designing mechanisms warp machines using CAD-software applications.

**Methodology.** To perform the study used a numerical method for studying the mechanisms of machinery industry standard.

**Findings.** The mathematical models of kinematics and computer (schematic) simulation purpose vehicles warp machines of the third class of third-order one translational and two rotational kinematic pairs in the program MathCAD.

**Originality.** The analytical method for studying the hinged-lever mechanisms, on the basis of which the computer modeling of the target mechanism with a third-class translational pairs of warp knitting machines.

**Practical Value** of the work is the use of the results of research in the design of targeted types of mechanisms of machinery industry.

**Keywords:** *Assur structural group of class III, hinged-lever mechanism, warp knitting machine, the law of motion with dwell.*

УДК 677.055

ЗДОРЕНКО В.Г., ЗАЩЕПКИНА Н.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В ПРИВОДІ В'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН

**Мета.** Розробка методу знаходження динамічних навантажень, що виникають в приводі в'язальних машин в період пуску, та їх зниження.

**Методика.** Використані сучасні методи досліджень динаміки механічних систем з метою оцінки ефективності використання фрикційної муфти для зниження пускових динамічних навантажень в приводі в'язальних машин.

**Результати.** На основі аналізу особливостей роботи в'язальних машин та автоматів встановлена доцільність використання в їх приводі фрикційної муфти з регульованим крутним моментом. Запропоновано нову конструкцію привода в'язальної машини з механічною фрикційною муфтою з регульованим крутним моментом, здатну вирішити проблему ефективного зниження динамічних навантажень привода, що виникають під час пуску, незалежно від режиму роботи в'язальної машини. Виконані розрахунки, що підтверджують доцільність використання в приводі в'язальних машин та автоматів фрикційної муфти з регульованим моментом для зниження пускових динамічних навантажень.

**Наукова новизна.** Показано що для зниження динамічних навантажень у приводах в'язальних машин під час пуску необхідно змінювати крутний момент.

**Практична значимість.** Розробка нової конструкції привода в'язальних машин з фрикційною муфтою з регульованим крутним моментом.

**Ключові слова:** в'язальна машина, привід в'язальної машини, динамічні навантаження привода, фрикційна муфта.

**Вступ.** Особливістю в'язальних машин та автоматів є значні динамічні навантаження, що виникають в період несталих режимів роботи [1-3] та є однією з основних причин зниження надійності та довговічності їх роботи. Відомі пристрої зниження динамічних навантажень в приводі машин [4] не завжди можуть бути використані в в'язальних машинах при зміні режиму їх роботи. Тому проблема підвищення надійності та довговічності роботи в'язальних машин шляхом зниження динамічних навантажень є актуальною та своєчасною. Ефективне вирішення цієї проблеми без удосконалення конструкцій приводів в'язальних машин неможливе.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи в'язальних машин, завданням досліджень є розробка методу зниження динамічних навантажень привода в'язальних машин шляхом їх удосконалення.

**Результати дослідження.** З метою оцінки величини динамічних навантажень, що виникають від час несталого руху (пуск, гальмування та ін.) в приводі в'язальних машин та автоматів, їх реальну конструкцію, як показують дослідження [1-3], доцільно замінити двомасовою динамічною моделлю з параметрами:  $T_1$  - пусковий момент електродвигуна;  $T_2$  - статичний момент привода (сумарний момент сил опору механізмів машини);  $J_1$  - момент інерції ротора електродвигуна з урахуванням моменту інерції ведучого шківа клинопасової передачі;  $J_2$  - сумарний момент інерції обертальних мас механізмів машини;  $C_{12}$  - жорсткість пасів клинопасової передачі.

При виборі параметрів динамічної моделі в'язальної машини слід враховувати рекомендації монографії [5], присвячені дослідженням динамічних процесів в механічних системах з пружними в'язями. При цьому реальні параметри в'язальної машини або автомата

слід приводити до одного із валів привода, зазвичай вала електродвигуна.

Як відомо [1, 5] пуск двомасової механічної системи відбувається в два етапи. Перший етап пуску характеризується рухом першої маси системи, який продовжується від 0 до  $\tau_1$ , поки момент в пружній в'язі  $C_{12}$  не досягне величини  $T_2$ . При цьому починається другий, остаточний етап пуску, який характеризується рухом обох мас системи і продовжується від  $\tau_1$  до часу пуску машини  $t_n$ .

Рівняння руху обертальних мас системи для першого етапу пуску мають вигляд:

$$J_1 \ddot{\varphi}_1 + C_{12} \varphi_1 = T_1, \quad (1)$$

де  $\varphi_1$  - кут повороту ведучої маси.

Розв'язок диференційного рівняння (1) можемо представити у вигляді [5]:

$$T_{12} = A_{12} \cos \beta \cdot t + B_{12} \sin \beta \cdot t + a_{12}, \quad (2)$$

де  $T_{12}$  - момент пружних сил, що виникає у в'язі  $C_{12}$ ,  $T_{12} = C_{12} \varphi_1$ ; (3)

$A, B$  - постійні диференціювання;

$\beta$  - циклова частота коливань маси  $J_1$  системи,  $\beta = \sqrt{C_{12} / J_1}$ ; (4)

$a_{12}$  - постійна складова моменту  $T_{12}$ , згідно з [5]:  $a_{12} = T_1$ . (5)

Враховуючи початкові умови першого етапу пуску системи  $T_{(12)0} = 0$ ;  $\dot{T}_{(12)0} = 0$ , знаходимо:

$$A_{12} = -T_1; \quad B_{12} = 0. \quad (6)$$

Підставивши (5), (6) в (2), маємо:  $T_{12} = T_1(1 - \cos \beta \cdot t)$ . (7)

З рівняння (7) знаходимо тривалість першого етапу пуску системи (початок другого етапу пуску)  $\tau_1$ , враховуючи, що другий етап пуску розпочинається при умові  $T_{12} = T_2$ :

$$\tau_1 = \frac{1}{\beta} \arccos \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right). \quad (8)$$

Другий етап пуску починається при початкових умовах ( $t = 0$ ):

$$T_{(12)0} = T_2; \quad \dot{T}_{(12)0} = T_1 \beta \cdot \sin \beta \cdot \tau_1. \quad (9)$$

Рівняння руху мас системи під час другого етапу пуску мають вигляд [5]:

$$J_1 \ddot{\varphi}_1 = T - T_{12}; \quad J_2 \ddot{\varphi}_2 = T_{12} - T_2. \quad (10)$$

Підставивши  $\ddot{\varphi}_1, \ddot{\varphi}_2$ , знайдені із (10), в рівняння  $\ddot{T}_{12} = C_{12}(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2)$ , знаходимо:

$$\ddot{T}_{12} = \frac{C_{12}}{J_2} \left[ T_1 \frac{J_2}{J_1} + T_2 - \left( 1 + \frac{J_2}{J_1} \right) T_{12} \right]. \quad (11)$$

Розв'язок диференційного рівняння (11) можемо представити у вигляді, наведеному раніше. Для другого етапу пуску машини параметри рівняння (2) знаходяться, враховуючи початкові умови та рекомендації [5], наступним чином:

$$A_{12} = T_2 - T_1; \quad B_{12} = \frac{\dot{T}_{(12)0}}{\beta_1}; \quad a = \frac{T_1 J_2 + T_2 J_1}{J_1 + J_2}; \quad \beta_1 = \sqrt{\frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{2J_1 J_2}}. \quad (12)$$

Тоді, аналізуючи рівняння (2) та враховуючи рекомендації щодо складання коливань моментів сил пружності однакової частоти [1], приходимо до висновку, що максимальна величина моменту  $T_{12}$  буде дорівнювати:

$$T_{12max} = D + a = \sqrt{A_{12}^2 + B_{12}^2} + a, \quad (13)$$

де  $D$  - сумарна амплітуда коливань моментів сил пружності.

Підставивши одержані результати (12) в рівняння (13), знаходимо:

$$T_{12max} = \sqrt{(T_2 - T_1)^2 + \left[ \frac{T_1 \sqrt{\frac{C_{12}}{J_1}} \sin \left\{ \sqrt{\frac{C_{12}}{J_1}} \cdot \sqrt{\frac{J_1}{C_{12}}} \arccos \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \right\}}{\sqrt{\frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{J_1 J_2}}} \right]^2} + \frac{J_2 T_1 + J_1 T_2}{J_1 + J_2}. \quad (14)$$

Після перетворень вираз (14) остаточно приймає вигляд:

$$T_{12max} = \sqrt{(T_2 - T_1)^2 + \frac{T_1^2 J_2 \sin^2 \left[ \arccos \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \right]}{J_1 + J_2}} + \frac{J_2 T_1 + J_1 T_2}{J_1 + J_2}. \quad (15)$$

Аналіз залежності (15) показує, що жорсткість пружної в'язі, в ролі якої в більшості приводі в'язальних машин та автоматів зазвичай виступає жорсткість клинових пасів клинопасової передачі, не впливає на величину максимальних динамічних навантажень, що виникають під час пуску.

З метою зниження динамічних навантажень, що виникають під час пуску в'язальної машини автор пропонує нову конструкцію привода з фрикційною муфтою з регульованим крутним моментом.

Обладнання привода в'язальної машини фрикційною муфтою забезпечує обмеження пускового моменту електродвигуна, що передається приводу під час пуску і, таким чином, зниження його динамічних навантажень, що призводить до підвищення надійності та довговічності роботи привода в'язальної машини.

На рис. 1 представлена кінематична схема запропонованого привода круглов'язальної машини.

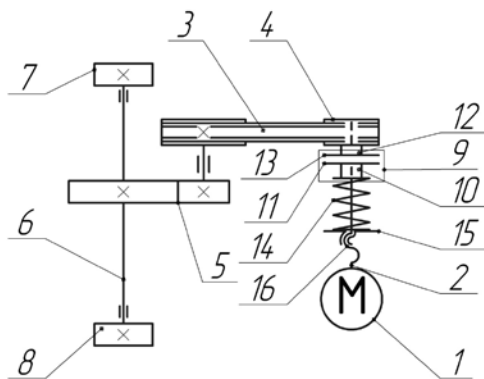


**Рис. 1. Привід круглов'язальної машини з фрикційною муфтою з регульованим моментом:** 1 – електродвигун; 2 – вал електродвигуна; 3 – клинопасова передача; 4 – ведучий шків; 5 – зубчаста передача; 6 – вертикальний приводний вал; 7, 8 – шестерні; 9 – фрикційна муфта; 10 – ведуча півмуфта; 11 – диски ведучої півмуфти; 12 – ведена півмуфта; 13 – диски веденої півмуфти; 14 – циліндрична пружина стиску; 15 – регулююча гайка; 16 – різьба вала

Принцип роботи привода круглов'язальної машини полягає в наступному. При вмиканні електродвигуна 1 його вал 2 починає обертатися. При цьому фрикційна муфта 9 також починає обертатися. Диски 11 ведучої півмуфти 10, притиснуті силою пружини стиску 14 до дисків 13 веденої півмуфти 12, за рахунок сил тертя, що виникає між дисками 11, 13, передають обертальний рух ведучому шківу 4, жорстко з'єднаному з веденою півмуфтою 12. Обертальний рух ведучого шківа 4 за рахунок пасової 3 та зубчастої 5 передач передається вертикальному приводному валу 6 з шестернями 7, 8. Шестерні 7, 8 шляхом зубчастого зачеплення приводять в обертальний рух механізми в'язання та товароприйому (на рис. 1 не показані), що необхідно для роботи машини – в'язання трикотажного полотна. Сила

пружини стиску 14, що регулюється переміщенням гайки 15 по різьбі 16, створює необхідний момент тертя між дисками 11, 13, який обмежує пусковий момент електродвигуна 1, що передається приводу під час пуску машини і, таким чином, забезпечує зниження його динамічних навантажень, що призводить до підвищення надійності та довговічності роботи привода. Оцінимо ефективність роботи запропонованого привода в разі використання його, як приклад, в круглов'язальній машині КО-2 [6] з електродвигуном типу 100L6УЗ потужність якого 2,2 кВт та частота обертання валу 950 об/хв ( $\omega = 99,48 \text{ с}^{-1}$ ). В якості вихідних даних (вал приведення параметрів – вал електродвигуна) приймаємо [1]:  $T_1 = 48,6 \text{ Нм}$  (без муфти);  $T_1 = T_m = 26,52 \text{ Нм}$  (з муфтою;  $T_1 = 1,2T_2$ );  $T_2 = 22,1 \text{ Нм}$ ;  $J_1 = 0,023 \text{ кгм}^2$  (без муфти);  $J'_1 = 1,1J_1 = 0,025 \text{ кгм}^2$  (з муфтою);  $J_2 = 0,062 \text{ кгм}^2$ . Тоді, використовуючи (15), знаходимо:  $T_{12 \max} = 85,17 \text{ Нм}$  (при пуску машини без муфти);  $T_{12 \max} = 48,6 \text{ Нм}$  (пуск машини з муфтою). Таким чином, використання фрикційної муфти з регульованим моментом у складі круглов'язальної машини КО-2 забезпечує зниження динамічних навантажень в 1,75 рази, що підтверджує ефективність його використання. Основні параметри фрикційної муфти запропонованого привода в'язальної машини знаходяться з урахуванням рекомендацій [7].

**Висновки.** Виконані дослідження показують наступне:

- встановлена доцільність використання в приводі в'язальних машин та автоматів механічної фрикційної муфти з регульованим крутним моментом;
- запропоновано привід круглов'язальної машини, здатний підвищити ефективність її роботи за рахунок суттєвого зниження динамічних навантажень;
- результати досліджень можуть бути використані при удосконаленні діючих та при розробці нових типів в'язальних машин та автоматів.

#### Список використаних джерел

1. Піпа Б. Ф., Хомяк О. М., Павленко Г. І. Динаміка круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.
2. Хомяк О. М. Динаміка плосков'язальних машин та автоматів. – К: КНУТД, 2008. – 250 с.
3. Чабан В. В., Бакан Л. А., Піпа Б. Ф. Динаміка основов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2012 - 287 с.
4. Піпа Б.Ф., Чабан О.В., Музичишин С.В. Приводи в'язальних машин і автоматів з пристроями зниження динамічних навантажень (наукові основи і інженерні методи проектування). – К.: КНУТД, 2015. – 280 с.
5. Кожевников С.Н. Динамика нестационарных процессов в машинах. – К.: Наукова думка, 1986. – 288 с.
6. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы. 1992. – 86 с.
7. Поляков В. С., Барабаш И. Д., Ряховский О. А. Справочник по муфтам. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1979. – 351 с.

#### СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ПРИВОДЕ ВЯЗАЛЬНЫХ МАШИН

ЗДОРЕНКО В.Г., ЗАЩЕПКИНА Н.Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Разработка метода нахождения динамических нагрузок, возникающих в приводе вязальных машин в период пуска, и их снижение.

**Методика.** Используются современные методы исследований динамики механических систем с целью оценки эффективности применения фрикционной муфты для снижения пусковых динамических нагрузок в приводе вязальных машин.

**Результаты.** На основе анализа особенностей работы вязальных машин и автоматов установлена целесообразность использования в их приводе фрикционной муфты с регулируемым крутящим моментом. Предложена новая конструкция привода вязальной машины с механической фрикционной муфтой с регулируемым крутящим моментом, способная решить проблему эффективного снижения динамических нагрузок привода, возникающих при пуске, независимо от режима работы вязальной машины. Выполнены расчеты, подтверждающие целесообразность использования в приводе вязальных машин и автоматов фрикционной муфты с регулируемым моментом для снижения пусковых динамических нагрузок.

**Научная новизна.** Показано, что для уменьшения динамических нагрузок в приводах вязальных машин во время пуска необходимо изменять крутящий момент.

**Практическая значимость.** Разработка новой конструкции привода вязальных машин с фрикционной муфтой с регулируемым крутящим моментом.

**Ключевые слова:** вязальная машина, привод вязальной машины, динамические нагрузки привода, фрикционная муфта.

## REDUCE DYNAMIC LOADS IN THE DRIVE KNITTING MACHINES

SDORENKO V. G., ZASCHEPKINA N.N.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Aim.** Development of the method of finding the dynamic loads encountered in the drive knitting machines during start-up, and their decline.

**Methodology.** To use modern methods of investigation of the dynamics of mechanical systems to assess the effectiveness of the clutch to reduce the start-up of dynamic loads in the drive knitting machines.

**Results.** On the basis of analyzing the work of knitting machines and machines installed in the usefulness of the drive slip clutch with adjustable torque. A new design of the drive of the knitting machine with the mechanical slip clutch with adjustable torque that can effectively solve the problem of reducing the dynamic load drive arising during startup, regardless of mode of operation of the knitting machine. Calculations proving the feasibility of using the drive knitting machines and automatic clutch with adjustable torque to reduce the start-up of dynamic loads.

**Scientific novelty.** It is shown that in order to reduce the dynamic loads in drives knitting machines during start-up is necessary to change the torque moment.

**Practical meaningfulness.** Development of a new design of the drive knitting machines with friction clutch with adjustable torque.

**Keywords:** knitting machine, knitting machine drive, dynamic load drive clutch.

УДК 628:331.45

САННИКОВ В.Ю., КІВА І.Л.  
Київський національний університет технологій та дизайну

### СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ СПЕКТРА НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

**Мета.** Оптимізація способу дослідження розподілу спектральної щільності потужності надвисокочастотних електромагнітних випромінювань із суцільним спектром.

**Методика.** Використано елементи теорії надвисокочастотного випромінювання, спектрального аналізу, теоретичні основи електротехніки та електроніки для розробки схемотехнічної структури аналізатору спектра НВЧ випромінювання.

**Результати.** Завдяки використанню двократного перетворення частот електромагнітного випромінювання, що приймаються антеною, і виділення інформативного сигналу другої проміжної частоти вибіркоким підсилювачем, що не переналаштовується по частоті, забезпечується постійність смуги аналізу в широкому діапазоні частот складових спектру, що аналізується.

**Наукова новизна.** Вперше запропоновано введення в існуючі методи аналізу спектральної щільності потужності надвисокочастотних електромагнітних випромінювань додаткової операції змішування виділених коливань різницевої частоти з монохроматичними коливаннями додаткового високочастотного (ВЧ) гетеродина, що дозволяє здійснювати другу ступень перетворення частоти в напрямку її зниження.

**Практичне значення.** Використання запропонованого способу в контрольно-вимірній техніці дозволить проводити радіометричний контроль складу і властивостей матеріалів та виробів на досить коротких (міліметрових) довжинах хвиль, з можливістю підвищення роздільної здатності контролю.

**Ключові слова:** радіометричний контроль, електромагнітне випромінювання, антена, аналізатор спектру, спектральна щільність, гетеродин.

**Вступ.** Аналіз надвисокочастотних (НВЧ) електромагнітних випромінювань, прийнятих антеною, звичайно виконують шляхом змішування прийнятих коливань з монохроматичними коливаннями НВЧ гетеродина, частота якого переналаштовується в діапазоні виділених спектральних складових [1]. Однак, при аналізі НВЧ сигналів з суцільним спектром виникають великі похибки від дзеркальних перешкод, які виникають із-за потрапляння в смугу пропускання тракту проміжної частоти складових від сусідніх з гетеродином ділянок спектру, який аналізується, та додаткові перешкоди від власних шумів антени і елементів НВЧ тракту, які є співрозмірними з сигналом, що досліджується.

Відомий спосіб вимірювання спектра низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання [2], заснований на виділенні із аналізуемого спектру вузької ділянки частот за допомогою хвилеводного смугового фільтра, встановлені частоти НВЧ гетеродина на частоту віділеної ділянки спектру, яка зміщена на значення частоти налаштування вузькосмугового підсилювача проміжної частоти, з наступним квадратичним перетворенням сигналу проміжної частоти і вимірюванні різниці напруг від прийнятого антеною сигналу і сигналу від еквівалента антени.

Однак, необхідність переналаштування двох вузькосмугових НВЧ елементів (смугового хвилеводного фільтра і монохроматичного гетеродина) зі збереженням постійної

різниці налаштованих частот ускладнює здійснення спектрального аналізу електромагнітних випромінювань з високою точністю у широкому діапазоні НВЧ.

В спосіб вимірювання спектра низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання [3] із надвисокочастотних сигналів антени і її еквівалента почергово з низькою частотою виділяють широкосмугові ділянки спектрів фільтром верхніх частот, які змішують з монохроматичними коливаннями надвисокочастотного гетеродина, частоту якого обирають фіксованою, із змішаних коливань виділяють широку смугу різницевих частот фільтром нижніх частот та визначають спектральну щільність потужності. Вимірювання спектральних складових НВЧ сигналу здійснюється переналаштуванням частоти вибіркового підсилювача проміжної частоти. Однак, у вибіркового підсилювачі зміна частоти налаштування завжди викликає зміну його смуги пропускання. Тому виконати послідовний спектральний аналіз з постійною шириною смуги пропускання важко. Виключити виникаючу при цьому похибку вимірювання від зміни смуги пропускання практично неможливо.

**Постановка завдання.** Задачею способу вимірювання спектру низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання являється підвищення точності спектрального аналізу і спрощення схемотехнічної реалізації способу, що пропонується, за рахунок створення нових методів обробки інформаційних сигналів НВЧ випромінювання.

**Об'єкти та методи дослідження.** Об'єктом дослідження є способи вимірювання спектра низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання з використанням гетеродинних методів перетворення сигналів.

**Результати та їх обговорення.** Задача підвищення точності спектральної оцінки вирішується тим, що із надвисокочастотних сигналів антени і її еквівалента почергово з низькою частотою виділяють широкосмугові ділянки спектрів фільтром верхніх частот, які змішують з монохроматичними коливаннями надвисокочастотного гетеродина, частоту якого обирають фіксованою, із змішаних коливань виділяють широку смугу різницевих частот фільтром нижніх частот та визначають спектральну щільність потужності, додатково змішують почергово виділені коливання різницевих частот з монохроматичними коливаннями додаткового високочастотного гетеродина, частоту якого послідовно змінюють від частоти зрізу фільтра нижніх частот до її подвоєного значення, із змішаних коливань виділяють сигнали фіксованої проміжної частоти вибіркового підсилювачем, налаштованим на частоту зрізу фільтра нижніх частот, почергово квадратуєть виділені сигнали фіксованої проміжної частоти і з їх часової послідовності виділяють змінну складову напруги низької частоти переключення надвисокочастотних сигналів, по якій визначають спектральну щільність потужності виділеної складової спектра, а по частоті налаштування надвисокочастотного гетеродина і по частоті налаштування додаткового високочастотного гетеродина судять про її частоту [4].

На рис.1 представлена функціональна схема вимірювання спектра низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання; на рис. 2 – епюри коливань виділених частот складових спектру в процесі вимірювальних перетворень.

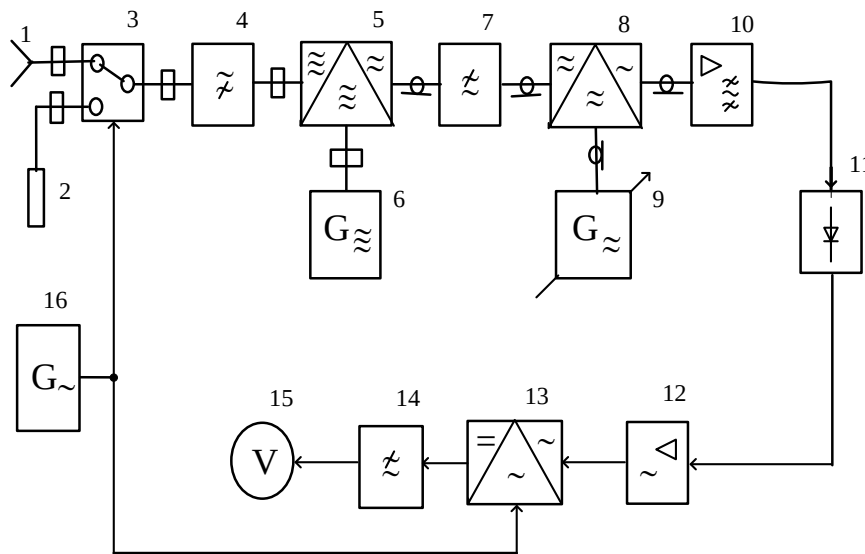


**Рис. 1. Функціональна схема вимірювання спектра низькоінтенсивного НВЧ випромінювання:**

1-антена; 2-еквівалент антени; 3-хвильоводний автоматичний перемикач; 4-фільтр верхніх частот; 5-надвисокочастотний (НВЧ) змішувач; 6-монохроматичний НВЧ гетеродин; 7-високочастотний (ВЧ) фільтр низьких частот; 8-ВЧ змішувач 9-ВЧ гетеродин регульованої частоти; 10-вибірковий підсилювач фіксованої проміжної частоти; 11-квадратичний детектор; 12-підсилювач низької частоти; 13-фазочутливий випрямляч, 14-фільтр нижніх частот 15-вольтметр; 16-генератор низької частоти

Спосіб вимірювання спектра низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання здійснюється наступним чином. Електромагнітне випромінювання (ЕМВ), що аналізується,

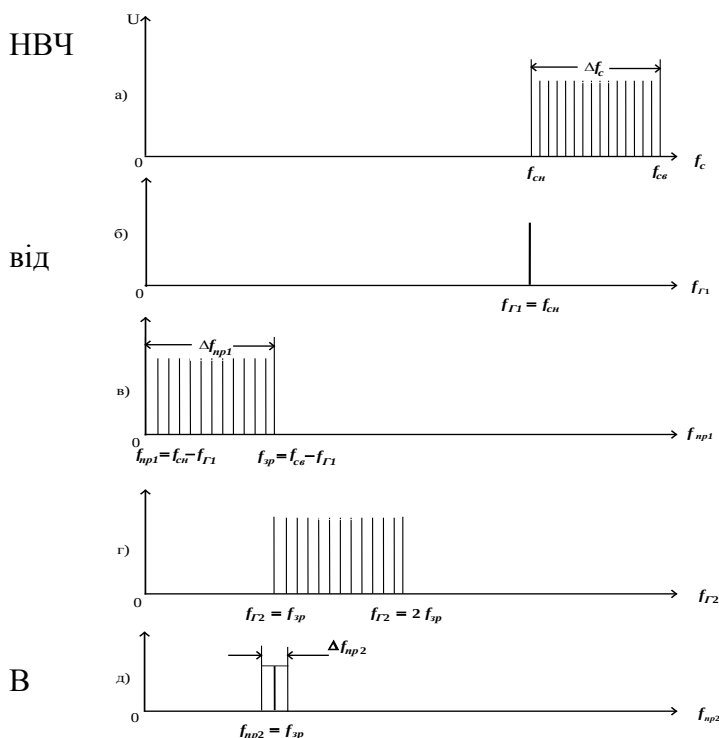


**Рис.2 - Ешюри коливань виділених частот складових спектру**

приймається антеною 1 і у вигляді сигналу надходить на один вхід хвильоводного автоматичного перемикача 3. На другий вхід хвильоводного автоматичного перемикача 3 надходить НВЧ сигнал еквівалента 2, який виконаний у вигляді кінцевого хвильового навантаження, шуми якого відповідні шумам антени 1. Хвильоводний автоматичний перемикач 3 керується напругою генератора 16 низької частоти. Обидва НВЧ сигнали по чергові з низькою частотою перемикачання проходять через хвильоводний фільтр 4 верхніх частот. якості НВЧ фільтра верхніх частот можуть бути використані відрізки

хвильоводів, внутрішні розміри яких забезпечують необхідний діапазон частот виділеної ділянки спектра ЕМВ, який аналізується. Так хвильовод з розмірами (3,6×1,8)мм має смугу прозорості (53,6 – 78,3)ГГц, а хвильовод з розмірами (2,4×1,2)мм відповідно (78,3 – 118,1)ГГц. Сигнал, що пройшов крізь фільтр 4 верхніх частот НВЧ коливань з шириною  $\Delta f_c$  в діапазоні частот від нижньої  $f_{ci}$  до верхньої  $f_{ca}$  (рис.2,а), потрапляє в НВЧ змішувач 5, де змішується з монохроматичними коливаннями НВЧ гетеродина 6, який має фіксовану частоту налаштування  $f_{Г1}$  (рис.2,б).

Частоту НВЧ гетеродина вибирають рівною нижній частоті  $f_{cn}$  смуги пропускання хвильоводного фільтра 4 верхніх частот  $f_{\Lambda 1} = f_{cn}$ . В результаті змішування виділених НВЧ коливань утворюються більш низькочастотні високочастотні (ВЧ) коливання різницевої частоти, які утворюють спектр коливань першої проміжної частоти  $\Delta f_{np1}$  (рис.2,в). Так як всі проміжні частоти утворюються з НВЧ сигналів вищої частоти гетеродина  $\Delta f_c > f_{Г1}$  (рис.2,а і б), то в процесі змішування не утворюються дзеркальні перешкоди з складових спектру ЕМВ менших частот гетеродина 6, які подавляються хвильоводним фільтром 4 верхніх частот. Всі ВЧ коливання першої проміжної частоти ( $f_{np1} = f_c - f_{Г1}$ ) виділяють високочастотним фільтром 7 нижніх частот, верхню частоту проходження якого (частоту зрізу  $f_{c\delta}$ ) вибирають рівною різницевої частоті, яка утвориться із найбільшої частоти  $f_{c\delta}$  смуги частот, які виділяються фільтром верхніх частот 4, гетеродина  $f_{Г1}$  ( $f_{зр} = f_{c\delta} - f_{Г1}$ ) (рис.2,в). Спектри різницевої частоти  $\Delta f_{i\delta 1}$  формуються як із НВЧ сигналу антени 1, так і з НВЧ сигналу еквівалента антени 2. Однак в часі вони прив'язані до різних півперіодів роботи хвильоводного автоматичного перемикача 3.

Широкопasmові ВЧ сигнали різницевої частоти (першої проміжної частоти) по чергово змішують у високочастотному змішувачі 8 з монохроматичними коливаннями ВЧ гетеродина 9, частоту налаштування якого  $f_{Г2}$  послідовно змінюють від частоти зрізу високочастотного фільтра 7 нижніх частот  $f_{зр}$  до її подвоєного значення  $2 f_{зр}$  (рис.2,г). Із змішаних коливань виділяють коливання фіксованої другої проміжної (різничевої) частоти  $f_{np2} = f_{Г2} - f_{np1}$ , на яку налаштований вибіркового підсилювач 10 другої проміжної частоти. При цьому вибіркового підсилювач 10 налаштований на частоту зрізу фільтра нижніх частот 7 ( $f_{np2} = f_{зр}$ ) (рис.2,д). Так, при змішуванні коливань найбільшої різницевої частоти  $f_{i\delta 2} = f_{c\delta} - f_{Г1}$  в спектрі різницевої частоти (рис.2,в) з подвоєним значенням частоти гетеродина 9  $f_{Г2} = 2 f_{зр}$  (рис.2,г) утвориться різницева частота  $f_{np2} = f_{зр}$ , яка і виділяється вибіркового підсилювачем 10. Послідовним зменшенням частоти ВЧ гетеродина 9 від подвоєного значення ( $2 f_{Г2}$ ) до початкового значення ( $f_{Г2}$ ) виділяються складові другої проміжної частоти  $f_{np2} = f_{Г2} - f_{np1} = f_{зр}$  з більш низькочастотних складових спектру різницевої частоти (рис.2,в і д) повністю до нульового значення різницевої частоти  $f_{i\delta 1} = f_{ni} - f_{Г1}$ . Так, як частота налаштування вибіркового підсилювача 10 не змінюється, то і смуга його пропускання залишається незмінною в процесі спектрального аналізу ( $\Delta f_{np2} = \text{const}$ ).

При повторному перетворенні частоти високочастотних різницевої коливань ( $f_c - f_{Г1}$ ) частота ВЧ гетеродина 9 завжди більша частот коливань, що перетворюються, ( $f_{Г2} > f_{np1}$ ). Відсутність симетричних більш високочастотних, відносно частоти  $f_{Г2}$

гетеродина, складових спектра різницевих частот забезпечує і відсутність дзеркальних складових на другій проміжній частоті  $f_{np2}$ . Таким чином, завдяки вказаному вибору частот першого (НВЧ) і другого (ВЧ) гетеродинів, а також смуг пропускання фільтрів верхніх (ФВЧ) і нижніх (ФНЧ) частот повністю виключається дзеркальні перешкоди при перетворенні частоти ЕМВ з суцільним спектром. При цьому переналаштованим по частоті елементом являється тільки один другий додатковий більш низькочастотний гетеродин. Ширина смуги аналізу  $\Delta f_{np2}$  зберігається постійною у всьому діапазоні частот виділеної ділянки НВЧ спектру.

При періодичній роботі хвиелеводного автоматичного перемикача 3 на виході вибіркового підсилювача 10 формуються імпульси напруги з коливань другої проміжної частоти, які надходять з низькою частотою. Ці імпульси детектуються квадратичним детектором 11 і усереднюються ємністю цього детектора. Амплітуда одного з імпульсів пропорційна спектральній щільності потужності аналізованої ділянки спектру ЕМВ з доданими спектральними щільностями потужності власних шумів антени 1 та шумів НВЧ і ВЧ трактів. Амплітуда другого імпульсу пропорційна лише спектральній щільності потужності шумів еквівалента 2 (які дорівнюють шумам антени 1) та шумів НВЧ і ВЧ трактів перетворення сигналів. В послідовності імпульсів із-за їх нерівності присутня низькочастотна огинаюча, яка виділяється в процесі квадратичного детектування у вигляді напруги низької частоти перемикачання НВЧ сигналів. Виділена квадратичним детектором 11 змінна складова напруги підсилюється підсилювачем низької частоти 12 і випрямляється фазочутливим випрямовувачем 13, який керується напругою генератора 16 низької частоти. Випрямлена напруга є пропорційною тільки спектральній щільності потужності спектру ЕМВ незалежно від рівня власних шумів вимірювальної схеми. Ця напруга згладжується фільтром 14 нижніх частот і вимірюється вольтметром 15.

Аналіз спектра ЕМВ починається з налаштування частоти ВЧ гетеродина 9  $f_{\Gamma 2}$  на частоту зрізу  $f_{zp}$  високочастотного фільтра 7 нижніх частот ( $f_{\Gamma 2} = f_{\zeta\delta}$ ). В цьому випадку найбільш низькочастотні складові спектру першої проміжної частоти  $f_{np1}$  (рис.2,в), які знаходяться близько початку смуги пропускання фільтру нижніх частот 7, попадають в смугу пропускання  $\Delta f_{np2}$  вибіркового підсилювача 10 другої проміжної частоти (рис.2,д)  $f_{np2} = f_{\Gamma 2} - f_{np1} = f_{zp}$ . Подальше збільшення частоти  $f_{\Gamma 2}$  в напрямку її подвоєння приводить до попадання в смугу  $\Delta f_{np2}$  більш високочастотних складових із спектру проміжної частоти (рис.2,в). Оскільки спектр першої проміжної частоти формується зі спектру НВЧ ЕМВ (рис.2,а), то послідовне переналаштування частоти другого гетеродина 9 в діапазоні від  $f_{\Gamma 2}$  до  $2 f_{\Gamma 2}$  дозволяє виділити і виміряти спектральну щільність потужності всіх складових спектру ЕМВ в смузі частот від частоти  $f_{cн}$  до частоти  $f_{cв}$  (рис.2,а), з яких за допомогою НВЧ гетеродина 6 (рис.2,б) формуються сигнали першої проміжної частоти. Значення спектральної щільності потужності складових спектру ЕМВ визначають за показаннями вольтметра 15, а частоту виділеної складової спектру ЕМВ з відношення:

$$f_c = f_{A1} + f_{A2}'' - f_{A2}', \quad (1)$$

де:  $f_{\Gamma 2}' = f_{zp}$  - початкова частота ВЧ гетеродина 9;

$f_{\Gamma 2}''$  - встановлена в процесі аналізу частота ВЧ гетеродина 9.

За результатами вимірювань потужності і частоти спектральних складових можна визначити огинаючу спектру ЕМВ на ділянці спектру, що аналізується, і оцінити його нерівномірність.

**Висновки.** Завдяки використанню двократного перетворення частот ЕМВ, що приймаються антеною, і виділення інформативного сигналу переналаштовувемим по частоті вибірконим підсилювачем другої проміжної частоти, забезпечується постійність смуги аналізу в широкому діапазоні частот складових аналізуемого спектру. При цьому переналаштовується по частоті тільки другий більш низькочастотний гетеродин, а інші елементи, хвилеводний фільтр і НВЧ гетеродин, мають фіксовані налаштування частоти та смуги пропускання. Так, при аналізі спектра НВЧ випромінювання в хвилеводному міліметровому діапазоні (55 - 65 ГГц) частота першого НВЧ гетеродина буде обрана фіксованою (55 ГГц), а частоту другого ВЧ гетеродина необхідно буде переналаштовувати в коаксіальному діапазоні частот 10 – 20 ГГц, що можливо зробити за допомогою стандартного генератора сантиметрового діапазону. В результаті цього значно спрощується схемотехнічна реалізація способу і досягається підвищення точності спектрального аналізу за рахунок виключення впливу дзеркальних перешкод, що виникають при перетворенні частот з двома елементами, характеристики яких переналаштовуються під час аналізу. Виділення різниці сигналів від антени та її еквіваленту дозволяє виключити вплив на результат вимірювання власних шумів НВЧ і ВЧ трактів, що сорозмірні зі слабкими низькоінтенсивними вимірювальними сигналами.

### Список використаних джерел

1. Суслов А.И. Перспективы использования на судах радиотеплолокаторов в современных условиях судоходства / А.И.Суслов // Вестник МГТУ. – Т.12, №2, - 2005, - С.239-249.
2. Методы и средства сверхвысокочастотной радиометрии. / [Куценко В.П., Скрипник Ю.А., Трегубов Н.Ф. та ін.]– Донецк: ППШ «Наука і освіта», 2011. – 324с.
3. Патент на корисну модель 75336 Україна, МПК G01S 13/00, Спосіб вимірювання спектра низько інтенсивного електромагнітного випромінювання / Скрипник Ю.О., Яненко О.П., Куценко В.П., Березянський Б.М. ; власник Скрипник Ю.О., Яненко О.П., Куценко В.П., Березянський Б.М. (UA). - № u201206455; заяв. 28.05.2012; опуб. 26.11.2012 Бюл. пром. влас., – №22/2012р.
4. Патент на корисну модель 83432 Україна, МПК G01S 13/00, Спосіб вимірювання спектра низько інтенсивного електромагнітного випромінювання / Скрипник Ю.О., Санніков В.Ю., Потапов А.О.; власник Київський національний університет технологій та дизайну. – №u201303373 заяв. 19.03.2013; опуб. 10.09.2013 Бюл. пром. влас., – №17/2013р.

### СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРА НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В.Ю.САННИКОВ, І.Л.КІВА

*Київський національний університет технологій та дизайну*

**Цель.** Оптимизация способа исследования распределения спектральной плотности мощности сверхвысокочастотных электромагнитных излучений со сплошным спектром.

**Методика.** Используются элементы теории СВЧ излучения, спектрального анализа, теоретические основы электротехники и электроники для разработки схемотехнической структуры анализатора спектра СВЧ излучения.

**Результаты.** Благодаря использованию двукратного преобразования частот электромагнитного излучения, принимаемых антенной, и выделение информативного

сигнала второй промежуточной частоты выборочным усилителем, который не перенастраивается по частоте, обеспечивается постоянство полосы анализа в широком диапазоне частот составляющих спектра, который анализируется.

**Научная новизна.** Впервые предложено введение в существующие методы анализа спектральной плотности мощности сверхвысокочастотных электромагнитных излучений дополнительной операции смешивания выделенных колебаний разностных частот с монохроматическими колебаниями дополнительного высокочастотного (ВЧ) гетеродина, что позволяет осуществлять вторую ступень преобразования частоты в направлении ее снижения.

**Практическое значение.** Использование предлагаемого способа в контрольно-измерительной технике позволит проводить радиометрический контроль состава и свойств материалов и изделий на достаточно коротких (миллиметровых) длинах волн, с возможностью повышения разрешения контроля.

**Ключевые слова:** радиометрический контроль, электромагнитное излучение, антенна, анализатор спектра, спектральная плотность, гетеродин.

## METHOD OF MEASUREMENT OF THE SPECTRUM OF LOW INTENSITY ELECTROMAGNETIC RADIATION

SANNIKOV V., KIVA I.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Optimization method of investigating the distribution of the power spectral density of microwave electromagnetic radiation with a continuous spectrum.

**Methodology.** We used elements of the theory of microwave radiation, the spectral analysis, the theoretical foundations of electrical engineering and electronics for the development of circuit structure of the spectrum analyzer microwave.

**Findings.** By using a double frequency conversion of the electromagnetic radiation received by the antenna, and isolating informative signal of the second intermediate frequency selective amplifier which is not reconfigured by frequency analysis is provided by the constancy of the band over a wide frequency spectrum components to be analyzed.

**Originality.** First proposed the introduction of the existing methods of analyzing the spectral power density of microwave electromagnetic radiation more blending operations selected oscillation frequency difference from monochromatic vibrations of additional radio frequency (RF) oscillator, which allows the second stage of the frequency conversion in the direction of its reduction.

**Practical value.** The use of the method in test and measurement technology will allow for radiometric control of composition and properties of materials and products at a fairly short (millimeter) wavelengths, with the possibility of increasing the resolution of control.

**Keywords:** radiometric control, electromagnetic radiation, antenna, spectrum analyzer, spectral density, a local oscillator.

УДК 621.311.61

КОЛЛАРОВ О. Ю.

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»

### ЗАСАДИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМИ УСТАНОВКАМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ІЗ ВОДНЕВО-КИСНЕВИМИ ПАЛИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

**Анотація.** Окреслено критерії оптимального керування автономними установками електроживлення із воднево-кисневими паливними елементами, у якості джерел електричної енергії, з метою забезпечення передавання максимальної потужності (енергії) від джерела до споживача.

**Мета.** Пошук та систематизація критеріїв оптимального керування автономними системами електроживлення із воднево-кисневими паливними елементами.

**Методика.** Аналіз сучасних методів оптимального керування автономної системи електроживлення із воднево-кисневим паливним елементом з точки зору передавання максимальної енергії споживачу.

**Результати.** Досліджені проблеми керування передавання максимальної потужності від автономної системи електроживлення із воднево-кисневим паливним елементом до навантаження та наведені найбільш оптимальні методи керування первинним джерелом електроенергії.

**Наукова новизна.** Уперше систематизовано критерії оптимального керування автономними установками електроживлення із воднево-кисневими паливними елементами з метою забезпечення передавання максимальної потужності від джерела до навантаження.

**Практична значимість.** Реалізація критеріїв оптимального керування автономними установками електроживлення із воднево-кисневими паливними елементами підвищить ефективність передавання електричної енергії від джерела до навантаження.

**Ключові слова.** Автономна система електроживлення, воднево-кисневий паливний елемент, передавання максимальної потужності, багатовимірність.

**Вступ.** Закон України «Про альтернативні джерела енергії» встановлює наступні пріоритети в енергетиці: додержання екологічної безпеки, науково-технічне забезпечення розвитку альтернативної енергетики, популяризація та впровадження науково-технічних досягнень у цій сфері, підготовка відповідних фахівців у вищих та середніх навчальних закладах України. Всім, вищезазначеним, вимогам відповідає автономна система електроживлення (АСЕЖ) із воднево-кисневим паливним елементом (ВКПЕл, далі по тексту, також, – джерело) у якості первинного джерела електричної енергії. До основних переваг ВКПЕл відноситься більш високий коефіцієнт корисної дії (ККД), що досягається через пряме перетворення енергії хімічної реакції в електричну та екологічність, адже, при функціонуванні джерела, у повітря виділяється лише вода у газоподібному та/або рідкому стані.

Головною задачею будь-якої АСЕЖ є передавання споживачу необхідної кількості електричної енергії нормованої якості. Питання передавання максимальної потужності (енергії) від ВКПЕл до навантаження, в рамках АСЕЖ, досі залишається відкритим через складність його реалізації, обумовлену нелінійним внутрішнім опором джерела, багатовимірністю та різноманітністю взаємозв'язків між фізичними змінними стану ВКПЕл, наявністю енергетичних витрат на функціонування периферійних компонентів (компресор нагнітання повітря, система охолодження, тощо), загрозою «кисневого та/або водневого голодування» джерела, ефектом не симетричного «старіння»

комірок і конструктивними відмінностями між ними, що не тільки впливає на кількість атомів реагентів, які приймають участь у хімічній реакції «холодного згоряння» водню, але й вимагає, час від часу, оновлення параметрів ВКПЕл, для коректного функціонування автоматизованої системи керування АСЕЖ.

Питання передавання максимальної енергії від автономних установок електроживлення із воднево-кисневими паливними елементами до споживача широко представлено у великій кількості наукових праць [1 - 18]. Проте сукупного аналізу проведених досліджень, на предмет пошуку оптимальних режимів роботи воднево-кисневих паливних елементів у складі автономних систем електроживлення, виконано не було.

Багатовимірність та нелінійність автономної системи електроживлення, наявність багатьох, пов'язаних між собою, процесів у воднево-кисневому паливному елементі, вимагає пошуку найбільш сприятливих співвідношень параметрів роботи АСЕЖ з метою передавання максимальної потужності від джерела до навантаження.

**Постановка завдання.** Об'єктом досліджень є енергетичні процеси в автономній системі електроживлення із воднево-кисневим паливним елементом у якості первинного джерела електроенергії. Метою статті є пошук критеріїв оптимального керування автономними системами електроживлення із воднево-кисневими паливними елементами. Для досягнення мети поставлено і вирішено задачу аналізу сучасних підходів у керуванні автономними системами електроживлення із ВКПЕл, систематизовано основні критерії оптимального, з точки зору передавання максимальної енергії споживачу, керування.

**Результати досліджень.** Типова АСЕЖ із ВКПЕл має структуру зображену на рис. 1. До її складу входять первинні джерела енергії (воднево-кисневий паливний елемент і акумулятор), вторинні джерела енергії (перетворювачі та інвертори напруги), допоміжні системи, для забезпечення роботи ВКПЕл (система нагнітання повітря, система охолодження, система рециркуляції та подавання водню), навантаження і система управління, реалізована на базі контролера.

Пошук екстремуму регульованої величини, за заданих обмежень, є однією з найважливіших задач оптимізації у цілому. До таких екстремальних величин, в сенсі АСЕЖ, належать енергетичні параметри, а саме коефіцієнт корисної дії та потужність, що безпосередньо пов'язані із вольт-амперною характеристикою ВКПЕл, на яку, в свою чергу, впливає температура, вологість полімерної протон-обмінної мембрани і стехіометрія реагентів (відношення фактичних масових витрат до теоретично необхідних за даної конкретної сили струму), а, отже, і тиск паливних газів [1]. Причому, вологість полімерної мембрани повністю залежить від тиску реагентів, температури та сили струму, що протікає через комірки ВКПЕл. З огляду на це, оптимізацію роботи АСЕЖ доцільно реалізовувати за трьома основними напрямками: зволоження паливних газів, стехіометрія реагентів та температура джерела.

З точки зору наближення до передавання максимальної потужності від джерела до навантаження та подовження довговічності експлуатації ВКПЕл, зволоження паливних газів є одним з основних чинників у досягненні вищезазначеної мети [2]. Незважаючи на наявність самозволоження мембрани, за рахунок продуктів хімічної реакції [3], необхідність зовнішнього зволоження через паливні гази, що надходять до джерела, не піддається сумніву, особливо для джерел середньої та великої потужності [4].

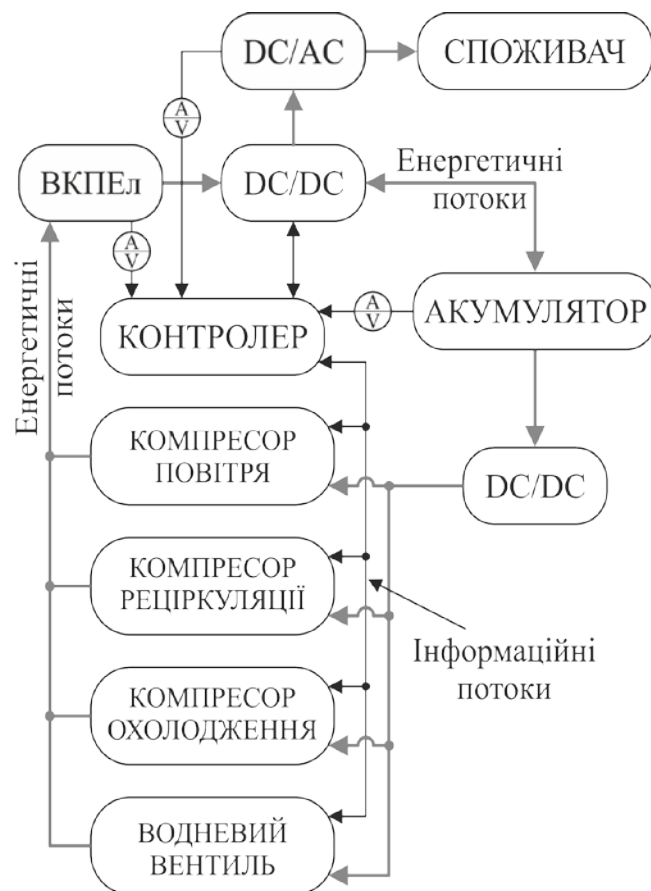


**Рис. 1 Функціональна схема АСЕЖ із ВКПЕЛ**

Слід звернути увагу і на вплив зволоження реагентів у прив'язці до температурного режиму роботи ВКПЕЛ, адже високі температури викликають збільшення дифузійного опору джерела, низькі ж спонукають до утворення води у рідкому стані, що загрожує блокуванням каналів в реакційних зонах і може призвести до «обвалу» напруги [5]. На даний момент існують дві концепції зволоження реагентів. Перша – це одночасне зволоження водню і кисню, що нагнітаються до ВКПЕЛ і друга – лише зволоження кисню. Остання концепція вважається найбільш раціональною з точки зору впливу на енергетичні процеси у ВКПЕЛ [6].

Іншим важливим чинником в процесі оптимізації роботи ВКПЕл (рис. 2) є стехіометрія реагентів. При цьому киснева стехіометрія має набагато суттєвіший вплив на енергетичні параметри ніж воднева [7], що, крім іншого, обумовлено пропорційною залежністю між енергетичними витратами на роботу компресора, який нагнітає повітря до джерела, та тиском на його електродах. Вагомою проблемою при функціонуванні ВКПЕл в складі АСЕЖ є загроза «кисневого голодування» комірок, як результат інерційності компресора, адже зміна питомої потужності джерела може відбутись набагато швидше ніж система керування тиском відреагує на це. «Кисневе голодування» викликає падіння напруги на клемах ВКПЕл і, при досягненні певної мінімально допустимої межі, може спричинити невідворотні наслідки, як-то вихід джерела зі строю.

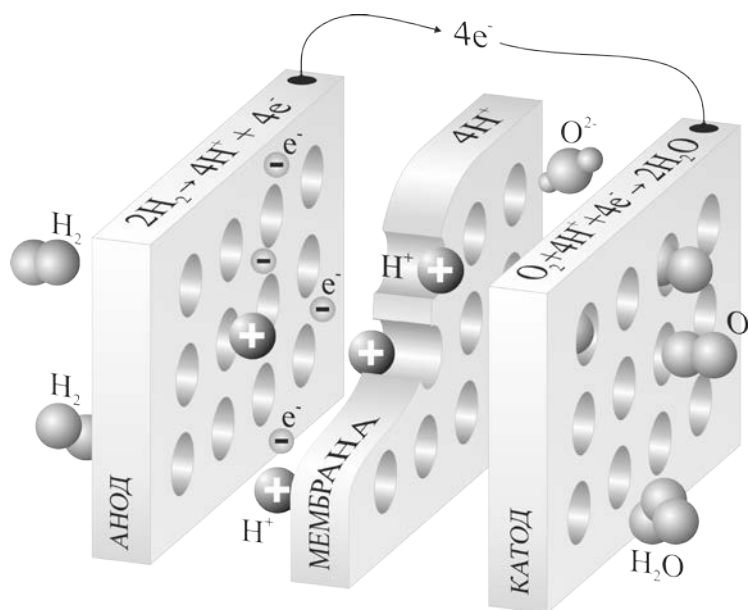


Рис. 2 Конструкція та принцип роботи ВКПЕЛ

Досягти мінімізації енергетичних витрат на периферійні компоненти, зокрема на повітряний компресор, можна за рахунок зменшення кисневої стехіометрії, бо саме системи низького тиску споживають менше енергії. Втім, системи низького тиску менш стабільні, в плані підтримки напру- ги на клемах ВКПЕЛ, ніж системи високого тиску, при тому що швидкість реакції на збурюючі дії, у систем низького тиску, більша ніж у систем високого тиску [8].

Аналізуючи вплив кисневого тиску на дифузійні властивості полімерної мембрани, з ураху- ванням її пористості та проникності, можна стверджувати, що передавання максимальної енергії від джерела навантаженню досягається за умов високого тиску на катодній стороні ВКПЕЛ [9].

Що стосується водневої стехіометрії, то проблема «водневого голодування» не є настільки вираженою, ніж проблема «кисневого голодування», адже водень подається до джерела безпосеред- ньо з паливного баку, де зберігається під високим тиском, і реакція водневого вентиля на управ- люючий сигнал є набагато швидшою за реакцію компресора повітря. Як правило, воднева стехіометрія підтримується на рівні два до одного, тобто до анодній сторони ВКПЕЛ подається маса водню, що у два рази перевищує теоретично необхідну за даної конкретної сили струму [1].

Останнім вагомим чинником, який безпосередньо впливає на енергетичні параметри роботи ВКПЕЛ, є температура [6]. Відомо, що передавання максимальної потужності від джерела до наван- таження досягається за умов, наближених до ізотермічних, але із підвищенням температури знижу- ється вологість полімерної мембрани, що вимагає застосування зовнішнього охолодження ВКПЕЛ, а отже і додаткових енергетичних витрат [10]. Дуже високі або низькі температури негативним чином впливають на енергетичні параметри ВКПЕЛ. За таких умов, збільшення відносної вологості палив- них газів покращує ситуацію, але це не впливає на провідність полімерної мембрани так істотно, як температура [11]. Зменшення ж відносної вологості реагентів викликає значне збільшення дифузій- ного опору джерела, при цьому зміна температури в діапазоні від 30 до 50 °C майже не відбивається на дифузійному опорі ВКПЕЛ [5]. Коливання відносної вологості мембрани впливає на її електрич- ний та тепловий опір, через що теплова питома провідність полімерної мембрани постійно зміню- ється [12]. До того ж, тепло розподіляється асиметрично від аноду до катоду, бо на катодній стороні джерела його виділяється більше ніж на анодній [12]. Оптимальним режимом роботи ВКПЕЛ, з точ- ки зору термодинаміки, можна вважати його роботу за найвищої температури при якій зберігається

мінімальна стехіометрія паливних газів за достатньої відносної вологості реагентів, адже максимізація напруги джерела досягається за високих температур.

Для керування роботою АСЕЖ із ВКПЕл застосовуються комбінації нелінійних та адаптивних систем. Так в роботі [13] розглянуто дві стратегії регулювання напруги гібридної енергетичної системи із паливним воднево-кисневим елементом, у якості головного джерела електроенергії, та суперконденсатора, у якості допоміжного. Перший варіант передбачає використання суперконденсатора в продовж перехідних процесів у ВКПЕл при керуванні параметрами його роботи, а другий – використання ВКПЕл лише як джерела зарядки суперконденсатора. Обидва підходи добре себе зарекомендували, а результати досліджень довели необхідність і невідворотність використання допоміжного джерела електроенергії у складі АСЕЖ із ВКПЕл.

Іншим підходом у керуванні роботою АСЕЖ із ВКПЕл є використання традиційних систем забезпечення передавання максимальної потужності споживачу. Прикладом тому є робота [14], в якій розглянуто питання передавання максимальної потужності від ВКПЕл до навантаження через застосування екстремальних систем управління з пошуковим алгоритмом. Зокрема, в роботі [14] пропонується використання двоконтурної схеми керування з проміжним перетворювачем. Зовнішній контур реалізовує пошуковий алгоритм та формує завдання внутрішньому контуру в режимі реального часу. Подібна система управління забезпечує передавання максимальної потужності від ВКПЕл до навантаження за конкретних умов роботи джерела і безпосередньо не впливає на параметри його роботи, що може стати перепорою на шляху наближення до об'єктивно максимального передавання енергії. Іншим прикладом є робота [15], в якій розглянуто аналогічну пошукову екстремальну систему керування передаванням максимальної потужності ВКПЕл на базі регульованого перетворювача напруги. Як і в першому варіанті, дана методика не враховує вплив збурювальних дій на властивості джерела, а тому наближення до екстремуму передавання енергії є сумнівним. До того ж, робота ВКПЕл сумісно із перетворювачем напруги вимагає синхронізації регулятора подачі повітря до джерела і регулятора перетворювача напруги [16], без чого спостерігається погіршення енергетичних властивостей АСЕЖ.

Беручи до уваги необхідність врахування максимальної кількості чинників, які впливають на властивості ВКПЕл, а отже і на АСЕЖ у цілому, доцільно застосувати стратегію безпосереднього керування параметрами джерела енергії, що і знайшло своє відображення у переважній більшості наукових праць, присвячених даному питанню. В цьому сенсі слід говорити про керування кисневим і водневим тиском на входах та/або виходах електродів джерела й температурою ВКПЕл, причому керування кисневим та водневим потоками знайшло своє відображення у більшості наукових досліджень.

Питання керування повітряним потоком на катодній стороні ВКПЕл розглянуто в роботі [17]. Основною метою такого керування є недопущення «кисневого голодування» комірок і одночасне наближення до передавання максимальної потужності від джерела до навантаження, через застосування адаптивного інверсного управління витратами кисню. Ідентифікацію інверсної моделі системи було здійснено на базі рекурентних нейрофаз-мереж, втім ідентифікація охопила лише катодну складову ВКПЕл, що внесло певні обмеження в наближенні до екстремуму передавання енергії.

Система регулювання вологістю полімерної мембрани ВКПЕл через управління кисневою стехіометрією побудована в роботі [18]. Стратегія підтримки постійного значення відносної вологості мембрани цілком виправдовує себе з точки зору стабільності роботи джерела, навіть за умов зміни параметрів його функціонування, адже саме відносна вологість електроліту є визначальною у досягненні екстремуму передавання потужності до навантаження, однак вимірювання відносної вологості полімерної мембрани є вкрай складним процесом, реалізувати його в рамках АСЕЖ проблематично, а непрямий розрахунок на базі існуючих емпіричних залежностей не є точним.

### Висновки

1. Запорукою наближення до передавання максимальної потужності від джерела електроенергії до навантаження є одночасне керування водневим і кисневим потоками з урахуванням температури роботи ВКПЕЛ. При цьому, доцільніше управляти тиском реагентів на електродах джерела, ані їх масовими витратами, адже саме тиск реагентів визначає рівень напруги на клеммах джерела.
2. Класичний підхід у передаванні максимальної потужності від ВКПЕЛ до навантаження, а саме використання перетворювачів напруги для пошуку екстремуму потужнісної характеристики джерела в функції сили струму, не вирішує питання у повному обсязі, адже безпосередньо не впливає на цю характеристику, що вимагає розробки автоматизованої системи керування АСЕЖ, як єдиним цілим, включаючи керування периферійними компонентами ВКПЕЛ.
3. Система керування АСЕЖ із ВКПЕЛ має бути адаптивною, адже параметри ВКПЕЛ змінюються із часом його функціонування, і екстремальною, бо основним критерієм оптимальності її роботи є реалізація передавання максимальної потужності від джерела електричної енергії до навантаження. Найбільш придатною системою, для вирішення цієї задачі, є інтелектуальна система екстремального керування з еталонною моделлю об'єкта.

### Список використаних джерел

1. Purmann Mathias. Optimierung des Betriebsverhaltens von PEM – Brennstoffzellen unter Berücksichtigung von elektrischem und Gesamtwirkungsgrad bei unterschiedlichen Lastanforderungen und Betriebsparametern / M. Purmann // Dissertation. – Magdeburg: Otto-von-Guericke Universität, 2004. – 136 p. – ISBN 978-3-929757-63-7.
2. Mengbo Ji. A Review of Water Management in Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells / J. Mengbo, W. Zidong // *Energies*. – 2009. – №2. – p. 1057 – 1106.
3. Water balance in a free-breathing polymer electrolyte membrane fuel cell / Tuomas Mennola, Matti Noponen, Tanja Kallio, Mikko Mikkola, Tero Hottinen // *Journal of Applied Electrochemistry*. – 2004. – №34. – p. 31 – 36.
4. Felix Büchi N.. Operating Proton Exchange Membrane Fuel Cells Without External Humidification of the Reactant Gases / Büchi N. Felix, Supramaniam Srinivasan // *J. Electrochem. Soc.* – 1997. – №144(8). – p. 2767 – 2772.
5. Chu D. Analysis of PEM fuel cell stacks using an empirical current voltage equation / D. Chu, R. Jiang, C. Walker // *Journal of Applied Electrochemistry*. – 2000. – №30. – p. 365 – 370.
6. Optimal operating points of PEM fuel cell model with RSM / Dongji Xuan, Zhenzhe Li, Jinwan Kim, Youngbae Kim // *Journal of Mechanical Science and Technology*. – 2009. – №23. – p. 717 – 728.
7. Identification and analysis based on genetic algorithm for proton exchange membrane fuel cell stack / Li Xi, Cao Guang – Yi, Zhu Xin – Jian, Wei Dong // *J. Cent. South Univ. Technol.*. – 2006. – №4(13). – p. 428 – 431.
8. Dynamics of Low – Pressure and High – Pressure Fuel Cell Air Supply Systems / Sylvain Gelfi, Anna G. Stefanopoulou, Jay T. Pukrushpan, Huei Peng // *American Control Conference*. – 2003. – №3. – p. 2049 – 2054. – ISSN 0-7803-7896-2.
9. Shi Zhongying. Effect of Compression on the Water Management of a Proton Exchange Membrane Fuel Cell With Different Gas Diffusion Layers / Zhongying Shi, Xia Wang, Laila Guessous // *Journal of Fuel Cell Science and Technology*. – 2010. – №7. – p. 1 – 7.

10. Dannenberg K. Mathematical model of the PEMFC / K. Dannenberg, P. Ekdunge, G. Lindbergh // Journal of Applied Electrochemistry. – 2000. – №30. – p. 1377 –1387.
11. Afshari E.. Analysis of Heat Transport in a Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cell / E. Afshari, S.A. Jazayeri // American Journal of Applied Sciences. – 2009. – №6(1). – p. 101 – 108.
12. Shan Yuyao. Modeling and simulation of a PEM fuel cell stack considering temperature effects / Yuyao Shan, Song – Yul Choe // Journal of Power Sources. – 2006. – №158. – p. 274 – 286.
13. Control Strategies Of Embedded Fuel Cell – supercapacitor hybrid source / P. Thounthong, S. Rael, H. Gualous, D. Hissel, B. Davat, A. Berthon // 2nd European Symposium on Supercapacitors and Applications ESSCAP 2006. – Lausanne. – p. 1 – 6.
14. Adaptive maximum power point tracking control of fuel cell power plants / Z. Zhi – dan, H. Hai – bo, Z. Xin – jian, C. Guang – yi, R. Yuan // Journal of Power Sources. – 2008. – №176. – p. 259 – 269.
15. Maximum Power Point Tracking for Fuel Cell in Fuel Cell. Battery Hybrid Power Systems / M.Dargahi, J.Rouhi, M.Rezanejad, M.Shakeri // European Journal of Scientific Research. – 2009. – №25(4). – p. 538 – 548.
16. Suh Kyung – Won. Coordination of Converter and Fuel Cell Controllers / Kyung – Won Suh, Anna G. Stefanopoulou // Intelligent Control, 2005. Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation. – 2005. – p. 563 – 568. – ISBN 0-7803-8936-0.
17. Adaptive inverse control of air supply flow for proton exchange membrane fuel cell systems / L. Chun – hua , Z. Xin – jian, S. Sheng, H. Wan – qi, H. Ming – ruo // Shanghai Univ (Engl Ed). – 2009. – №13(6). – p. 474 – 480.
18. Controlling Pem Fuel Cells Applying A Constant Humidity Technique / Luis A.M. Riascos, Marcelo G. Simoes, Paulo E. Miyagi // ABCM Symposium Series in Mechatronics. – 2008. – №3. – p. 774 – 783.

## ПРИНЦИПЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ УСТАНОВКАМИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ С ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНЫМИ ТОПЛИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

КОЛЛАРОВ А. Ю.

*Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет»*

**Аннотация.** Определение критериев оптимального управления автономными установками электропитания с водородно-кислородными топливными элементами, в качестве источников электрической энергии, с целью обеспечения передачи максимальной мощности (энергии) от источника к потребителю.

**Цель.** Поиск и систематизация критериев оптимального управления автономными системами электропитания с водородно-кислородными топливными элементами.

**Методика.** Анализ современных методов оптимизации управления автономной системы электропитания с водородно-кислородным топливным элементом с точки зрения передачи максимальной энергии потребителю.

**Результаты.** Исследованы проблемы управлением передачи максимальной мощности от автономной системы электропитания с водородно-кислородным топливным элементом к нагрузке и

приведены наиболее оптимальные методы оптимизации управления первичным источником электроэнергии.

**Научная новизна.** Впервые систематизированы критерии оптимального управления автономными установками электропитания с водородно-кислородными топливными элементами с целью обеспечения передачи максимальной мощности от источника к нагрузке.

**Практическая значимость.** Реализация критериев оптимального управления автономными установками электропитания с водородно-кислородными топливными элементами повысит эффективность передачи электрической энергии от источника к нагрузке.

**Ключевые слова:** автономная система электропитания, водородно-кислородный топливный элемент, передача максимальной мощности, многомерность.

## PRINCIPLES OF THE OPTIMAL CONTROL OF THE AUTONOMOUS INSTALLATIONS OF POWER SUPPLY WITH THE HYDROGEN-OXYGEN FUEL ELEMENTS

KOLLAROV O.Y.

**Summary.** Definition of criteria of optimal control of autonomous installations of power supply with hydrogen-oxygen fuel elements, as sources of electric energy, for ensuring transfer of the maximum power (energy) from a source to the consumer.

**Purpose.** Search and systematization of criteria of optimal control of autonomous power supply systems with hydrogen-oxygen fuel elements.

**Technique.** The analysis of modern methods of optimization of management of an autonomous power supply system with a hydrogen-oxygen fuel element from the point of view of transfer of the maximum energy to the consumer.

**Results.** Problems by management of transfer of the maximum power from an autonomous power supply system with a hydrogen-oxygen fuel element to load are examined and the most optimal methods of optimization of management of primary source of the electric power are given.

**Scientific novelty.** Criteria of optimal control of autonomous installations of power supply with hydrogen-oxygen fuel elements with the purpose of ensuring transfer a maximum power from a source to load are systematized for the first time.

**Practical importance.** Realization of criteria of optimal control of autonomous power supply installations with hydrogen-oxygen fuel elements will increase efficiency of transfer of electric energy from a source to load.

**Keywords:** Autonomous power supply system, a hydrogen-oxygen fuel cell, maximum power transmission, multi-dimensionality.

УДК 633.63:631.35

ХІМІЧЕВА Г.І., КУРИЛЯК В.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ПЕРЕДУМОВИ ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ СУДНОВОГО ВАЛОПРОВОДУ

**Мета.** Обґрунтування принципів моделювання експлуатаційного процесу підшипників суднового валопроводу.

**Методика.** В процесі дослідження використано загальнонаукові та спеціальні методи математичного моделювання: порівняння, аналогія, аналіз, синтез.

**Результати.** У статті обґрунтовано метод моделювання складних технічно-експлуатаційних процесів, який забезпечує методичні засади побудови математичних моделей шляхом уніфікації процедур моделювання, класифікації критеріїв оцінювання та узагальнення технологічних змінних.

**Наукова новизна.** Обґрунтовано принципи і методи побудови моделей складних технологічних систем шляхом застосування уніфікованих процедур моделювання.

**Практична значимість.** Запропоновані рекомендації щодо вибору уніфікованих процедур моделювання складних технічних процесів обслуговування підшипників суднового валопроводу.

**Ключові слова:** уніфікація процедур, моделювання експлуатаційних процесів, упорно-опорні підшипники.

**Вступ.** Дослідженню питань ефективного обслуговування та функціонування суднової системи валопроводу присвячені праці багатьох вчених. Такі автори як Л.Т. Балицький, В.В. Коливанов, А.А. Хлибов та ін. наголошують у своїх працях на важливість правильного підходу щодо обслуговування деталей суднового валопроводу, які мають ресурс більше 50 000 ходових годин [1-3]. Багато наукових літературних джерел присвячено питанням якісного технічного обслуговування, а саме підшипникових вузлів суднового валопроводу [1,2,4]. Розробці і створенню засобів для технічного обслуговування упорно-опорних підшипників під час експлуатації, присвячені роботи багатьох вчених, зокрема І.А. Куніна, В.А. Максимова, А.К. Нікітіна, І.А. Савіна, А.А. Сручкова та ін. [1,6,7]

Аналіз відомих досліджень показує, що незважаючи на наявність певних методів, інструментів та датчиків по фіксуванню робочих параметрів підшипникових вузлів, а також наявність кваліфікованого обслуговування підшипникових вузлів, фактичний ресурс цих деталей не відповідає вкладеному в них виробником, оскільки основною складовою їх технічного обслуговування є експертний та органолептичні методи.

Покращання процесу технічного обслуговування підшипникових вузлів суднового валопроводу є важливою проблемою кораблебудівної галузі. Комплексний підхід до підвищення якості методів технічного обслуговування підшипників повинен включати як пошук нових конструктивних рішень робочих органів, так і теоретичне обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів. Це обумовлює розвиток сучасної теорії по збереженню ресурсних параметрів деталей, які мають ресурс більше ніж 25 000 тис. робочих годин. Метою такого підходу є синтез оптимальних технологічних параметрів вузлів та обслуговуючого персоналу для забезпечення високої якості на всіх експлуатаційних етапах. Таким чином, теоретичне узагальнення, моделювання та дослідження техніко-технологічного процесу експлуатаційного обслуговування опорних підшипників валопроводу потребує розвитку існуючих методів та підходів в обслуговуванні вузлів, так і розробку нового підходу, який враховував би усі параметри та сприяв виробітку вкладеного виробником ресурсу, запобігаючи при цьому передчасне руйнування деталей вузла.

**Постановка завдання.** Метою даного дослідження є обґрунтування принципів моделювання експлуатаційного процесу обслуговування підшипників суднового валопроводу шляхом уніфікації процедур побудови моделей складних систем та розробки базових засад щодо вдосконалення методології моделювання експлуатаційних процесів.

**Результати дослідження.** Для досягнення поставленої мети необхідно дослідити загальну схему технології обслуговування упорно-опорних підшипників, вивчити особливості моделювання експлуатаційних процесів, визначити мету моделювання та узагальнити теоретичну базу побудови моделей складних систем та запропонувати принципи моделювання експлуатаційних процесів суднових підшипників системи валопроводу. Отже, технічне обслуговування суднових підшипників включає перевірку кожні 12 годин рівня температури, якості мастильного матеріалу, наявності вібрації та шуму, візуальний огляд, перевірку обтиснення гвинтів – раз у три місяці, наявність зазорів між кріпильними деталями і багато інших операцій, які виконуються раз в півроку, або в рік [1]. Від правильної та чіткої організації процесу технічного обслуговування, раціонального використання вимірювальних приладів та наявності кваліфікованого спеціаліста залежить якість роботи не тільки підшипникових вузлів, але всієї валопроводної системи в цілому, оскільки невчасний вихід із ладу підшипникового вузла призводить до неповноцінного функціонування морехідного засобу. Математичне моделювання базується на таких загальних принципах, як інформаційність, здійсненість, множинність. Але при побудові моделей складних експлуатаційних процесів, зокрема технологічних процесів обслуговування підшипників необхідно враховувати деякі додаткові аспекти. Авторами запропоновано застосувати наступні принципи моделювання складних експлуатаційних процесів.

1. Доцільність моделювання – це основоположний принцип побудови будь-яких моделей. Моделювання як процес представлення об'єкта, процесу або явища має бути цілеспрямованим, економічно обґрунтованим і отриманий результат (тобто модель) не повинен підвищувати складність.

2. Наявність достатньої інформації – це принцип інформаційної достатності, тобто для побудови моделі необхідна наявність апріорної інформації, яка дозволяє побудувати адекватну модель. Повнота та невизначеність наявної інформації обумовлюють доцільність, адекватність та ефективність моделювання.

3. Множинність моделювання – це принцип представлення реального об'єкта або процесу множиною моделей, які відображають різноманітні аспекти його функціонування. Вибір типу моделювання, деталізація опису процесу, складність моделі – все це повинно узгоджуватись з цілями та завданнями моделювання.

4. Агрегативність моделі – це принцип моделювання складних систем як сукупності більш простих складових, які об'єднані моделлю більш високого рівня - агрегатом. Ієрархічне уявлення процесу дозволяє суттєво спростити модель складного об'єкта, зосередити увагу на головних аспектах, деталізація яких розглядається на нижчому рівні абстракції.

5. Координованість – це принцип моделювання складної системи через декомпозицію та врахування взаємного впливу автономних підсистем. Будь-який технологічний процес складається з певного набору операцій, що обумовлює цілком природну декомпозицію та моделювання окремих стадій як автономних підсистем, які взаємодіють між собою. Узгодженість параметрів, інформаційних та матеріальних потоків між окремими підсистемами, а також між рівнями агрегування моделі дозволяє ефективно вирішувати складні завдання управління.

Сучасні експлуатаційні процеси мають складну структуру, що обумовлює декомпозицію на взаємопов'язані підсистеми, крізь які проходять матеріальні та інформаційні потоки. Поліпшення техніко-економічних показників функціонування технологічного процесів можливо за умов вирішення завдань координації роботи окремих

ланок експлуатаційного процесу. Виділяють три основні варіанти постановки задачі координації експлуатаційного процесу [9]:

- узгодження матеріальних потоків між підсистемами за умов збереження експлуатаційних режимів суміжних підсистем;
- узгодження експлуатаційних режимів суміжних підсистем за умов поліпшення загального показника якості функціонування експлуатаційного процесу;
- визначення таких параметрів матеріальних потоків та експлуатаційних режимів окремих підсистем, які забезпечать найліпші значення техніко-економічних показників функціонування експлуатаційного процесу.

У загальному вигляді математична постановка задачі координації складного експлуатаційного процесу формулюється наступним чином. Для кожної  $g$ -ої підсистеми складного експлуатаційного процесу треба знайти такі значення вектору параметрів експлуатаційного процесу  $X_g = \{X_{gh}\}$  та вектору управляючих впливів,  $U_g = \{U_{gh}\}$ , які забезпечать максимальне значення критерію ефективності функціонування  $g$ -ої підсистеми:

$$f_g = (X_g U_g \bar{S}_g) \rightarrow \max; U_g \in U, X_g \in X$$

де  $\bar{S}_g$  зафіксований параметр технологічного процесу, який забезпечує координацію  $g$ -ої підсистеми технологічного процесу. Задача координації формалізується наступним чином: знайти такі значення параметрів,  $S_g \in S$ , які, за умови визначених значень параметрів  $X_g$  та управляючих впливів  $U_g$  для кожної підсистеми, забезпечать ефективність технологічного процесу, тобто

$$F(s) = \sum_{g=1}^N a_g f_g(\overline{Xg}, \overline{Ug}, S_g) \rightarrow \max, S_g \in S$$

де  $a_g$  – коефіцієнт відносної важливості  $g$ -ої підсистеми технологічного процесу,  $\overline{Xg}$  та  $\overline{Ug}$  та – рішення відповідних локальних задач для кожної підсистеми,  $N$  – загальна кількість підсистем.

З метою формального уявлення та дослідження техніко-технологічного процесу обслуговування упорно-опорних підшипників автором пропонується розглядати експлуатаційні процеси технічного огляду та обслуговування підшипників суднового валопроводу з точки зору теорії складних систем. Експлуатаційні процеси можна розглядати як складні системи, які характеризуються наступними ознаками [9]:

- велика кількість взаємопов'язаних між собою підсистем та елементів;
- наявність достатньої кількості різноманітних зв'язків та відношень;
- різноманіття цілей та вимог окремих ланок технологічного процесу;
- випадковий характер процесів;
- інваріантність структури;
- неоднорідність фізичної природи, гетерогенність.

Отож, головною метою управління складними експлуатаційними процесами є підвищення ефективності. Поняття ефективності як співвідношення витрат на обслуговування та фактично відпрацьований ресурс є дуже вузьким щодо розглядання функціонування складних систем. Тому будемо розрізняти наступні види ефективності виробничих та експлуатаційних процесів [10]:

1) за рівнем організації експлуатаційного процесу можна виділити: ефективність економіки країни, ефективність машинобудівного сектору, ефективність суднобудівної галузі;

2) за формою ефекту ефективність може бути загальною або частковою;

3) за організаційним рівнем можна відокремити ефективність на рівні окремої бригади чи ланки, ефективність на рівні мореплавства;

4) за функціональним впливом будемо розглядати економічну, технологічну, соціальну, екологічну та т.п. ефективність;

5) за видами заходів або технологічних процесів можна виділити такі види ефективності як, наприклад, ефективність та кваліфікація обслуговуючого персоналу;

Таким чином, проведена класифікація видів ефективності показує, що необхідні загальні принципи формування моделей оцінювання ефективності незалежно від її виду. Найбільш загальний підхід до оцінювання передбачає виділення критеріїв оцінювання та змінних, які впливають на остаточне значення оцінки. Оцінювати ефективність технічного обслуговування підшипників валопроводу лише за допомогою одного критерію неможливо. Це обумовлено складністю експлуатаційних процесів. Наприклад, для оцінювання експлуатаційного функціонування упорно-опорних підшипників можна виділити такі критерії як зменшення ресурсу за рахунок погіршення властивостей мастильного матеріалу, наявність сторонніх частинок в підшипниковому вузлі потрапляння вологи та ін.

На значення цих критеріїв впливають різноманітні фактори, серед яких, наприклад, можна виділити, неправильно підібране мастило, наявність вологи в наслідок потрапляння конденсату, сторонні частинки, надмірне обтиснення гвинтів, перекіс кілець підшипника та ін. Тому слід використовувати багатокритеріальний підхід. Розробка моделей багатокритеріального оцінювання та прийняття рішень є предметом окремого дослідження. Розглянемо лише базові принципи формування моделей багатокритеріального оцінювання. В роботі запропоновано у якості базової моделі багатокритеріального оцінювання технічного процесу експлуатаційного обслуговування підшипникових вузлів суднового валопроводу використовувати мережеву модель комплексного оцінювання. Як доведено в роботі [12], модель мережевого комплексного оцінювання надає можливість отримати агреговану оцінку; врахувати різні групи показників; порівнювати альтернативні варіанти між собою та вибирати найбільш вигідний з точки зору загальної ефективності. У моделі комплексного мережевого оцінювання для згортки показників у групи доцільно застосовувати різні види згорток та експлуатаційні коефіцієнти [10]. Причому експлуатаційні коефіцієнти визначаються у межах кожної групи окремо, що полегшує роботу експертів і робить механізм оцінки більш гнучким.

Таким чином, оцінка технічних процесів обслуговування упорно-опорних підшипників складається з двох видів показників: експертні та інструментальні. Показники «експертні» характеризують певні експлуатаційні умови та технологічні параметри зроблених висновків. Показники «інструменти» відображають певну групу характеристик інструментального вимірювального процесу. Наприклад, можна обирати групи показників за стадіями технічного експлуатаційного процесу, або за видами машин та робочих органів, які використовуються. Якщо показники ефективності технічного процесу обслуговування підшипників мають великий ресурс, неоднорідні за своєю суттю (наприклад, технічні параметри робочих органів та експлуатаційні умови роботи) і мають різні одиниці виміру, то неможливо скласти один агрегований показник шляхом згортання їх значень, а доцільніше сформувати декілька рівнів агрегованих показників, які послідовно будуть згортатися в один. З іншого боку, проміжні агреговані показники дають оцінку різних аспектів технічного процесу обслуговування і можуть використовуватися в процесі оцінювання як самостійні.

Узагальнюючи проведені дослідження можна зробити висновок, що головною метою моделювання технічних процесів обслуговування підшипників є підвищення ефективності за рахунок визначення та обґрунтування параметрів експлуатаційних процесів і технічних засобів вимірювання. Дослідження експлуатаційних процесів на основі моделювання дозволяє визначити технічні змінні, їх взаємозв'язки та взаємовплив, виділити техніко-економічні показники, оцінити вплив на прибутковість, визначити напрямки розвитку та шляхи вдосконалення технологічної бази вимірювальних засобів. Досягнення поставленої мети та вирішення відповідних задач можливо за умов розробки методичних засад моделювання та оптимізації експлуатаційних процесів стосовно різних умов функціонування.

**Висновки.** Таким чином, проведений аналіз різноманітних аспектів щодо моделювання технічних процесів галузі обслуговування підшипникових вузлів, дозволяє зробити наступні висновки:

- технічно-логічні процеси обслуговування відносяться до класу складних систем, які характеризуються наявністю великої кількості параметрів та змінних, динамікою, неповнотою інформації, складністю структури, гетерогенністю фізичної природи, взаємним впливом та наявністю зворотних зв'язків між складовими;

- моделювання складних технічних процесів обслуговування підшипників повинно базуватися на певному наборі принципів, що забезпечують методичні засади побудови моделей шляхом уніфікації процедур моделювання, класифікації критеріїв оцінювання та узагальнення технологічних змінних;

- основними принципами моделювання технології обслуговування та правильної експлуатації підшипників суднового валопроводу запропоновано визначити: а) доцільність моделювання; б) наявність достатньої інформації; в) множинність; г) агрегативність; д) координованість.

### Список використаних джерел

1. Балацкий Л.Т. Анализ повреждений гребных валов на крупнотоннажных нефтеналивных судах типа «Прага» / Л.Т. Балацкий и др. // Морской флот, 1970. – 309 с.
2. Колыванов В.В. Поломки гребных валопроводов. Прикладная механика и технологии машиностроения / В.В. Колыванов, Сборник научных трудов № 2 (13), 2008. – 298 с.
3. Хлыбов А.А. Методика оценки технического состояния гребных валов / А.А. Хлыбов, В.В. Колыванов / Вестник АГТУ. Морская техника и технология. №1 2010. – 239 с.
4. Коровчинский М.В. Теоретические основы работы подшипников скольжения / М. В. Коровчинский М. : Машгиз, 1959. – 404 с.
5. Кунин, И. А. Гидродинамическая теория смазки упорных подшипников / И. А. Кунин М. : Изд-во АН СССР (Сиб. отд.), 1960. – 130 с.
6. Максимов, В. А. Трибология подшипников и уплотнений жидкостного трения высокоскоростных турбомашин / В. А. Максимов, Г. С. Бат-кис Казань. : Фэн, 1998. – 428 с.
7. Стручков, А. А. Повышение надежности опорных узлов роторов путем совмещения подшипников качения и скольжения / А. А. Стручков, Л. А. Савин, Р. Н. Поляков / Материалы Международной НТК «Надежность и ремонт машин», М. : Гагры, 2004. – 389 с.
8. Ладанюк А.П. Системний аналіз складного об'єкта в задачах діагностики та координації [Електронний ресурс] / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць. – Режим доступу: [http://dSPACE.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1076/1/Sist\\_anTK.pdf](http://dSPACE.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1076/1/Sist_anTK.pdf)
9. Яценко В. С. Эксплуатация судовых валопроводов / В.С. Яценко – М. : Транспорт, 1968. – 171 с.
10. Штерензон В.А. Моделирование технологических процессов / В.А. Штерензон. – Екатеринбург. : Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та. – 2010. – 66 с.

### References

1. Balatsky, L.T. (1970) *Analysis of the damage to the propeller shafts of large oil tankers [Researches in the field of shipbuilding]*. Prague: NAVY [in Russian].
2. Kolyvanov, V.V. (2008) *Breakdown propeller shaft lines. Applied Mechanics and mechanical engineering [Collection of scientific papers]*. Kyiv: KNUITD [in Ukrainian]. Kyiv: AGTU [in Ukrainian].
3. Khlybov, A.A. (2010) *Methods of assessing the technical condition of the propeller shafts. [Marine engineering and technology]*. Moscow: ASTU [in Russian].
4. Korovchinsky, M.V. (1959) *Theoretical basics of sliding bearings [Researches in the field of shipbuilding]*. Moscow: MASHGIZ [in Russian].

5. Kunin, I.A. (1960) *Hydrodynamic theory of lubrication thrust bearings [Researches in the field of shipbuilding]*. Moscow: USSR [in Russian].
6. Maksimov, V.A. (1998) *Tribology bearings and seals fluid friction high-speed turbomachinery text [tribotehnolohiya engineering]* Kazan: FAN [in Russian].
7. Pod, A. (2004) *Improving the reliability of the support units of the rotors by aligning roller and plain bearings [Materials of international STC Reliability and repair of cars]*. Moscow: GAGRA [in Russian].
8. Ladanyuk A.P. (2014) *Systemic analiz collapsible ob'ekta in problems that koordinatsiya diagnostiki [Electron resource]*:  
[http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1076/1/Sist\\_anTK.pdf](http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1076/1/Sist_anTK.pdf)
9. Yatsenko V.S. (1968) *Operation of ship shafting [Transport]*. Moscow: GAGRA [in Russian].
10. Shterenzon V.A. (2010) *Modeling of processes [mathematical modeling]*. Ekaterinburg: USSR [in Ukrainian].

## ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОДШИПНИКОВ СУДОВОГО ВАЛОПРОВОДА

ХИМИЧЕВА А.И., КУРИЛЯК В.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Обоснование принципов моделирования процесса эксплуатации подшипников судового валопровода.

**Методика.** В процессе исследования использованы общенаучные и специальные методы математического моделирования: сравнение, аналогия, анализ, синтез.

**Результаты.** В статье обоснован метод моделирования сложных технико-эксплуатационных процессов, который обеспечивают методические основы построения математических моделей путем унификации процедур моделирования, классификации критериев оценивания и обобщения технологических переменных.

**Научная новизна.** Обоснованы принципы и методы построения моделей сложных технологических систем путем использования унифицированных процедур моделирования.

**Практическая значимость.** Предложены рекомендации по выбору унифицированных процедур моделирования сложных технических процессов обслуживания подшипников судового валопровода.

**Ключевые слова:** унификация процедур, моделирование эксплуатационных процессов, упорно-опорные подшипники.

## MATHEMATICAL MODELING OF MAINTENANCE SHIP SHAFTING BEARINGS

KHIMICHEVA A., KURYLIAK V.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Defining the principles of operational service process modeling ship shafting bearings.

**Methodology.** The study used general scientific and specific methods of mathematical modeling, comparison, analogy, analysis, synthesis.

**Findings.** The article described a method of modeling complex technical and operational processes, providing methodological principles of construction of mathematical models to unify the procedures by modeling, classification criteria evaluation and synthesis of process variables.

**Originality.** The theoretical basis for constructing models of complex systems and modeling of proposed principles.

**Practical value.** The features of modeling operational processes, thrust bearings shipboard shaft lines.

**Keywords:** standardization of procedures, modeling of operational processes, thrust-bearings.

УДК 621.316.544.1

ЛІСОВЕЦЬ С.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСУ SPI ДЛЯ ЗВ'ЯЗКУ МІКРОКОНТРОЛЕРА ІЗ ПЕРИФЕРІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ

**Мета.** Розширення функціональних можливостей засобів автоматизації шляхом підключення до мікроконтролера різних периферійних пристроїв за допомогою інтерфейсу SPI.

**Методика.** Полягає у дослідженні режимів обміну даними між мікроконтролерами типу ATmega32 фірми Atmel та такими периферійними пристроями, як мікросхема аналого-цифрового перетворювача MCP3204, які є складовими частинами плати AVRPLC16 v6 PLC System виробництва MikroElektronika D.O.O.

**Результати.** Отримано рекомендації щодо вибору режимів роботи мікроконтролерів типу ATmega32 фірми Atmel та побудови схем підключення до них периферійних пристроїв на прикладі мікросхеми аналого-цифрового перетворювача MCP3204.

**Наукова новизна.** Встановлено, що застосування інтерфейсу SPI дозволяє виконувати до кількох десятків тисяч вибірок сигналів за одну секунду, забезпечивши, таким чином, отримання даних про швидкоплинні технологічні процеси.

**Практична значимість.** Застосування інтерфейсу SPI дозволяє будувати складні системи автоматизації із мінімізацією витрат на підключення периферійних пристроїв.

**Ключові слова:** послідовний периферійний інтерфейс, ведучий пристрій, ведений пристрій, аналого-цифровий перетворювач, мікроконтролер, диференціальна нелінійність, інтегральна нелінійність.

**Вступ.** Послідовний периферійний інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface) застосовується в усіх мікроконтролерах ATmega фірми Atmel [1]. Необхідно зауважити, що в мікроконтролерах цієї фірми він може застосовуватися для виконання двох задач: по-перше, через інтерфейс SPI можливо виконувати послідовне програмування мікроконтролерів; по-друге, через інтерфейс SPI можливо виконувати безпосередній обмін даними із периферійними пристроями.

При обміні даними по інтерфейсу SPI мікроконтролер ATmega32 може виступати в ролі або ведучого пристрою (режим “Master”), або веденого пристрою (режим “Slave”) – таким чином, визначається той пристрій, який ініціює передачу даних. Інтерфейс SPI є синхронним інтерфейсом, тобто передача даних від ведучого до веденого або навпаки завжди синхронізується із загальним тактовим сигналом, який генерується ведучим пристроєм (наприклад, ним може бути мікроконтролер ATmega32) [2, 3, 4].

Для роботи по інтерфейсу SPI застосовуються чотири лінії цифрових сигналів: MOSI, MISO, SCK та  $\overline{SS}$  (якщо інтерфейс SPI не використовується, ці чотири лінії застосовуються як лінії портів введення/виведення загального призначення). Мікроконтролер ATmega32 в режимі “Master” зазвичай використовує лінію MOSI для передачі даних до веденого пристрою, лінію MISO – для отримання даних від веденого пристрою, лінію SCK – для передачі до веденого пристрою тактового сигналу, лінію  $\overline{SS}$  – для вибору поточного веденого пристрою. А в режимі “Slave” ведений пристрій зазвичай використовує лінію MOSI для отримання даних від ведучого пристрою, лінію MISO – для передачі даних до ведучого пристрою, лінію SCK – для отримання від ведучого пристрою тактового сигналу, лінію  $\overline{SS}$  – для переведення себе в режим “Slave”.

**Постановка завдання.** В якості об'єкта дослідження було обрано процеси обміну даними між мікроконтролерами фірми Atmel та периферійними пристроями, зокрема, мікросхемою аналого-цифрового перетворювача MCP3204 виробництва Microchip Technology Inc. (див. рис. 1), за допомогою інтерфейсу SPI.

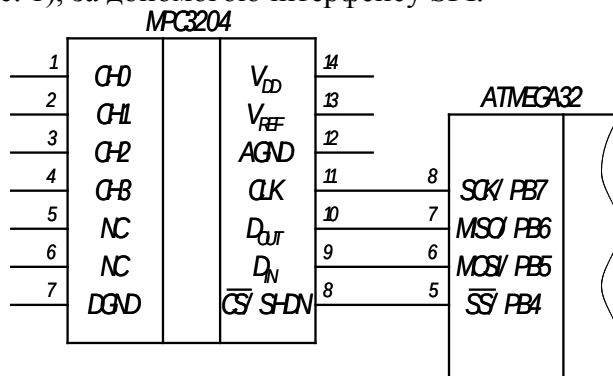


Рис. 1 Мікросхема MCP3204 (корпус PDIP, SOIC або TSSOP)

Предметом дослідження було отримання інформації про: швидкодію інтерфейсу SPI, складність з'єднання між собою мікроконтролера Atmel ATmega32 та мікросхеми MCP3204, необхідність застосування додаткових електронних узгоджуючих елементів, максимальну довжину лінії зв'язку інтерфейсу SPI, максимальну помилку (яка може виникнути) при передачі даних та складність програмування мікросхеми MCP3204. Причому для дослідження було обрано плату AVRPLC16 v6 PLC System виробництва MikroElektronika D.O.O. – засіб розробки та відлагодження програмного забезпечення для мікроконтролерів фірми Atmel [5].

**Результати дослідження.** Мікросхема MCP3204 мала роздільну здатність 12 біт (4 однакових канали вимірювання відносно загального дроту або 2 диференціальних канали вимірювання) та дозволяла здійснювати до 100000 вибірок за одну секунду, тобто частота вибірок  $f_{SAMPLE} = 100 \text{ кГц}$ . При цьому тактова частота  $f_{CLK}$  сигналу, який подається на мікросхему MCP3204 від мікроконтролера ATmega32 по лінії SCK, визначалася за формулою:

$$f_{CLK} = 20 f_{SAMPLE} = 20 \cdot 0,1 \text{ МГц} = 2,0 \text{ МГц}. \quad (1)$$

Необхідно зауважити, що така кількість вибірок забезпечувалася при напрузі живлення мікросхеми MCP3204  $V_{DD} = 5,0 \text{ В}$ , але при напрузі живлення  $V_{DD} = 2,7 \text{ В}$  вона знижувалася до 50000. Диференціальна нелінійність мікросхеми MCP3204 не перевищувала  $\pm 1$  одиниці молодшого розряду, а інтегральна нелінійність – не перевищувала  $\pm 1$  або  $\pm 2$  одиниці молодшого розряду (в залежності від модифікації мікросхеми MCP3204).

Цифровий код *Digital Output Code*, який формувалася мікросхемою MCP3204, визначався за формулою

$$\text{Digital Output Code} = 4096 \frac{V_{IN}}{V_{REF}}, \quad (2)$$

де  $V_{IN}$  – вхідна напруга мікросхеми MCP3204;

$V_{REF}$  – опорна напруга мікросхеми MCP3204.

Опорна напруга  $V_{REF} = 4,096 \text{ В}$  формувалася за допомогою мікросхеми MCP1541 виробництва Microchip Technology Inc.

Для введення даних застосовувався вивід  $D_{IN}$  (лінія MOSI) мікросхеми MCP3204, для виведення даних – вивід  $D_{OUT}$  (лінія MISO), для приймання тактового сигналу – вивід CLK (лінія CLK), для початку обміну даними – вивід  $\overline{CS}/SHDN$  (лінія  $\overline{SS}$ ).

Модуль SPI мікроконтролера ATmega32 мав у своєму складі три регістри: регістр управління SPCR, регістр стану SPSR та регістр даних SPDR.

Ввімкнення/вимкнення інтерфейсу SPI виконувалося встановленням/скиданням біта SPE регістра управління SPCR. При необхідності дозволу/заборони переривань від інтерфейсу SPI необхідно було встановити/скинути біт SPIE регістра управління SPCR, але така можливість не застосовувалася.

Встановлення/скидання біта MSTR регістра управління SPCR дозволяло перевести інтерфейс SPI в режим “Master”/“Slave”. Так як мікросхема MCP3204 завжди працює в режимі “Slave”, то відповідно мікроконтролер ATmega32 повинен був працювати в режимі “Master”, а біт MSTR регістра управління SPCR повинен був бути встановленим.

Згідно із специфікацією інтерфейсу SPI взаємодія із периферійними пристроями можлива в одному з чотирьох режимів передачі даних. Ці режими задають відповідність між полярністю тактового сигналу SCK (генеруються імпульси або позитивної, або негативної полярності) та моментом зчитування даних (по передньому або по задньому фронту). Відповідно, для генерування тактових сигналів позитивної полярності необхідно було встановити біт CPOL регістра управління SPCR, а для генерування тактових сигналів негативної полярності – скинути біт CPOL регістра управління SPCR. Аналогічно для обробки даних по передньому фронту тактових сигналів SCK необхідно було встановити біт CPHA регістра управління SPCR, а для обробки даних по задньому фронту тактових сигналів SCK – скинути біт CPHA регістра управління SPCR.

Встановленням чи скиданням бітів SPR1 та SPR2 регістра управління SPCR (які задають коефіцієнт ділення тактової частоти мікроконтролера ATmega32) задавалася частота тактового сигналу SCK. Подвоєння частоти тактового сигналу SCK шляхом встановлення біта SPI2X регістра управління SPCR не застосовувалося.

Після передачі чергового байту модулем SPI мікроконтролера ATmega32 встановлювався біт SPIF регістра статусу SPSR. Контроль передачі чергового байту здійснювався шляхом аналізу стану біта WCOL регістра статусу SPSR, який встановлювався при спробі запису в регістр даних SPDR під час здійснення цієї передачі.

Еквівалентна схема вимірювального каналу згідно із специфікацією Microchip Technology Inc. на мікросхемі MCP3204/3208 наведена на рис. 2.

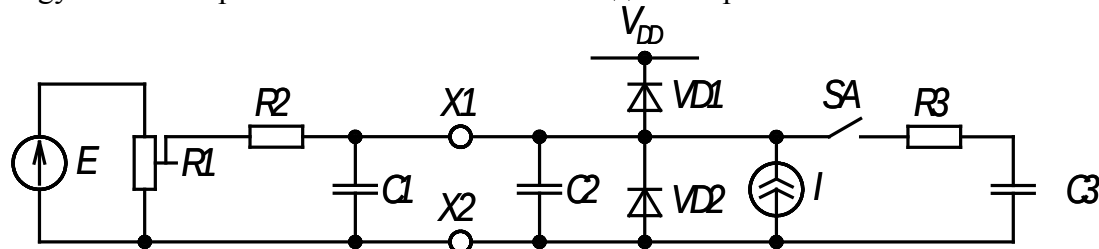


Рис. 2 Еквівалентна схема вимірювального каналу із застосуванням мікросхеми MCP3204

В якості джерела напруги  $E$  застосовувалася батарея з чотирьох Ni–MH акумуляторів з ЕРС приблизно 1,25 В кожний (залежала від ступеня розряду кожного з акумуляторів), тому загальна ЕРС батареї складала приблизно 5,00 В. Резистор  $R1$  призначався для отримання напруги в діапазоні від 0,00 до 5,00 В і мав опір  $1\text{ кОм}$  – це дозволяло, з одного боку, не шунтувати батарею акумуляторів, а з іншого боку виключити

вплив вхідного опору аналого-цифрового перетворювача мікросхеми MCP3204 на результат вимірювання. Для виключення короткого замикання акумуляторної батареї при верхньому по схемі положенні повзунка резистора R1 (див. рис. 2) застосовувався резистор R2 опором 100 Ом. Підключення акумуляторної батареї здійснювалося кабелем типу КАЭФП довжиною приблизно 0,8 м, тому при погонній ємності 45 нФ/м ємність цього відрізка кабелю складала

$$0,8 \text{ м} \cdot 45 \text{ нФ/м} = 36 \text{ нФ}. \quad (3)$$

На еквівалентній схемі (див. рис. 2) ця ємність позначалася як конденсатор C1. Конденсатор C2 на еквівалентній схемі відповідав вхідній ємності входів CH0, CH1, CH2 або CH3 мікросхеми MCP3204, яка становила приблизно 7 нФ згідно із специфікацією Microchip Technology Inc. на мікросхемі MCP3204/3208. Вбудовані діоди VD1 та VD2 захищали входи CH0, CH1, CH2 та CH3 мікросхеми MCP3204 від перенапружень. Струм витоку джерела струму I згідно із тією ж специфікацією становив приблизно  $\pm 1 \text{ нА}$ , тобто міг протікати як в напрямку до загального дроту, так і в напрямку від нього. Пристрій комутації каналів CH0, CH1, CH2 та CH3 мікросхеми MCP3204 позначався як вимикач SA та резистор R3, що мав внутрішній опір приблизно 1 кОм. Ємність входу аналого-цифрового перетворювача мікросхеми MCP3204 становила приблизно 20 нФ та позначалася як конденсатор C3.

Виконання аналого-цифрового перетворення вхідної напруги мікросхемою MCP3204 та передача результату вимірювання по інтерфейсу SPI мали певні особливості. В основному це було пов'язано з тим, що мікроконтролер ATmega32 міг передавати та приймати дані, тільки кратні 8 бітам, тобто 1 байту. Перед початком перетворення мікросхема MCP3204 завжди повинна була переводитися в неактивний стан подачею на вивід  $\overline{CS}$  напруги високого рівня.

Після подачі на вивід  $\overline{CS}$  напруги низького рівня мікросхема MCP3204 була готова до виконання аналого-цифрового перетворення, яке починалося з подачі на її вхід  $D_{IN}$  послідовно п'яти бітів: біта Start (початок перетворення), біта SGL/DIFF (вибір входів відносно загального дроту або диференціальних входів) та бітів D2, D1, D0 (вибір номера каналу). Саме перетворення виконувалося між четвертим тактом тактового сигналу SCK (наростаючий фронт) і п'ятим тактом тактового сигналу SCK (спадаючий фронт) після встановлення біта Start.

Одразу ж після виконання аналого-цифрового перетворення з виходу мікросхеми MCP3204 починалася передача результату вимірювання. Спочатку передавався біт 0 (нульовий біт), а потім по черзі передавалися біти з B11 (старший розряд) по B0 (молодший розряд). Так як розрядність регістра даних SPDR мікроконтролера ATmega32 становила 8 біт, то кілька додаткових бітів перед бітом 0 (нульовим бітом) та після біта B0 (молодшого розряду) були невизначеними.

Мінімальна частота тактового сигналу SCK не повинна була бути менше приблизно 10 кГц – це пов'язано з тим, що при меншій тактовій частоті з вимірювального конденсатора аналого-цифрового перетворювача мікросхеми MCP3204 (конденсатор C3 на рис. 2) починав стікати електричний заряд, і результат вимірювання ставав невірним.

Необхідно також зауважити, що таке швидкісне аналого-цифрове перетворення було досить чутливим до наявності шумів та імпульсних перешкод. Тому згідно із специфікацією Microchip Technology Inc. на мікросхемі MCP3204/3208 рекомендувалося застосовувати на вході мікросхеми MCP3204 фільтр нижніх частот другого порядку на, наприклад, операційному підсилювачі MCP601 виробництва тієї ж Microchip Technology Inc. А смугу пропускання такого фільтра визначати згідно із необхідною максимальною кількістю

вибірок за одну секунду. Крім того, рекомендувалося підключати між виводом  $V_{DD}$  напруги живлення мікросхеми MCP3204 і загальним дротом конденсатор ємністю  $1\text{ мкФ}$ , при наявності кількох мікросхем MCP3204 живлення до них подавати з однієї точки живлення, а підключення виводів AGND аналогової “землі” та DGND цифрової “землі” мікросхеми MCP3204 до загального дроту виконувати окремими провідниками.

**Висновки.** В результаті проведення досліджень та наступного аналізу швидкісного вимірювання напруги мікросхемою MCP3204 та керування нею через інтерфейс SPI можна зробити наступні висновки.

По-перше, мікросхема MCP3204 (а також аналогічні їй за характеристиками, наприклад, MCP3004 або MCP3304 виробництва Microchip Technology Inc.) є ефективним швидкісним засобом введення значення напруги, причому її точність є досить високою. По-друге, застосування інтерфейсу SPI дозволяє до одного мікроконтролера підключати до кількох десятків периферійних пристроїв, створюючи таким чином автоматизовані системи багатоканального збору даних. По-третє, вартість мікросхеми MCP3204 складає приблизно \$2,50, тобто є відносно невеликою. Вчетверте, програмування мікросхеми MCP3204 є простим і не потребує застосування складних інтерфейсів обміну даними (крім, звичайно, інтерфейсу SPI). Вп’яте, технологія виробництва мікросхем серії MCP32xx добре налагоджена, внаслідок чого забезпечується часова стабільність їх електричних та температурних характеристик. Тому мікросхеми серії MCP32xx можна рекомендувати для застосування при створенні недорогих автоматизованих систем багатоканального збору даних.

#### Список використаних джерел

1. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы Atmel, 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2005. – 560 с.
2. Мортон Дж. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 272 с.: ил. (Серия «Мировая электроника»)
3. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы (+CD), 2-е изд. испр. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 288 с.: ил. (серия «Мировая электроника»).
4. Белов А.В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. – Пб.: Наука и Техника, 2008. – 544 с.: ил. + CD.

---

#### References

1. Evstifeev, A.V. (2005). *Mikrokontrolleryi AVR semeystv Tiny i Mega firmyi Atmel* [Microcontrollers of AVR of families of Tiny and Mega of firm Atmel]. Moscow: Publishing house of «Dodeka-XXI» [in Russia].
2. Morton, J. (2006). *Mikrokontrolleryi AVR. Vvodnyiy kurs* [Microcontrollers of AVR. An introductory course]. Moscow: Publishing house of «Dodeka-XXI» [in Russia].
3. Baranov, V.N. (2006). *Primenenie mikrokontrollerov AVR: shemyi, algoritmyi, programmy* [Application of microcontrollers of AVR : charts, algorithms, programs]. Moscow: Publishing house of «Dodeka-XXI» [in Russia].
4. Belov, A.V. (2008). *Samouchitel razrabotchika ustroystv na mikrokontrollerah AVR* [Manual for self-tuition of developer of devices on the microcontrollers of AVR]. Saint Petersburg: Science and technique [in Russia].
5. [www.mikroe.com/avrplc16](http://www.mikroe.com/avrplc16).

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСА SPI ДЛЯ СВЯЗИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА С ПЕРИФЕРИЙНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

ЛИСОВЕЦ С.Н.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Расширение функциональных возможностей средств автоматизации путём подключения к микроконтроллеру различных периферийных устройств с помощью интерфейса SPI.

**Методика.** Заключается в исследовании режимов обмена данными между микроконтроллерами типа ATmega32 фирмы Atmel и такими периферийными устройствами, как микросхема аналого-цифрового преобразователя MCP3204, которые являются составными частями платы AVRPLC16 v6 PLC System производства MikroElektronika D.O.O.

**Результаты.** Получены рекомендации относительно выбора режимов работы микроконтроллеров типа ATmega32 фирмы Atmel и построения схем подключения к ним периферийных устройств на примере микросхемы аналого-цифрового преобразователя MCP3204.

**Научная новизна.** Установлено, что применение интерфейса SPI позволяет выполнять до нескольких десятков тысяч выборок сигналов за одну секунду, обеспечив, таким образом, получение данных о быстротекущих технологических процессах.

**Практическая значимость.** Применение интерфейса SPI позволяет строить сложные системы автоматизации с минимизацией расходов на подключение периферийных устройств.

**Ключевые слова:** *последовательный периферийный интерфейс, ведущее устройство, ведомое устройство, аналого-цифровой преобразователь, микроконтроллер, дифференциальная нелинейность, интегральная нелинейность.*

## APPLICATION OF INTERFACE SPI FOR CONNECTION OF MICROCONTROLLER WITH PERIPHERAL UNITS

LISOVETS S.N.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Expansion of functional possibilities of facilities of automation by connecting to the microcontroller of different peripheral units by the interface of SPI.

**Methodology.** Consists in research of the modes of exchange of data between microcontrollers as ATmega32 of firm Atmel and such peripheral units, as a microcircuit of ADC of MCP3204, that are component parts of pay of AVRPLC16 v6 PLC System productions of MikroElektronika D.O.O.

**Findings.** Recommendations are got in relation to the choice of the modes of operations of microcontrollers as ATmega32 of firm Atmel and construction of charts of connection to them of peripheral units on the example of microcircuit of ADC MCP3204.

**Originality.** It is set that application of interface of SPI allows executing to a few tens of thousands of selections of signals for one second, providing, thus, the receipt of data about fleeting technological processes.

**Practical value.** Application of interface of SPI allows to build the difficult systems of automation with minimization of charges on connection of peripheral units.

**Keywords:** *serial peripheral interface, driving equipment, driven equipment, analog-to-digital converter, microcontroller, differential nonlinearity, integral nonlinearity.*

УДК 677.055

МУЗИЧИШИН С. В., ППА Б. Ф.

Київський національний університет технологій та дизайну

**МАТЕМАТИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПО ОЦІНЦІ  
ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ КРУГЛОВ'ЯЗальної  
МАШИНИ КО-2 НА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ  
ПРИВОДУ**

**Мета.** Проведення математичного експерименту по оцінці впливу параметрів круглов'язальної машини КО-2 на динамічні навантаження привода.

**Методика.** Використані сучасні математичні методи планування, аналізу та статистичної обробки результатів експерименту динамічних процесів в в'язальних машинах та автоматах.

**Результати.** На основі аналізу особливостей круглов'язальних машин встановлена доцільність використання методів математичного планування та проведення експериментальних досліджень впливу параметрів машини на динамічні навантаження, що виникають в приводі під час пуску. Виявлено основні параметри, що впливають на величину динамічних навантажень. В результаті виконаних досліджень одержані рівняння регресії, що дозволяють оперативно знаходити величину динамічних навантажень привода в залежності від основних параметрів машини. Результати досліджень можуть бути використані для розрахунку динамічних навантажень та оцінки впливу параметрів привода на їх величину будь-яких типів в'язальних машин та автоматів.

**Наукова новизна.** Розробка методу математичного експерименту оцінки впливу параметрів круглов'язальних машин типу КО на динамічні навантаження привода.

**Практична значимість.** Розробка інженерного методу проведення математичного експерименту по оцінці впливу параметрів круглов'язальної машини на динамічні навантаження привода.

**Ключові слова:** в'язальна машина, привід в'язальної машини, динамічні навантаження привода, математичний експеримент, рівняння регресії.

**Вступ.** Одним із найбільш суттєвих факторів, що впливають на ефективність роботи в'язальних машин та автоматів, є динамічні навантаження, що виникають в приводі в період несталих режимів роботи (пуск, зупинка, перемикання механізмів та ін.) [1- 4]. Для розв'язання актуальної проблеми підвищення ефективності роботи в'язальних машин та автоматів важливим є проведення досліджень впливу параметрів привода на динамічні навантаження. Однак відсутність рекомендацій по вибору раціональних параметрів привода та режиму його роботи стримує вирішення цієї задачі.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи в'язальних машин та автоматів шляхом зниження динамічних навантажень, стаття присвячена математичному експерименту по оцінці впливу параметрів круглов'язальної машини КО-2 на динамічні навантаження привода.

**Результати дослідження.** Аналіз досліджень [1-4] показує, що на ефективність в'язальних машин та автоматів (продуктивність та якість виробів) суттєво впливають динамічні навантаження, що виникають в приводі під час несталих режимів роботи. Метою математичного експерименту є виявлення основних факторів, що впливають на динамічні навантаження, та отримання рівнянь регресії, які дають можливість оперативно та достовірно оцінити ефективність впливу цих факторів на динамічні навантаження привода. При проведенні математичного експерименту був вибраний рототабельний план другого порядку, як найбільш ефективний при вирішенні задач аналізу багатьох факторів на функцію цілі [5, 6].

У якості факторів, що суттєво впливають на динамічні навантаження в приводі круглов'язальної машини КО-2, прийняті:

$X_1$  – пусковий момент електродвигуна (тут і надалі мається на увазі приведені значення параметрів) ( $T_1$ );

$X_2$  – момент інерції ротора електродвигуна з урахуванням моменту інерції ведучого шківів клинопасової передачі ( $J_1$ );

$X_3$  – жорсткість пружної в'язі, що з'єднує першу та другу маси привода ( $C_{12}$ );

Вихідні параметри (функції цілі):

$Y_1$  – максимальне динамічне навантаження в пружній в'язі, що з'єднує першу та другу маси привода;

$Y_2$  – максимальне динамічне навантаження в пружній в'язі, що з'єднує другу та третю маси круглов'язальної машини.

У відповідності з поставленою метою досліджень авторами вирішувалась трьохфакторна задача. В якості “ядра” плану експерименту використана матриця повного факторного експерименту [6]. “Зоряні” точки будуємо на осях координат на відстані плеча  $l = 1,682$ . При цьому необхідна кількість дослідів становить:  $N = 20$ . Кодування факторів здійснювалось по співвідношенню [6]:

$$X_i = \frac{C_i - C_{i0}}{\Delta C_i}, \quad (1)$$

де  $X_i$  – кодована величина фактору;  $C_i$  – натуральна величина фактору;

$C_{i0}$  – натуральна величина фактору на нульовому рівні;  $\Delta C_i$  – інтервал варіювання фактору.

Враховуючи технічну характеристику круглов'язальної машини КО-2 [2, 7], в якості нульових величин досліджуваних факторів приймаємо:  $C_{10} = T_{10} = 48,6$  Нм;  $C_{20} = J_{10} = 0,023$  кгм<sup>2</sup>;  $C_{30} = C_{120} = 1940$  Нм/рад. В якості діапазону та інтервалів варіювання досліджуваних факторів, враховуючи конструктивні особливості круглов'язальних машин типу КО та перспективи їх удосконалення, приймаємо:

$$\begin{aligned} T_1 &= (25,05 \dots 72,15) \text{ Нм}; & \Delta T_1 &= 14 \text{ Нм}; \\ J_1 &= (0,005 \dots 0,041) \text{ кгм}^2; & \Delta J_1 &= 0,0107 \text{ кгм}^2; \\ C_{12} &= (258 \dots 3622) \text{ Нм/рад}; & \Delta C_{12} &= 1000 \text{ Нм/рад}. \end{aligned}$$

Таким чином зв'язок між кодованими та натуральними величинами факторів буде наступним:

$$X_1 = \frac{T_1 - 48,6}{14}; \quad X_2 = \frac{J_1 - 0,023}{0,0107}; \quad X_3 = \frac{C_{12} - 1940}{1000} \quad (2)$$

Рівні та інтервали варіювання досліджуваних факторів наведено в табл. 1.

Використовуючи результати табл. 1 та рекомендації [6], побудована робоча матриця та матриця планування експерименту (табл. 2).

У відповідності з планом експерименту нами була проведена серія математичних експериментів, включаючи 20 дослідів – 20 варіантів розрахунків з використанням відомої методики [2], вихідних даних (параметри приведені до валу електродвигуна):  $T_1 = 48,6$  Нм;  $T_2 = 4,4$  Нм;  $T_3 = 17,7$  Нм;  $J_1 = 0,023$  кгм<sup>2</sup>;  $J_2 = 0,041$  кгм<sup>2</sup>;  $J_3 = 0,021$  кгм<sup>2</sup>;  $C_{12} = 1940$  Нм/рад;  $C_{23} = 3062$  Нм/рад та табл. 2. Результати розрахунків наведені в табл. 3.

Таблиця 1

**Рівні та інтервали варіювання факторів**

| Фактори                                                              | Рівні варіювання |       |       |        |       | Інтервал варіювання фактора |
|----------------------------------------------------------------------|------------------|-------|-------|--------|-------|-----------------------------|
|                                                                      | -1,682           | -1    | 0     | 1      | 1,682 |                             |
| Пусковий момент електродвигуна $T_1$ , Нм ( $X_1$ )                  | 25,05            | 34,6  | 48,6  | 62,6   | 72,15 | 14                          |
| Момент інерції першої маси машини $J_1$ , кгм <sup>2</sup> ( $X_2$ ) | 0,005            | 0,123 | 0,023 | 0,0337 | 0,041 | 0,0107                      |
| Жорсткість пружної в'язі $C_{12}$ , Нм/рад ( $X_3$ )                 | 258              | 940   | 1940  | 2940   | 3622  | 1000                        |

Таблиця 2

**Робоча матриця та матриця планування експерименту**

| № дослідів | Робоча матриця (параметри) |                          |                   | Матриця планування |        |        |
|------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|--------|--------|
|            | $T_1$ , Нм                 | $J_1$ , кгм <sup>2</sup> | $C_{12}$ , Нм/рад | $X_1$              | $X_2$  | $X_3$  |
| 1          | 62,6                       | 0,0337                   | 2940              | +                  | +      | +      |
| 2          | 62,6                       | 0,0337                   | 940               | +                  | +      | -      |
| 3          | 62,6                       | 0,0123                   | 2940              | +                  | -      | +      |
| 4          | 62,6                       | 0,0123                   | 940               | +                  | -      | -      |
| 5          | 34,6                       | 0,0337                   | 2940              | -                  | +      | +      |
| 6          | 34,6                       | 0,0337                   | 940               | -                  | +      | -      |
| 7          | 34,6                       | 0,0123                   | 2940              | -                  | -      | +      |
| 8          | 34,6                       | 0,0123                   | 940               | -                  | -      | -      |
| 9          | 25,05                      | 0,0230                   | 1940              | -1,682             | 0      | 0      |
| 10         | 72,15                      | 0,0230                   | 1940              | +1,682             | 0      | 0      |
| 11         | 48,6                       | 0,0050                   | 1940              | 0                  | -1,682 | 0      |
| 12         | 48,6                       | 0,0410                   | 1940              | 0                  | +1,682 | 0      |
| 13         | 48,6                       | 0,0230                   | 258               | 0                  | 0      | -1,682 |
| 14         | 48,6                       | 0,0230                   | 3622              | 0                  | 0      | +1,682 |
| 15         | 48,6                       | 0,0230                   | 1940              | 0                  | 0      | 0      |
| 16         | 48,6                       | 0,0230                   | 1940              | 0                  | 0      | 0      |
| 17         | 48,6                       | 0,0230                   | 1940              | 0                  | 0      | 0      |
| 18         | 48,6                       | 0,0230                   | 1940              | 0                  | 0      | 0      |
| 19         | 48,6                       | 0,0230                   | 1940              | 0                  | 0      | 0      |
| 20         | 48,6                       | 0,0230                   | 1940              | 0                  | 0      | 0      |

Таблиця 3

**Результати математичного експерименту динамічних навантажень в приводі  
круглов'язальної машини КО-2**

| Номер дослідів | Максимальне навантаження |                       | Номер дослідів | Максимальне навантаження |                       |
|----------------|--------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|
|                | $T_{12max}(Y_1)$ , Нм    | $T_{23max}(Y_2)$ , Нм |                | $T_{12max}(Y_1)$ , Нм    | $T_{23max}(Y_2)$ , Нм |
| 1              | 93,778                   | 66,457                | 11             | 92,846                   | 66,680                |
| 2              | 93,007                   | 57,656                | 12             | 70,983                   | 50,493                |
| 3              | 111,006                  | 85,302                | 13             | 80,047                   | 47,820                |
| 4              | 110,404                  | 77,559                | 14             | 80,704                   | 61,071                |
| 5              | 55,048                   | 43,978                | 15             | 79,865                   | 60,768                |
| 6              | 54,800                   | 40,738                | 16             | 79,865                   | 60,768                |
| 7              | 63,464                   | 50,841                | 17             | 79,865                   | 60,768                |
| 8              | 62,443                   | 52,049                | 18             | 79,865                   | 60,768                |
| 9              | 42,822                   | 39,094                | 19             | 79,865                   | 60,768                |
| 10             | 115,326                  | 80,688                | 20             | 79,865                   | 60,768                |

Рівняння регресії для визначення динамічних навантажень у приводі круглов'язальної машини у відповідності з прийнятим планом експерименту може бути представлено у вигляді [6]:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_{12} X_1 X_2 + B_{13} X_1 X_3 + B_{23} X_2 X_3 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{33} X_3^2, \quad (3)$$

де  $B_0$  - вільний член рівняння регресії;

$B_1, B_2, B_3, B_{12}, B_{13}, B_{23}, B_{11}, B_{22}, B_{33}$  - коефіцієнти рівняння регресії.

Використовуючи відповідну програму та вихідні дані (табл. 3), отримано необхідні величини коефіцієнтів рівняння регресії (3).

Для функції цілі  $Y_1$ :

$$B_0 = 79,88; B_1 = 21,55; B_2 = -6,40; B_3 = 0,27; B_{12} = -2,32;$$

$$B_{13} = 0,01; B_{23} = -0,08; B_{11} = -0,31; B_{22} = 0,69; B_{33} = 0,15.$$

Розрахунки підтвердили адекватність прийнятої моделі експерименту (розрахункове значення коефіцієнту Фішера  $F_p = 2,879$  менше табличного  $F = 5,01$ ).

Незначущими (довірча імовірність 0,95) є коефіцієнти:  $B_{13}, B_{23}$ .

Таким чином рівняння регресії для визначення максимального динамічного навантаження, що виникає при пуску круглов'язальної машини КО-2 в першій пружній в'язі ( $C_{12}$ ), приймає вид:

$$Y_1 = 79,88 + 21,55 X_1 - 6,4 X_2 + 0,27 X_3 - 2,32 X_1 X_2 - 0,31 X_1^2 + 0,69 X_2^2 + 0,15 X_3^2 \quad (4)$$

Використовуючи залежності (2), виконаємо перехід у рівнянні (4) до натуральних значень факторів. Тоді остаточно одержимо:

$$T_{12\max} = 2,049 T_1 - 122,677 J_1 - 15,487 T_1 J_1 - 3,12 \cdot 10^{-4} C_{12} - 1,58 \cdot 10^{-3} T_1^2 + 6026,727 J_1^2 + 1,5 \cdot 10^{-7} C_{12}^2 + 1,01. \quad (5)$$

Для функції цілі  $Y_2$  отримані наступні значення коефіцієнтів рівняння регресії:

$$B_0 = 60,79; B_1 = 12,39; B_2 = -6,16; B_3 = 2,99; B_{12} = -2,57;$$

$$B_{13} = 1,81; B_{23} = 0,69; B_{11} = 0,04; B_{22} = -0,42; B_{33} = -1,89.$$

Прийнята модель адекватна, так як умова  $F_p < F$  виконується ( $F_p = 2,879$ ;  $F = 5,01$ ).

Розрахунки показали, що з ймовірністю 0,95 незначущими є коефіцієнти:  $B_{23}, B_{11}, B_{22}$ .

Тоді рівняння регресії (3) для функції цілі  $Y_2$  приймає вид:

$$Y_2 = 60,79 + 12,39 X_1 - 6,16 X_2 + 2,99 X_3 - 2,57 X_1 X_2 + 1,81 X_1 X_3 - 1,89 X_3^2. \quad (6)$$

Використовуючи залежності (2), виконаємо перехід у рівнянні (6) до натуральних значень факторів:

$$T_{23\max} = 1,028 T_1 + 258,091 J_1 - 17,156 T_1 J_1 + 4,04 \cdot 10^{-3} C_{12} + 1,293 \cdot 10^{-4} T_1 C_{12} - 1,89 \cdot 10^{-6} C_{12}^2 + 11,119. \quad (7)$$

Враховуючи нульові величини досліджуваних факторів:  $T_{10} = 48,6$  Нм;  $J_{10} = 0,023$  кгм<sup>2</sup>;  $C_{120} = 1940$  Нм/рад та використовуючи рівняння (5), (7), одержуємо залежності впливу параметрів привода круглов'язальної машини КО-2 на динамічні навантаження:

$$\begin{aligned} T_{12\max} &= f(T_1) = 1,693 T_1 - 1,58 \cdot 10^{-3} T_1^2 + 1,336; \\ T_{23\max} &= f(T_1) = 0,885 T_1 + 17,779; \\ T_{12\max} &= f(J_1) = 6026,727 J_1^2 - 875,345 J_1 + 96,818; \\ T_{23\max} &= f(J_1) = 73,995 - 576,69 J_1; \end{aligned} \quad (8)$$

$$T_{12\max} = f(C_{12}) = 1,5 \cdot 10^{-7} C_{12}^2 - 3,12 \cdot 10^{-4} C_{12} + 79,914;$$

$$T_{23\max} = f(C_{12}) = 1,032 \cdot 10^{-2} C_{12} - 1,89 \cdot 10^{-6} C_{12}^2 + 47,839.$$

**Висновки.** Виконані дослідження показують наступне:

- отримані результати свідчать про допустимість допущень, прийнятих при побудові даної математичної моделі, та про можливість використання отриманих рівнянь регресії для визначення динамічних навантажень, що виникають у приводі круглов'язальних машин типу КО;
- дослідження показали ефективність використання рівнянь регресії для аналізу впливу параметрів привода на динамічні навантаження, що виникають при пуску круглов'язальної машини;
- отримані рівняння регресії відрізняються простотою та наочністю й не потребують великих затрат часу й спеціальної розрахункової техніки для вирішення завдань динамічного аналізу приводу в'язальних машин типу КО;
- результати досліджень можуть бути використані при проектуванні нових більш ефективних типів приводів в'язальних машин та автоматів.

#### Список використаних джерел

1. Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. – М.: Легпромиздат, 1990, 208 с.
2. Пипа Б. Ф., Хомяк О. М., Павленко Г. І. Динаміка круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.
3. Хомяк О. М. Динаміка плосков'язальних машин та автоматів. – К: КНУТД, 2008. – 250 с.
4. Чабан В. В., Бакан Л. А., Пипа Б. Ф. Динаміка основов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2012 - 287 с.
5. Виноградов Ю.С. Математическая статистика и ее применение к исследованиям в текстильной промышленности. М: Легкая индустрия, 1964. – 319 с.
6. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. М.: Легкая индустрия, 1974. – 260 с.
7. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы. 1992. – 86 с.

#### МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ КО-2 НА ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ПРИВОДА

МУЗЫЧИШИН С.В., ПИПА Б.Ф.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Проведение математического эксперимента по оценке влияния параметров кругловязальной машины КО-2 на динамические нагрузки привода.

**Методика.** Используются современные математические методы планирования, анализа и статистической обработки результатов эксперимента динамических процессов в вязальных машинах и автоматах.

**Результаты.** На основе анализа особенностей кругловязальных машин установлена целесообразность использования методов математического планирования и проведения экспериментальных исследований влияния параметров машины на динамические нагрузки, возникающие в приводе при пуске. Выявлены основные параметры, влияющие на величину динамических нагрузок. В результате выполненных исследований получены уравнения

регрессии, позволяющие оперативно находить величину динамических нагрузок привода в зависимости от основных параметров машины. Результаты исследований могут быть использованы для расчета динамических нагрузок и оценки влияния параметров привода на их величину любых типов вязальных машин и автоматов.

**Научная новизна.** Разработка метода математического эксперимента оценки влияния параметров кругловязальных машин типа КО на динамические нагрузки поводу.

**Практическая значимость.** Разработка инженерного метода проведения математического эксперимента по оценке влияния параметров кругловязальных машины на динамические нагрузки привода.

**Ключевые слова:** вязальная машина, привод вязальной машины, динамические нагрузки привода, математический эксперимент, уравнение регрессии.

## **MATHEMATICAL EXPERIMENTS ASSESSMENT INFLUENCE OF PARAMETERS ROUND KNITTING MACHINE KO-2 DYNAMIC LOAD DRIVE**

MUZYCHISHIN S., PIPA B.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Aim.** Carrying out mathematical experiment evaluating the effect parameters circular knitting machine KO-2 dynamic drive load.

**Methodology.** Use advanced mathematical methods of planning, analysis and statistical processing of the experimental results of dynamic processes in knitting machines and vending machines.

**Results.** On the basis of analyzing circular knitting machines installed the feasibility of using the methods of mathematical planning and conducting experimental studies of the influence of machine parameters on the dynamic loads occurring in the drive at startup. The basic parameters affecting the magnitude of dynamic loads. As a result of the research regression equations allows to find the magnitude of dynamic loads in dependence of the main parameters of the machine. The research results can be used for calculating the dynamic loads and impact assessment of the drive parameters to their size any type of knitting machines and machines.

**Scientific novelty.** Development of the method of mathematical experiment impact assessment parameters knitting machines such as KO on dynamic load drive.

**Practical meaningfulness.** The results of studies of the effect of starting torque electric motor driving the mass moment of inertia and rigidity of the elastic tie on drive dynamic loads knitting machine KO-2.

**Keywords:** *knitting machine, knitting machine drive, dynamic drive load, mathematical experiment, the regression equation.*

УДК 677.055

ПЛЕШКО С.А.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В ПАРІ ГОЛКА-КЛИН В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ГОЛОК

**Мета.** Оцінка впливу голки в'язальної машини з потоншенням стержня в зоні п'ятки на динамічні навантаження в парі голка-клин.

**Методика.** Використані сучасні методи теорії пружності та контактної взаємодії пружного тіла (голки в'язальної машини) з клином.

**Результати.** На основі аналізу взаємодії голок в'язальних машин з клинами встановлено, що зниження динамічних навантажень, що виникають в зоні удару голки об клин, можна досягти шляхом удосконалення конструкції самої голки. При цьому, як показують дослідження, удосконалення голок доцільно підпорядкувати двом напрямкам.

**Наукова новизна.** Вперше розроблено нову конструкцію голки в'язальної машини з потоншенням стержня в зоні п'ятки.

**Практична значимість.** Розроблена нова конструкція голки в'язальної машини зменшує динамічні навантаження в парі голка-клин.

**Ключові слова:** в'язальна машина, голка в'язальної машини, клин в'язальної машини, жорсткість пари голка-клин в'язальної машини, динамічні навантаження в парі голка-клин.

**Вступ.** Суттєвим недоліком в'язальних машин є динамічні навантаження, що виникають в зоні ударної взаємодії голок з клинами в'язальних систем [1-5]. Ударна взаємодія голок з клинами призводить до зниження надійності та довговічності роботи голок [4], що негативно впливає як на ефективність роботи в'язальних машин, так і на якість продукції, що виготовляється.

Тому проблема зниження динамічних навантажень, що виникають в парі голка-клин в'язальної машини, шляхом удосконалення голок є актуальною та своєчасною.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи в'язальних машин шляхом зниження динамічних навантажень в парі голка-клин, завданням досліджень є удосконалення конструкції голки та оцінка впливу голки з потоншенням стержня в зоні п'ятки на зниження динамічних навантажень в парі голка-клин в'язальних машин типу КО.

**Результати дослідження.** Зниження динамічних навантажень в парі голка-клин в'язальної машини можна досягти шляхом зниження її жорсткості (збільшення податливості голки) [2]. При цьому доцільно існуючу конструкцію штампованої голки замінити голкою з потоншенням стержня в зоні п'ятки [3]. Параметрами потоншення голки (рис. 1) є товщина стержня голки в зоні потоншення  $\Delta$  та довжина ділянки потоншення  $l$ . Оскільки сила удару прикладена ексцентрично відносно осей  $X$  і  $Y$ , в якості розрахункової можна прийняти схему, де здійснено перенос сили удару голки об клин в точку  $C$  (рис. 1, а). Тоді на стержень голки в зоні потоншення будуть діяти сила  $P$ , прикладена в точці  $C$ , і моменти  $m_1$ ,  $m_2$ , що діють відповідно відносно осей  $X$  і  $Y$ . Аналізуючи умову роботи голки з потоншенням стержня, приходимо до висновку, що основною деформацією голки в зоні удару її п'ятки об клин є деформація зумовлена горизонтальною складовою сили удару  $P$  (сила, що діє в напрямку перпендикулярному осі стержня голки). Деформація голки з потоншенням стержня складається з: деформації вигину стержня в зоні потоншення  $\delta_1$ ; деформації скручування стержня голки в зоні потоншення  $\delta_2$ ; деформації скручування п'яти голки  $\delta_3$ . Визначимо деформацію вигину стержня голки  $\delta_1$ . Оскільки зона голки в місці потоншення являє собою

ступінчатий стержень перемінного перетину з моментами інерції  $J_1$ ,  $J_2$ ,  $J_3$ , за розрахункову схему приймаємо ступінчасту балку, навантажену зосередженою силою  $P$  і крутним моментом  $m_1$  (рис. 1). Для розв'язання поставленої задачі замінимо ступінчасту балку еквівалентною балкою постійного перетину з моментом інерції  $J_0$ , що дорівнює моментів інерції одної з ділянок балки, наприклад другої. Тоді коефіцієнти приведення  $\beta$  для ділянок балки визначаються із умови [6]:

$$\beta_1 = J_0 / J_1; \beta_2 = 0; \beta_3 = J_0 / J_3. \quad (1)$$

Розглянута система відноситься до статично невизначеної. З метою спрощення розв'язання задачі по визначенню опорних реакцій і згинальних моментів використовуємо метод сил і принцип незалежності дії сил [6, 7]. Тоді прийнята схема (рис. 1, а) може бути замінена двома незалежними системами (рис. 1, б, в), розв'язуючи які знаходимо:

$$R_A = R'_A + R''_A; \quad R_B = R'_B + R''_B,$$

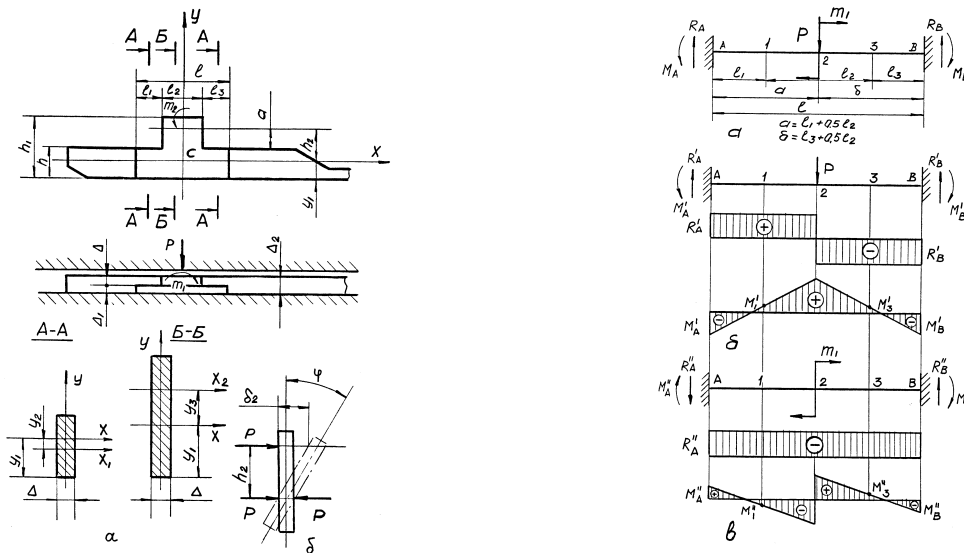


Рис. 1 Голка з потоншенням стержня в зоні п'ятки: а – конструкція голки (хвостова частина); б – розрахункова схема до визначення скручування стержня; в – розрахункова схема для визначення деформації прогину стержня голки

де 
$$R'_A = P \frac{(0,5l_2 + l_3)^2 (3l_1 + 2l_2 + l_3)}{l^3}; R''_A = -6m_1 \frac{(l_1 + 0,5l_2)(0,5l_2 + l_3)}{l^3}; m_1 = 0,5Pl_2 \quad (2)$$

$$R'_B = P \frac{(l_1 + 0,5l_2)^2 (l_1 + 2l_2 + 3l_3)}{l^3}; R''_B = -R''_A$$

$$M_A = M'_A + M''_A; M_B = M'_B + M''_B; \quad (3)$$

$$M'_A = -P(l_1 + 0,5l_2) \frac{(0,5l_2 + l_3)^2}{l^2}; M''_A = m_1 \frac{0,5l_2 + l_3}{l^2} (2l_1 + 0,5l_2 - l_3); \quad (4)$$

$$M'_B = -P(0,5l_2 + l_3) \frac{(l_1 + 0,5l_2)^2}{l^2}; M''_B = -m_1 \frac{l_1 + 0,5l_2}{l^2} (0,5l_2 - l_1 + 2l_3) \quad (5)$$

$$M_1 = M'_1 + M''_1; M'_1 = M'_A + R'_A l_1; M''_1 = M''_A + R''_A l_1; \quad (6)$$

$$M_3 = M'_3 + M''_3; M'_3 = M'_B + R'_B l_3; M''_3 = M''_B + R''_B l_3. \quad (7)$$

При заміні ступінчатої балки на балку постійного перетину приведені навантаження відповідно складуть: на 1-й ділянці  $\beta_1 Q_1$ ,  $\beta_1 M_1$ ; на 2-й –  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $M_1$ ,  $m_1$ ,  $P$ ; на 3-й –  $\beta_3 Q_2$ ,  $\beta_3 M_3$ . У місцях сполучення ділянок стержня голки будуть діяти стрибки поперечних сил та згинальні моменти, величини яких визначаються з умов:

$$\Delta Q_1 = Q_1(\beta_1 - 1); \quad (8)$$

$$\Delta Q_2 = Q_2(\beta_3 - 1);$$

$$\Delta M_1 = M_1(\beta_1 - 1); \Delta M_3 = M_3(\beta_3 - 1). \quad (9)$$

Отже на еквівалентну балку діють зовнішні навантаження:

$$P_1 = Q_1(\beta_1 - 1); P_2 = Q_2(\beta_3 - 1); \quad (10)$$

$$M'_1 = M_1(\beta_1 - 1); M'_3 = M_3(\beta_3 - 1). \quad (11)$$

Для визначення переміщення перетину балки (стержня голки) в точці удару голки об клин використовуємо метод початкових параметрів [6]. Рівняння пружної лінії для двоопорної балки, навантаженої зосередженими силами і згинальними моментами в загальному випадку має вигляд:

$$\omega_x = \omega_0 + \theta_0 x + \frac{1}{EJ} \left[ M_0 \frac{x^2}{2!} + \sum \frac{(x-a)^2}{2!} + Q_0 \frac{x^3}{3!} + \sum P \frac{(x-b)^3}{3!} \right], \quad (12)$$

де  $\omega_0$ ,  $\theta_0$ ,  $M_0$ ,  $Q_0$  – початкові параметри;

$a$  – відстань від початку координат до точки прикладення згинаючого моменту;

$b$  – відстань від початку координат до точки прикладення зосередженої сили.

Оскільки для нашого випадку  $\omega_0 = 0$ ;  $\theta_0 = 0$ ;  $M_0 = \beta_1 M_A$ ;  $Q_0 = \beta_1 Q_1$ ;  $J = J_0$ ;  $a_1 = l_1$ ;

$a_2 = l_1 + 0,5l_2$ ;  $b_1 = l_1$ ;  $b_2 = l_1 + 0,5l_2$ , вираз (12) приймає вигляд:

$$\omega_x = \frac{1}{EJ_0} \left[ -\beta_1 M_A \frac{x^2}{2} - M_1 \frac{(x-l_1)^2}{2} + m_1 \frac{(x-l_1-0,5l_2)^2}{2} + \beta_1 Q_1 \frac{x^3}{6} - P_1 \frac{(x-l_1)^3}{6} - P \frac{(x-l_1-0,5l_2)^3}{6} \right]. \quad (13)$$

Для випадку  $x = l_1 + l_2$  (точка удару голки об клин):

$$\omega = \delta_1 = \frac{1}{EJ_0} \left[ -\beta_1 M_A \frac{(l_1 + l_2)^2}{2} - M_1 \frac{l_2^2}{2} + m_1 \frac{(0,5l_2)^2}{2} + \beta_1 Q_1 \frac{(l_1 + l_2)^3}{6} - P_1 \frac{l_2^3}{6} - P \frac{(0,5l_2)^3}{6} \right]. \quad (14)$$

Деформація стержня голки від скручування  $\delta_2$  в точці удару, з огляду на те, що кут  $\varphi$  закручування стержня голки в зоні потоншення малий, може бути визначена з виразу (рис. 1, б):

$$\delta_2 = h_2 \varphi. \quad (15)$$

Для визначення кута закручування стержня голки, з огляду на його ступінчастість, використовуємо залежність:

$$\varphi = \frac{1}{G} \sum_{i=1}^n \frac{M_{ki} l_i}{J_{ki}}, \quad (16)$$

де  $G$  – модуль пружності при здвику;

$M_{ki}$  – крутний момент, що діє на  $i$ -й ділянці стержня голки в період удару;

$l_i$  – довжина  $i$ -ої ділянки стержня голки;

$J_{ki}$  – момент інерції при крутінні  $i$ -го перетину.

Крутні моменти, що діють на ділянки стержня голки в зоні потоншення, знаходимо з умови [6]:

$$M_{k1} = Ph_2 \frac{l_3 \frac{J_{k1}J_{k2}}{J_{k3}} + 0,5l_2J_{k1}}{l_3 \frac{J_{k1}J_{k2}}{J_{k3}} + l_1J_{k2} + l_2J_{k1}}; \quad M_{k1} = Ph_2 \frac{l_1J_{k2} + 0,5l_2J_{k1}}{l_3 \frac{J_{k1}J_{k2}}{J_{k3}} + l_1J_{k2} + l_2J_{k1}}. \quad (17)$$

Оскільки стержень голки в зоні потоншення ступінчатий, скручування буде відбуватися відносно осі  $X$  (рас. 1, а). Відстань осі  $X$  від краю стержня голки визначається з умови [7]:

$$y_1 = 0,5 \frac{(l-l_2)h^2 + l_2h_1^2}{(l-l_2)h + l_2h_1}. \quad (18)$$

Визначаємо моменти інерції перетинів при крученні ділянок стержня голки.

Оскільки скручування стержня відбувається відносно осі  $X$  (рис. 1, а):

$$J_{ki} = J_{k3} = J'_{k1(3)} + y_2^2 F_{1(3)}; \quad J_{k2} + J'_{k2} + y_3^2 F_2, \quad (19)$$

де  $J'_{ki}$  - момент інерції  $i$ -го перетину стержня відносно центральної осі (для ділянок 1, 3 –  $X_1$ , для ділянки 2 –  $X_2$ );

$F_1$  – площа  $i$ -го перетину.

$$\text{Згідно з [7]:} \quad J'_{k1} = J'_{k3} = \frac{1}{3} \left( \frac{h}{\Delta} - 0,63 \right) \Delta^4; \quad J'_{k2} = \frac{1}{3} \left( \frac{h_1}{\Delta} - 0,63 \right) \Delta^4. \quad (20)$$

З огляду на вищевикладене, деформація голки від скручування стержня в зоні потоншення становить:

$$\delta_2 = \frac{h_2}{G} \left[ \frac{M_{k1}l_1}{J_{k1}} + \frac{0,5l_2}{J_{k2}} (M_{k1} + M_{k3}) + \frac{M_{k3}l_3}{J_{k3}} \right]. \quad (21)$$

Деформація голки від скручування п'ятки може бути визначена з умови:

$$\delta_3 = 0,5l_2\varphi_1, \quad (22)$$

де  $\varphi_1$  - кут закручування п'ятки, згідно з (16)  $\varphi_1 = \frac{Pl_2h_2}{2GJ_{k4}}$ ;

$J_{k4}$  - момент інерції при скручуванні перетину п'ятки,

$$J_{k4} = \frac{1}{3} \left( \frac{l_2}{\Delta} - 0,63 \right) \Delta^4. \quad (23)$$

Використовуючи принцип незалежності дії сил, сумарна деформація  $\delta$  голки в зоні удару (уздовж осі перпендикулярної осі стержня) становить:

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3. \quad (24)$$

Податливість голки  $\delta'$  відповідно буде дорівнювати:  $\delta' = \delta / P$ . (25)

Отримані результати можуть бути використані для розв'язання задачі по визначенню податливості системи голка-клин механізму в'язання з використанням модернізованих голок з потоншенням стержня, що необхідно для знаходження динамічних навантажень у петлетвірних системах як круглов'язальних так і плосков'язальних машин.

Використовуючи отримані результати теорії, визначимо ефективність застосування в петлетвірних системах круглов'язальних машин типу КО голок з потоншенням стержня в зоні п'ятки.

Як показали дослідження автора [3], для голок поз. 0–388, що використовуються в машинах типу КО, раціональними параметрами потоншення стержня є: довжина ділянки потоншення  $l = 10$  мм; товщина стержня голки в зоні потоншення  $\Delta = 0,4$  мм.

Для цього випадку деформація голки в зоні удару об кулірний клин з кутом профілю  $\alpha = 56^0$  становить (при розрахунках прийняті наступні значення вихідних параметрів:  $h = 3,6$ ;  $h_1 = 6,5$ ;  $l_1 = 3,5$ ;  $l_2 = 3,0$ ;  $l_3 = 3,5$ ;  $a = 1,5$  мм):

$$\delta = (\delta_1 + \delta_2 + \delta_3) \operatorname{tg} \alpha = (1420 + 550 + 1260) \operatorname{tg} 56^0 \cdot 10^{-6} P = 4789 \cdot 10^{-6} P \text{ мм.}$$

Податливість пари голка-клин круглов'язальної машини КО при наявності в циліндрі голок з потоншенням ( $l = 10$  мм;  $\Delta = 0,4$  мм) згідно з (25) дорівнює  $\delta' = 4789 \cdot 10^{-6}$  мм/Н, що в 6,6 рази більше податливості пари голка-клин з голками поз. 0–388, при яких  $\delta'_c = 725 \cdot 10^{-6}$  мм/Н [5].

При цьому коефіцієнт  $n$  зниження динамічних навантажень у в'язальних системах машин типу КО при застосуванні голок з потоншенням згідно з [3] становить:

$$n_1 = \sqrt{\frac{\delta'}{\delta'_c}} = \sqrt{\frac{4789 \cdot 10^{-6}}{725 \cdot 10^{-6}}} = 2,57,$$

що свідчить про високу ефективність використання запропонованих голок для зниження динамічних навантажень в в'язальних системах круглов'язальних машин.

**Висновки.** Запропонована конструкція голки в'язальної машини з потоншенням стержня в зоні п'ятки здатна суттєво знизити динамічні навантаження в парі голка-клин (для круглов'язальних машин типу КО в 2,57 рази), що позитивно впливає на підвищення ефективності роботи в'язальних машин та якості продукції.

Запропонований метод оцінки впливу конструкції голки з потоншенням стержня на динамічні навантаження в механізмі в'язання в'язальної машини може бути використаний для вирішення питань удосконалення голок як круглов'язальних, так і плосков'язальних машин та автоматів.

#### Список використаних джерел

1. Мойсеєнко Ф.А. Проективання в'язальних машин. – Харків: Основа, 1994. – 336 с.
2. Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. - М.: Легпромбытиздат, 1990. - 209 с.
3. Пипа Б.Ф., Плешко С.А. Удосконалення робочих органів механізмів в'язання круглов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2012. – 470 с.
4. Пипа Б.Ф., Зацепкіна Н.М., Гайдайчук І.П., Плешко С.А. Вплив конструкції голки в'язальної машини на довговічність її роботи. //Вісник КНУТД. - 2012. - № 6 (68). – С.55-59.
5. Плешко С.А., Пипа Б.Ф. Ефективність використання голок в'язальних машин з двома пружними п'ятками. //Вісник ХНУ. - 2011. - № 6. – С.135-139.
6. Писаренко Г.С., Квітка О.Л. Опір матеріалів.–К.: Вища школа.–1993.– 655 с.
7. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1988. – 736 с.

## СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ПАРЕ ИГЛА-КЛИН ВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИГЛ

ПЛЕШКО С.А.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Оценка влияния иглы вязальной машины с утонением стержня в зоне пятки на динамические нагрузки в паре игла-клин.

**Методика.** Используются современные методы теории упругости и контактного взаимодействия упругого тела (иглы вязальной машины) с клином.

**Результаты.** На основе анализа взаимодействия игл вязальных машин с клиньями установлено, что снижение динамических нагрузок, возникающих в зоне удара иглы о клин, можно достичь путем усовершенствования конструкции самой иглы. При этом, как показывают исследования, совершенствование игл целесообразно подчинить двум направлениям.

**Научная новизна.** Впервые разработана новая конструкция иглы вязальной машины с утонением стержня в зоне пятки.

**Практическая значимость.** Разработанная новая конструкция иглы уменьшает динамические нагрузки пары игла-клин.

**Ключевые слова:** вязальная машина, игла вязальной машины, клин вязальной машины, жесткость пары игла-клин вязальной машины, динамические нагрузки в паре игла-клин.

## REDUCE DYNAMIC LOADS IN A PAIR NEEDLE-WEDGE KNITTING MACHINE BY IMPROVING NEEDLES

PLESHKO S.A.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Assessing the impact of a needle knitting machine with thinning of the rod in the heel area to dynamic loads in a pair of needle-wedge.

**Methodology.** Modern methods of elasticity theory and the contact interaction of elastic body (needle knitting machine) with a wedge.

**Findings.** Based on the analysis of interaction of the needles of knitting machines with wedges found that reducing the dynamic loads encountered in the area of the wedge pin of the needle can be achieved by improving the design of the needle. At the same time, studies show that improving the needle is advisable to subdue two fronts - reducing the mass of the needle and lower stiffness of the heel.

**Scientific novelty.** For the first time developed a new design of the needle knitting machine with a thickening of the rod in the heel area.

**Practical value.** A new needle design reduces the dynamic loads pair needle-wedge.

**Key words:** knitting machines, needle knitting machine, knitting machine wedge, rigidity of the pair-wedge needle knitting machine, dynamic loads in a pair of needle-wedge.

УДК 687.053.66

МАНОЙЛЕНКО О.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ШВЕЙНИХ МАШИН ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ТРИНИТКОВОГО ЛАНЦЮГОВОГО ЗИГЗАГОПОДІБНОГО СТІБКА

**Мета.** Розробка методу проектування механізмів швейних машин для реалізації триниткового ланцюгового зигзагоподібного стібка.

**Методика.** Використаний загальний метод проектування швейних машин ланцюгового стібка в основу, якого покладена теорія подібності визначення оптимальних значень величини ходів робочих органів як основи для проектування відповідних механізмів.

**Результати.** В роботі запропоновано метод визначення оптимальних параметрів ланок механізмів швейних машин, які забезпечують можливість реалізації нового типу триниткового зигзагоподібного ланцюгового стібка.

**Наукова новизна.** Визначені основні процедури та алгоритми проектування механізмів швейних машин для виконання триниткового зигзагоподібного ланцюгового стібка нового типу.

**Практична значимість.** Запропонована метод може бути застосована при проектуванні механізмів швейних машин для виконання зигзагоподібного стібка.

**Ключові слова:** швейні машини, ланцюговий стібок, проектування механізмів, зигзаг, синхrograma швейної машини.

**Вступ.** В роботі [1] авторами був запропонований новий 3-х нитковий ланцюговий стібок (рис. 1), який має низку переваг перед відомими, тому актуальною задачею є розробка нових типів швейних машин, які реалізують цей стібок. Початок розробки нових машин починається з аналізу можливих *послідовностей* операцій взаємодії робочих органів в процесі утворення стібка, що і є передумовою синтезу механізмів швейної машини.

**Постановка завдання.** Синхrogramи робочих органів машини для реалізації відомих зигзагоподібних ланцюгових стібків не враховують того, що при утворенні вищевказаного стібка захоплення «петель-напуску» відбувається різними петельниками в місцях проколу голкою матеріалів на відстані ширини зигзагу  $h$  та «заколів» петель двох петельників, які переміщують «петлі-напуску» до місця проколу, протилежному їх захопленню. Окрім цього ці процеси відбуваються по чергові то з одним петельником то з іншим, що забезпечується передаточним відношенням 2:1 між головним валом та ведучою ланкою кінематичного ланцюга переміщень петельників поперек сторчки.

**Результати дослідження.** Реалізація процесу 3-х ниткового ланцюгового зигзагоподібного стібка (рис. 1.) можлива декількома послідовними операціями, при цьому при всіх *послідовностях* переміщення матеріалів  $T(\varphi)$ , голки  $S(\varphi)$  та петельника поперек сторчки  $L(\varphi)$  відбувається однаково, відмінністю є співвідношення частоти

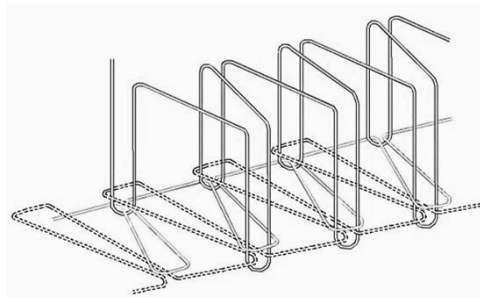


Рис. 1 Структура триниткового ланцюгового зигзагоподібного стібка

обертанні ведучих ланок кінематичних ланцюгів петельників вздовж  $\omega_Z$  (табл. 1) та поперек строчки  $\omega_L$ , а також напрямку переміщення петельників  $Z(\varphi)$ .

Таблиця 1

Параметри механізмів механізму петельника

| Варіант способу утворення стібка | Співвідношення частот обертання ведучих ланок механізму петельника $\omega_Z / \omega_L$ |         |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|                                  | $\Pi_A$                                                                                  | $\Pi_B$ |
| 1                                | 1                                                                                        | -1      |
| 2                                | 2                                                                                        | 2       |
| 3                                | 0                                                                                        | 0       |

*Послідовність 1* ( $\omega_Z/\omega_L=\pm 1$ ) (рис. 2): – захоплення «петлі-напуску» відбувається при переміщенні носика петельників  $\Pi_A$  (т.  $A_3$  рис. 2, а), або  $\Pi_B$  ( $B_3$  рис. 2, б) при їх русі з крайнього положення;

– «закол» петель ниток голки та петельника  $\Pi_A$  (т.  $A_4$  рис. 2, а), або  $\Pi_B$  ( $B_4$  рис. 2, б) відбувається при їх зворотному русі від крайнього положення;

– переміщення петельників  $\Pi_A$  та  $\Pi_B$  вздовж строчки відбувається синхронно в протилежних фазах  $Z_A(\varphi)=-Z_B(\varphi)$ .

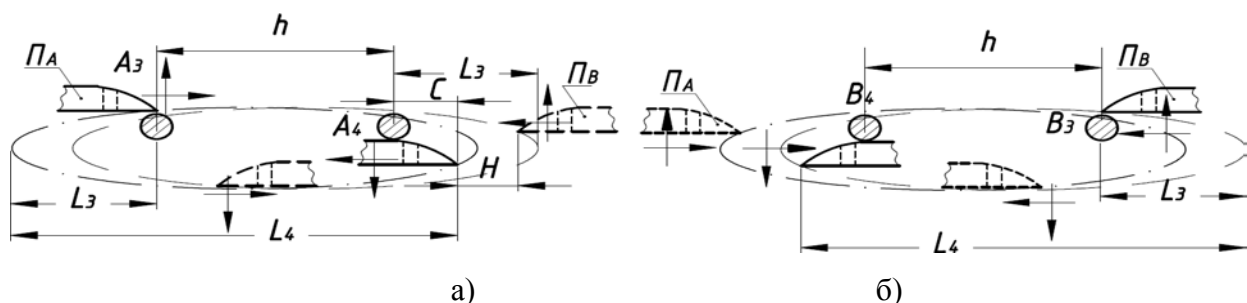


Рис. 2 Схема взаємодії голки та петельників при співвідношенні  $\omega_Z/\omega_L = \pm 1$   
а) робочі моменти петельника  $\Pi_A$ , б) робочі моменти петельника  $\Pi_B$

*Послідовність 2* ( $\omega_Z/\omega_L = 2$ ) (рис. 3): – захоплення «петлі-напуску» відбувається при переміщенні носика петельників  $\Pi_A$  (т.  $A_3$  рис. 3, а), або  $\Pi_B$  ( $B_3$  рис. 3, б) при їх русі з крайнього положення;

– «закол» петель ниток голки та петельника  $\Pi_A$  (т.  $A_4$  рис. 3, а), або  $\Pi_B$  ( $B_4$  рис. 3,б) відбувається при їх прямому русі до крайнього положення.

– переміщення петельників  $\Pi_A$  та  $\Pi_B$  вздовж строчки відбувається синхронно в одній фазі  $Z_A(\varphi)=Z_B(\varphi)$ .

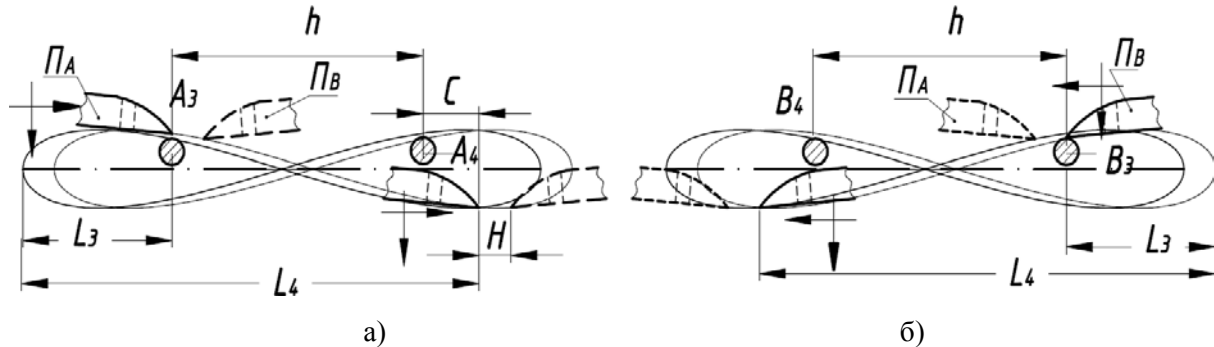


Рис. 3 Схема взаємодії голки та петельників при співвідношенні  $\omega_Z/\omega_L=2$ : а) робочі моменти петельника  $\Pi_A$ , б) робочі моменти петельника  $\Pi_B$

Послідовність 3 ( $\omega_Z/\omega_L=0$ ) можна реалізувати трьома варіантами операцій (рис. 4):

- петельником, який має дугоподібну траєкторію (рис. 4, а);
- петельником який має специфічну борідкоподібну форму (рис. 4, б);
- петельником, який виконує захоплення «петлі-напуску» з тієї ж сторони голки де виконується «закол»  $Z_A(\varphi)=Z_B(\varphi)=0$  (рис. 4, в).

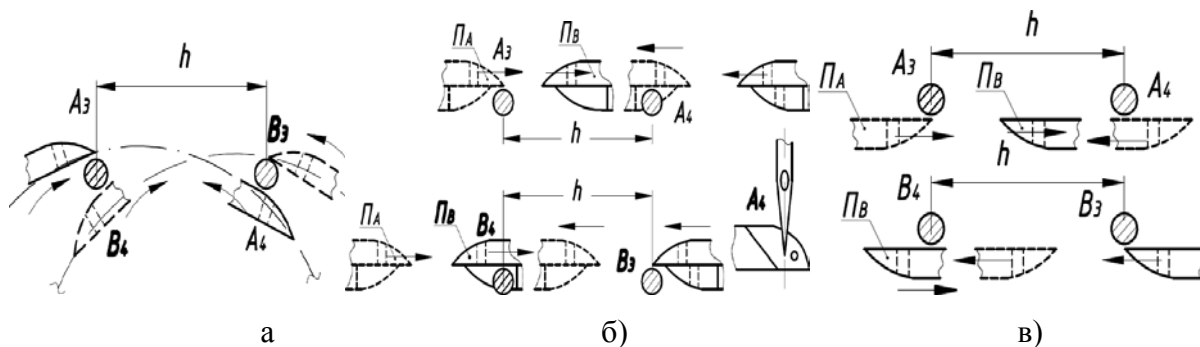


Рис. 4. Схема взаємодії голки та петельників при співвідношенні  $\omega_Z/\omega_L=0$ : а) з петельником дугоподібної траєкторії, б) з петельником борідкоподібної форми, в) з петельником, який виконує захоплення «петлі-напуску» та «закол» з однієї і тієї ж сторони

Запропонована синхrogramма (рис. 5) зигзагоподібного ланцюгового стібка (без графіка руху транспоруючого органа) дозволяє проаналізувати всі вищерозглянуті послідовності.

Оскільки умови взаємодії між голкою та петельником при різних проколах однакові, достатньо визначити складові величини переміщення голки в вертикальному

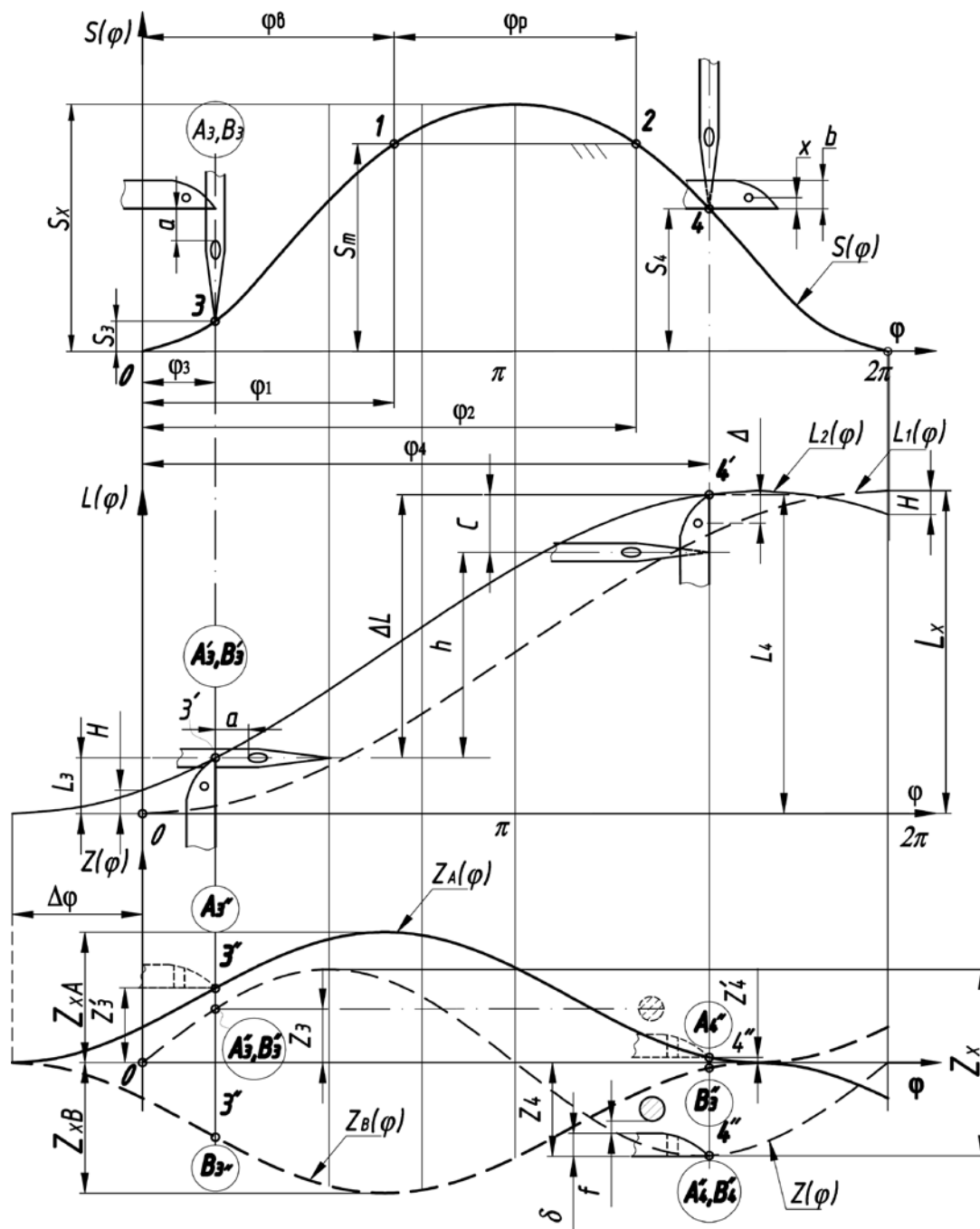


Рис. 5 Сінхροграма робочих органів швейної машини трьохниткового зигзагоподібного ланцюгового стібка

( $S_x$ ) та поперечному напрямках ( $h$ ), які задовольняють умови утворення «петлі-напуску», переміщення матеріалів на довжину стібка та голки на ширину зигзагу  $h$ . В цей же час величина переміщення петельника поперек строчки –  $L_x$  повинне забезпечувати умову захоплення «петлі-напуску», як першим так і другим петельником, та реалізації «заколу» по чергово, а в свою чергу величина переміщення петельників вздовж строчки –  $Z_x$  повинне забезпечувати переміщення петельників за голкою та перед нею.

Згідно з [2] мінімально-необхідний хід голоки при утворенні зигзагоподібного триниткового ланцюгового стібка визначається з умови:

$$S_x = \frac{S_m}{f_1(\varphi_p)}, \quad (1)$$

де  $S_m$  – величина переміщення в матеріалі голки. Ця величина залежить від технологічних (товщини матеріалу, вид нитки) та конструктивних (тип голки, конструкція петельника, товщина лапки та голкової пластини) параметрів і визначається за методикою [3].

$\varphi_p$  – кут повороту головного валу, який відраховується від моменту виходу голкою з матеріалу «1» (рис. 5) до моменту його проколу «2»;

$f_1(\varphi_p)$  – одинична функція положення голковода.

$$f_1(\varphi_p) = 2S(\varphi) / S_x,$$

$S(\varphi)$  – положення голковода в момент  $\varphi$ .

Крім того величина ходу голковода повинна забезпечити нормальну роботу транспортуючого органа, тобто:

$$S(\varphi_p) = S(\varphi_p + \varphi_b) \geq S_m, \quad (2)$$

де  $\varphi_b$  – заданий кут повороту головного вала, що характеризує період руху голки над матеріалом;

При невиконанні умови (2) отриману з (1) величину ходу голковода необхідно відповідно збільшити.

Мінімальнонеобхідний хід петельника поперек  $L_x$  строчки повинен забезпечити виконання двох умов: надійного забезпечення захоплення «петлі-напуску» голки в одному з проколів, а також «заколу» кожної петлі петельників голкою. Відповідно:

$$L_{x1} = \frac{L_3}{f_2(0,5\varphi_3)}, \quad (3)$$

$$L_{x2} = \frac{\Delta L}{f_2(0,5\varphi_4) - f_2(0,5\varphi_3)}, \quad (4)$$

$$L_3 = \frac{S_3}{K} + H, \quad (5)$$

$$\Delta L = h + C, \quad f_2(\varphi) = 2L(\varphi) / L_x,$$

де  $\Delta L$  – відстань, яку проходить петельник між крайніми проколами голкою (ширина зигзагу) до моменту «заколу»;

$L_3$  – відстань, яку проходить петельник з крайнього положення до моменту захоплення «петлі-напуску»;

$f_2(\varphi)$  – одинична функція положення петельника поперек строчки;

$S_3$  – величина підйому голки, яка необхідна для утворення достатньої «петлі-напуску» (для машини ланцюгового стібка (згідно [3]  $S_3 = 3 \div 8$  мм);

$K$  – відношення середніх швидкостей голковода та петельника в інтервалі взаємодії останнього з голкою;

$h$  – величина ширини зигзагу (максимальне значення);

$C$  – довжина від носика петельника до вісі голки у момент «заколу» ( $C \geq \Delta$ );

$\Delta$  – довжина носика петельника

$\varphi_{3,4}$  – кути повороту головного вала, що характеризують моменти взаємодії «3'» та «4'».

$H$  – відстань між носиками петельників  $\Pi_A$  та  $\Pi_B$  (рис. 1, 2).

Необхідно відмітити, що параметр  $H$  повинен забезпечувати можливість скидання попередньої «петлі-напуску» з носика петельника, що може бути досягнуто при  $K < 1$ , тобто

швидкість петельників повинна бути більшою швидкості голки в інтервалі  $\varphi_{0-3}$ . З метою збільшення швидкості петельника в вказаному інтервалі доцільно змінити фазу ведучої ланки механізму переміщення петельників поперек строчки на фазовий кут  $\Delta\varphi$  по відношенню ведучих ланок інших механізмів. Фазовий кут  $\Delta\varphi$  повинен забезпечувати проходження петельниками відстані  $H$ , для цього повинна виконуватись умова  $L(\Delta\varphi) = H$ .

$$H = L_x - L_4. \quad (6)$$

З урахуванням (5, 6) та того, що  $L_4 = S_4 / K$  [2],  $S_4 = S_3 + s + c + a + x$  [3] вираз (3) приймає вид:

$$L_{x1} = \frac{s + c + a + x}{(1 - f_2(0,5\varphi_3)) \cdot K}, \quad (7)$$

де  $S_4$  – величина, яку проходить голка від крайнього нижнього свого положення до моменту «заколу»;

$s$  – довжина вістря голки;

$c$  – товщина голкової пластини;

$a$  – перевищення носика петельника над вушком голки в момент захоплення «петлі-напуску» (згідно [3] в машинах ланцюгового стібка  $a = 2$  мм);

$x$  – величина, що характеризує положення голки відносно верхньої грані вушка петельника в момент «3» (відповідно до [3]  $x = 1$  мм);

З отриманих за формулами (4, 7) значень  $L_x$  необхідно вибрати найбільше.

Мінімально-необхідний хід петельника поздовж строчки визначається в залежності від *послідовності* реалізації способу утворення стібка за виразами:

$$Z_x = \frac{Z}{f_3(\varphi_3) - f_3(\varphi_4)}, \quad (8)$$

$$Z_{x4,5} = \frac{Z}{f_3(0,5\varphi_3) + f_4(0,5\varphi_4)}, \quad (9)$$

де  $f_3(\varphi)$  – одинична функція положення петельника поздовж строчки для виконання;

$$f_3(\varphi) = 2Z(\varphi) / Z_x,$$

$Z$  – відстань, яка вимірюється між положеннями петельника в моменти взаємодії 3 та 4 вздовж строчки.

$$Z = d + \delta + 2f,$$

де  $d$  – діаметр голки;

$\delta$  – товщина петельника;

$f$  – зазор між петельниками та голкою в моменти взаємодії «3''» та «4''» ( $f = 0,1$  мм).

Вираз (4, 7, 8) та (4,7,9) відповідно справедливі при реалізації *послідовностей* 1 та 2 реалізації стібка, а для реалізації *послідовності* 3 достатньо визначити величину переміщення петельника поперек строчки  $L_x$  за виразами (4, 7).

Для визначення параметрів конкретних механізмів проаналізуємо особливості умов виконання моментів взаємодії  $A_3, B_3$  та  $A_4, B_4$  при утворенні нового типу стібка. Як видно із залежності (4, 7) при утворенні відомих зигзагоподібних стібків, величина ходу петельника поперек строчки, по-перше, прямопропорційна відстані між проколами, а по-друге, дуже суттєво залежить від різниці положень голки в моменти захоплення «петель-напуску» та «заколу», яку враховуючи конструктивні параметри робочих органів ( $s$  та  $\Delta$ ), та механізмів змінити майже неможливо. Це призводить до того що реально максимальна ширина зигзагоподібного стібка ланцюгового стібка в відомих швейних машинах не перевищує  $h=3-4$  мм. Водночас при утворенні нового типу стібка при всіх *послідовностях* утворення стібка

голка взаємодіє послідовно то з одним петельником то з іншим, тобто точки  $A_{3,4}$  та  $B_{3,4}$  відповідно в певних моментах взаємодії на синхрограмі співпадають. За такою аналогією відбувається й утворення *послідовності 1*. Слід відмітити, що утворення стібка за *послідовністю 2* відмінне не тільки, тому що петельники мають вісімко-подібною траєкторію, але й тому що «закол» відбувається до моменту зайняття петельником крайнього другого положення. Ця особливість може бути застосована для утворення стібків значно більшої величини зигзагу, оскільки не прив'язує процес «заколу» з крайнім положенням петельника, а захоплення «петлі напуску» іншим петельником реалізується взаємною установкою носиків петельників (параметр Н). Реалізація стібка за *послідовністю 3* дозволяє зменшити не тільки кількість кінематичних ланцюгів в механізмі петельника, але й утворити стібок вузлової структури, який має низку переваг [4].

Ці особливості необхідно обов'язково враховувати при проектуванні машин для реалізації нового типу зигзагоподібного ланцюгового стібка.

*Приклад розрахунку.* Користуючись викладеним вище, визначимо параметри (табл. 2) механізмів голки та петельників швейної машини, у якій петельники мають функцію положення наближену до гармонічного закону [3].

Таблиця 2

Вихідні дані

| Параметр                                                                                  | Позначення                                                             | Величина |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------|
| Технологічні параметри:                                                                   |                                                                        |          |
| 1. Товщина матеріалу                                                                      | m                                                                      | 4 мм     |
| 2. Голка 032 GHS<br>діаметр голки                                                         | d                                                                      | 0,9 мм   |
| довжина вістря                                                                            | s                                                                      | 5 мм     |
| 3. Ширина стібка                                                                          | h                                                                      | 4 мм     |
| Конструктивні параметри                                                                   |                                                                        |          |
| 1. Ширина петельника                                                                      | b                                                                      | 4 мм     |
| 2. Товщина петельника                                                                     | δ                                                                      | 2 мм     |
| 3. Товщина голкової пластини                                                              | c                                                                      | 3 мм     |
| Кінематичні параметри.                                                                    | $f_{1,2}(\varphi) = 1 - \cos \varphi$<br>$f_3(\varphi) = \sin \varphi$ |          |
| 1. Одиничні функції положення механізмів:                                                 |                                                                        |          |
| 2. Відношення швидкостей голки та петельника в період взаємодії $\varphi_3$ - $\varphi_4$ | K                                                                      | 0,9      |
| Інші параметри                                                                            | $\frac{\varphi_B}{2\pi}$                                               | 0,3      |
| 1. Коефіцієнт робочого ходу транспортуючого органу                                        |                                                                        |          |
| 2. Параметр моменту «заколу»                                                              | C                                                                      | 4 мм     |

#### Хід розрахунку

- Визначимо періоди знаходження голки над матеріалом та в матеріалі

$$\varphi_B = 0,3 \cdot 2\pi = 0,6\pi = 108^\circ, \quad \varphi_m = \pi - \frac{\varphi_B}{2} = 180^\circ - \frac{108^\circ}{2} = 126^\circ$$

- Визначимо величину переміщення нижньої голки в матеріалі [3]

$$S_m = S_3 + s + c + a + e + b + m = 24 \text{ мм},$$

де e – відстань від верхньої поверхні петельника до нижньої поверхні голкової пластини (приймається конструктивно, e=3 мм).

- Визначимо хід голки за формулою (1)

$$S_x = \frac{2 \cdot 24}{1 - \cos 126^\circ} = 30,2 \text{ мм},$$

Звідси  $\lambda = 0,3$  [3]:  $r_1 = \frac{S_x}{2} = 15,1 \text{ мм}; l_1 = r_1 / \lambda = 50,3 \text{ мм}$

4. Знаходимо значення кутів  $\varphi_{3,4}$

$$S(\varphi_3) = S_3 = 3 \text{ мм}; S(\varphi_4) = S_4 = S_m - m - b + x - e = 13 \text{ мм},$$

Для центрально-кривошипно-повзунного механізму голки за теоремою косинусів

$$\varphi_{3,4} = \arccos \frac{r_1^2 - l_1^2 + (r_1 + l_1 - S_{3,4})^2}{2r_1(r_1 + l_1 - S_{3,4})},$$

Звідси,  $\varphi_3 = 32,4^\circ$ ,  $\varphi_4 = 286,2^\circ$

5. Знайдемо хід петельника поперек строчки з рівняння (4) та (7) прийнявши конструктивно:

$$L_{x1} = \frac{4 + 3 + 2 + 1}{\cos(0,5 \cdot 32,4^\circ) \cdot 0,9} = 11,6 \text{ мм}, L_{x2} = \frac{2 \cdot 8}{\cos(0,5 \cdot 32,4^\circ) - \cos(0,5 \cdot 286,2^\circ)} = 9,1 \text{ мм}$$

Для подальших розрахунків приймаємо значення  $L_{x1}$

6. Знайдемо хід петельника повздовж строчки з рівняння (6) та (7')

$$Z_x = \frac{2 \cdot (0,9 + 2 + 2 \cdot 0,1)}{\sin 32,4^\circ - \sin 286,2^\circ} = 6,8 \text{ мм}, Z_{xAB} = \frac{2 \cdot (0,9 + 2 + 2 \cdot 0,1)}{\cos(0,5(32,4^\circ) + \cos(0,5(286,2^\circ))} = 11,6 \text{ мм}$$

Оскільки конструктивні параметри механізму петельника не відображались в розрахунку визначимо величину ведучої ланки за виразом  $r_2 = \frac{L_x}{2}$ ,  $r_3 = \frac{Z_x}{2}$  в залежності від послідовності реалізації стібка (табл. 3.).

Таблиця 3

Параметри механізмів голки та петельника

| Порядковий номер послідовності<br>утворення стібка | Механізм<br>голки |       | Механізм петельника |       |
|----------------------------------------------------|-------------------|-------|---------------------|-------|
|                                                    | $r_1$             | $l_1$ | $r_2$               | $r_3$ |
|                                                    | мм                |       |                     |       |
| Послідовність 1                                    | 15,1              | 50,3  | 5,8                 | 3,4   |
| Послідовність 2                                    |                   |       |                     | 5,8   |
| Послідовність 3                                    |                   |       |                     | -     |

**Висновки.** 1. Отримані значення параметрів механізмів машини для реалізації нового типу стібка співставні з параметрами аналогічних механізмів машин, які виконують класичний тип зигзагоподібного стібка, однак отримані значення параметрів механізму петельника говорять про можливість збільшення ширини зиг-загу в декілька разів, що підтверджує переваги цього типу стібка.

2. Запропонований метод розрахунку може бути застосований при проектуванні механізмів нових швейних машин для виконання триниткового зигзагоподібного стібка.

### Список використаних джерел

1. Спосіб утворення триниткового зигзагоподібного ланцюгового стібка: пат. України О.П. Манойленко, В.А. Горобец; заявник та патентовласник «КНУТД». № 80838; від 10.06.13, Бюл. № 24 – 4 с. 4
2. Горобець В.А. Анализ и синтез механизмов иглы и петлителя машин многониточного плоского цепного стежка. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. К.: КТИЛП. – 1980. – 20 с.
3. Пищиков В.О. Проективання швейних машин / В.О. Пищиков, Б.В. Орловський – К.: Видавничо-поліграфічний дім «Формат». – 2007. – 320 с.
4. Хлистунов В.С. Разработка способа и машины для получения двухниточных цепных стежков узловой структуры: автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.02.13 – Машины и агрегаты легкой промышленности / В. С. Хлистунов ; КТИЛП. – Киев, 1984. – 23 с.

### References

1. 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].
2. Gorobets, V.A. (1980) *Analiz i sintez mehanizmov iglyi i petlitelya mashin mnogonitochnogo ploskogo tsepnogo stezhka. [Analysis and synthesis of mechanisms needle and looper machines multiline flat chain stitch.]*. Kyiv: KTILP [in Ukrainian].
3. Pischikov, V.A., Orlovsky, B.V. (2007) *Proektuvannya shveynih mashin [Design sewing machine]* Kyiv: Publishing and Printing House «Format» [in Ukrainian].
4. Hlistunov V.S. (1984) *Razrabotka sposoba i mashiny dlya polucheniya dvuhnitochnyh cepnyh stezhkov uzlovoj struktury [Development of the method and the machine for two-thread chain stitch node structure]*. Kyiv: KTILP [in Ukrainian].

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ШВЕЙНЫХ МАШИН ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕХНИТОЧНОГО ЦЕПНОГО ЗИГЗАГООБРАЗНОГО СТЕЖКА МАНОЙЛЕНКО А.П.

*Київський національний університет технологій і дизайну*

**Цель.** Разработка метода проектирования механизмов швейных машин для реализации трехниточного цепного зигзагообразного стежка.

**Методика.** Использован общий метод проектирования швейных машин цепного стежка в основу, которого положена теория подобия определения оптимальных значений величины ходов рабочих органов как основы проектирования соответствующих механизмов.

**Результаты.** В работе предложен метод определения оптимальных параметров звеньев механизмов швейных машин, которые обеспечивают возможность реализации нового типа трехниточный зигзагообразного цепного стежка.

**Научная новизна.** Определены основные процедуры и алгоритмы проектирования механизмов швейных машин для выполнения трехниточный зигзагообразного цепного стежка нового типа.

**Практическая значимость.** Предложенная метод может быть применена при проектировании механизмов швейных машин для выполнения зигзагообразного стежка.

**Ключевые слова:** швейные машины, цепной стежок, проектирование механизмов, зиг-заг, синхрограмма швейной машины.

### DESIGNING MECHANISMS FOR THE IMPLEMENTATION OF SEWING MACHINES THREE-THREAD CHAIN STITCH ZIGZAG MANOILENKO O.P.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Purposel.** Development of a method of designing the mechanisms of sewing machines for the realization of three-thread chain stitch zigzag.

**Methodology.** Use common method of design chain stitch sewing machine as a basis, which put the theory of similarity determining the optimal value of stroke working bodies as the basis for the design of appropriate mechanisms.

**Findings.** This paper proposes a method for determining the optimum parameters of units of sewing machines mechanisms that enable the implementation of a new type of three-thread chain stitch zigzag.

**Originality.** The basic procedures and algorithms for designing mechanisms of sewing machines to perform trehnitochny zigzag chain stitch of a new type.

**Practical value.** The proposed method can be applied in designing arrangements sewing machines to perform zigzag stitch.

**Keywords:** sewing machines, chain stitch, design mechanisms, zigzag, sinhrogramma sewing machine.

УДК 621.314

АРТЕМЕНКО М.Ю., БАТРАК Л.М.

Національний технічний університет України «Київський  
політехнічний інститут»

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ  
РЕАКТИВНОГО КОМПЕНСАТОРА ПАРАЛЕЛЬНОГО  
ГІБРИДНОГО ФІЛЬТРА ДЛЯ ВИПАДКОВОЇ  
ДИСКРЕТНО ЛІНІЙНОЇ МОДЕЛІ НАВАНТАЖЕННЯ**

**Мета.** Метою статті є розробка методики розрахунку параметрів реактивного компенсатора паралельного гібридного фільтра для випадкової дискретно лінійної моделі навантаження.

**Методика.** Використані сучасні методи досліджень, прийняті в теорії електричних кіл; елементи матричного комплексного числення та векторної алгебри, а також теорії імовірності. Розрахункові співвідношення отримані шляхом компенсації неактивних складових струмів трифазного джерела для математичного сподівання параметрів навантаження.

**Результати.** При увімкненні реактивного компенсатора, параметри якого розраховані за запропонованою методикою, до дискретно змінюваного за випадковим законом навантаження математичне сподівання встановленої потужності паралельного активного фільтра зменшується не менше, ніж на 29%.

**Наукова новизна.** Встановлені нові залежності визначення параметрів реактивного компенсатора, з'єднаного трикутником, що дозволяє розраховувати їх незалежно від розрахунку елементів компенсатора, з'єднаного зіркою.

**Практична значимість.** Отримані результати можуть бути використані при оптимальному проектуванні паралельного гібридного фільтра для підвищення коефіцієнта корисної дії трифазної чотирипровідної системи електроживлення.

**Ключові слова:** гібридний силовий фільтр, гармоніки струму, нелінійне навантаження, коефіцієнт гармонік.

**Вступ.** Для вирішення завдання підвищення якості електроенергії широке застосування отримали пристрої активної фільтрації, зокрема, паралельні активні фільтри (ПАФ), які дозволяють компенсувати неактивні складові потужності та пульсації миттєвої активної потужності шляхом симетрування струмів трифазного джерела. Однак енергетичною умовою доцільності застосування ПАФ є підвищення коефіцієнта корисної дії системи електропостачання в цілому, тобто економія потужності втрат в силовому кабелю за рахунок підвищення коефіцієнта потужності має перевищувати власну потужність втрат інвертора ПАФ, що пропорційні його встановленій потужності. Застосування паралельних гібридних фільтрів (ПГФ) - комбінації пасивних і активних фільтрів - дозволяє істотно знизити встановлену потужність активного фільтра та підвищити якість фільтрації гармонік на частоті резонансу.

Незважаючи на велику увагу, яка приділяється в останні роки в зарубіжній і вітчизняній науково-технічній літературі дослідженню ефективності функціонування мережевих фільтруючих пристроїв, основна частина досліджень [2-5] присвячена питанням окремого функціонування пасивних і активних фільтрів в умовах детермінованого навантаження.

**Постановка задачі.** Враховуючи актуальність питання забезпечення якості електроенергії в живильних мережах в умовах нестационарного не детермінованого навантаження, в роботі розроблюється методика розрахунку параметрів реактивного

компенсатора в складі паралельного гібридного фільтра для випадкової дискретно лінійної моделі навантаження.

**Результати дослідження.** Розглянемо умови врівноваженості лінійного навантаження трифазної чотирипровідної системи живлення, що складається з симетричного трифазного джерела напруги синусоїдної форми, лінійного детермінованого навантаження, увімкнутого трикутником, та компенсатора з реактивних елементів, увімкнутого зіркою (рис.). Іншими словами, знайдемо умови, яким мають задовольняти параметри провідностей  $\bar{Y}_A, \bar{Y}_B, \bar{Y}_C, \bar{Y}_{AB}, \bar{Y}_{BC}, \bar{Y}_{CA}$  для споживання від трифазного джерела активного струму за Фрізе, що забезпечує одиничний коефіцієнт потужності [1], та незмінну в часі величину миттєвої потужності джерела [3].

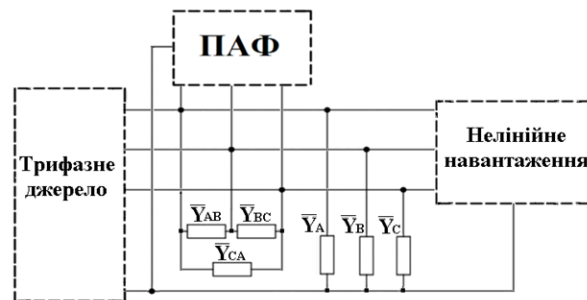


Рис. Трифазна чотирипровідна система живлення з ПГФ

Відповідно до символічного методу розрахунку представимо вектор фазних напруг трифазного джерела за формулою

$$\mathbf{u}_\phi(t) = \begin{bmatrix} u_A(t) \\ u_B(t) \\ u_C(t) \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} U_\phi \cos(\omega t) \\ U_\phi \cos(\omega t - 2\pi/3) \\ U_\phi \cos(\omega t + 2\pi/3) \end{bmatrix} = \sqrt{2} \text{Re}(\bar{\mathbf{u}}_\phi e^{j\omega t}), \quad (1)$$

де  $\bar{\mathbf{u}}_\phi = U_\phi \begin{bmatrix} 1 \\ \tilde{a} \\ \tilde{a}^T \end{bmatrix}$ ;  $\tilde{a} = e^{j2\pi/3}$ ;  $\tilde{a}^T = (\tilde{a})^* = e^{-j2\pi/3}$ ;  $U_\phi$  – діюче значення фазної напруги,  $T$  – знак транспонування.

Тоді вектор лінійних напруг трифазного джерела описується виразом

$$\mathbf{u}_L(t) = \begin{bmatrix} u_{AB}(t) \\ u_{BC}(t) \\ u_{CA}(t) \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} U_L \cos(\omega t + \pi/6) \\ U_L \cos(\omega t - \pi/2) \\ U_L \cos(\omega t + 5\pi/6) \end{bmatrix} = \sqrt{2} \text{Re}(\bar{\mathbf{u}}_L e^{j\omega t}), \quad (2)$$

Де

$$\bar{\mathbf{u}}_L = \begin{bmatrix} \dot{U}_{AB} \\ \dot{U}_{BC} \\ \dot{U}_{CA} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_L e^{j\pi/6} \\ U_L e^{-j\pi/2} \\ U_L e^{5\pi/6} \end{bmatrix} = \sqrt{3} U_\phi e^{j\pi/6} \begin{bmatrix} 1 \\ \tilde{a} \\ \tilde{a}^T \end{bmatrix}.$$

Вектор комплексних струмів, споживаних лінійним навантаженням від трифазного джерела, має дві складові, що розподіляються між провідностями, з'єднаними, відповідно, зіркою та трикутником:

$$\bar{\mathbf{i}} = \bar{\mathbf{i}}_Y + \bar{\mathbf{i}}_\Delta = \begin{bmatrix} \bar{Y}_A & 0 & 0 \\ 0 & \bar{Y}_B & 0 \\ 0 & 0 & \bar{Y}_C \end{bmatrix} \bar{\mathbf{u}}_\phi + \begin{bmatrix} \dot{U}_{AB}\bar{Y}_{AB} - \dot{U}_{CA}\bar{Y}_{CA} \\ \dot{U}_{BC}\bar{Y}_{BC} - \dot{U}_{AB}\bar{Y}_{AB} \\ \dot{U}_{CA}\bar{Y}_{CA} - \dot{U}_{BC}\bar{Y}_{BC} \end{bmatrix} = U_\phi \left( \begin{bmatrix} \bar{Y}_A \\ \bar{Y}_B \tilde{a} \\ \bar{Y}_C \tilde{a}^T \end{bmatrix} + \sqrt{3} e^{j\pi/6} \begin{bmatrix} \bar{Y}_{AB} - \tilde{a}\bar{Y}_{CA} \\ \bar{Y}_{BC} \tilde{a} - \bar{Y}_{AB} \\ \bar{Y}_{CA} \tilde{a}^T - \bar{Y}_{BC} \tilde{a} \end{bmatrix} \right). \quad (3)$$

Комплексний вектор активного струму навантаження визначається за формулою Фрізе [1] з урахуванням того, що активна потужність виділяється лише в провідностях, з'єднаних зіркою:

$$\bar{\mathbf{i}}_p = \text{Re} \left( \frac{\tilde{S}}{\bar{\mathbf{u}}_\phi^T \bar{\mathbf{u}}_\phi^*} \right) \bar{\mathbf{u}}_\phi = \text{Re} \left( \frac{\bar{y}_A U_A^2 + \bar{y}_B U_B^2 + \bar{y}_C U_C^2}{U_A^2 + U_B^2 + U_C^2} \right) \bar{\mathbf{u}}_\phi = U_\phi \text{Re} \left( \frac{\bar{y}_A + \bar{y}_B + \bar{y}_C}{3} \right) \begin{pmatrix} 1 \\ \tilde{a} \\ \tilde{a}^2 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Перейшовши до рівності комплексних векторів симетричних складових  $\bar{\mathbf{i}} = \mathbf{F}^{-1} \bar{\mathbf{i}}_p$  та  $\bar{\mathbf{i}}_p = \mathbf{F} \bar{\mathbf{i}}$ , отриманих шляхом множення виразів (3), (4) на модифіковану обернену матрицю Fortesque [4], одержимо умову компенсації у вигляді

$$U_\phi \begin{pmatrix} \bar{y}_+ \\ \bar{y}_0 + \sqrt{3}e^{j30^\circ}(1-\tilde{a})\bar{y}_{20} \\ \bar{y}_- + \sqrt{3}e^{j30^\circ}(1-\tilde{a})\bar{y}_{2-} \end{pmatrix} = U_\phi \begin{pmatrix} 0 \\ \text{Re}(\bar{y}_0) \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

де  $\bar{y}_0 = (\bar{y}_A + \bar{y}_B + \bar{y}_C) / \sqrt{3}$ ;  $\bar{y}_+ = (\bar{y}_A + \tilde{a}\bar{y}_B + \tilde{a}^2\bar{y}_C) / \sqrt{3}$ ;  $\bar{y}_- = (\bar{y}_A + \tilde{a}^2\bar{y}_B + \tilde{a}\bar{y}_C) / \sqrt{3}$ ;

$$\bar{y}_{20} = (\bar{y}_{AB} + \bar{y}_{BC} + \bar{y}_{CA}) / \sqrt{3}; \bar{y}_{2-} = (\bar{y}_{AB} + \tilde{a}\bar{y}_{BC} + \tilde{a}^2\bar{y}_{CA}) / \sqrt{3}.$$

З прирівнювання елементів векторів виразу (5) впливають умови компенсації неактивних складових струмів трифазного джерела:

$$\begin{cases} \bar{y}_+ = 0; \\ \text{Im}(\bar{y}_0) = 0; \\ \bar{y}_- + \sqrt{3}e^{j30^\circ}(1-\tilde{a})\bar{y}_{2-} = 0; \\ \bar{y}_{20} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

У випадку, коли з'єднане зіркою детерміноване несиметричне навантаження, що задається комплексними провідностями  $\bar{y}_A, \bar{y}_B, \bar{y}_C$ , має бути врівноважене реактивним компенсатором, елементи якого з'єднані зіркою (параметри реактивних провідностей  $b_A, b_B, b_C$ ) та трикутником (параметри реактивних провідностей  $b_{AB}, b_{BC}, b_{CA}$ ), загальні умови компенсації (6) модифікуються до вигляду

$$\begin{cases} \bar{y}_+ + j\dot{b}_+ = 0; \\ \text{Im}(\bar{y}_0) + b_0 = 0; \\ \bar{y}_- + j\dot{b}_- + e^{j30^\circ}\sqrt{3}j(1-\tilde{a})\dot{b}_{2-} = 0; \\ b_{20} = 0, \end{cases} \quad (7)$$

де  $b_0 = (b_A + b_B + b_C) / \sqrt{3}$ ;  $\dot{b}_+ = (b_A + \tilde{a}b_B + \tilde{a}^2b_C) / \sqrt{3}$ ;  $b_{20} = (b_{AB} + b_{BC} + b_{CA}) / \sqrt{3}$ ;  $\dot{b}_{2-} = (b_{AB} + \tilde{a}b_{BC} + \tilde{a}^2b_{CA}) / \sqrt{3}$ .

З першого рівняння системи (7) випливає, що  $\dot{b}_+ = j\bar{y}_+$ . Оскільки реактивні провідності елементів компенсатора є дійсними числами, то

$$\dot{b}_- = (b_A + b_B\tilde{a} + b_C\tilde{a}^2) / \sqrt{3} = (\dot{b}_+)^* = -j\bar{y}_+. \quad (8)$$

Для розрахунку параметрів елементів компенсатора, з'єднаних зіркою, маємо систему рівнянь, отриманих з перших двох рівнянь системи (7) та виразу (8):

$$\begin{cases} (b_A + b_B + b_C) / \sqrt{3} = -\text{Im}(\bar{y}_0); \\ (b_A + b_B\tilde{a} + b_C\tilde{a}^2) / \sqrt{3} = j\bar{y}_+; \\ (b_A + b_B\tilde{a} + b_C\tilde{a}^2) / \sqrt{3} = -j\bar{y}_+. \end{cases} \quad (9)$$

Розв'язок системи (9) знайдемо, застосувавши модифіковану обернену матрицю Fortesque:

$$\begin{bmatrix} b_A \\ b_B \\ b_C \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \tilde{a} & \tilde{a} \\ 1 & \tilde{a} & \tilde{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\text{Im}(\bar{y}_0) \\ \bar{y}_+ \\ -j\bar{y}_+ \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} -\text{Im}(\bar{y}_0) + j(\bar{y}_+ - \tilde{y}_+) \\ -\text{Im}(\bar{y}_0) + j(\tilde{a}\bar{y}_+ - \tilde{a}\tilde{y}_+) \\ -\text{Im}(\bar{y}_0) + j(\tilde{a}\bar{y}_+ - \tilde{a}\tilde{y}_+) \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} -\text{Im}(\bar{y}_0) - 2\text{Im}(\bar{y}_+) \\ -\text{Im}(\bar{y}_0) - \sqrt{3}\text{Re}(\bar{y}_+) + \text{Im}(\bar{y}_+) \\ -\text{Im}(\bar{y}_0) + \sqrt{3}\text{Re}(\bar{y}_+) + \text{Im}(\bar{y}_+) \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Для розрахунку параметрів елементів компенсатора, з'єднаних трикутником, попередньо знайдемо з третього рівняння системи (7)

$$\dot{b}_{2-} = -\frac{\bar{y}_- + j\bar{b}_-}{e^{j30^\circ} \sqrt{3}j(1-\tilde{a})} = \frac{\bar{y}_- + \tilde{y}_+}{(e^{-j60^\circ} - e^{-j180^\circ})\sqrt{3}} = \frac{2e^{j30^\circ}}{3\sqrt{3}} [\text{Re}(\bar{y}_A) + \tilde{a}\text{Re}(\bar{y}_B) + \tilde{a}\text{Re}(\bar{y}_C)]. \quad (11)$$

Визначаємо вектор реактивних провідностей трикутного компенсатора:

$$\begin{bmatrix} b_{AB} \\ b_{BC} \\ b_{CA} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \tilde{a} & \tilde{a} \\ 1 & \tilde{a} & \tilde{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \tilde{b}_{2-} \\ \tilde{b}_{2-} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} \dot{b}_{2-} + \tilde{b}_{2-} \\ \tilde{a}\dot{b}_{2-} + \tilde{a}\tilde{b}_{2-} \\ \tilde{a}\dot{b}_{2-} + \tilde{a}\tilde{b}_{2-} \end{bmatrix} = \frac{2}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} \text{Re}(\dot{b}_{2-}) \\ \text{Re}(\tilde{a}\dot{b}_{2-}) \\ \text{Re}(\tilde{a}\dot{b}_{2-}) \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Формула (12) зі значенням параметра  $\dot{b}_{2-}$  за формулою (11) дозволяє на відміну від [2] розраховувати параметри компенсатора, з'єданого трикутником, незалежно від розрахунку елементів компенсатора, з'єданого зіркою.

Якщо нелінійне навантаження має випадковий характер, доцільно врівноважувати величину його математичного сподівання [3], зменшуючи математичне сподівання встановленої потужності інвертора ПАФ. Для випадкової дискретно лінійної моделі навантаження, комплексні провідності якого приймають  $n$  значень  $\bar{y}_{Ai}, \bar{y}_{Bi}, \bar{y}_{Ci}$  з

ймовірностями  $p_i, \sum_{i=1}^n p_i = 1$ , математичні сподівання провідностей фаз знаходять за

формулами  $\bar{y}_{MA} = \sum_{i=1}^n p_i \bar{y}_{Ai}; \bar{y}_{MB} = \sum_{i=1}^n p_i \bar{y}_{Bi}; \bar{y}_{MC} = \sum_{i=1}^n p_i \bar{y}_{Ci}$  та розраховують для цих значень праві частини виразів (10)-(12).

Як приклад, розрахуємо реактивний компенсатор гібридного фільтра для навантаження, що описується комплексною провідністю  $\bar{y} = (1+j)^{-1}$ , підключеною з імовірністю  $p$  до фази  $C$  та з імовірністю  $1-p$  до фази  $B$ .

Знаходимо математичні сподівання провідностей фаз:

$$\bar{y}_{MC} = \frac{p}{1+j} = \frac{p}{2} - j\frac{p}{2} = \frac{p}{\sqrt{2}} e^{-j45^\circ}; \bar{y}_{MB} = \frac{1-p}{1+j} = \frac{1-p}{2} - j\frac{1-p}{2} = \frac{1-p}{\sqrt{2}} e^{-j45^\circ}; \bar{y}_{MA} = 0.$$

Розраховуємо визначальні величини правих частин виразу (10):

$$\frac{\bar{y}_0}{\sqrt{3}} = \frac{\bar{y}_{MA} + \bar{y}_{MB} + \bar{y}_{MC}}{3} = \frac{1}{3} \left( \frac{p}{\sqrt{2}} e^{-j45^\circ} + \frac{1-p}{\sqrt{2}} e^{-j45^\circ} \right) = \frac{1}{3\sqrt{2}} e^{-j45^\circ} = \frac{1}{6} - j\frac{1}{6};$$

$$\frac{\bar{y}_+}{\sqrt{3}} = \frac{\bar{y}_{MA} + \tilde{a}\bar{y}_{MB} + \tilde{a}\bar{y}_{MC}}{3} = \frac{1}{3} \left( \frac{p}{\sqrt{2}} e^{-j45^\circ} + \tilde{a} \frac{1-p}{\sqrt{2}} e^{-j45^\circ} \right) = \frac{-1 - (1-2p)\sqrt{3} + j - j(1-2p)\sqrt{3}}{12}.$$

Реактивні провідності частини компенсатора, з'єднаної зіркою

$$\begin{bmatrix} b_A \\ b_B \\ b_C \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} -\text{Im}(\bar{y}_0) - 2\text{Im}(\bar{y}_+) \\ -\text{Im}(\bar{y}_0) - \sqrt{3}\text{Re}(\bar{y}_+) + \text{Im}(\bar{y}_+) \\ -\text{Im}(\bar{y}_0) + \sqrt{3}\text{Re}(\bar{y}_+) + \text{Im}(\bar{y}_+) \end{bmatrix} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} \sqrt{3} - 2p\sqrt{3} \\ 3 + p\sqrt{3} - 3p \\ -\sqrt{3} + p\sqrt{3} + 3p \end{bmatrix}. \quad (13)$$

Розраховуємо визначальні величини правих частин виразу (12), що задають параметри частини реактивного компенсатора, з'єднаної трикутником:

$$\bar{b}_{2-} = \frac{2e^{j30^\circ}}{3\sqrt{3}} [\operatorname{Re}(\bar{y}_{MA}) + a \operatorname{Re}(\bar{y}_{MB}) + \tilde{a} \operatorname{Re}(\bar{y}_{MC})] = \frac{1}{6\sqrt{3}} [-(1-p)\sqrt{3} + j(1-3p)];$$

$$\operatorname{Re}(\bar{b}_{2-}) = -\frac{(1-p)\sqrt{3}}{6\sqrt{3}} = -\frac{(1-p)}{6};$$

$$\operatorname{Re}(\tilde{a}\bar{b}_{2-}) = \operatorname{Re}\left\{\frac{e^{-j120^\circ}}{6\sqrt{3}} [-(1-p)\sqrt{3} + j(1-3p)]\right\} = \frac{1-2p}{6};$$

$$\operatorname{Re}(a\bar{b}_{2-}) = \operatorname{Re}\left\{\frac{e^{j120^\circ}}{6\sqrt{3}} [-(1-p)\sqrt{3} + j(1-3p)]\right\} = \frac{p}{6}.$$

Реактивні провідності частини компенсатора, з'єднаної зіркою

$$\begin{aligned} \left\| \begin{matrix} b_{AB} \\ b_{BC} \\ b_{CA} \end{matrix} \right\| &= \frac{2}{\sqrt{3}} \left\| \begin{matrix} \operatorname{Re}(\bar{b}_{2-}) \\ \operatorname{Re}(\tilde{a}\bar{b}_{2-}) \\ \operatorname{Re}(a\bar{b}_{2-}) \end{matrix} \right\| = \frac{2}{\sqrt{3}} \left\| \begin{matrix} -(1-p)/6 \\ (1-2p)/6 \\ p/6 \end{matrix} \right\| = \frac{1}{3\sqrt{3}} \left\| \begin{matrix} -(1-p) \\ 1-2p \\ p \end{matrix} \right\|. \end{aligned} \quad (14)$$

При встановленні реактивного компенсатора гібридного фільтра, параметри якого розраховані за осередненими імовірнісними характеристиками навантаження, кожна конкретна реалізація навантаження супроводжується постачанням активного струму від трифазного джерела та неактивних складових струму від ПАФ.

Зокрема, при підключенні навантаження з комплексною провідністю  $\bar{y}$  попереднього прикладу до фази  $C$  з формули (5) впливає вираз для вектора комплексних струмів симетричних складових ПАФ

$$\mathbf{i}_c = U_+ \left\| \begin{matrix} \bar{y}a / \sqrt{3} + j\bar{b}_+ \\ j \operatorname{Im}(\bar{y}) / \sqrt{3} + j\bar{b}_0 \\ \bar{y}\tilde{a} / \sqrt{3} + j\bar{b}_- + \sqrt{3}e^{j30^\circ} \bar{b}_{2-} (1-\tilde{a}) \end{matrix} \right\| = U_+ \left\| \begin{matrix} \bar{y}a / \sqrt{3} - \bar{y}_+ \\ j \operatorname{Im}(\bar{y}) / \sqrt{3} - j \operatorname{Im}(\bar{y}_0) \\ \bar{y}\tilde{a} / \sqrt{3} - \bar{y}_- \end{matrix} \right\| = U_+ (1-p) \left\| \begin{matrix} \bar{y} \\ 0 \\ -\bar{y} \end{matrix} \right\|.$$

Аналогічно, при підключенні навантаження  $\bar{y}$  до фази  $B$  вектор комплексних струмів симетричних складових ПАФ

$$\mathbf{i}_b = U_+ \left\| \begin{matrix} \bar{y}\tilde{a} / \sqrt{3} + j\bar{b}_+ \\ j \operatorname{Im}(\bar{y}) / \sqrt{3} + j\bar{b}_0 \\ \bar{y}a / \sqrt{3} + j\bar{b}_- + \sqrt{3}e^{j30^\circ} \bar{b}_{2-} (1-\tilde{a}) \end{matrix} \right\| = U_+ \left\| \begin{matrix} \bar{y}\tilde{a} / \sqrt{3} - \bar{y}_+ \\ j \operatorname{Im}(\bar{y}) / \sqrt{3} - j \operatorname{Im}(\bar{y}_0) \\ \bar{y}a / \sqrt{3} - \bar{y}_- \end{matrix} \right\| = U_+ p \left\| \begin{matrix} -\bar{y} \\ 0 \\ \bar{y} \end{matrix} \right\|.$$

Встановлену потужність ПАФ знайдемо як математичне сподівання потужностей небалансу, зумовлених струмами  $\mathbf{i}_c$  та  $\mathbf{i}_b$ :

$$N_G = \sqrt{3}U_+ [p\sqrt{\mathbf{i}_c^T \mathbf{i}_c^*} + (1-p)\sqrt{\mathbf{i}_b^T \mathbf{i}_b^*}] = 2\sqrt{3}U_+^2 p(1-p)\sqrt{2}y = 2\sqrt{3}U_+^2 p(1-p).$$

За відсутності реактивного компенсатора ПАФ компенсує усі неактивні складові потужності, при цьому його встановлена потужність

$$N_0 = \sqrt{S^2 - P^2} = P\sqrt{\lambda^{-2} - 1},$$

де  $\lambda = P/S$  – коефіцієнт потужності, що для даного навантаження з комплексною провідністю  $\bar{y}$  приймає значення  $1/\sqrt{6} \approx 0.408$  [2] при підключенні до будь-якої фази. При цьому активна потужність  $P = U_+^2 \operatorname{Re}(\bar{y}) = U_+^2 / 2$ .

Таким чином, при увімкненні реактивного компенсатора, параметри якого розраховані за формулами (13) та (14), встановлена потужність ПАФ зменшується відповідно до відношення  $N_0 / N_G = \sqrt{5} / 4\sqrt{3}p(1-p)$ , тобто не менше, ніж в  $\sqrt{5/3} \approx 1.29$  разів, або на 29%.

**Висновки.** Формула (12) зі значенням параметра  $b_{2-}$  за формулою (11) дозволяє на відміну від [2] розраховувати параметри компенсатора, з'єднаного трикутником, незалежно від розрахунку елементів компенсатора, з'єднаного зіркою.

Запропонована методика розрахунку параметрів реактивного компенсатора гібридного фільтра для випадкової дискретно лінійної моделі навантаження.

Показано, що при увімкненні реактивного компенсатора, параметри якого розраховані за формулами (13) та (14), встановлена потужність ПАФ зменшується не менше, ніж на 29%.

### Список використаних джерел

1. Fryze S. Active, reactive and apparent power in circuits with non-sinusoidal voltage and current // Przegląd Elektrotechniczny. –1931. – № 7-8. – Pp. 193-203.
2. Czarnecki, L.S., Haley, P.M. Unbalanced Power in Four-Wire Systems and Its Reactive Compensation // IEEE Trans. Power Delivery – 2014 – Vol.30. – No.1.– Pp.53 – 63.
3. Шидловский А.К., Мостовяк И.В., Москаленко Г.А. Уравновешивание режимов многофазных цепей/ Ин-т электродинамики АН УССР. – Киев: Наукова думка, 1990.–272 с.
4. Сиротин Ю.А. Векторная мгновенная мощность и энергетические режимы трехфазных цепей // Технічна електродинаміка. – 2013. – №6. –С.57–65.
5. Артеменко М. Ю., Батрак Л. М. Стратегії управління паралельним активним фільтром, що збільшують коефіцієнт корисної дії трифазної чотирипровідної системи живлення // V міжнародна науково-практична конференція «Обробка сигналів і негаусівських процесів». – 2015. – С.74-77.

### МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РЕАКТИВНОГО КОМПЕНСАТОРА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ГИБРИДНОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ СЛУЧАЙНОЙ ДИСКРЕТНО ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ НАГРУЗКИ

АРТЕМЕНКО М.Ю., БАТРАК Л.М.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»*

**Цель.** Целью статьи является разработка методики расчета параметров реактивного компенсатора параллельного гибридного фильтра для случайной дискретно линейной модели нагрузки.

**Методика.** Используются современные методы исследований, принятые в теории электрических цепей; элементы матричного комплексного исчисления и векторной алгебры, а также теории вероятности. Расчетные соотношения получены путем компенсации неактивных составляющих токов трехфазного источника для математического ожидания параметров нагрузки.

**Результаты.** При включении реактивного компенсатора, параметры которого рассчитаны по предложенной методике, к дискретно изменяемой по случайному закону

нагрузки математическое ожидание установленной мощности ПАФ уменьшается не менее чем на 29%.

**Научная новизна.** Установлены новые зависимости определения параметров реактивного компенсатора, соединенного треугольником, что позволяет рассчитывать их независимо от расчета элементов компенсатора, соединенного звездой.

**Практическая значимость.** Полученные результаты могут быть использованы при оптимальном проектировании параллельного гибридного фильтра для повышения коэффициента полезного действия трехфазной четырехпроводной системы питания.

**Ключевые слова:** гибридный силовой фильтр, гармоники тока, нелинейная нагрузка, коэффициент гармоник.

## THE CALCULATING METHODOLOGY FOR REACTIVE COMPENSATOR'S PARAMETERS OF SHUNT HYBRID ACTIVE POWER FILTER FOR RANDOM DISCRETE LINEAR LOAD MODEL

ARTEMENKO M.Yu., BATRAK L.M.

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

**Purpose.** The aim of the article is to develop a methodology for calculating the parameters of the reactive compensator shunt hybrid active power filter for random discrete linear loads model.

**Methodology.** We use modern research methods adopted in the theory of electrical circuits; matrix elements of integral calculus and vector algebra and probability theory. The calculated ratio obtained by compensation of reactive components of the current three-phase power for the expectation of the load parameters.

**Findings.** When the reactive compensator whose parameters are calculated by the proposed method, a discrete variable randomly load expectation installed capacity shunt active filter reduced to not less than 29%.

**Originality.** New formulas to determine the parameters of the delta connected compensator were derived. This allows the calculation the delta compensator, regardless of the calculation of the elements of the star compensator.

**Practical value.** The results obtained can be used in the optimal design of a shunt hybrid filter to improve the efficiency of the three-phase four-wire power supply system.

**Keywords:** shunt hybrid active power filter, harmonic current, non-linear load, harmonic distortion.

УДК [67/68.08:678.053]:519.85

РУБАНКА М.М.

Київський національний університет технологій та  
дизайну

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ  
ДИНАМІКИ РОТОРНОЇ ДРОБАРКИ ДЛЯ  
ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЛЕГКОЇ  
ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Мета.** Розробка математичної моделі динаміки приводу роторної дробарки для переробки відходів легкої промисловості.

**Методика.** Використані відомі методи математичного моделювання та динаміки механічних систем з пружними зв'язками.

**Результати.** Розроблено математичну модель динаміки приводу роторної дробарки для переробки відходів легкої промисловості.

**Наукова новизна.** Отримано математичну модель, що дозволяє визначати раціональні параметри роторної дробарки в залежності від фізико-механічних властивостей та геометричних розмірів відходів легкої промисловості, що переробляються.

**Практична значимість.** Розроблена математична модель може бути використана на підприємствах легкої промисловості, що застосовують для переробки відходів роторні дробарки, при виборі раціональних параметрів обладнання в залежності від фізико-механічних властивостей та геометричних розмірів відходів, що переробляються. Правильний підбір параметрів даного обладнання дозволяє підвищити енергоефективність процесів переробки відходів та надійність його роботи.

**Ключові слова:** роторна ножова дробарка, математична модель, динаміка приводу, раціональні параметри обладнання, відходи легкої промисловості.

**Вступ.** Одним з універсальних, енергетично вигідних і найпоширеніших способів переробки більшості відходів легкої промисловості є різання [1]. До обладнання, що використовується для переробки відходів легкої промисловості способом механічного подрібнення різанням, можна віднести, в першу чергу, роторні ножові дробарки, дискові ножові подрібнювачі та ін.

На сьогоднішній день, перед підприємствами легкої промисловості України, які окрім першочергових задач, а саме виготовлення якісної готової продукції, займаються ще й питаннями переробки та подальшого використання відходів виробництва, нерідко виникає проблема вибору раціональних параметрів обладнання для переробки того чи іншого виду відходів.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання вибору раціональних параметрів обладнання для переробки відходів легкої промисловості в залежності від фізико-механічних властивостей та геометричних розмірів відходів, що переробляються, завданням досліджень є розробка математичної моделі, що дозволить досліджувати динаміку приводу роторної ножової дробарки під час перехідних процесів роботи та правильно підібрати його параметри.

**Результати дослідження.** На рис. 1 представлена кінематична схема приводу роторної ножової дробарки [2]. Узагальнена розрахункова схема роторної ножової дробарки представлена на рис. 2.

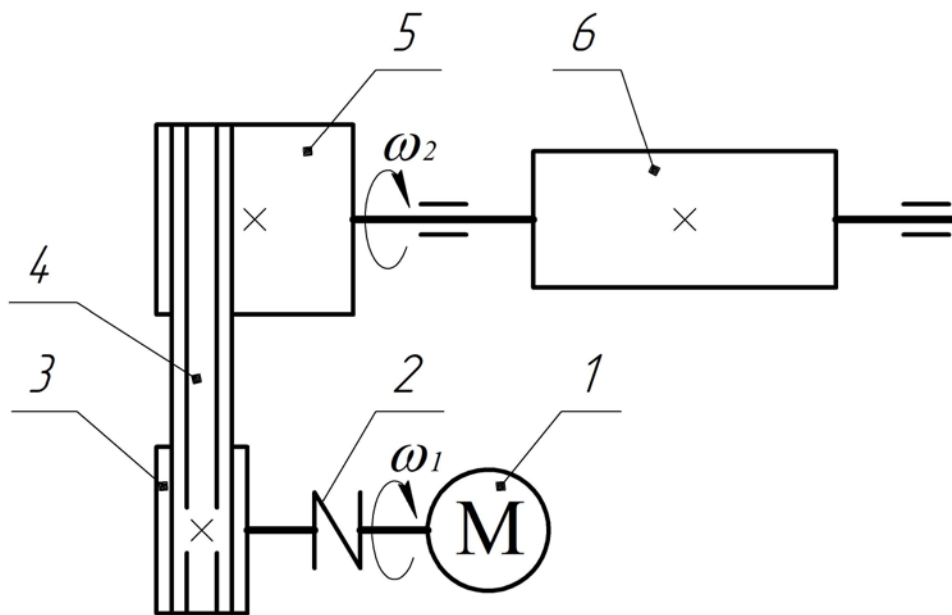


Рис. 1 Кінематична схема приводу роторної дробарки: 1 – електродвигун; 2 – пружна муфта; 3 – шків; 4 – клиновий пас; 5 – шків-маховик; 6 – ротор

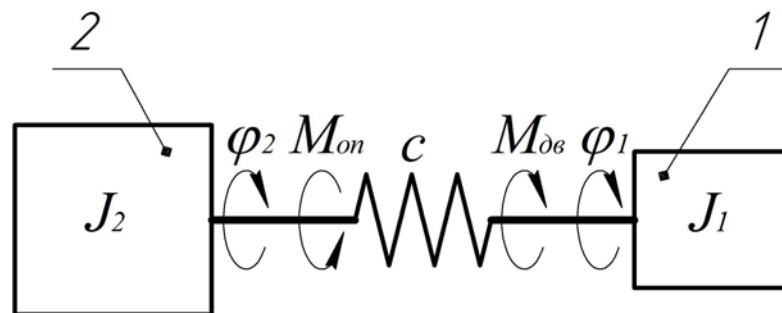


Рис. 2 Узагальнена розрахункова схема роторної ножової дробарки: 1 – обертові маси на валу двигуна; 2 – обертові маси на валу ротора

Динаміка процесу роботи приводу дробарки може бути описана за допомогою математичної моделі двохмасової системи з пружним зв'язком [3].

Нехтуючи силами тертя на валу двигуна і дисипативними силами, рух системи з двома ступенями свободи, зображеної на рис. 2, можна описати наступною системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_{\text{дв}} - M_{12}; \\ J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{12} - M_{\text{он}}, \end{cases} \quad (1)$$

де  $M_{12} = c(\varphi_1 - \varphi_2)$  - момент навантаження пружного зв'язку між двигуном 1 і ротором 2;  $\varphi_1$  - кут повороту валу двигуна;  $\omega_1$  - кутова швидкість валу двигуна;  $\omega_2$  - кутова швидкість

ротора;  $\varphi_2$  - приведенне до валу двигуна кутове переміщення ротору 2;  $M_{\partial\partial}$  - крутний момент на валу двигуна;  $M_{on}$  - момент опору на валу ротора;  $J_1, J_2$  - моменти інерції обертових мас двигуна 1 і ротора 2.

Для вирішення системи диференціальних рівнянь (1) чисельними методами використано програмне забезпечення «Mathcad 14».

Проведено широкий обчислювальний експеримент. Встановлено регресійні залежності різниці кутів повороту валу електродвигуна та ротора  $\varphi_1 - \varphi_2, \text{рад} \rightarrow Y_1$ , різниці кутових швидкостей обертання валу електродвигуна  $\omega_1^{поч} - \omega_1^{кін}, \text{с}^{-1} \rightarrow Y_2$ , різниці кутових швидкостей обертання ротора  $\omega_2^{поч} - \omega_2^{кін}, \text{с}^{-1} \rightarrow Y_3$  на початку та в кінці перехідних процесів роботи роторної ножової дробарки (робочий хід – процес руйнування матеріалу та холостий хід – процес розгону приводу) від моменту інерції електродвигуна  $J_1, \text{кгм}^2 \rightarrow X_1$ , моменту інерції ротора  $J_2, \text{кгм}^2 \rightarrow X_2$ , жорсткості пружного зв'язку  $c, \text{Нм/рад} \rightarrow X_3$  та моменту опору на валу ротора  $M_{on}, \text{Нм} \rightarrow X_4$ .

Значення факторів, рівнів та кроків їх варіювання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Фактори, рівні та кроки їх варіювання

| Фактори                                           |       | Рівні варіювання |        |      | Крок варіювання |
|---------------------------------------------------|-------|------------------|--------|------|-----------------|
|                                                   |       | -1               | 0      | 1    | $\Delta$        |
| Момент інерції двигуна, $J_1, [\text{кгм}^2]$     | $X_1$ | 0,005            | 0,0275 | 0,05 | 0,0225          |
| Момент інерції ротора, $J_2, [\text{кгм}^2]$      | $X_2$ | 0,5              | 1,0    | 1,5  | 0,5             |
| Жорсткість пружного зв'язку, $c, [\text{Нм/рад}]$ | $X_3$ | 5                | 52,5   | 100  | 47,5            |
| Момент опору, $M_{on}, [\text{Нм}]$               | $X_4$ | 1                | 250,5  | 500  | 249,5           |

Для чотирьох факторів рівняння регресії буде мати наступний вигляд:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 \quad (2)$$

Отримані значення коефіцієнтів регресії представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів регресії

| Коефіцієнт регресії | $\varphi_1 - \varphi_2$ | $\omega_1^{поч} - \omega_1^{кін}$ | $\omega_2^{поч} - \omega_2^{кін}$ | Коефіцієнт регресії | $\varphi_1 - \varphi_2$ | $\omega_1^{поч} - \omega_1^{кін}$ | $\omega_2^{поч} - \omega_2^{кін}$ |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|

|          |           |           |           |          |           |           |           |
|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| $b_0$    | 2,116E-4  | 1,751E-4  | 0,326     | $b_{23}$ | 3,700 E-8 | -1,056E-4 | 7,748E-6  |
| $b_1$    | 1,563E-7  | -4,810E-4 | -2,483E-9 | $b_{24}$ | -1,405E-4 | -1,163E-4 | -0,216    |
| $b_2$    | -1,411E-4 | -1,954E-4 | -0,217    | $b_{34}$ | -5,265E-8 | 1,577E-4  | -4,342E-6 |
| $b_3$    | -9,395E-8 | 2,827E-4  | -6,130E-6 | $b_{11}$ | -1,280E-7 | 3,934E-4  | 6,371E-9  |
| $b_4$    | 2,342E-4  | 3,113E-4  | 0,360     | $b_{22}$ | 7,052E-5  | 9,777E-5  | 0,109     |
| $b_{12}$ | -9,401E-8 | 2,886E-4  | 0,0       | $b_{33}$ | 6,492E-9  | -1,981E-5 | -1,210E-9 |
| $b_{13}$ | 1,275E-7  | -3,914E-4 | -7,450E-9 | $b_{44}$ | 6,410E-9  | -1,962E-5 | 2,959E-10 |
| $b_{14}$ | 1,402E-7  | -4,312E-4 | 0,0       |          |           |           |           |

Значущість коефіцієнтів перевіряли по критерію Ст'юдента, а адекватність рівнянь регресії експерименту перевіряли за критерієм Фішера [4].

В результаті перевірки встановлено, що для рівнянь регресії незначимими є коефіцієнти, які в табл. 2 виділено сірим кольором.

Після підстановки числових значень коефіцієнтів та враховуючи їх значимість, шляхом ряду перетворень рівняння регресії (2) буде мати наступний вигляд:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 0,000284J_2^2 - 0,000567J_2 + 0,0000021M_{on} - 0,0000011J_2M_{on} + 0,00026 ; \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \omega_1^{noc} - \omega_1^{kin} = & 0,776J_1^2 + 0,000392J_2^2 - 0,051J_1 - 0,00188J_2 + 0,000017c + \\ & + 0,0000036M_{on} + 0,0257J_1J_2 - 0,000366J_1c - 0,000077J_1M_{on} - \\ & - 0,0000045J_2c - 0,0000009J_2M_{on} + 0,00000001M_{on}c + 0,0000387 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\omega_2^{noc} - \omega_2^{kin} = 0,436J_2^2 - 0,872J_2 + 0,00317M_{on} - 0,00173J_2M_{on} + 0,401. \quad (5)$$

Рівняння регресії (3 – 5) справедливі при проектуванні роторних дробарок, конструктивні параметри яких не виходять за межі варіювання:  $J_1=0,005 \div 0,05 \text{ кгм}^2$ ;  $J_2=0,5 \div 1,5 \text{ кгм}^2$ ;  $c=5 \div 100 \text{ Нм/рад}$  при значеннях моменту опору на валу ротора, що виникає при переробці відходів  $M_{on}=1 \div 500 \text{ Нм}$ . Вибрані межі варіювання основних параметрів роторних дробарок були інженерно обґрунтовані, так як вони охоплюють широкий діапазон конструктивних параметрів роторних дробарок, що існують на сьогоднішній день та використовуються на підприємствах легкої промисловості.

При умові, коли два з чотирьох факторів широкого обчислювального експерименту величини постійні, за отриманим рівнянням регресії (3 – 5) побудовано графічні залежності, які представлено на рис. 3 – 10.

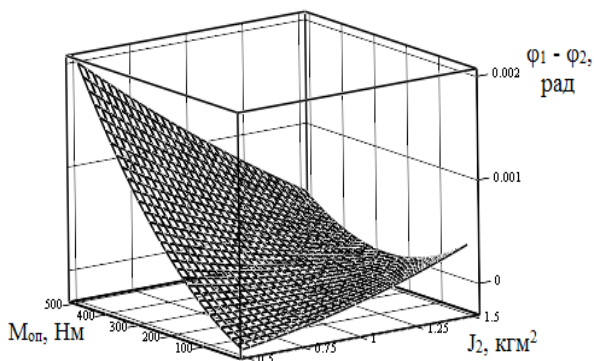


Рис. 3 Графік залежності різниці кутів повороту валу електродвигуна та ротора від моменту інерції ротора та моменту опору при умові, коли  $J_1, c = \text{const}$  за час робочого ходу по регресійній моделі

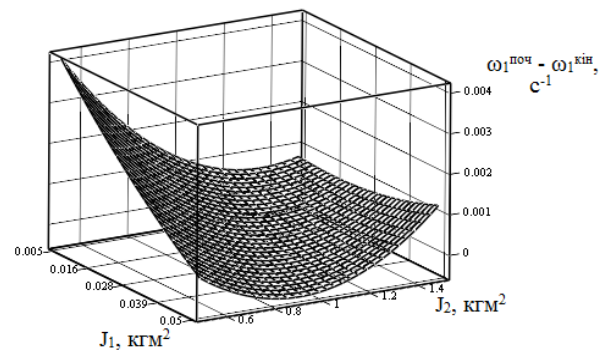


Рис. 4 Графік залежності різниці кутових швидкостей електродвигуна від моментів інерції електродвигуна та ротора при умові, коли  $c, M_{\text{оп}} = \text{const}$  за час робочого ходу по регресійній моделі

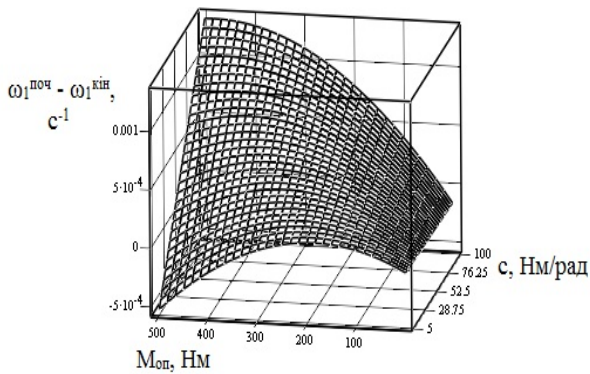


Рис. 5 Графік залежності різниці кутових швидкостей електродвигуна від жорсткості пружного зв'язку та моменту опору при умові, коли  $J_1, J_2 = \text{const}$  за час робочого ходу по регресійній моделі

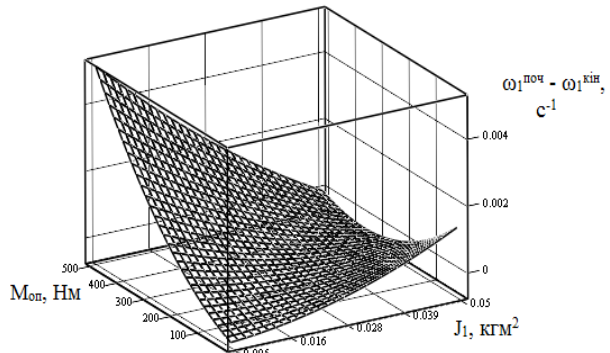


Рис. 6 Графік залежності різниці кутових швидкостей електродвигуна від моментів інерції електродвигуна та моменту опору при умові, коли  $J_2, c = \text{const}$  за час робочого ходу по регресійній моделі

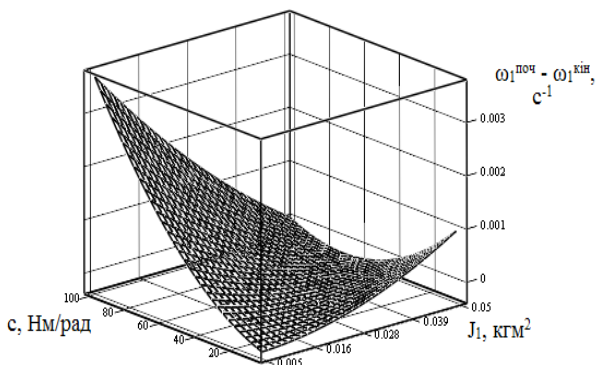


Рис. 7 Графік залежності різниці кутових швидкостей електродвигуна від жорсткості пружного зв'язку та моменту інерції електродвигуна при умові, коли  $J_2, M_{\text{оп}} = \text{const}$  за час робочого ходу по регресійній моделі

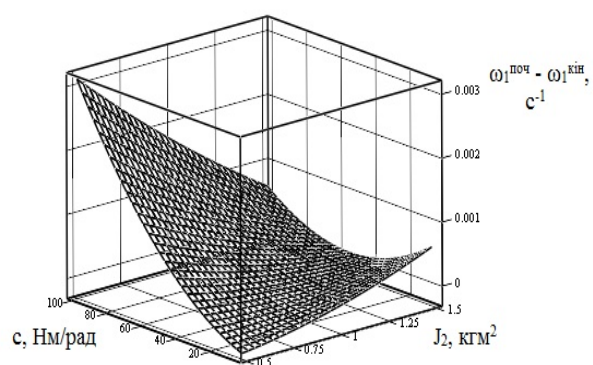


Рис. 8 Графік залежності різниці кутових швидкостей електродвигуна від жорсткості пружного зв'язку та моменту інерції ротора при умові, коли  $J_1, M_{\text{оп}} = \text{const}$  за час робочого ходу по регресійній моделі

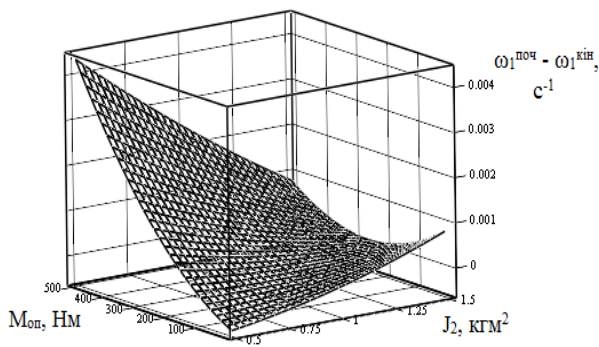


Рис. 9 Графік залежності різниці кутових швидкостей електродвигуна від моменту опору та моменту інерції ротора при умові, коли  $J_1, c = \text{const}$  за час робочого ходу по регресійній моделі

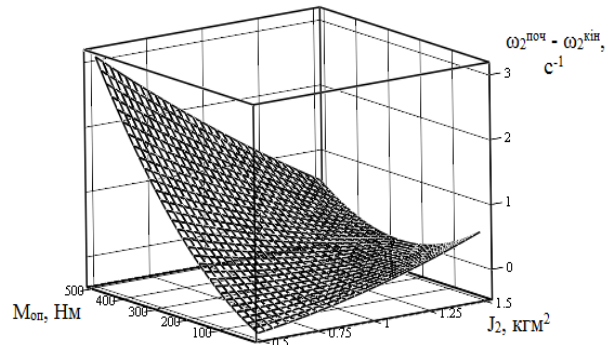


Рис. 10 Графік залежності різниці кутових швидкостей ротора від моменту інерції ротора та моменту опору при умові, коли  $J_1, c = \text{const}$  за час робочого ходу по регресійній моделі

Проаналізувавши отримані графічні залежності, робимо висновок про існування точок, які відповідають раціональному вибору параметрів, які знаходяться шляхом визначення екстремуму функції, диференціюючи рівняння регресії (3 – 5) по кожному з факторів, що варіювалися.

Розрахункова схема взаємодії робочого органу роторної ножової дробарки та матеріалу, що переробляється представлена на рис. 11. В даному випадку роторна ножова дробарка має один нерухомий ніж корпусу та один рухомий ніж ротора.

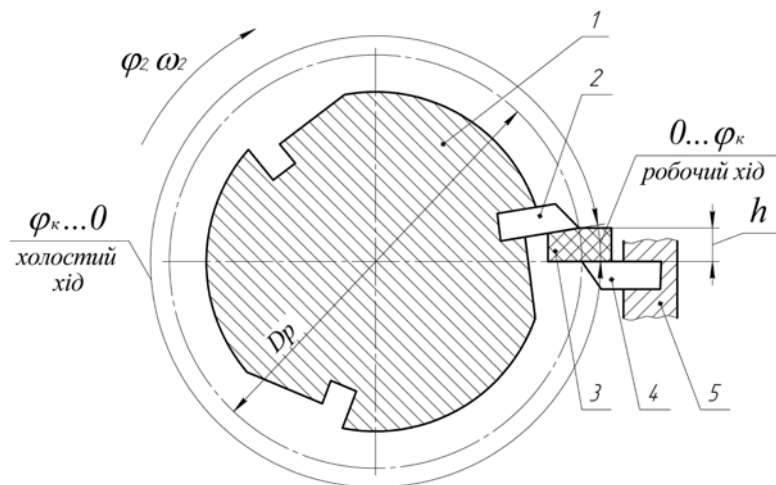


Рис. 11 Розрахункова схема взаємодії робочого органу роторної ножової дробарки та матеріалу що переробляється: 1 – ротор; 2 – рухомий ніж ротора; 3 – матеріал, що переробляється; 4 – нерухомий ніж корпусу; 5 – корпус

Кутове переміщення ротору, що визначає час робочого ходу дробарки, знайдено з виразу:

$$\varphi_2^{p.x.} = \varphi_k = \arctg \frac{2h}{D_p}, \quad (6)$$

де  $h$  - висота матеріалу (пакету матеріалу), що переробляється;  $D_p$  - діаметр ротору.

Кутове переміщення ротору, що визначає час холостого ходу дробарки, знайдено з виразу:

$$\varphi_2^{x.x.} = 2\pi - \varphi_{\kappa} = 2\pi - \arctg \frac{2h}{D_p}. \quad (7)$$

З урахуванням кількості рухомих ножів ротора та нерухомих ножів корпусу, вираз (7) матиме вигляд:

$$\varphi_2^{x.x.} = \frac{2\pi - z_1 z_2 \arctg \frac{2h}{D_p}}{z_1 z_2}, \quad (8)$$

де  $z_1$  - кількість рухомих ножів ротора;  $z_2$  - кількість нерухомих ножів корпусу.

**Висновки.** Розроблена математична модель динаміки приводу роторної ножової дробарки для переробки відходів легкої промисловості, що дозволяє правильно зробити вибір раціональних параметрів приводу в залежності від фізико-механічних властивостей та геометричних розмірів подрібнюваних відходів легкої промисловості.

Межі варіювання факторів обчислювального експерименту були інженерно обґрунтовані, так як вони охоплюють широкий спектр технічних характеристик дробарок (геометричні розміри обладнання, потужність електродвигуна, вид подрібнюваних відходів тощо).

Запропонована математична модель неодмінно стане в нагоді підприємствам легкої промисловості, які використовують для переробки роторні ножові дробарки, дозволить підвищити енергоефективність процесів переробки відходів та підвищить надійність роботи обладнання.

### Список використаних джерел

1. Рубанка М.М., Місяць В.П. Відходи легкої промисловості, способи переробки і області подальшого використання // Вісник КНУТД. – 2015. – №4(88). – С. 34-39.
2. Місяць В.П., Рубанка М.М. Експериментальна установка для дослідження динамічних характеристик роторної ножової дробарки // Праці ОПУ. – 2014. – №1(43). – С. 78-82.
3. Ключев В.И. Ограничение динамических нагрузок электропривода. М.: «Энергия», 1971. - 320 с.
4. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – М.: Техника, 1975. - 168 с.

### References

1. Rubanka M.M., Misjac' V.P. Vidhody legkoj' promyslovosti, sposoby pererobky i oblasti podal'shogo vykorystannja // Visnyk KNUTD. – 2015. – №4(88). – S. 34-39.
2. Misjac' V.P., Rubanka M.M. Eksperymental'na ustanovka dlja doslidzhennja dynamichnyh harakterystyk rotornoj' nozhovoi' drobarky // Praci OPU. – 2014. – №1(43). – S. 78-82.
3. Kljuhev V.I. Ogranichenie dinamicheskikh nagruzok jelektroprivoda. M.: «Jenergija», 1971. - 320 s.
4. Vinarskij M.S., Lur'e M.V. Planirovanie jeksperimenta v tehnologicheskikh issledovanijah. – M.: Tehnika, 1975. - 168 s

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РОТОРНОЙ ДРОБИЛКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

РУБАНКА Н.Н.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка математической модели динамики привода роторной дробилки для переработки отходов легкой промышленности.

**Методика.** Используются известные методы математического моделирования и динамики механических систем с упругими связями.

**Результаты.** Разработана математическая модель динамики привода роторной дробилки для переработки отходов легкой промышленности.

**Научная новизна.** Получена математическая модель, что позволяет определять рациональные параметры роторной дробилки в зависимости от физико-механических свойств и геометрических размеров отходов легкой промышленности, которые перерабатываются.

**Практическая значимость.** Разработанная математическая модель может быть использована на предприятиях легкой промышленности, которые применяют для переработки отходов роторные дробилки, при выборе рациональных параметров оборудования в зависимости от физико-механических свойств и геометрических размеров отходов, которые перерабатываются. Правильный подбор параметров данного оборудования позволяет повысить энергоэффективность процессов переработки отходов и надежность его работы.

**Ключевые слова:** *роторная ножевая дробилка, математическая модель, динамика привода, рациональные параметры оборудования, отходы легкой промышленности.*

## MATHEMATICAL DESIGN OF DYNAMICS OF ROTOR CRUSHER FOR RECYCLING OF WASTES OF LIGHT INDUSTRY

RUBANKA M.M.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Purpose.** Development of mathematical model of dynamics of drive of rotor crusher is for recycling of wastes of light industry.

**Method.** The known methods of mathematical design and dynamics of the mechanical systems are used with resilient connections.

**Results.** The mathematical model of dynamics of drive of rotor crusher is developed for recycling of wastes of light industry.

**Scientific novelty.** A mathematical model is got, that allows to determine the rational parameters of rotor crusher depending on fiziko-mechanical properties and geometrical sizes of wastes of light industry, which are redone.

**Practical meaningfulness.** Developed a mathematical model can be used on the enterprises of light industry, which use rotor crushers for recycling of wastes, at the choice of rational parameters of equipment depending on fiziko-mechanical properties and geometrical sizes of wastes which are redone. The correct selection of parameters of this equipment allows to promote energy-efficiency of processes of recycling of wastes and reliability of his work.

**Keywords:** *rotor knife crusher, mathematical model, dynamics of drive, rational parameters of equipment, wastes of light industry.*

УДК: 331.103.22

ОСТАЛЕЦЬКИЙ В.Б

Національний технічний університет України «Київський  
політехнічний інститут»

**ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКИХ  
АЛГОРИТМІВ ТА НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РЕАЛІЗАЦІЮ ПРОЕКТІВ НА  
ПІДПРИЄМСТВАХ**

***Мета.** Розглянути методологію управління проектами підприємства з позицій застосування концепції нейромережевого моделювання, сформулювати основні принципи застосування даної концепції для управління проектами.*

***Методика.** Порівняння загальної організаційної структури та структури інформаційних потоків підприємства з системою взаємозв'язків елементів у нейромережі.*

***Результати.** Проведено аналогії між структурою нейромережі та інформаційною структурою підприємства; сформульовано принципи щодо застосування нейромережевого моделювання в управлінні проектами.*

***Наукова новизна.** У статті розглянуто підхід до структури підприємства як до нейромережі та показано схему розподілу ресурсів проекту.*

***Практична значимість.** Сформульовані принципи та підхід при подальшій їх математичній формалізації та адаптації до конкретного підприємства надають можливість більш ефективно управляти ресурсами проектів.*

***Ключові слова:** нечітка логіка; нейромережеве моделювання; управління проектами; системи прийняття рішень; експертні системи; аналіз наслідків.*

**Вступ.** Ефективне управління сучасним підприємством потребує аналізу значної кількості факторів внутрішнього та зовнішнього середовищ. Процес управління ускладнюється високим рівнем вимог до ефективності паралельного виконання значної кількості функцій. В управлінні проектами це називається «управління портфелем проектів». Кожен проект характеризується наступними параметрами: кінцева мета, початкові умови, ресурси, обмеження, допустимі відхилення параметрів виконання робіт, «критичні точки», ризики. Врахування всіх зазначених параметрів і прийняття рішень на їх основі на кожній стадії проекту потребує виконання аналізу, який складно формалізувати за допомогою стандартних математичних функцій. Тому більш доцільно використовувати інструменти дискретної математики, а саме – її підрозділу під назвою «нечітка логіка». Нечітка логіка передбачає існування нечітких множин, тобто, таких, належність певного елемента до яких не задана жорстким визначенням «належить» або «не належить». При цьому належність елемента до певної множини характеризується певною ймовірністю (або ступенем належності), яка може змінюватись в міру переміщення значення параметра по числовій осі [2, с. 191 - 205]. Існує можливість застосовувати такий підхід у процесі прийняття управлінських рішень, при здійсненні аналізу ситуацій в умовах невизначеності та недостатньої інформації. На цьому принципі побудована концепція застосування нейромереж в аналізі соціально-економічних явищ та прийнятті управлінських рішень. Дана концепція має значний потенціал до застосування в управлінні проектами підприємств. Застосуванню нейромережевого моделювання для аналізу складних структур присвятили

свої дослідження наступні вчені: Н.Вінер, А. Б. Барський, М.П. Матвієнко, О.М. Глінська, Л. І. Дмитришин, Д.О. Яворська та інші.

**Постановка задачі.** Завдання дослідження полягає у пошуку відповіді на наступні взаємопов'язані питання:

- які принципи мають бути закладені в основу навчання нейромережевої моделі системи управління проектами підприємства, враховуючи кінцеву мету проекту;
- яким чином слід перенести структуру системи проектного менеджменту у вимір нейромережевої моделі підприємства.

**Результати дослідження.** Підхід до структури підприємства з позицій нейромережевого моделювання передбачає, на відміну від традиційного - ієрархічного, що підприємство розглядається як певна, здатна до «навчання» та «самонавчання» структура елементів, які пов'язані між собою явними та неявними прямими і зворотними зв'язками (рис. 4).

Пошук відповідей на поставлені на початку статті запитання щодо ефективного навчання нейромережі підприємства та суміщення нейромережевої структури підприємства із структурою проектного менеджменту доцільно розпочати із розгляду схеми нейромережі підприємства, порівнюючи її із загальною структурою портфеля проектів підприємства [5, с. 231 - 234].

Суміщення даних структур може бути легко виконане, якщо взяти за критерій сумісності спосіб та структуру процесу проходження інформації через інформаційну систему (ІС) підприємства (рис. 1) [6, с. 44 - 66]. Нейромережа, за визначенням, являє собою певну багатoshарову структуру елементів, які пов'язані між собою розгалуженою системою комунікацій та взаємного впливу. Кожен елемент такої нейромережі є «нейроном», який має свій «вхід» та «вихід». «Входом» нейрона є інформаційні потоки, які надходять до нього від інших елементів. Вихід нейрона – це інформаційні потоки, які виходять з нейрона до інших елементів. На вході нейрона кожен інформаційний канал має наступні параметри: рівень інтенсивності інформаційного потоку, відносна питома вага даного комунікаційного каналу в загальній структурі інформаційних потоків, «порогове» значення рівня інтенсивності інформаційного потоку, нижче значення якого інформаційний потік не сприймається нейроном.

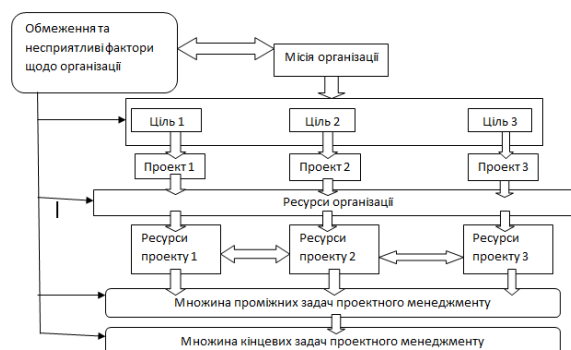


Рис. 1 **Схема інформаційного середовища організації (ресурси та обмеження)** [7, с. 18 - 19].

За наявності значної кількості елементів, кожен з яких характеризується різними значеннями показників на інформаційних каналах – порогу збудження, питомої ваги каналу, рівня інтенсивності подачі, маємо певну систему інформаційних каналів, по яких поступають інформаційні сигнали. Конкретний шлях проходження сигналу залежить від характеристик самого сигналу та характеристик нейронів, які можуть його пропустити через себе. Навіть при незначній кількості нейронів у системі, шляхом варіювання трьох основних характеристик, які були зазначені вище, отримуємо значну кількість можливих комбінацій різних конфігурацій нейромережі. При цьому шлях проходження сигналу через нейромережу в різних конфігураціях буде абсолютно відмінним.

При конкретних параметрах елементів нейромережі деякі сигнали не зможуть пройти через неї, а деякі матимуть декілька варіантів шляхів проходження з різним ступенем оптимальних енергозатрат. У конкретний момент часу, зазвичай, сигнал проходить через нейромережу тим шляхом, який має найменші енергозатрати (оскільки має значення рівень опору мережі).

Як було зазначено вище, система управління проектами підприємства є комплексом взаємоузгоджених дій, які, у своїй сукупності, спрямовані на досягнення чітко окресленої мети. Інформаційна система управління проектами підприємства відображає структуру, ієрархію, взаємозв'язки між елементами підприємства та їх функціями у віртуальному середовищі. Існує декілька підходів до класифікації елементів інформаційних систем підприємства, серед яких – класифікація за принципом логічного методу обробки інформації. Даний підхід до класифікації зручний тим, що відтворює принцип роботи ІС на підґрунті концепції нейромереж. За даним класифікаційним підходом можна виділити наступні види елементів: перетворювач інформації, суматор інформації, точка розгалуження, примножувач інформації, синапс (рис. 2).

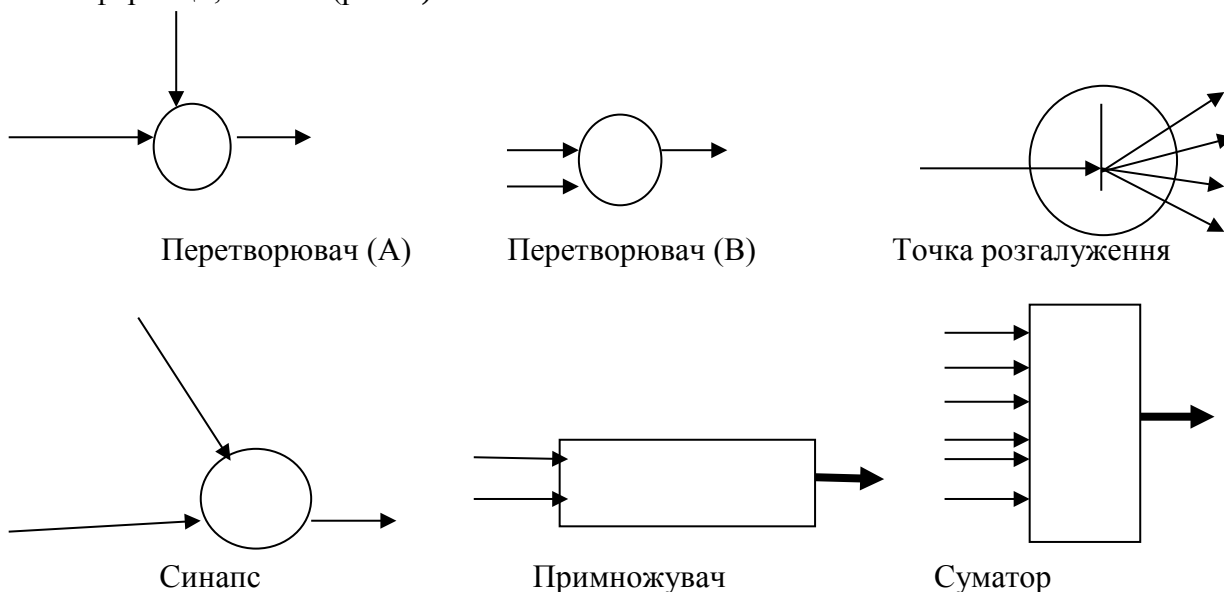


Рис. 2 Базові елементи інформаційної системи – нейромережі [8].

Описані вище елементи, поєднані між собою інформаційними потоками, утворюють нейромережеву структуру інформаційної системи управління. Окрім зазначених на Рис. 1.7 елементів, в нейромережевій ІС присутні так звані «вузли» або «нейрони». Нейрон є елементом ІС, який визначає реакцію ІС на певні види інформації, тобто, фактично, визначає функцію автоматизованого прийняття рішень системою [1, с. 14 – 40]. Схематично його структуру можна зобразити наступним чином (рис. 3).

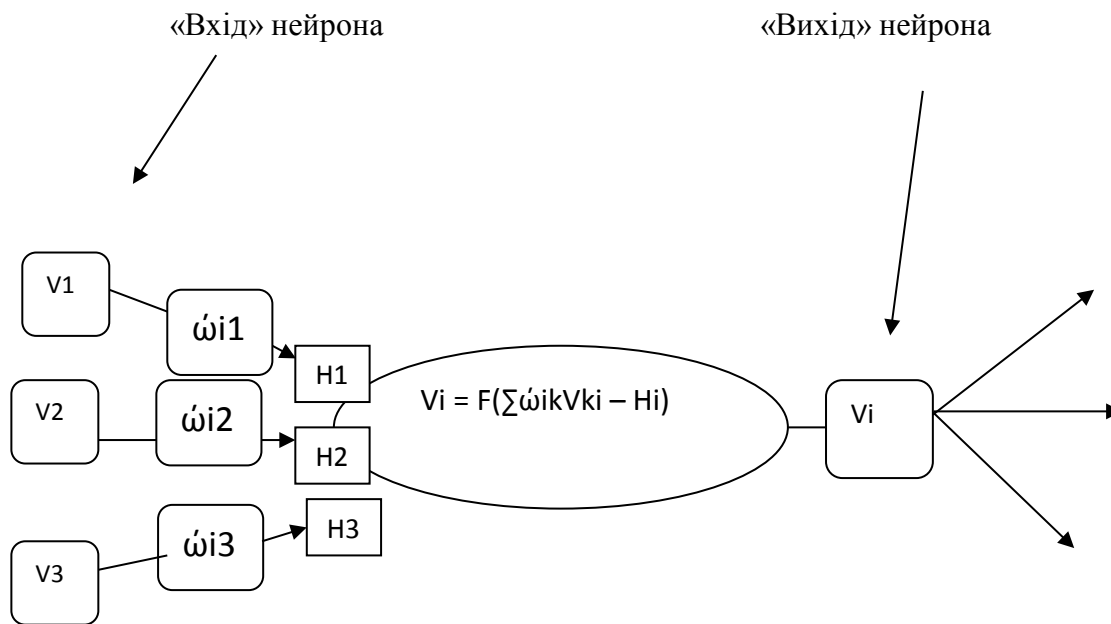


Рис. 3 Логічна модель нейрона - елемента інформаційної системи [1, с. 14]

Спрощено можна описати процес реакції нейрона на вхідну інформацію у вигляді формули (1.1.):

$$V_i = F(\sum \omega_{ik} V_{ki} - H_i), \quad (1.1.)$$

Де  $V_i$  – інтенсивність подачі інформації по каналу  $i$  від інших елементів ІС;

$\omega_{ik}$  – питома вага каналу  $i$  в структурі вхідної інформації;

$H_i$  – значення встановленого «порогу» чутливості каналу інформації.

Таким чином, рішення, яке приймається елементом ІС при реакції на вхідну інформацію, є функцією від значень порогової чутливості каналів інформації, рівня інтенсивності подачі інформації по інформаційних потоках від інших елементів ІС та значень питомих ваг каналів інформації у структурі вхідних інформаційних потоків підприємства.

Оскільки кожен елемент зв'язаний через систему інформаційних потоків із значною кількістю інших елементів, утворена розгалужена мережа має значний потенціал у вирішенні поставлених задач щодо ефективного пошуку та оптимізації шляхів досягнення встановлених цілей. При цьому існує можливість оцінити можливі альтернативні варіанти рішень з позиції їх ефективності та встановити певну градацію бажаних варіантів рішень та розвитку подій. Регулювання значень параметрів нейрона надає можливість цілеспрямовано встановлювати визначені реакції на стереотипні ситуації, які виникають в економічній

системі. При реалізації нейромережі на практиці і встановленні значної кількості взаємозв'язків її елементів між собою (рис. 4), існує можливість, враховуючи всі комбінації значень можливих параметрів економічних явищ, побудувати ефективну систему прийняття рішень [4, с. 148 ].

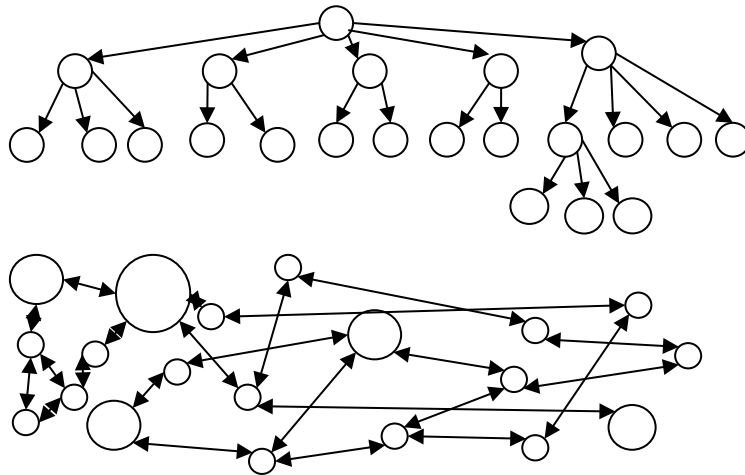


Рис. 4 Графічне зображення взаємозв'язків між елементами в традиційній ієрархічній системі та в децентралізованій нейромережі

Нейромережа працює в двох режимах: режимі навчання та режимі виконання задачі. Робота в режимі навчання передбачає процес цілеспрямованого формування заздалегідь визначених реакцій всієї системи або її локалізованих ділянок на певні інформаційні імпульси. При цьому здійснюється формування взаємних відношень та абсолютних значень параметрів нейронів. Режим виконання задачі означає, що система здійснює обробку певної інформації на основі параметрів, встановлених при попередньому «навчанні» [1, с. 36].

**Висновки та рекомендації.** У статті розглянуто методологічні передумови для побудови системи управління проектами підприємства на основі нейромережових технологій та нечіткої логіки. Для управління проектами вищесказане означає, зокрема, застосування наступних принципів:

- встановлення градації рішень, які прийматимуться у подібних або частково подібних ситуаціях на основі критерію вірогідності настання певних наслідків (бажаних або небажаних), використовуючи ту особливість нечіткої логіки, яка зумовлена «нечіткими» межами множин;
- перенесення попередньо вивченої і скоригованої за допомогою нейромережі структури рішень, ризиків, процесів на новий проект, знижуючи таким чином рівень вірогідності настання несприятливих ситуацій при виконанні проекту - під час виконання схожих проектів або проектів із певними схожими етапами;
- виявлення зв'язків між настанням певних подій та їх віддаленими наслідками, які неможливо передбачити звичними методами кореляційно-регресійного аналізу, використовуючи нейромережеве моделювання процесу виконання проекту.

- встановлення певних значень параметрів нейронів в інформаційній моделі проекту, які залежать від кінцевої мети (функції, яка оптимізується) створення нейромережевої моделі і зумовлюють бажані конфігурації можливих ситуацій.

Окрім того, додатковий важливий аспект, пов'язаний з нейромережевим моделюванням у проектному менеджменті полягає у тому, що, концепція нейромереж має тут, щонайменше, два значення: по – перше, це, безпосередньо, застосування нейромережевого моделювання для моделювання виконання проекту на базі вхідних значень, бажаних наслідків та обмежень; по – друге, це підхід до структури підприємства та його підрозділів як до «нейромережі» та вивчення її з позицій розглянутих вище елементів та їх характеристик, тобто - застосування кібернетичного підходу до аналізу процесу розвитку економічних систем [3].

### Список використаних джерел

1. Barskiy A. B. (2007). *Nejyronnie seti: raspoznavaniye, upravleniye, prinyatie reshenij [Neyronnie seti]*. Moskva: Finansu i statistika [in Russian].
2. Matvienko M. P. (2013). *Diskretna matematyka [Matematyka]*. Kyiv: Lira [in Ukrainian].
3. Viner N. (1983). *Kibernetika [Kibernetika]*. Moskva: Nayka [in Russian].
4. Pupkov K. A. (2000). *Sintez regulyatorov i teoriya optimizatsii system avtomaticheskogo upravleniya [Teoriya avtomatizatsii]*. Moskva: MSTU Bauman [in Russian].
5. Archibald R. (2004). *Upravleniye vysokotekhnologichnymu programami I proektami. [Upravleniye proektami]*. Moskva [in Russian].
6. Berezin O. V. (2014). *Upravlinnya proektami [Upravlinnya proektami]*. Sumy: Universytetska knyga [in Ukrainian].
7. Afanasiev M. V., Ippolitova I. Y. (2008). *Proektniy analiz [Upravlinnya proektami]*. Harkiv: HNTU [in Ukrainian].
8. Putenko A. A. (2000). *Neyrosetevoy analiz v geoinformatsionnyh sistemah [Neyronnie seti]*. Extended abstract of candidate's thesis. Retrieved from <http://tekhnosfera.com/neyrosetevoy-analiz-v-geoinformatsionnyh-sistemah>

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЕТКИХ АЛГОРИТМОВ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

ОСТАЛЕЦЬКИЙ В.Б

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

**Цель.** Рассмотреть методологию управления проектами предприятия с позиций применения концепции нейросетевого моделирования, сформулировать основные принципы применения данной концепции для управления проектами.

**Методика.** Сравнение общей организационной структуры и структуры информационных потоков предприятия с системой взаимосвязей элементов в нейросети.

**Результаты.** Проведения аналогии между структурой нейросети и информационной структурой предприятия; сформулированы принципы по применению нейросетевого моделирования в управлении проектами.

**Научная новизна.** В статье рассмотрен подход к структуре предприятия как к нейросети и показана схема распределения ресурсов проекта.

**Практическая значимость.** Сформуловани принципы и подход при дальнейшей их математической формализации и адаптации к конкретному предприятию предоставляют возможность более эффективно управлять ресурсами проектов.

**Ключевые слова:** нечеткая логика; нейросетевое моделирования; управления проектами; системы принятия решений; экспертные системы; анализ последствий.

## THEORETICAL FOUNDATIONS USING FUZZY ALGORITHMS AND NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES TO MANAGE IMPLEMENTATION OF PROJECTS ENTERPRISES

OSTALETSKIY V.B

*National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"*

**Purpose.** To discuss the methodology of project management company from the standpoint of the concept of neural network modeling, formulate the basic principles for the use of the concept of project management.

**Methods.** To compare the overall organizational structure and patterns of information flow from the enterprise system of relationships of elements in the neural network.

**Results.** A neural network is an analogy between the structure and information structure of the company; the principles on the use of neural network modeling in project management are formulated.

**Scientific innovation.** In this article discussed the approach to the structure of the company as neural networks and shows the scheme of distribution of project resources.

**The practical significance.** The basic principles and approaches, which are formulated is very useful with further their mathematical formalization and adaptation to a particular company provide an opportunity to better manage project resources.

**Keywords:** fuzzy logic; neural network modeling; project management; decision-making system; expert systems; impact analysis.

УДК 677.055

ДРАПАК Г.М.

Хмельницький національний університет

## ВПЛИВ ПРИСТРОЮ ЗІ СПІРАЛЬНОЮ ПРУЖИНОЮ НА ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В ПРИВОДІ В'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН

**Мета.** Аналіз впливу пристрою зі стрічковою спіральною пружиною на зниження динамічних навантажень в приводі в'язальних машин.

**Методика.** Використані сучасні методи досліджень динаміки механічних систем з метою оцінки ефективності використання пристрою зі спіральною пружиною для зниження динамічних навантажень, що виникають в приводі під час пуску в'язальних машин.

**Результати.** Встановлена доцільність використання в приводі в'язальних машин стрічкової спіральної пружини для зниження динамічних навантажень, що виникають під час пуску. Запропоновано нову конструкцію привода в'язальної машини зі спіральною пружиною та обгінною муфтою, здатну вирішити проблему ефективного зниження динамічних навантажень привода, що виникають під час пуску. Представлено метод знаходження параметрів спіральної пружини, необхідних для забезпечення надійності та ефективності її роботи. Розроблено алгоритм знаходження динамічних навантажень в'язальних машин, що виникають під час пуску. Розрахунки показують, що при використанні в приводі в'язальної машини КО-2 пристрою зі спіральною пружиною та обгінною муфтою пускові динамічні її навантаження знижуються в 1,63 рази.

**Наукова новизна.** Розроблено метод оцінки впливу пристрою зі спіральною пружиною на динамічні навантаження привода в'язальних машин та алгоритм розрахунку динамічних навантажень в'язальних машин, що виникають під час пуску.

**Практична значимість.** Розробка нової конструкції привода в'язальної машини з пристроєм, що містить плоску спіральну пружину та обгінну муфту.

**Ключові слова:** в'язальна машина, привід в'язальної машини, динамічні навантаження привода, спіральна пружина, обгінна муфта.

**Вступ.** Специфікою роботи в'язальних машин є значні динамічні навантаження, що виникають у приводі в період пуску. При цьому динамічні навантаження в 3 і більше разів перевищують статичні навантаження привода, що є однією з основних причин зниження довговічності його роботи. Відомі пристрої зниження динамічних навантажень в приводі машин [1] не завжди можуть бути використані в в'язальних машинах. Тому проблема підвищення надійності та довговічності роботи в'язальних машин шляхом зниження динамічних навантажень є актуальною та своєчасною. Ефективне вирішення цієї проблеми без удосконалення конструкцій приводів в'язальних машин неможливе.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи в'язальних машин, завданням досліджень є розробка методу зниження динамічних навантажень привода в'язальних машин шляхом їх удосконалення.

**Результати дослідження.** З метою зниження динамічних навантажень автор пропонує обладнати привід, круглов'язальної, як приклад, машини, пристроєм, що містить стрічкову спіральну пружину (надалі пружина) та обгінну муфту (рис. 1), що забезпечує в

період пуску попереднє напруження в'язей привода та зниження пускового моменту електродвигуна, і, таким чином, зниження динамічних навантажень привода.

Запропонований привід містить з'єднані між собою електродвигун 1, клинопасову передачу 2, зубчасту передачу 3 з шестернею 4 та зубчастим колесом 5, встановленими на проміжному 6 та на приводному 7 валах відповідно, обгінну муфту 8, з'єднану з шестернею 4, та пружину 9, встановлену в зубчасте колесо 5. Шестерня 4 та зубчасте колесо 5 вільно встановлені на проміжному 6 та приводному 7 валах, обгінна муфта 8 встановлена з можливістю з'єднання шестерні 4 з проміжним валом 6, а пружина 9 одним кінцем за допомогою втулки 10, до якої вона прикріплена, та шпонки 11 з'єднана з приводним валом 7, а другим кінцем з'єднана безпосередньо з зубчастим колесом 5. На кінцях приводного вала закріплені циліндричні шестерні 12, 13. З метою забезпечення працездатності привода зміщення пружини 9 з одного боку обмежено площиною 14 зубчастого колеса 5, а з другого боку шайбою 15, прикріпленою до втулки 10 за допомогою шайби 16 та гайки 17.

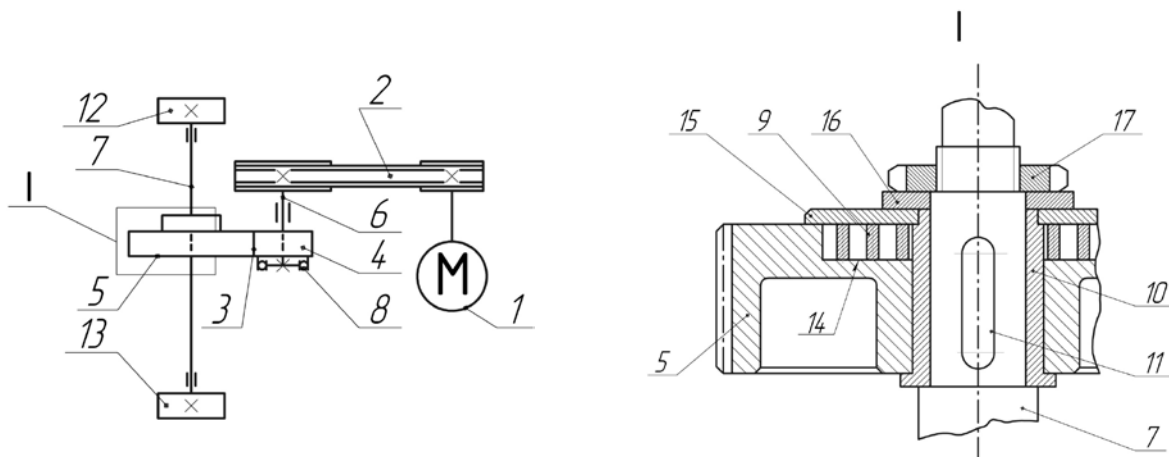


Рис. 1. Схема привода в'язальної машини зі спіральною пружиною

Принцип роботи привода в'язальної машини полягає в наступному. При вмиканні електродвигуна 1 обертальний рух його вала за допомогою клинопасової передачі передається проміжному валу 6 і далі за рахунок обгінної муфти 8 шестерні 4 та зубчастому колесу 5, вільно встановленому на приводному валу 7. Обертання зубчастого колеса 5 призводить до закручування пружини 9, кінець якої прикріплено до зубчастого колеса 5. Зі збільшенням кута повороту зубчастого колеса пружина 9 все більше закручується. При цьому момент її пружності створює попереднє напруження пружних в'язей передач привода. Зі збільшенням часу повороту вала електродвигуна його пусковий момент зменшується від максимального значення до величини, що зумовлена жорсткістю пружини. При повному закрученні пружини обертальний рух отримує приводний вал 7, на кінці якого закріплені циліндричні шестерні 12, 13. Циліндричні шестерні 12, 13 шляхом зубчастого зачеплення приводять в обертальний рух механізми в'язання та товароприйому (на рис. 1 не показані), що необхідно для роботи в'язальної машини – в'язання трикотажного полотна.

При зупинці круглов'язальної машини момент сил пружності пружини 9 передається зубчастому колесу 5, змушуючи його обертатись в зворотному напрямі. Для того щоб при

цьому не виникло закручування пружини в зворотному напрямі, що негативно впливає на її працездатність, передбачена обгінна муфта 8, яка розриває зв'язок пружини з електродвигуном при його зупинці.

Наявність у складі привода в'язальної машини пружини сприяє виконанню наступних умов, що позитивно впливають на зниження пускових динамічних навантажень: створення попереднього напруження пружин в'язей привода; обмеження величини пускового моменту електродвигуна.

Для забезпечення надійності та довговічності роботи привода параметри пружини та обгінної муфти повинні бути узгоджені з потужністю електродвигуна та динамічних навантажень привода.

Із конструктивних міркувань приймаємо внутрішній діаметр пружини  $d_1 = 60$  мм. Зовнішній діаметр пружини у вільному стані, згідно з [1] становить:  $d_2 = 3d_1 = 180$  мм. Товщину пружини приймаємо, враховуючи потужність привода [2],  $\delta = 1,5$  мм.

Знаходимо початковий та кінцевий (при закручуванні пружини) радіуси пружини:

$$\rho_1 = 0,5(d_1 + \delta) = 30,75 \text{ мм}; \quad \rho_2 = \delta \cdot i + \rho_1 = 47,25 \text{ мм}, \quad (1)$$

де  $i$  - кількість витків пружини (обертів закручування), приймаємо  $i = 11$ .

Знаходимо довжину стрічки пружини у вільному стані:

$$l = \pi \cdot i (\rho_1 + \rho_2) = 2695,5 \text{ мм}. \quad (2)$$

Ширина стрічки пружини знаходиться із умови необхідної її жорсткості [3]:

$$b = \frac{12Tl}{E\varphi\delta^3}, \quad (3)$$

де  $T_1$  - крутний момент, що передає пружина в момент пуску, приймаємо  $T = T'_1 = 1,2T_2 = 1,2 \cdot 22,1 = 26,5$  Нм;

$E$  - модуль пружності матеріалу пружини,  $E = 2,15 \cdot 10^5$  МПа;

$\varphi$  - кут закручування пружини,  $\varphi = 69,08$  рад, що відповідає прийнятим 11 обертам закручування пружини.

Підставляючи одержані результати в (3), маємо:

$$b = \frac{12 \cdot 26,5 \cdot 10^3 \cdot 2695,5}{2,15 \cdot 10^5 \cdot 69,08 \cdot 1,5^3} = 17,11 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $b = 17$  мм.

Отримані результати свідчать про можливість використання стрічкової спіральної пружини для зниження динамічних навантажень, що виникають в приводі в'язальної машини КО-2 під час пуску.

Що стосується параметрів обгінної муфти, то вони можуть бути вибрані згідно рекомендацій, приведених в [1].

Оцінимо ефективність використання пристрою зі спіральною пружиною для зниження динамічних навантажень в'язальних машин.

Аналіз теорії динаміки механічних систем з пружинами з в'язями [4-6] показує, що з

метою оцінки величини динамічних навантажень, які виникають від час пуску в приводі в'язальних машин, їх реальну конструкцію доцільно замінити двомасовою динамічною моделлю з параметрами:  $T_1$  - пусковий момент електродвигуна в період першого етапу пуску;  $T_1'$  - пусковий момент електродвигуна в період другого етапу пуску, зумовлений його обмеженням наявністю спіральної пружини,  $T_1' = 1,2T_2$ ;  $T_2$  - статичний момент привода (сумарний момент сил опору механізмів машини);  $J_1$  - момент інерції ротора електродвигуна з урахуванням моменту інерції ведучого шківів пасової передачі;  $J_2$  - сумарний момент інерції обертових мас механізмів машини;  $C_{12}$  - жорсткість спіральної пружини.

При цьому для знаходження максимальної величини динамічних навантажень, що виникають в приводі в'язальної машини під час пуску, доцільно використовувати наступний алгоритм [5]:

1. Визначаємо вихідні дані:

$$T_1; T_1'; T_2; J_1; J_2; C_{12}. \quad (4)$$

2. Із рівняння (5) визначаємо час початку другого етапу пуску:

$$\tau_1 = \sqrt{\frac{J_1}{C_{12}}} \arccos \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right). \quad (5)$$

3. Знаходимо початкові умови другого етапу пуску:

$$T_{(12)\tau_1} = T_2; \quad \dot{T}_{(12)\tau_1} = T_1' \sqrt{\frac{C_{12}}{J_1}} \sin \sqrt{\frac{C_{12}}{J_1}} \tau_1. \quad (6)$$

4. Із рівняння (7) визначаємо циклову частоту коливань мас системи  $\beta$  для другого етапу пуску:

$$\beta^2 = \frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{J_1 J_2}. \quad (7)$$

5. Використовуючи (8) знаходимо постійні інтегрування для другого етапу пуску:

$$A = T_2 - a; \quad B = \frac{\dot{T}_{(12)\tau_1}}{\beta}, \quad (8)$$

$$\text{де} \quad a = \frac{J_2 T_1' + J_1 T_2}{J_1 + J_2}. \quad (9)$$

6. Знаходимо максимальний момент, зумовлений динамічними навантаженнями, що виникають в пружині під час пуску:  $T_{12\max} = [A] + [B] + a$ . (10)

7. Використовуючи (11) знаходимо динамічне перевантаження пружини при пуску:

$$n_{12} = \frac{T_{12\max}}{T_2}. \quad (11)$$

Використовуючи приведений алгоритм для круглов'язальної машини КО-2 з діаметром голкового циліндра 450 мм при лінійній швидкості голкового циліндра 1,1 м/с [2], вихідними параметрами є:  $T_1 = 48,6$  Нм;  $T_1' = 26,5$  Нм;  $T_2 = 22,1$  Нм;  $J_1 = 0,018$  кгм<sup>2</sup>;

$J_2 = 0,072 \text{ кгм}^2$ ;  $C_{12} = T_1' / \varphi = 0,38 \text{ Нм/рад}$ , де  $\varphi$  - кут закручення спіральної пружини,  $\varphi = 69,08 \text{ рад}$ .

При цьому:  $T_{12\max} = 48,99 \text{ Нм}$ ;  $n_{12} = 2,21$ , що в 1,63 рази менше в порівнянні з навантаження, що виникають при пуску круглов'язальної машини КО-2 без пристрою зі спіральною пружиною [7].

**Висновки.** Виконані дослідження показують наступне:

- встановлена доцільність використання в приводі в'язальних машин пристрою зі спіральною пружиною та обгінною муфтою;
- запропоновано привід круглов'язальної машини, здатний підвищити ефективність її роботи за рахунок зниження динамічних навантажень;
- результати досліджень можуть бути використані при удосконаленні діючих та при розробці нових типів в'язальних машин.

#### Список використаних джерел

1. Поляков В. С., Барабаш И. Д., Ряховский О. А. Справочник по муфтам. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1979. – 351 с.
2. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы. 1992. – 86 с.
3. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с.
4. Голубенцев А.Н. Динамика переходных процессов в машинах со многими массами. – М.: Машгиз, 1959. – 306 с.
5. Кожевников С.Н. Динамика нестационарных процессов в машинах. – К.: Наукова думка, 1986. – 288 с.
6. Кожевников С.Н. Динамика машин с упругими звеньями. – К.: Изд-во АН УССР, 1961. – 190 с.
7. Піпа Б. Ф., Хомяк О. М., Павленко Г. І. Динаміка круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.

#### ВЛИЯНИЕ УСТРОЙСТВА СО СПИРАЛЬНОЙ ПРУЖИНОЙ НА СНИЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ПРИВОДЕ ВЯЗАЛЬНЫХ МАШИН

ДРАПАК Г.М.

Хмельницкий национальный университет

**Цель.** Анализ влияния устройства с ленточной спиральной пружиной на снижение динамических нагрузок в приводе вязальных машин.

**Методика.** Используются современные методы исследований динамики механических систем с целью оценки эффективности использования устройства со спиральной пружиной для снижения динамических нагрузок, возникающих в приводе при пуске вязальных машин.

**Результаты.** Установлена целесообразность использования в приводе вязальных машин ленточной спиральной пружины для снижения динамических нагрузок, возникающих при пуске. Предложена новая конструкция привода вязальной машины со спиральной пружиной и обгонной муфтой, способная решить проблему эффективного снижения динамических нагрузок привода, возникающих при пуске. Представлен метод нахождения параметров спиральной пружины, необходимых для обеспечения надежности и эффективности ее работы. Разработан алгоритм нахождения динамических нагрузок вязальных машин, возникающих при пуске. Расчеты показывают, что при использовании в приводе вязальной машины КО-2 устройства со спиральной пружиной и обгонной муфтой пусковые динамические ее нагрузки снижаются в 1,63 раза.

**Научная новизна.** Разработан метод оценки влияния устройства со спиральной пружиной на динамические нагрузки привода вязальных машин и алгоритм расчета динамических нагрузок вязальных машин, возникающих при пуске.

**Практическая значимость.** Разработка новой конструкции привода вязальной машины с устройством, содержащим плоскую спиральную пружину и обгонную муфту.

**Ключевые слова:** *вязальная машина, привод вязальной машины, динамические нагрузки пловду, спиральная пружина, обгонная муфта.*

## IMPACT DEVICE WITH COIL SPRINGS TO REDUCE DYNAMIC LOADS IN THE DRIVE KNITTING MACHINES

DRAPAK G.M.

*Khmelnytsky National University*

**Aim.** Analysis of the impact device with tape coil spring to reduce the dynamic loads in the drive knitting machines.

**Methodology.** To use modern methods of investigation of the dynamics of mechanical systems in order to assess the efficiency of use of the device with a coil spring to reduce the dynamic loads encountered in the drive at the start of knitting machines.

**Results.** The expediency of use of the tape drive of knitting machines the coil spring to reduce the dynamic loads arising during startup. A new design of the drive of the knitting machine with a spiral spring and overrunning clutch, able to solve the problem effectively reduce the dynamic loads drive arising from the start. A method for finding the parameters of the coil spring needed to ensure the reliability and effectiveness of its work. An algorithm for finding the dynamic loads knitting machines arising from the start. Calculations show that when used in a drive knitting machine KO-2 device with a spiral spring and overrunning clutch actuating its dynamic load decrease of 1.63 times.

**Scientific novelty.** The method of assessing the impact device with coil springs on dynamic load drive knitting machines and algorithm of dynamic loads knitting machines that arise during the start-up.

**Practical meaningfulness.** Development of a new drive designs knitting machine with a device containing a flat coil springs and obhinnu sleeve.

**Keywords:** *knitting machine, knitting machine drive, dynamic loads over, coil spring, overrunning clutch.*

УДК 621.314.26

ШАВЬОЛКІН О.О., РОСІНСЬКА Г.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

### БАГАТОРІВНЕВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ З ПАРАЛЕЛЬНИМ З'ЄДНАННЯМ АВТОНОМНИХ ІНВЕРТОРІВ НАПРУГИ

**Мета.** Удосконалення багаторівневих перетворювачів з паралельним з'єднанням автономних інверторів напруги за виходом щодо покращення гармонійного складу вихідної напруги і зменшення зрівнювальних струмів у вихідних колах інверторів.

**Методика.** Використаний відомий метод гармонійного аналізу та комп'ютерне моделювання з застосуванням програмного пакету Matlab.

**Результати.** В ході роботи визначені середні значення напруги реактору на виході інвертору на інтервалі модуляції за різною кількістю паралельно з'єднаних інверторів. Отримані аналітичні вирази для визначення індуктивності вихідного реактору. Розроблені математичні моделі перетворювачів з паралельним з'єднанням за виходом дворівневих і трирівневих NPC інверторів. Показано, що збільшення кількості інверторів, що з'єднані паралельно, не суттєво сприяє зменшенню зрівнювальних струмів в їх вихідних колах.

**Наукова новизна.** Запропоновано метод визначення амплітуди зрівнювального струму при паралельному з'єднанні інверторів за виходом.

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

**Ключові слова:** багаторівневий перетворювач, автономний інвертор напруги, дворівневий інвертор, трирівневий NPC інвертор, коефіцієнт гармонік, зрівнювальний струм.

**Вступ.** Сучасні дослідження щодо підвищення ефективності використання електричної енергії розглядають застосування паралельного з'єднання напівпровідникових перетворювачів для підвищення встановленої потужності системи. Використання багаторівневих перетворювачів дозволяє досягти найбільшої енергоефективності за рахунок підвищення якості перетворення електричної енергії, знизити масу, габарити і вартість фільтрів в колах змінного струму [1,2,4]. Тому удосконалення їх схемних рішень і принципів керування є актуальним науково-технічним завданням.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності використання електричної енергії, завданням досліджень є розробка рішень відносно багаторівневого перетворювача з паралельним з'єднанням автономних інверторів напруги з покращеним гармонійним складом вихідної напруги і зменшенням зрівнювальних струмів.

В роботах [1,2] розглядається паралельне з'єднання автономних інверторів напруги (АІН) за виходом як засіб багаторівневого формування вихідної напруги. Для обмеження зрівнювальних струмів, що обумовлені різницею миттєвих значень напруги інверторів їхні вихідні фази підключаються до виходу через реактори (рис.1,а). Якщо керування ключами у плечах усіх АІН здійснюється однаково, закон змінювання напруги АІН ідентичний і визначає загальну напругу на виході. Різниця миттєвих значень напруги інверторів, що обумовлена неідентичністю їх параметрів, незначна, отже індуктивність реакторів у вихідних колах теж незначна.

Для збільшення кількості рівнів вихідної напруги використовується відомий метод багаторівневої ШІМ із зсувом модулюючої напруги АІН за фазою [3,4]. Однак тут

з'являється певне протиріччя. Оскільки напруга АІН має імпульсний характер, зсув імпульсів за фазою призводить до збільшення зрівнювальних струмів і зростання втрат енергії у силових колах перетворювача. Отже виникає питання обмеження зрівнювальних струмів.

Можливо два варіанти побудови вхідних кіл АІН: з живленням від загального джерела постійного струму (ДПС) або з живленням від окремих ДПС. В [3] без достатнього обґрунтування пропонується паралельне з'єднання АІН із використанням спільного джерела постійного струму. Проте, це не завжди доречно і можливо при наявності декількох ДПС, які недоцільно з'єднувати. Недостатньо пророблені також питання щодо визначення амплітуди зрівнювального струму, індуктивності реакторів і частоти модуляції, обґрунтування кількості АІН залежно від їхньої схеми. Все це обумовлює необхідність подальших досліджень, що дозволить вирішити актуальне науково-технічне завдання покращення показників багаторівневих перетворювачів в енергетиці і електроприводі.

**Результати дослідження.** Почнемо розгляд з більш простого для аналізу варіанту схеми зі спільним ДПС за використанням дворівневих АІН. Відповідна структура силових кіл перетворювача з трьома АІН подана на рис.1,а. Спрощена схема однієї фази перетворювача при з'єднанні трьох дворівневих АІН подана на рис.1,б, на рис.1, в, г схеми заміщення. При цьому ЕРС, що визначаються напругою плеч АІН1÷АІН3 ( $u_i$ ), з'єднані паралельно. Для дворівневих АІН напруга визначається відносно негативного виводу джерела, для трирівневих інверторів відносно середнього виводу джерела. Таким чином, напруга  $u_{AN}$  згідно за методом двох вузлів (опори кіл АІН однакові).

$$u_{AN} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{m}, \quad (1)$$

де  $m$  – кількість АІН.

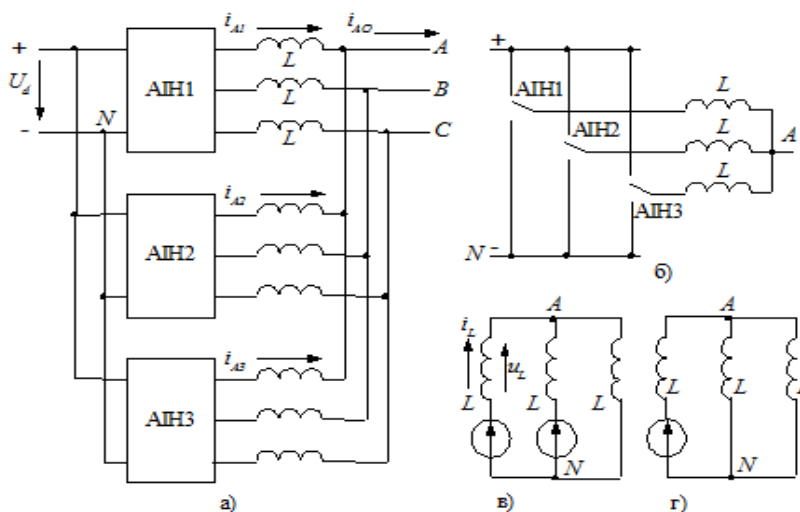


Рис.1 Паралельне вмикання інверторів напруги зі спільним ДПС: а) структурна схема; б) спрощена схема для однієї фази; в), г) схеми заміщення на інтервалі модуляції

Оскільки загальна вихідна напруга визначається сумою напруги всіх АІН для покращення гармонійного складу вихідної напруги (збільшення кількості рівнів вихідної напруги) можна використати той же метод, що і для каскадних перетворювачів з послідовним з'єднанням АІН. При цьому напруга АІН формується методом ШІМ із зсувом

модельюючої напруги за фазою на кут  $\frac{2\pi}{m}$ . Завдяки зсуву за фазою модуляційні складові напруги АІН  $u_{\phi АІН}$  (із частотами  $(m_f \pm j)$ ,  $(2m_f \pm j)$ ,  $(4m_f \pm j)$ ...), де  $m_f = f_M/f$  – коефіцієнт модуляції за частотою,  $f_M$  – частота модуляції,  $f$  – частота вихідної напруги АІН) утворюють симетричну трифазну систему і у результуючій напрузі відсутні. У спектрі результуючої напруги залишаються лише складові, що утворюють нульову послідовність (кратні трьом –  $(3m_f \pm j)$ ).

Зсув імпульсів напруги АІН за фазою призводить до появи зрівнювальних струмів між інверторами  $i_{3P}$ , що оминають коло навантаження. У спектрі зрівнювального струму присутні гармоніки, що обумовлені дією гармонік напруги АІН, які відсутні у результуючій напрузі. Їх значення не залежить від опору навантаження. Таким чином, визначення амплітуди цих струмів можна здійснити у режимі холостого ходу, коли навантаження відсутнє. Максимальна амплітуда пульсацій струму при використанні модулюючої напруги трикутної форми симетричної відносно нуля має місце при  $\gamma=0,5$ .

При з'єднанні двох дворівневих АІН зсув модулюючої напруги АІН1 і АІН2 ( $u_{TP1}$  і  $u_{TP2}$ ) становить  $\pi$  (рис.2, а). При цьому на інтервалі  $\Delta t$  вихід першого АІН підключено до позитивного виводу джерела, а вихід другого до негативного, відповідно  $U_L = U_d / 2 (U_d$  – напруга джерела). Це відповідає часу, коли перша гармоніка напруги плеча АІН (напруга завдання) близька до нуля (рис.2). Тривалість імпульсу напруги АІН (вихід підключено до позитивного виводу джерела) при цьому становить  $\Delta t = T_M / 2 = 1/(2 f_M)$  ( $T_M$  та  $f_M$  – відповідно, період та частота модуляції). Прирошення струму у реакторі з індуктивністю  $L$  за час  $\Delta t$  за напругою на ньому  $U_L$  становить  $\Delta I_{3P} = U_L / (2 \cdot f_M \cdot L)$ . Амплітуда пульсацій відносно нуля, відповідно, вдвічі менша

$$I_{3Pm} = U_L / (4 \cdot f_M \cdot L). \quad (2)$$

У разі з'єднання трьох АІН (рис.2,б) за рахунок зсуву імпульсів напруги АІН на  $1/3 T_M$  на інтервалі  $\Delta t$  (для АІН1) виникають три стани (тривалість яких  $\Delta t/3$ ), коли:

- виходи першого та другого АІН підключено до позитивного виводу джерела, а вихід третього до негативного (схема заміщення на рис.1,в);
- вихід першого АІН підключено до позитивного виводу джерела, а виходи третього та другого до негативного (схема заміщення на рис.1,г);
- виходи першого та третього АІН підключено до позитивного виводу джерела, а вихід другого до негативного (схема заміщення аналогічна рис.1,в).

Відповідні значення напруги на реакторі першого АІН становлять  $U_d/3$ ,  $2U_d/3$ ,  $U_d/3$ . Середнє значення напруги на реакторі на інтервалі  $\Delta t$  становить

$$U_L = \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} u_L dt = \frac{1}{\Delta t} U_d \left( \int_0^{\Delta t/3} \frac{1}{3} dt + \int_{\Delta t/3}^{2\Delta t/3} \frac{2}{3} u_L dt + \int_{2\Delta t/3}^{\Delta t} \frac{1}{3} u_L dt \right) = (4U_d) / 9. \quad (3)$$

У разі з'єднання чотирьох АІН модулюючі напруги пар АІН  $u_{TP1}$ ,  $u_{TP3}$  і  $u_{TP2}$ ,  $u_{TP4}$  взаємно інверсні і на інтервалі  $\Delta t$  маємо два стани:

- виходи першого та четвертого АІН підключено до позитивного виводу джерела, а виходи другого та третього до негативного;

- виходи першого та другого АІН підключено до позитивного виводу джерела, а вихід третього та четвертого до негативного.

Відповідні значення напруги на реакторі АІН1 в обох станах становлять  $U_d/2$ .

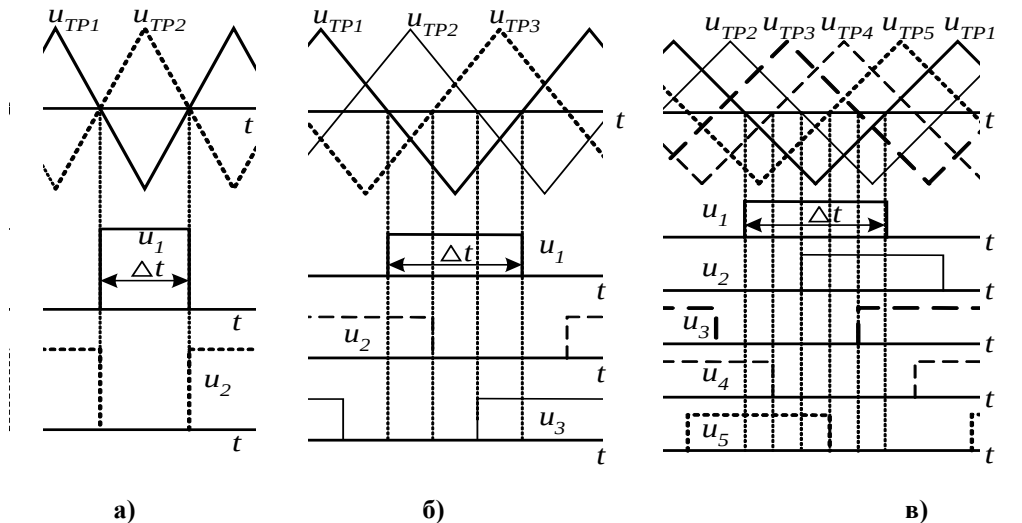


Рис.2. Визначення інтервалів роботи схеми: а)  $m=2$ ; б)  $m=3$ ; в)  $m=5$

У разі з'єднання  $n$  ятьох АІН (рис.2,в) на інтервалі  $\Delta t$  маємо п'ять станів. Відповідні значення напруги на реакторі першого АІН становлять  $2U_d/5$ ,  $3U_d/5$ ,  $2U_d/5$ ,  $3U_d/5$ ,  $2U_d/5$ . Середнє значення напруги на реакторі на інтервалі  $\Delta t$  становить  $12U_d/25$ .

Отже, при парній кількості АІН середнє значення напруги на реакторі становить  $U_d/2$ , при непарній кількості АІН її значення дещо зменшується. Більш менш суттєве зменшення маємо при  $m = 7$ , коли середнє значення напруги на реакторі на інтервалі  $\Delta t$  становить  $18/49U_d$  або  $0,367U_d$ .

Таким чином, амплітуда пульсацій зрівнювального струму головним чином визначається частотою модуляції та індуктивністю реактора. Значення  $L$  обмежено падінням напруги  $\Delta U$  для першої гармоніки струму АІН, що не перевищує  $c = \Delta U / U_{\Phi(1)}$  ( $U_{\Phi(1)} = KU_d$  – перша гармоніка вихідної фазної напруги,  $K$  – коефіцієнт перетворювання АІН за напругою) для максимального значення струму  $I_{MAX}$ . Отже,

$$L = \frac{c \cdot K \cdot U_d}{\omega \cdot I_{MAX}}, \quad (4)$$

де  $\omega$  – кутова частота першої гармоніки вихідної напруги АІН.

Значення частоти модуляції можна визначити за умови обмеження амплітуди пульсацій зрівнювального струму відносно амплітуди вихідного струму АІН ( $I_{MAXm} = \sqrt{2}I_{MAX}$ )  $I_{3P}^* = I_{3Pm} / I_{MAXm}$ . За  $m = 3$  згідно (2), (3), (4) отримуємо

$$f_M = \frac{\omega}{9 \cdot c \cdot K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{3P}^*}. \quad (5)$$

Для дворівневого АІН з попередньою модуляцією третьою гармонікою або за векторної ШІМ  $U_{L(1)} = 0,707U_d$ , стосовно фазної напруги  $K = 0,707 / \sqrt{3} = 0,408$ .

Для  $m = 2$  значення дещо вище і становить  $f_M = \frac{\omega}{8 \cdot c \cdot K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{3P}^*}$ .

При з'єднанні трирівневих АІН для інтервалу  $\Delta t$ , що відповідає максимальній амплітуді пульсацій (при використанні модулюючої напруги трикутної форми, яка зміщена відносно нуля, значенню  $\gamma = 0,5$  відповідає 1/2 амплітуди завдання) отримуємо такі самі стани схеми і значення напруги на реакторі. Проте значення  $K$  вдвічі більше, і при тій же вихідній напрузі значення  $f_M$  вдвічі менше. За тієї самої частоти модуляції можна зменшити амплітуду пульсацій струму або індуктивність реактора.

Живлення АІН від окремих ізольованих джерел постійного струму. Напруга, що формується фазами АІН утворює симетричну трифазну систему і може розглядатися відносно певної нейтральної точки (при симетричному навантаженні співпадає з його нейтраллю), тобто напруга фази навантаження визначається як сума фазної напруги окремих

АІН  $u_{\Phi H} = \frac{\sum_{i=1}^m u_{\Phi i}}{m}$ . При цьому в ній присутні основна гармоніка та модуляційні складові, кратність частоти яких  $(3m_f \pm j)$ . Інші модуляційні складові з частотами  $(m_f \pm j)$ ,  $(2m_f \pm j)$ ,  $(4m_f \pm j)$ , ... виділяються на реакторі. Таким чином, струм вихідного реактора  $i_L = \frac{u_{\Phi i} - u_{\Phi H}}{X_L}$  поряд із

основною (першою) гармонікою містить відповідні модуляційні складові, що визначають зрівнювальний струм. Він не залежить від навантаження і визначається спектром напруги АІН. Амплітуда гармонік визначається коефіцієнтом модуляції за амплітудою  $\mu$ . Так, згідно з рис.3,а, де приведено напругу фази дворівневого АІН і її спектр за  $f_M=2000$  Гц, амплітуда 38-ї ( $m_f-2$ ) гармоніки напруги становить  $g = 32\%$  відносно основної гармоніки. Із зменшенням  $\mu$  її амплітуда дещо збільшується, так за  $\mu=0,5$  амплітуда 38-ї гармоніки становить  $19\%$ . Для іншого значення частоти модуляції картина аналогічна – змінюється порядок гармонік.

Відповідне значення амплітуди гармоніки зрівнювального струму становить

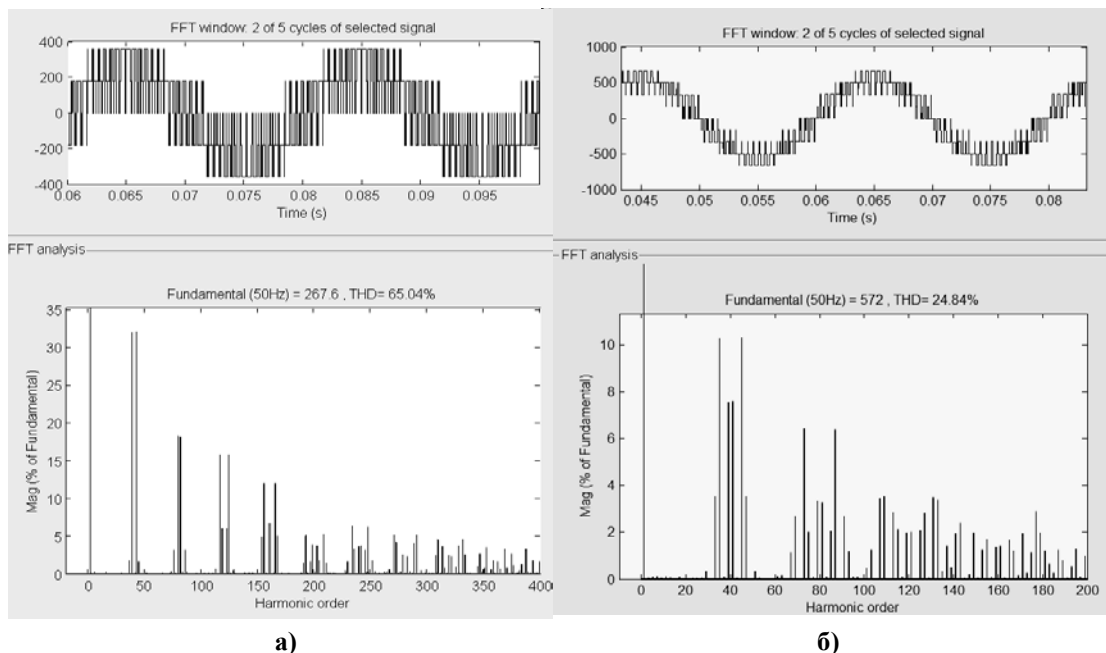


Рис.3. Спектри напруги: а) фази дворівневого АІН; б) фази трирівневого АІН

$$I_{m(k)} = \frac{g \cdot U_{m(1)}}{k \cdot \omega \cdot L}, \quad (6)$$

де  $k$  – порядок гармоніки.

Якщо визначити  $L$  згідно з (4), відносно до амплітуди струму основної гармоніки струму АІН ( $I_{mMAX}$ )  $I_{m(k)}^* = \frac{g}{k \cdot c}$ . Оскільки амплітуда 42-ї гармоніки напруги приблизно така ж (79-ю та 81-ю гармоніками, напруга яких 18 % за вдвічі більшою частотою – нехтуємо), можна прийняти значення відносної амплітуди зрівнювального струму

$$I_{зр}^* = 2 \frac{g}{k \cdot c}. \quad (7)$$

За тих же значень  $c$  і  $I_{зр}^*$  порівняно із використанням спільного джерела потрібна частота модуляції майже в двічі менша.

Ще кращі показники мають місце у разі використання трирівневих АІН з окремими джерелами постійного струму. Спектр напруги фази трирівневого АІН за  $f_M=2000$  Гц подано на рис.3.6. При цьому амплітуда 35-ї (45-ї) гармоніки становить 10,5 %, амплітуда 39-ї (49-ї) гармоніки становить 7,5 %, амплітуда 33-ї (47-ї) гармоніки становить 3,5 %. У першому наближенні (нехтуємо фазами гармонік) маємо значення  $g = 0,215$  (результуюча амплітуда 35-ї, 39-ї, 33-ї гармонік) проти значення  $g = 0,32$  для дворівневого АІН, що в 1,5 рази менше.

Оскільки для трирівневого АІН коефіцієнт перетворювання за напругою ( $K$ ) в два рази більше, значення відносної амплітуди зрівнювального струму згідно з (7) зменшується в три рази.

Варто зазначити, що ефективне придушення зрівнювальних струмів досягається при достатньо високих частотах модуляції, коли доцільним є використання силових IGBT модулів за трирівневою топологією [5].

Моделювання здійснювалося в програмному пакеті Matlab. При цьому використовувались стандартні силові блоки АІН і модифіковані стосовно забезпечення зсуву за фазою модулюючої напруги генератори ШІМ.

На рис.4 подана осцилограма напруги фази АІН  $u_{\phi АІН}$ , фази навантаження  $u_{\phi Н}$  і зрівняльного струму  $i_{зр}$  при з'єднанні трьох дворівневих АІН із спільним ДПС за синусоїдальної ШІМ з коефіцієнтом модуляції за амплітудою  $\mu=1$  і частотою модуляції  $f_M = 2$  кГц (кратність до основної гармоніки 50 Гц  $m_f = f_M/f = 40$ ). При цьому для  $u_{\phi Н}$  THD=30 % (кількість рівнів 13), для окремого АІН  $u_{\phi АІН}$  THD=65 % (кількість рівнів 5). Характер змінювання  $i_{зр}$  повністю підтверджує вихідні положення при аналізі – максимальне значення  $i_{зр}$  має місце коли фазна напруга перетинає нульове значення ( $\gamma=0,5$ ) і зменшується до нуля при максимальному значенні напруги ( $\gamma=1$ ). Значення амплітуди зрівняльного струму співпадає з розрахунком.

При з'єднанні трьох трирівневих АІН (ТАІН) із спільним ДПС за синусоїдальної ШІМ з  $\mu=1$  і частотою модуляції 2 кГц для  $u_{\phi Н}$  THD=11,5 % (кількість рівнів 25), для  $u_{\phi АІН}$  THD=24,8 % (кількість рівнів 9).

На рис.5 подана осцилограма напруги і струму фази навантаження  $u_{\phi Н}$  і  $i_{\phi}$ , струму фази ТАІН  $i_{\phi АІН}$  і струму  $i_{зр}$  при з'єднанні трьох трирівневих АІН із окремими ДПС при

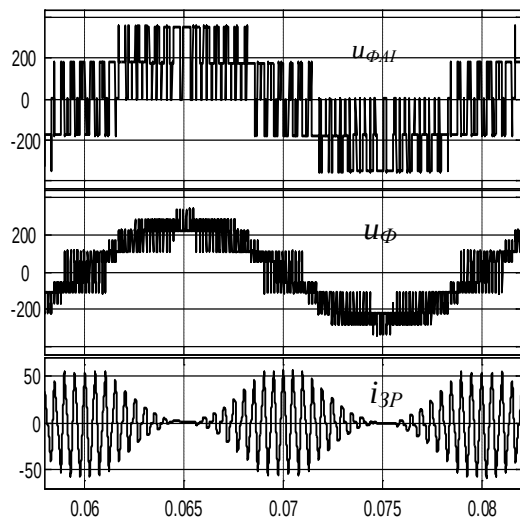


Рис.4 Осцилограми напруги окремого дворівневого АІН, результуючої напруги та зрівнювального струму у вихідній фазі АІН при спільному ДПС і  $m=3$

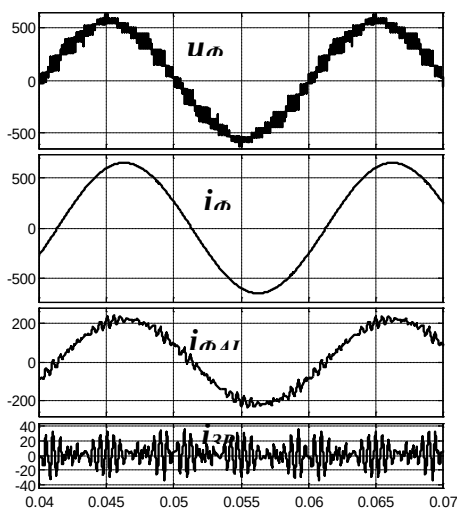


Рис.5. Осцилограми напруги і струму фази навантаження  $u_{\Phi H}$  і  $i_{\Phi}$ , струму фази ТАІН  $i_{\Phi AIN}$  і зрівнювального струму  $i_{3P}$  при окремих ДПС і  $m=3$

синусоїдальний ШІМ з коефіцієнтом модуляції за амплітудою  $\mu=1$  і частотою модуляції  $f_M = 2$  кГц (кратність до основної гармоніки 50 Гц –  $m_f = f_M/f = 40$ ).

При цьому для  $u_{\Phi H}$  THD=11.5 % (як і у схемі зі спільним ДПС). Характер  $i_{3P}$  змінився із зменшенням амплітуди у 1,6 разів відносно схеми із спільним ДПС. Його відносне значення становить 16 % при індуктивності 0,5 мГн, що відповідає  $c=0,06$ .

**Висновки.** В роботі виконано аналіз і порівняння схем зі спільним джерелом постійного струму і окремими джерелами, запропонований метод визначення амплітуди зрівнювальних струмів, здійснений "віртуальний" експеримент для перевірки запропонованих рішень. Виконані дослідження показують:

- що при паралельному з'єднанні АІН і однаковому гармонійному складі вихідної напруги кращі показники досягаються, якщо АІН отримують живлення від окремих ізолюваних джерел постійного струму. Це має місце, наприклад, при використанні багатофазних схем випрямлення, що забезпечує відповідний стандартам гармонійний склад струму, який споживається з мережі живлення змінного струму;
- що більш ефективним є використання трирівневих АІН, як для покращення якості вихідної напруги, так і для зменшення індуктивності реакторів.

#### Список використаних джерел

1. Брованов С.В. Улучшение энергетической эффективности систем генерирования электрической энергии на базе многоуровневых полупроводниковых преобразователей / С.В. Брованов, С.С. Турнаев, М.А. Дыбко // Научный вестник НГТУ. – 2011. – №2(43). – С. 125-134.
2. Дыбко М.А. Анализ электромагнитных процессов в модульном полупроводниковом преобразователе для статического компенсатора неактивной мощности // Доклады академии наук высшей школы РФ. – 2013. – №2. – С. 98-109.

3. Дыбко М.А. Многоуровневые полупроводниковые преобразователи с параллельным включением для активных фильтров и систем накопления энергии: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / М.А. Дыбко. – Томск, ТГУСУР, 2013. – 20с.

4. Шавьолкін О.О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії : навч. посіб. / О. О. Шавьолкін. – Х. :ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 403 с.

5. Плущке Н. Специализированные модули для трехуровневых инверторов/ Н. Плущке, Т. Грашкоф, А. Колпаков // ООО«Медиа КиТ», Силовая электроника. – 2010. – №2(25). – С. 44-47.

### References

1. Brovanov S.V. Uluchshenie energeticheskoy effektivnosti sistem generirovaniya elektricheskoy energii na baze mnogourovnevnykh poluprovodnikovyykh preobrazovateley / S.V. Brovanov, S.S. Turnaev, M.A. Dyibko // Nauchnyi vestnik NGTU. – 2011. – #2(43). – S. 125-134.

2. Dyibko M.A. Analiz elektromagnitnykh protsessov v modulnom poluprovodnikovom preobrazovatele dlya staticheskogo kompensatora neaktivnoy moschnosti // Doklady akademii nauk vysshey shkoly RF. – 2013. – #2. – S. 98-109.

3. Dyibko M.A. Mnogourovnevyie poluprovodnikovyye preobrazovateli s parallelnym vklucheniem dlya aktivnykh filtrov i sistem nakopleniya energii: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tehnikeskikh nauk / M.A. Dyibko. – Tomsk, TGUSUR, 2013. – 20s.

4. Shavolkin O.O. Silovi napivprovidnikoviy peretvoryuvachi energiYi : navch. posib. / O. O. Shavolkin. – H. :HNUMG im. O.M. Beketova, 2015. – 403 s.

5. Plushke N. Spetsializirovannyye moduli dlya trehurovnevnykh invertorov/ N. Plushke, T. Grashkof, A. Kolpakov // ООО«Медиа КиТ», Silovaya elektronika. – 2010. –#2(25). – S. 44-47.

*Рекомендовано до публікації д.т.н., проф.Каплуном В.В.*

### МНОГОУРОВНЕВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ АВТОНОМНЫХ ИНВЕРТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ ШАВЁЛКИН А.А., РОСИНСКАЯ Г.П.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Совершенствование многоуровневых преобразователей с параллельным соединением автономных инверторов напряжения путем улучшения гармонического состава выходного напряжения и уменьшения уравнивающих токов.

**Методика.** Использован известный метод гармонического анализа и компьютерное моделирование с применением программного пакета Matlab.

**Результаты.** Определены средние значения напряжения на выходном реакторе инвертора на интервале модуляции для различного количества параллельно соединенных инверторов. Получены аналитические выражения для определения индуктивности выходного реактора. Разработаны математические модели преобразователей с параллельным соединением по выходу двухуровневых и трехуровневых NPC инверторов. Показано, что увеличение количества инверторов, соединенных параллельно, не дает существенного уменьшения уравнивающих токов в их выходных цепях.

**Научная новизна.** Предложен метод определения амплитуды уравнивающего тока при параллельном соединении инверторов по выходу.

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

**Ключевые слова:** *многоуровневый преобразователь, автономный инвертор напряжения, двухуровневый инвертор, трехуровневый NPC инвертор, коэффициент гармоник, уравнивающий ток.*

## **MULTI-LEVEL CONVERTERS WITH PARALLEL CONNECTION OF VOLTAGE SOURCE INVERTERS**

SHAVELKIN A.A., ROSINSKA H.P.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Improvement of multilevel converters with parallel connection of voltage source inverters by improvement of harmonious structure of output voltage and decreasing circulating currents.

**Methodology.** Use known methods of harmonic analysis and computer simulation using the software package Matlab.

**Findings.** The mean values of the voltage on the output reactor of the inverter on a modulation interval for various numbers in parallel of the connected inverters are defined. The analytical expressions for determining the inductance of the output reactor are received. The mathematical models of converters with parallel connection of the outputs of the two-level and three-level NPC inverter are developed. It is shown that the increasing the number of the inverters connected in parallel doesn't give essential reduction circulating currents in their output circuits.

**Originality.** The method of determination of amplitude of circulating current at parallel connection of inverters on an output is offered.

**Practical value.** The received analytical expressions are a basis for an engineering technique of determination of parameters of the scheme of the multilevel converter with parallel connection of voltage source inverters. The developed models can be used at design of schemes of converters and in educational process it is aware of power electronics.

**Keywords:** *multilevel converter, voltage source inverter, two-level inverter, three-level NPC inverter, THD, a circulating current.*

УДК 536.423+532.528

ШУРЧКОВА Ю.О., ДУБОВКІНА Ю.О.  
Інститут технічної теплофізики НАН України

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗНАКОЗМІННИХ ІМПУЛЬСІВ ТИСКУ В ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ВОДНО-ЕТАНОЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

**Мета.** Дослідження впливу методу дискретно-імпульсного введення енергії, а саме знакозмінних імпульсів тиску на фізико-хімічні параметри водно-етанольних розчинів.

**Методика.** В роботі застосовувались експериментальні методи дослідження процесів тепломасообміну і гідродинаміки в роторно-пульсаційних апаратах, хроматографічні методи досліджень водно-етанольних розчинів, методи енергетичного та економічного аналізу для визначення споживання енергії.

**Результати.** На основі проведених досліджень запропоновано новий безперервний спосіб одержання водно-етанольних розчинів із застосуванням роторно-пульсаційних апаратів, у яких реалізуються умови знакозмінних імпульсів тиску.

**Наукова новизна.** Обґрунтована доцільність використання методу дискретно-імпульсного введення енергії, а саме знакозмінних імпульсів тиску для одержання водно-етанольних розчинів.

**Практична значимість.** Використання знакозмінних імпульсів тиску в технології одержання водно-етанольних розчинів дозволяє одержувати розчини з покращеними фізико-хімічними параметрами та скоротити енергоспоживання.

**Ключові слова:** знакозмінні імпульси тиску, дискретно-імпульсне введення енергії, гідратація, структуроутворення.

**Вступ.** При здійсненні процесів, пов'язаних із необхідністю рівномірного змішування та розподілу різних фаз у рідкій основі істотного значення набуває можливість прогнозування реакції таких систем на різного роду зовнішні періодичні впливи. Аналіз раніше виконаних досліджень динамічних явищ у багатофазних середовищах [1,2], які піддавались керованим пульсаційним та високочастотним впливам, доводить можливість використання їх для інтенсифікації зазначених процесів, а також для реалізації принципово нових технологічних прийомів, а саме, зміни властивостей та фізико-хімічних параметрів водних систем, а саме водно-етанольних розчинів.

**Постановка завдання.** Сучасні технології одержання водно-етанольних розчинів передбачають застосування інноваційних енергозберігаючих та екологічних методів. Метод дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) може стати одним із засобів вирішення цієї задачі. Сутність методу полягає в тому, щоб попередньо стаціонарно введену та довільним чином розподілену в робочому об'ємі енергію акумулювати в локально роз'єднаних дискретних точках системи і в подальшому імпульсно реалізувати для досягнення необхідних фізичних ефектів: нагнітання та скидання тиску, адіабатного закипання, гідравлічного удару, ударних хвиль тиску або розрідження, напружень зсуву, локальної турбулентності, кавітації [3].

Водні системи, а саме водно-етанольні розчини мають складну будову. Такі системи складаються з молекул води, молекул етанолу, вільних радикалів, асоціатів та гідратів різного типу, які поєднані між собою тривимірною сіткою водневих зв'язків, що постійно

змінюється та рекомбінується. Процесами, що визначають якість водно-спиртових розчинів є структуроутворення, гідратація, асоціація та комплексоутворення. Всі ці процеси можуть бути ініційовані завдяки імпульсному впливу знакозмінних імпульсів тиску, які мають місце в роторно-пульсаційних апаратах.

Від швидкості процесів гідратації та утворення сітки водневих зв'язків залежить кількість шкідливих домішок, що утворюються під час змішування води та етанолу. Пришвидшення процесів передачі протону від води до спирту шляхом імпульсного впливу унеможливило утворення шкідливих домішок та реакцію протону з вільними радикалами.

**Результати дослідження.** Раніше в ІТТФ НАН України проводились дослідження по вивченню впливу обробки на водні системи методом дискретно-імпульсного введення енергії. Було досліджено зміну водневого показника рН, як його підвищення так і зниження[4]. Для продовження досліджень в якості модельних середовищ було обрано водно-етанольні розчини.

Хід виконання експериментальної роботи передбачав одержання, при різних умовах проведення процесу змішування, зразків водно-етанольних розчинів та виконання хроматографічного аналізу цих зразків для визначення кількості шкідливих домішок: сивушних масел, альдегідів та метилового спирту. Дослідження по одержанню водно-етанольних розчинів проводили на експериментальній установці, основним робочим апаратом якої був роторно-пульсаційний апарат (РПА) з наступними технічними характеристиками: міжциліндровий зазор – 100 мкм, лінійні швидкості обертання роторів – 21,98-23,58 м/с, кутова швидкість обертання робочих органів –  $314 \text{ с}^{-1}$ , швидкості зсуву потоку –  $(2,2-2,4) \times 10^5 \text{ с}^{-1}$ , напруження зсуву потоку 219,8-235,5 Па [5].

Під час хроматографічних досліджень водно-етанольних розчинів на наявність альдегідів (рис.1.) було встановлено, що застосування безперервного способу змішування води та етанолу в умовах знакозмінних імпульсів тиску дозволяє одержувати розчини з меншою кількістю альдегідів у порівнянні з традиційним періодичним способом в апаратах з мішалкою. В свою чергу це призводить до покращення їх фізико-хімічних параметрів.

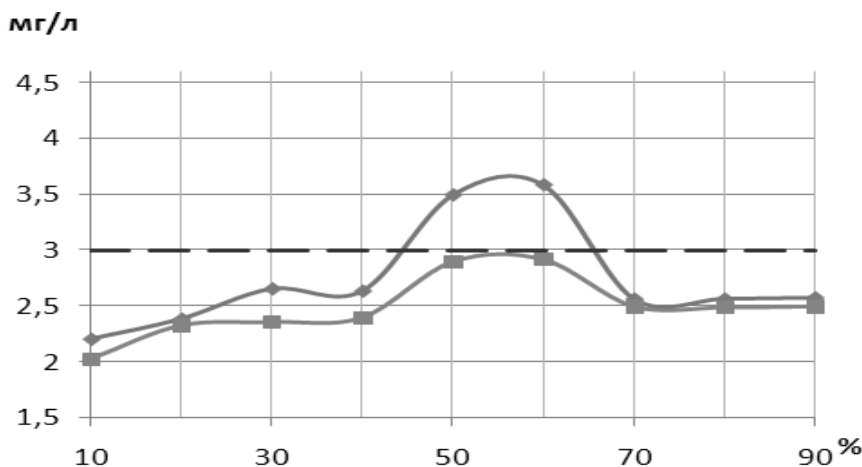


Рис. 1. Кількість ацетальдегіду у водно-етанольних розчинах з концентрацією 10-10 об.%.: ◇ - періодичний спосіб; ■ – безперервний спосіб із застосуванням РПА

Дослідження вмісту сивушних масел (суміші вищих спиртів) рис.2. продемонстрували зниження їх вмісту у водно-етанольних розчинах. Слід відмітити, що зниження відбувається незалежно від концентрації.

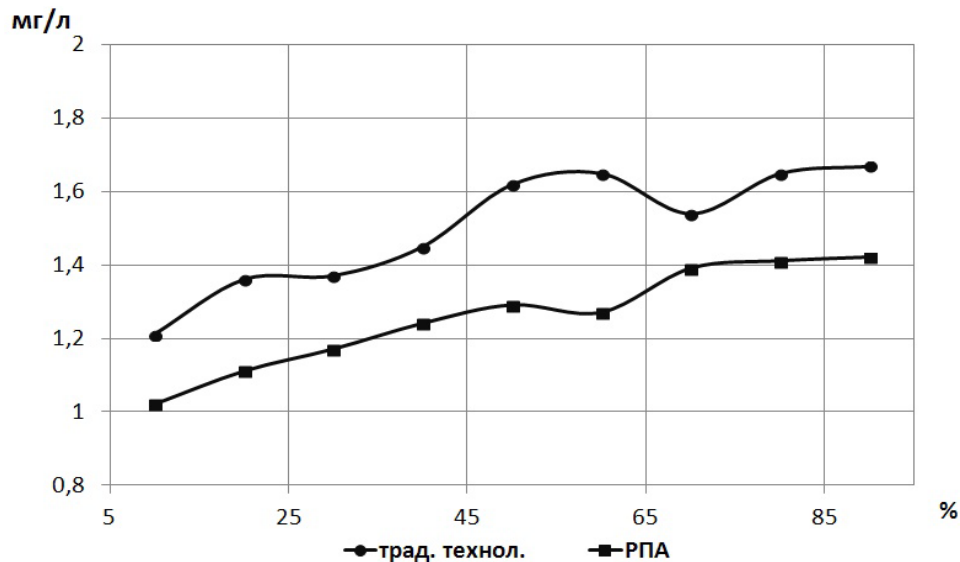


Рис. 2. Кількість сивушних масел у водно-етанольних розчинах з концентрацією 10-10 об.%. ● – періодичний спосіб; ■ – безперервний спосіб із застосуванням РПА

Метанол є шкідливою токсичною домішкою і його вміст у водно-етанольних розчинах і повинен відповідати нормативній документації, тому проводились дослідження динаміки вмісту метанолу у різних концентраціях водно-етанольних розчинів. Кількість метанолу не перевищує вимоги ДСТУ 4256:2003, але при безперервному способі одержання водно-етанольних розчинів в умовах знакозмінних імпульсів тиску кількість метанолу нижча, особливо така тенденція спостерігається в області низьких концентрацій.

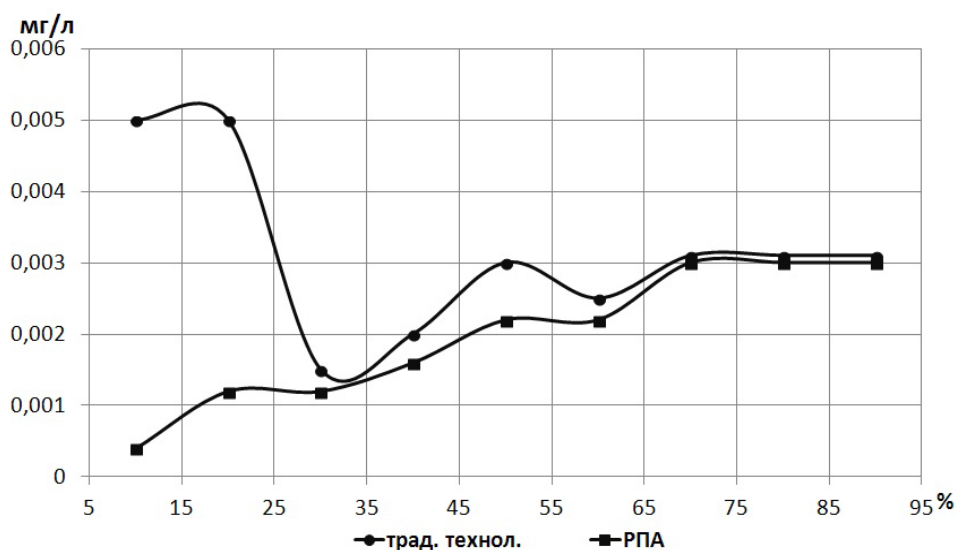


Рис. 3. Кількість метанолу у водно-етанольних розчинах з концентрацією 10-10 об.%. ● – періодичний спосіб; ■ – безперервний спосіб із застосуванням РПА

В результаті проведених економічних розрахунків встановлено, що використання запропонованого апаратного оформлення процесу змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску дозволяє досягти економічного ефекту за поточними витратами на модернізацію близько 90 тис. грн. При цьому відбувається зниження споживання електроенергії на 35%, що у вартісному вираженні становить майже 9 тис. грн. у порівнянні з традиційною технологією.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень була встановлена можливість зміни фізико-хімічних параметрів водно-етанольних розчинів при використанні знакозмінних імпульсів тиску в технології їх отримання, що пришвидшує протікання процесів гідратації та структуро-, клатратоутворення за рахунок виникнення тривимірної сітки водневих зв'язків в активованих водних системах та інтенсифікації передачі протону від води до спирту.

Метод дискретно-імпульсного введення енергії дозволяє отримати водно-етанольні розчини з меншим вмістом шкідливих домішок: сивушних масел, альдегідів та метанолу. А також дозволяє інтенсифікувати, підвищити економічну і екологічну ефективності традиційних процесів переробних виробництв. Ці обставини можуть в подальшому зробити запропонований спосіб достатньо конкурентоспроможним як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

#### Список використаних джерел

1. Ганиев Р. Ф. Динамика частиц при воздействии вибраций /Р.Ф. Ганиев, Л.Е. Украинский. –К.: Наукова думка, – 1975. – 138 с.
2. Федоткин И.М. Кавитация. Кавитационные энергетические аппараты и установки / И.М. Федоткин, С.И. Гулый. – К.: Арктур – А. –1998.– 130 с.
3. Долинский А.А. Наномасштабные эффекты при дискретно-импульсной трансформации энергии / Долинский А.А. Басок Б. И. // ИФЖ . – 2005 – Т.78, № 1,С.15-23.
4. Долинский А.А Исследование влияния метода ДИВЭ на свойства воды / Долинский А.А., Шурчкова Ю. А., Дубовкина И.А.// Международный НПЖ Керамика: наука и жизнью – 2013, №2 (20), с.4-6.
5. Долинский А. А Исследование влияния метода ДИВЭ на свойства воды / А. А. Долинский, Ю. А. Шурчкова, И. А. Дубовкина // Международный НПЖ Керамика: наука и жизнью – 2015, №2 (27). – С. 38-45.

#### References

1. Ganiev R. F. L.E. Ukrainskiy (1975). Dinamika chastits pri vozdeystvii vibratsiy. K.: Naukova dumka, 138 s.
2. Fedotkin I.M. Gulyiy S.I.(1998) Kavitatsiya. Kavitatsionnyie energeticheskie apparaty i ustanovki. K.: Arktur 130 s.
3. Dolinskiy A.A., Basok B. I. (2005) Nanomasshtabnyie efektyi pri diskretno-impulsnoy transformatsii energii. IFZh . T.78, № 1,S.15-23.
4. Dolinskiy A.A, Shurchkova Yu. A., Dubovkina I.A. (2013) Issledovanie vliyaniya metoda DIVE na svoystva vodyi. Mezhdunarodnyiy NPZh Keramika: nauka i zhiznyu, №2 (20). s.4-6
5. Dolinskiy A. A, Shurchkova Yu. A., Dubovkina I. A. (2015) Issledovanie vliyaniya metoda DIVE na svoystva vodyi/ Mezhdunarodnyiy NPZh Keramika: nauka i zhiznyu, #2 (27). – S. 38-45.

*Рекомендовано до публікації с.н.с., д.т.н. Ободович О.М.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ИМПУЛЬСОВ ДАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДНО-СПИРТОВЫХ РАСТВОРОВ

ШУРЧКОВА Ю.А., ДУБОВКИНА И.А.

*Институт технической теплофизики НАН Украины*

**Цель.** Исследование влияния метода дискретно-импульсного ввода энергии, а именно знакопеременных импульсов давления на физико-химические параметры водно-этанольных растворов.

**Методика.** В работе использованы экспериментальные методы исследования процессов теплообмена и гидродинамики в роторно-пульсационных аппаратах, хроматографические методы исследования водно-этанольных растворов, методы энергетического и экономического анализа для определения потребления энергии.

**Результаты.** На основе проведенных исследований предложен новый непрерывный способ получения водно-этанольных растворов с применением роторно-пульсационных аппаратов, в которых реализуются условия знакопеременных импульсов давления.

**Научная новизна.** Обоснована целесообразность метода дискретно-импульсного ввода энергии, а именно знакопеременных импульсов давления для получения водно-этанольных растворов.

**Практическая значимость.** Использование знакопеременных импульсов давления в технологии получения водно-этанольных растворов позволяет получать растворы с улучшенными физико-химическими параметрами и сократить энергопотребление.

**Ключевые слова:** знакопеременные импульсы давлений, дискретно-импульсный ввод энергии, гидратация, структурообразование

## THE INVESTIGATION OF PRESSURE ALTERNATING PULSES IN THE TECHNOLOGY OF WATER-ETHANOL SOLUTIONS

SHURCHKOVA J., DUBOVKINA I.

*Institute of engineering thermophysics NAS of Ukraine*

**The purpose.** The investigation of the effect of the method of discrete-pulsed input of energy, namely alternating pressure pulses on the physicochemical parameters of the water-ethanol solutions.

**Methods.** In this work used experimental methods for studying processes of heat and mass transfer and hydrodynamics in the rotary-pulsating devices, chromatographic methods for studying water-ethanol solutions, methods of energy and economic analysis to determine the energy consumption.

**Results.** Based on these studies, a new continuous process for preparing water-ethanol solutions using rotary-pulsation apparatus, which are implemented under alternating pressure pulses.

**Scientific innovation.** The expediency of the method of discrete-pulsed input of energy, namely alternating pressure pulses to obtain water-ethanol solutions.

**Practical significance.** The use of alternating pressure pulses in the technology of water-ethanol solutions allows to obtain solutions with improved physical and chemical parameters, and reduce energy consumption.

**Keywords:** alternating pressure pulses, discrete-pulsed input of energy, hydration, structure formation

УДК 536.006

ХІМІЧЕВА Г.І., КАЛИНЮК Н.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

### ЗАСТОСУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ BSC ДЛЯ ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

**Мета.** Розробка принципів і підходів до оцінювання результативності та ефективності функціонування системи управління якістю.

**Методика.** Методичною основою досліджень є ідеологія TQM, концепція BSC та методи систематизації та аналізу, що дали змогу проаналізувати існуючі принципи, підходи, інструменти та механізми оцінювання результативності та ефективності функціонування системи управління якістю.

**Результати.** Проаналізовано існуючі методи, принципи і підходи до оцінювання результативності та ефективності функціонування управління якістю і визначено найбільш перспективні.

**Наукова новизна.** Запропоновано моделі для оцінювання результативності та ефективності функціонування системи управління якістю, в основу яких покладено процесний підхід та концепцію BSC, що дозволяє одночасно враховувати інтереси і ступінь задоволення всіх зацікавлених сторін.

**Практична значимість.** Запропоновані процедури, які дозволяють на практиці вимірювати результативність та ефективність процесів СУЯ і на основі отриманих результатів розробляють корегуючі та попереджувальні дії по поліпшенню бізнес-процесів.

**Ключові слова.** Результативність, ефективність, модель виміру, концепція BSC, процедура оцінювання, система управління якістю, методи, принципи, підходи.

**Вступ.** Сучасний глобальний ринок потребує постійного поліпшення якості продукції, як найважливішого фактора підвищення її конкурентоспроможності. Це особливо важливо для України, перетворення якої на розвинену європейську країну неможливо без істотного покращення якості продукції (послуг) вітчизняних підприємств. Для вирішення цього завдання, як доводить міжнародний досвід, доцільно мати системи управління якістю, які ефективно і результативно працювали б в форматі «розробник-виробник-споживач».

Питання оцінки результативності та ефективності функціонування системи управління якістю (СУЯ) є актуальними з моменту початку використання стандартів ISO серії 9000. У стандарті ISO 9000 термін "результативність" визначається як ступінь досягнення запланованих результатів, а "ефективність" – як співвідношення між досягнутими результатами і витраченими ресурсами [1]. Тобто, результативність відноситься до досягнення цілей організації (підприємства) і відображає ступінь реалізації деякої стратегії, а ефективність до оцінки використання ресурсів компанії в ході реалізації стратегії.

Складність проблеми аналізу та оцінки результативності й ефективності пов'язана з їх багатоаспектністю (можна розглядати ці категорії щодо продукції (послуги), процесу або системи в цілому) та багаторівневостю (компанія в цілому, структурний підрозділ, бізнес-процес, робоче місце).

Сьогодні для оцінки результативності й ефективності функціонування СУЯ існують різні методи та технології, що здебільшого пов'язані з визначенням витрат до і після впровадження організаційно-технічних заходів, що впливають на якість і безпеку продукції, що випускається.

Так, в роботах [2, 3, 4] пропонується ефективність СУЯ визначати, як економічну ефективність шляхом встановлення зв'язку (функціонального або кореляційного) між впровадженням СУЯ і фінансовими показниками діяльності компаній. Однак застосування таких підходів обмежено із-за відсутності відповідного інструментарію. Тому розробка спеціальних механізмів, які б дозволяли враховувати взаємний вплив технічних та економічних показників дозволила б вирішити дану проблему.

Одним із перспективних шляхів вирішення даного завдання є застосування підходу, який базується на концепції збалансованих показників ефективності, що дозволяє включити політику і планування в області якості в систему стратегічного управління підприємством, а процесний підхід СУЯ зробити складовою частиною процесно-орієнтованого управління підприємством.

**Постановка завдання.** Відомо, що показники ефективності призначені для кількісного виміру ефективності діяльності підприємства. У рамках підходу, орієнтованого на управління процесами, показники ефективності дозволяють оцінювати ефективність функціонування бізнес-процесів за рахунок реалізації прийнятих управлінських рішень.

В реальних умовах виробництва система показників ефективності застосовується на різних рівнях організаційної структури підприємства: починаючи зі стратегічного менеджменту і закінчуючи окремими технологічними операціями. На практиці, при підготовці управлінського рішення показники ефективності дозволяють порівнювати альтернативи; ідентифікувати та усувати операцій, що не додають вартість. При цьому важливо отримувати дані вимірювань із застосуванням фінансових показників, тобто керівництво повинно передбачати можливість перетворення даних, отриманих в результаті виконання процесів, інакше кажучи мати фінансову інформацію для оцінювання різних процесів і сприяння поліпшенню результативності та ефективності діяльності підприємства (організація) в цілому. Тому метою даного дослідження є розробка принципів і підходів до оцінювання результативності та ефективності функціонування система управління якістю.

**Результати досліджень.** Традиційна методика обліку витрат орієнтована лише на фінансові показники і не прив'язана до якісних, вона найчастіше приводить до прийняття не найкращих стратегічних рішень. Вихід з цього положення було знайдено американським вченим Нортоном і Капланом, які запропонували так звану «карту збалансованих показників» (The Balanced Scorecard. BSC) [6]. Головна ідея застосування BSC полягає у поєднанні короткотермінового оперативного управління з довготерміновим баченням бізнесу. Потреба у цій технології обумовлена насамперед тим, що використання для управління лише фінансових показників виявилось неефективною і на практиці найчастіше призводило до фатальних помилок. Також досвід впровадження системи управління якістю засвідчує, що нехтування фінансово-економічними показниками робить СУЯ формальною паперовою процедурою, яка забирає у організації (підприємства) багато часу та грошей і не дає реальної віддачі.

Отже, система збалансованих показників ефективності BSC - це концепція, що використовується для комплексної оцінки діяльності підприємства. Вона являє собою систему збалансованих показників ефективності, що відображають поряд з фінансовими і такі аспекти діяльності підприємства, як взаємини з замовниками, організація бізнес-процесів, а також здатність до накопичення знань і розвитку.

Система показників BSC включає показники, що визначають ступінь досягнення заздалегідь заданих установок у рамках основних проєкцій: фінансів, маркетингу, внутрішніх бізнес-процесів, навчання і зростання.

Модель збалансованої системи показників представлена на рис. 1

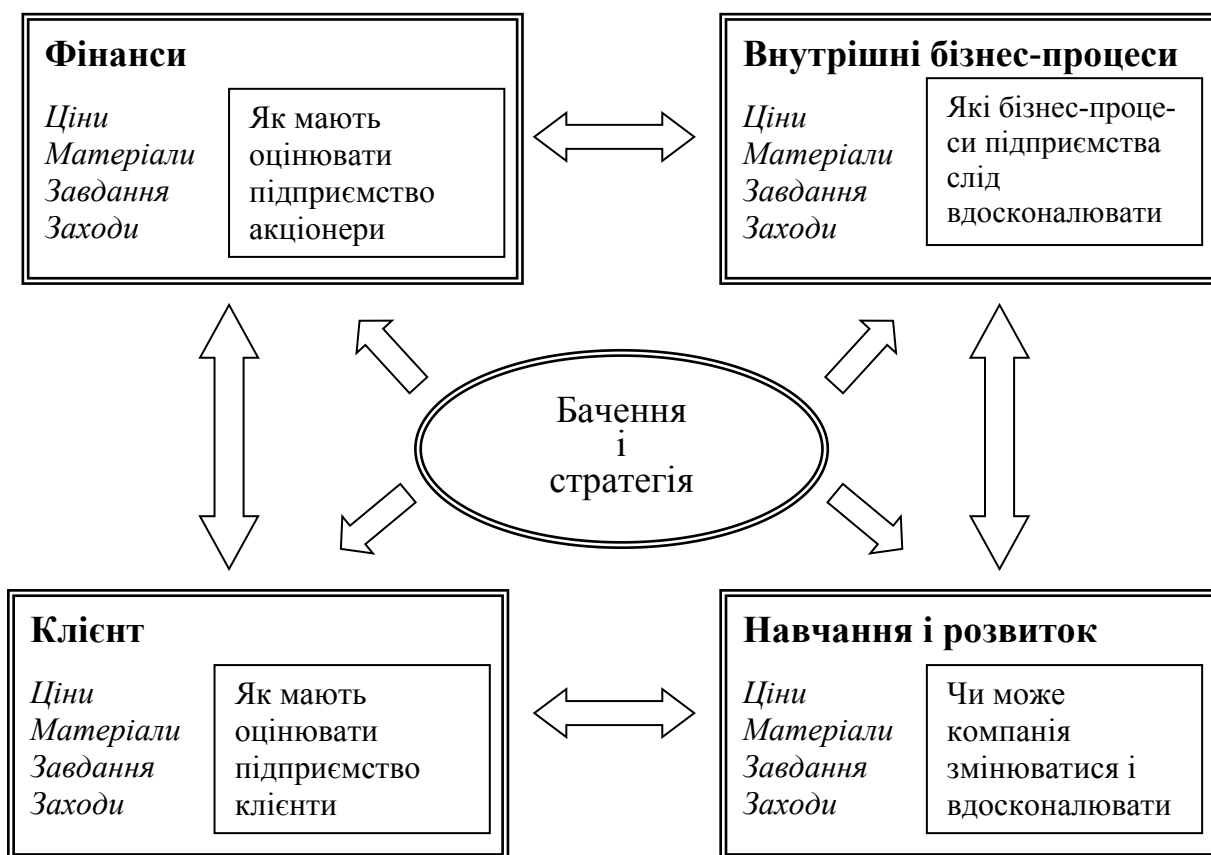


Рис.1. Модель збалансованої системи показників

Як видно з рисунку, BSC – це не стільки набір показників, скільки методологія й інструмент реалізації заздалегідь сформульованої стратегії розвитку підприємства. При цьому процес реалізації концепції має складатися з чотирьох етапів:

*розробка збалансованої системи показників* - перетворення перспективних планів і стратегій у сукупність цілей і заходів (після розробки система повинна бути інтегрована в управлінський процес)

*комплексування* – ув'язування всіх ієрархічних рівнів шляхом вибудовування відповідних цілей і показників організації, стратегічної комунікації, забезпечення компенсації за ініціативні рішення;

*планування* – визначення шляхів досягнення в часі запланованих результатів через конкретні планові завдання, розподіл ресурсів, проектування стратегічних заходів;

*зворотний зв'язок і навчання* – тестування теоретичної бази стратегії і відновлення останньої з відображенням отриманих знань.

Згідно концепції BSC виконання перерахованих вище етапів робіт здійснюється в рамках визначених технологій. Таким чином, створення BSC починається з моменту, коли ключові менеджери компанії формують місію підприємства і приходять до загального бачення перспектив і способів розвитку підприємства.

В ході проведення досліджень встановлено, що існує природна відповідність між СУЯ і BSC (рис. 2).

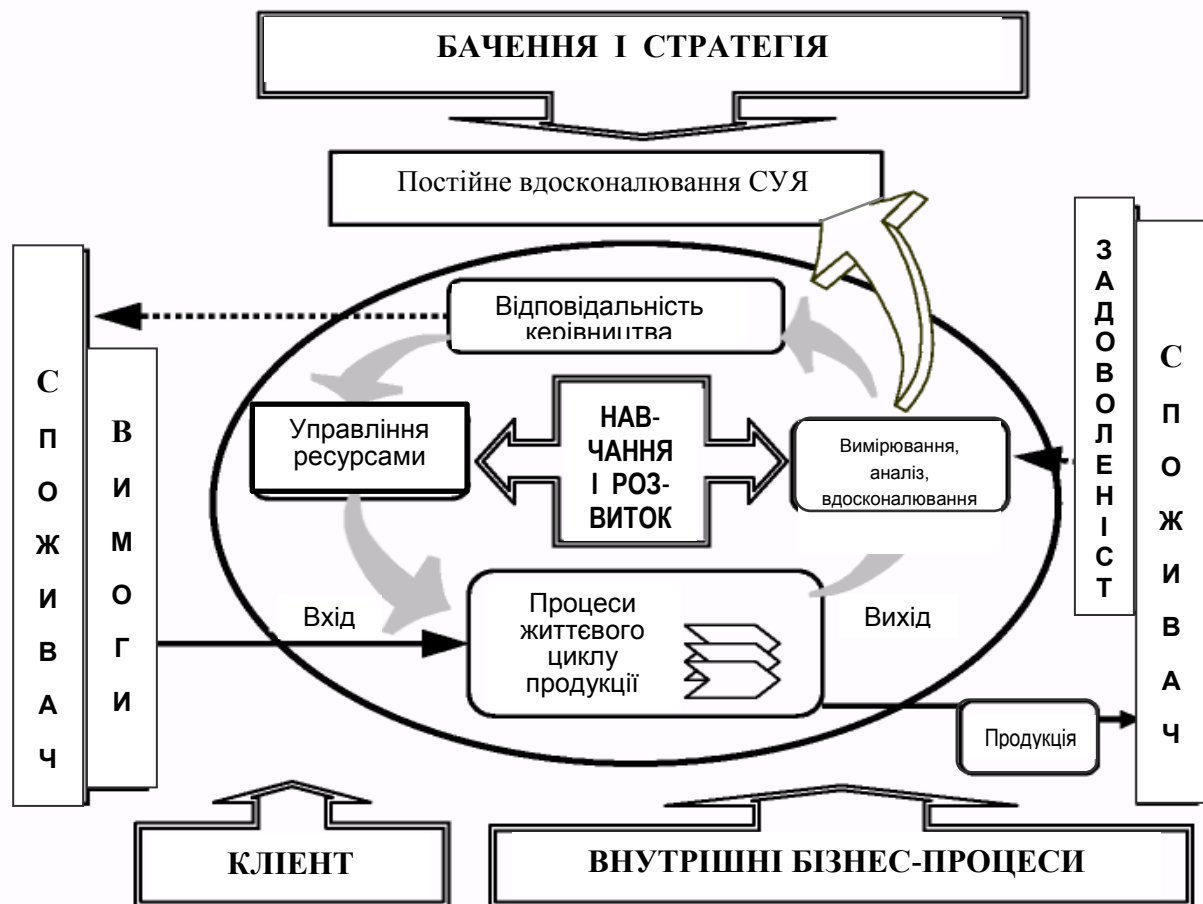


Рис.2. Відповідність між СУЯ і BSC

Моніторинг результативності та ефективності процесів СУЯ необхідний для оцінки рівня розвитку системи та її вплив на роботу підприємства. Для того, щоб зробити висновки про функціонування СУЯ, необхідно спочатку виміряти результативність і ефективність кожного процесу, а потім отримані результати проаналізувати та узагальнити. Модель виміру результативності та ефективності системи підприємства представлена на рис. 3.

Існують різні методи виміру процесів системи управління якістю підприємства, що дозволяють визначати результативність і ефективність процесів [7,8]. До найбільш розповсюджених варто віднести наступні методи: проведення внутрішніх і зовнішніх аудитів (перевірок) та аналіз запланованих і виконаних заходів.

Проведення перевірок дозволяє:

- підтвердити відповідність функціонування процесу установленим вимогам;
- визначити причини виникаючих невідповідностей;
- підтвердити виконання коригувальних дій;
- оцінити ступінь розуміння персоналом цілей, задач і вимог, установлених при виконанні даного процесу;
- визначити шляхи подальшого удосконалювання процесу в СУЯ підприємства.

Таким чином, за результатами перевірки визначаються невідповідності і розробляються коригувальні дії, спрямовані на подальше поліпшення результативності та ефективності процесу. В свою чергу аналіз запланованих і виконаних заходів дозволяє власникові процесу не тільки здійснювати планування робіт з виконання даного процесу, але й поліпшувати його за рахунок проведення порівняльного аналізу запланованих і виконаних заходів, а також розробити необхідні попереджуючі і коригувальні дії, спрямовані на досягнення запланованих цілей.

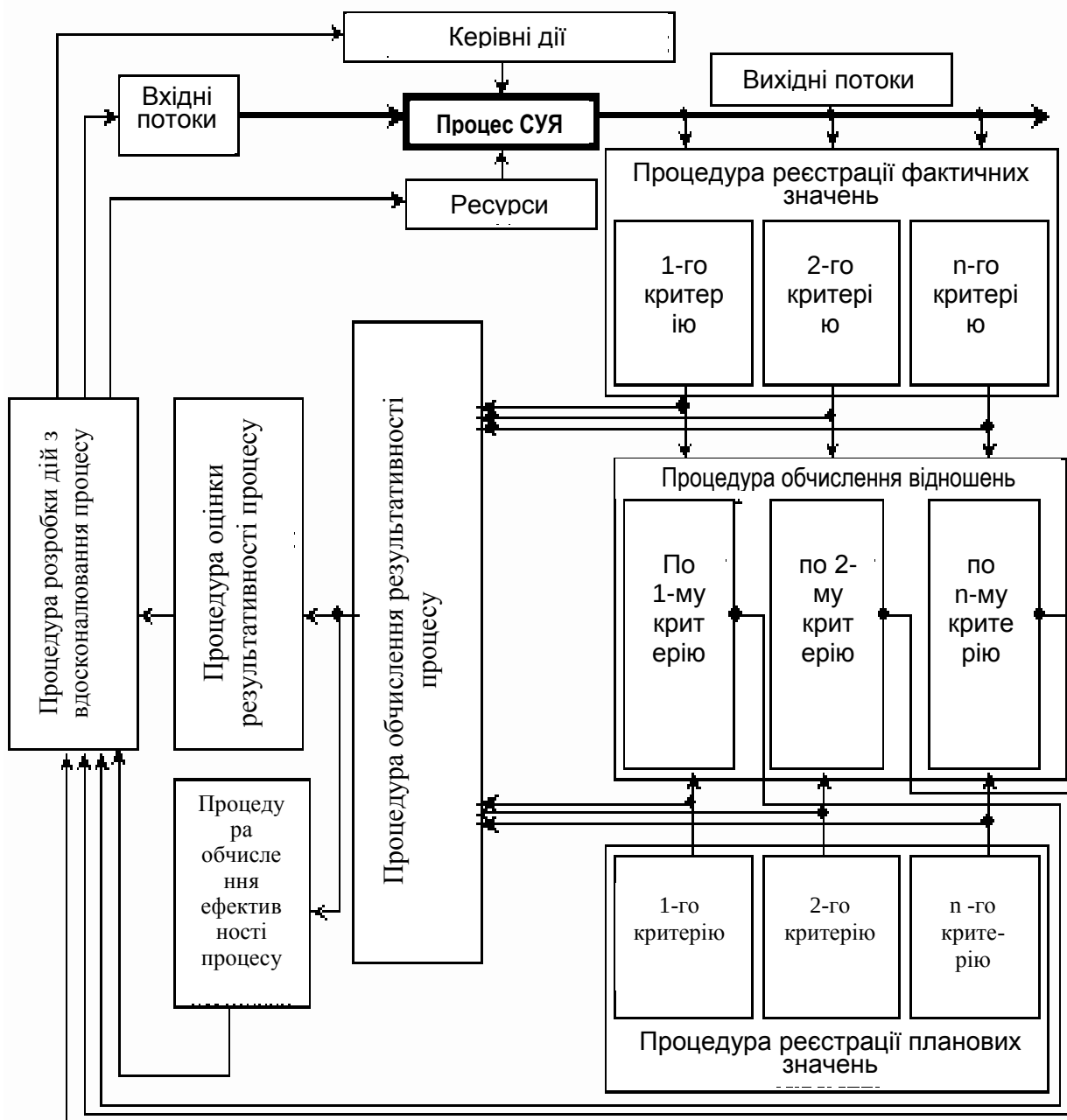


Рис.3. Модель виміру результативності та ефективності процесу СУЯ

Важливо також відзначити, що велику увагу необхідно приділяти визначенню періоду проведення аналізу, який може бути: щоденний, щотижневий, щомісячний, щоквартальний, піврічний, щорічний. Період проведення аналізу результативності та ефективності процесу

вибирає власник процесу, виходячи з виду процесу, об'єктивних або суб'єктивних причин, але не рідше одного разу на рік. Правильно обраний період аналізу функціонування процесу дозволяє не тільки вчасно виявити невідповідності в процесі, але й попередити їх появу.

Проаналізуємо процедури моделі виміру результативності та ефективності процесу СУЯ, представленої на рис. 3.

**Процедури реєстрації фактичних і планових значень критеріїв.** Для кожного процесу власником процесу розробляються критерії і встановлюються їхні планові значення, по яких надалі і буде визначатися результативність і ефективність процесу. Приклад таких критеріїв, для процесу "Виробництво продукції", представлений у табл. 1.

Таблиця 1

**Критерії оцінки процесу "Виробництво продукції"**

| Найменування критерію                                                                | Фактичне значення критерію | Планове значення критерію |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1. Виконання вимог нормативної документації СУЯ                                      | 0,7                        | 1                         |
| 2. Виконання коригувальних (попереджувальних) дій за результатами попередньої оцінки | 0,8                        | 1                         |
| 3. Виробництво продукції у встановлений термін відповідно до поданих заявок          | 1                          | 1                         |
| 4. Відсутність випуску невідповідної продукції                                       | 0,4                        | 1                         |
| 5. Виконання заходів, представлених у плані робіт на місяць                          | 0,9                        | 1                         |

**Процедура обчислення відношень** необхідна для визначення відношення між фактичним і плановим значенням за кожним критерієм. Дані значення будуть використовуватися при розробці коригувальних і/або попереджувальних дій з управління процесом.

**Процедура оцінки результативності процесу.** Після того, як була визначена результативність процесу, проводять її оцінку. Для цього слід використовувати шкалу вагомості з діапазоном від 0 до 1 і враховувати умови наведені в табл. 2.

Таблиця 2

**Результативність процесу СУЯ за шкалою вагомості**

| Значення результативності процесу | Характеристика процесу                                                                              |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. $P = 0$                        | Процес не функціонує і вимагає розробки;                                                            |
| 2. $0 < P < 0,3$                  | Процес функціонує не результативно і вимагає втручання вищого керівництва                           |
| 3. $0,3 < P < 0,6$                | Процес функціонує не результативно і вимагає розробки власником процесу значних коригувальних дій   |
| 4. $0,6 < P < 0,9$                | Процес функціонує результативно, але вимагає розробки власником процесу незначних коригувальних дій |
| 5. $0,9 < P < 1$                  | Процес функціонує результативно, але вимагає розробки власником процесу попереджувальних дій        |
| 6. $P = 1$                        | Процес функціонує результативно і не вимагає розробки яких-небудь дій.                              |

**Процедура розробки дій з удосконалювання процесу.** Після того, як була проведена оцінка результативності процесу за шкалою вагомості і на підставі отриманого значення були зроблені висновки, власник процесу приступає до розробки коригувальних (попереджувальних) дій, з огляду на відношення між фактичним і плановим значенням за кожним критерієм. Після визначення результативності по кожному процесу СУЯ, приступають до визначення результативності та ефективності СУЯ підприємства. Модель виміру результативності та ефективності СУЯ підприємства представлена на рис. 4.

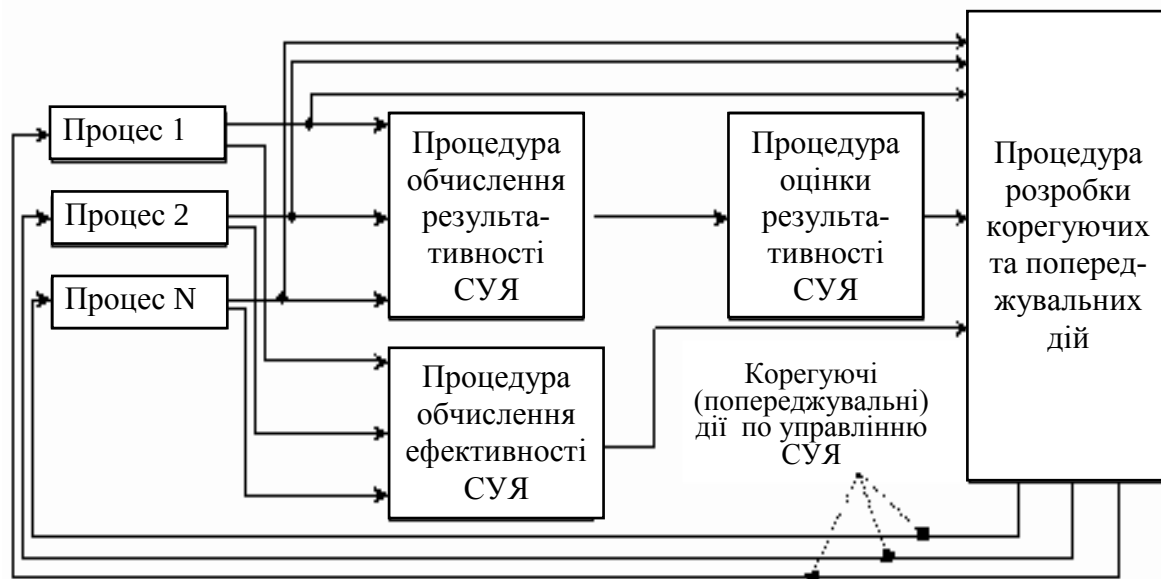


Рис. 4. Модель виміру результативності та ефективності СУЯ підприємства

Таким чином, власники процесів вибирають методи і критерії виміру результативності та ефективності процесу, види записів результатів вимірів. Проте оцінка ефективності системи управління якістю можлива лише на основі показників, що враховують інтереси і ступінь задоволеності всіх зацікавлених сторін, одночасно (з найменшими витратами усіх видів ресурсів і протягом досить тривалого часу). При цьому практично будь-який показник, що застосовуються у практиці управління, може виступати в ролі показника результативності або ефективності системи менеджменту. Отже, система збалансованих показників є найбільш придатною для визначення результативності і ефективності СУЯ.

**Висновки.** Проведені дослідження доводять, що для оцінювання результативності та ефективності функціонування системи управління якістю доцільно застосувати процесний підхід та концепцію BSC, що дозволяє однозначно враховувати інтереси і ступінь задоволеності всіх зацікавлених сторін і тим самим поліпшувати діяльність підприємства в цілому.

#### Список використаних джерел

1. Системи управління якістю. Вимоги ДСТУ ISO 9001:2009. – 2009 – 26 ст. (Надано чинності: наказ ДССУ від 22 червня 2009 р. № 225 з 2009-09-01).
2. Вильдтгрубе Ю.Н., Крайнев В.А. К вопросу об эффективности системы менеджмента // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 9 – С.21-26.

3. О распределении затрат на качество // Научно-техн. Сборник «Всё о качестве. Зарубежный опыт».-2003. - №3 (41). – 100 с.
4. Швец В.Е., К вопросу определения результативности и эффективности СМК // Методы менеджмента качества. – 2004. - № 6. – С. 4-8.
5. Хімічева Г.І. Економічні аспекти впровадження інтегрованих систем управління // Вісник КНУТД. – 2005 - № 1(21). – с. 54-59.
6. Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П. Сбалансированная система показателей. От стратегий к действию / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. – 320 с.

### **ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ BSC ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА**

ХИМИЧЕВА А.И., КАЛИНЮК Н.В.

*Киевский национальный университет технологии и дизайна*

**Цель.** Разработка принципов и подходов к оценке результативности и эффективности функционирования системы управления качеством.

**Методика.** Методической основой исследований является идеология TQM, концепция BSC и методы систематизации и анализа, которые позволили проанализировать существующие принципы, подходы, инструменты и механизмы оценивания результативности и эффективности функционирования системы управления качеством.

**Результаты.** Проанализированы существующие методы, принципы и подходы к оценке результативности и эффективности функционирования управления качеством и выбраны наиболее перспективные.

**Научная новизна.** Предложены модели для оценки результативности и эффективности функционирования системы управления качеством, в основу которых положен процессный подход и концепция BSC, что позволяет одновременно учитывать интересы и степень удовлетворённости всех заинтересованных сторон.

**Практическая значимость.** Предложены процедуры, которые позволяют на практике измерять результативность и эффективность процессов СМК и на основе полученных результатов разрабатывать корректирующие и предупреждающие действия по улучшению бизнес-процессов.

**Ключевые слова:** *результативность, эффективность, модель измерения, концепция BSC, процедура оценивания, система управления качеством, методы, принципы, подходы.*

### **APPLYING THE CONCEPT OF BSC TO EVALUATION FOR EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF QUALITY MANAGEMENT**

HIMICHEVA G. KALYNIUK N.

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose.** Development of principles and approaches to the evaluation of the effectiveness and efficiency of the quality management system.

**Methods.** Methodical research is the foundation of ideology TQM, BSC concept and methods of organizing and analysis that made it possible to analyze the existing principles, approaches, tools and mechanisms for evaluating the effectiveness and efficiency of the quality management system.

**Results.** Existing methods, principles and approaches to the evaluation of the effectiveness and efficiency of the quality management system and identified the most promising.

**Scientific innovation.** A model for evaluating the effectiveness and efficiency of the quality management system based on a process approach and conception BSC, which can simultaneously accommodate the interests and satisfaction of all stakeholders.

**The practice significance.** The proposed procedures, which allow in practice to measure the effectiveness and efficiency of processes and QMS based on the results develop corrective and preventive action to improve business processes.

**Keywords:** *effectiveness, efficiency, measurement model, the concept of BSC, evaluation procedure, quality management system, methods, principles and approaches.*

УДК 534.8.081.7

БАРАНОВА О.С.

Київський національний університет технологій та дизайну

### ДЕФЕКТОСКОПІЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ УДАРНО - АКУСТИЧНОГО МЕТОДУ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

**Мета.** Аналіз механічних напружень при ударному методі контролю дефектів.

**Методика.** Основні параметри, які контролюються при ударному методі контролю дефектів: резонансні частоти коливань елементів дефекту, амплітуда та затухання коливань.

**Результати.** Результати дослідів підтверджують правильність запропонованої моделі композитного матеріалу, по якій впливає, що при дефекті (розшаруванні) порушується цілісність матеріалу і в місці дефекту з'являється два і більше елементів, які мають свої резонансні частоти і створюють складний спектр.

**Наукова новизна.** Встановлено, що в композитному матеріалі можливо визначити місце та характер розшарування шляхом контролю резонансів.

**Практична значимість.** Отримано експериментальну залежність характеру резонансів від розміру дефекту.

**Ключові слова:** композитні матеріали, розшарування, резонансні частоти, контроль дефектів, ударний метод.

**Вступ.** Композитні матеріали, до яких відносяться неоднорідні суцільні матеріали, складаються з двох або більше компонентів з чіткою межею поділу між ними. До таких матеріалів відносяться: фанера - композитний листовий матеріал, з покладених в певній послідовності і проклеєних шарів деревного шпону; деревостружкові плити (ДСП) - одержувані шляхом гарячого пресування формувальної маси, що складається з суміші деревних стружок і полімерного сполучного мочевиноформальдегідної або фенолоформальдегідної смоли; плити OSB з орієнтованої тріски та інші.

**Постановка завдання.** Об'єктом дослідження в даній роботі був зразок 5-ти шарової фанери розміром 7x110x220мм. Експериментальне визначення проводилося за допомогою п'єзoelementу типу ЦТС-19 діаметром 10мм і товщиною 1мм, жорстко закріпленому на ударнику і електрично з'єднаному з цифровим осцилографом OSCILL.

**Результати дослідження.** При наявності в композитних матеріалах такого дефекту як розшарування, структуру локальної ділянки, де знаходиться дефект можна представити у вигляді двох пластини, опертих по краях з ділянкою прошарку повітря між ними. На рис. 1 представлено формалізоване зображення перетину такої ділянки.



Рис.1 Перетин ділянки композитного матеріалу з дефектом (повітряним прошарком)

Представивши верхній і нижній ділянки дефекту (повітряного прошарку) композитного матеріалу як сукупність абсолютно твердих тіл з лінійними пружними і в'язкими елементами пластини, можна отримати модель дефекту розшарування композитного матеріалу (рис.2).

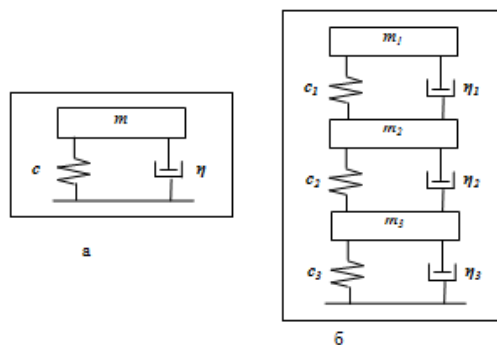


Рис. 2 Моделі композитного матеріалу:

а – композитний матеріал без дефекту; б – композитний матеріал з дефектом матеріалу (повітряний прошарок)

На рис. 2а показано модель композитного матеріалу без дефекту, в якій  $m$  – маса,  $c$  – пружність,  $\eta$  – в'язкість композитного матеріалу. На рис.2б –  $m_1$  та  $m_3$  позначають маси верхньої та нижньої ділянок композитного матеріалу з дефектом (повітряний прошарок);  $c_1$ ,  $c_3$  та  $\eta_1$ ,  $\eta_3$  – відповідно пружність і в'язкість цих ділянок. Відповідно  $m_2$ ,  $c_2$  та  $\eta_2$  – це маса, пружність і в'язкість повітряного прошарку.

Кожна ділянка дефекту композитного матеріалу масою  $m$  характеризується пружністю

$$C = E \cdot S / l, \text{ Н/м}, \quad (1)$$

де  $C$  – пружність елемента композитного матеріалу, Н/м ;

$E$  – модуль пружності елемента, Н/м<sup>2</sup> ;

$S$  – площа перетину елемента, м<sup>2</sup> ;

$l$  – довжина елемента, м .

Маса пластин дорівнює

$$m = \rho \cdot S \cdot l, \text{ кг} ; \quad (2)$$

де  $\rho$  - щільність композитного матеріалу чи повітря, кг/м<sup>3</sup> .

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_3} + \frac{\sigma}{E_2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{E_2}{\eta_2} t}\right) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\sigma}{E_{1i}} + \frac{\sigma}{E_{3i}} + \frac{\sigma}{E_{2i}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{E_{2i}}{\eta_{2i}} t}\right) \right); \quad (3)$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_3} + \frac{\sigma}{E_2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{E_2}{\eta_2} t}\right)$$

Модель дефекту в такому вигляді дає підстави припустити, що при механічному впливу на виріб з композитного матеріалу ударном методом, в ньому будуть виникати, залежно від його структури (наявність або відсутність дефекту) різні за формою та

величиною акустичні коливання. Аналіз величин цих коливань, наприклад, їхній спектральний склад на різних ділянках композитного матеріалу, дозволить виявляти дефекти ударним методом.

Модель дефекту композитного матеріалу дозволяє розрахувати резонансні властивості елементів дефекту і за їх характеристиками розрахувати параметри вимірювального пристрою для контролю дефектів.

Так як обраний ударний метод контролю дефектів типу розшарування, то основними параметрами які контролюють при цьому методі, є резонансні частоти коливань елементів дефекту, амплітуда та затухання коливань [1].

Також необхідно розрахувати силу удару ударника вимірювального пристрою (рис.3) по контрольованій поверхні.

Ударник не повинен руйнувати досліджуваний матеріал і мати достатню енергію, щоб викликати механічні коливання в зразку композитного матеріалу, які можна було б вимірювати чутливим елементом вимірювального пристрою з достатньою точністю. Наприклад, межа міцності деревини сосни без вад, при дії зусиль вздовж волокон, становить при стисненні - 40 МПа.

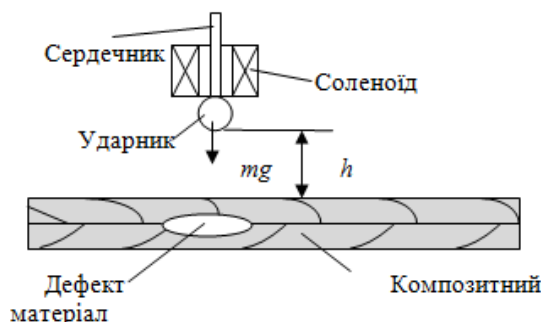


Рис. 3 Схема пристрою для контролю дефектів ударним методом

При дії ж зусиль поперек волокон вони легко сплющуються або розшаровуються, тому міцність деревини при стисненні в цьому випадку не перевершує 6,5 МПа. Неоднорідність будови, наявність вад значно (приблизно на 30%) знижують міцність деревини при стисненні. Таким чином, силовий вплив ударного датчика на поверхню дерев'яного виробу не повинен перевищувати, приблизно 4 МПа.

Металевий ударник (рис.3) масою  $m$ , з жорстко закріпленим на ньому п'єзoelementом, утримується електромагнітом на висоті  $h$  над поверхнею композитного матеріалу. При відключенні живлення на електромагніт датчик вільно падає з прискоренням  $g$  на вимірювальну поверхню композитного матеріалу. При ударі об поверхню, на обкладинках п'єзoelementу виникають електричні заряди, пропорційні імпульсу сили який виникає при зіткненні ударника з вимірювальною поверхнею.

Рух ударника можна описати рівнянням [2]:

$$-cx = ma \quad (3)$$

де  $c$  – пружність композитного матеріалу;

$x$  – поточне значення обтиску композитного матеріалу;

$m$  – маса ударника;

$a$  – прискорення ударника.

Рішення цього рівняння при початкових умовах:  $x(0)=0$ ;  $v(0)=v_0$  має вигляд:

$$x = \frac{v_0}{\rho} \cdot \sin \rho t, \quad (4)$$

де  $\rho = \sqrt{c/m}$ .

Звідси випливає, що найбільша сила стиснення композитного матеріалу буде дорівнювати

$$F_{\max} = c \cdot x_{\max} = v \cdot \sqrt{m \cdot c}. \quad (5)$$

При установці ударника на висоті  $h=0,1$ м швидкість в момент удару буде дорівнювати

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,1} = 1,4 \text{ м/с} \quad (6)$$

Для орієнтовного розрахунку максимальної сили удару ударника прийемо такі значення:

маса ударника  $m=0,05$  кг; модуль пружності деревини  $E=10000$  МПа; площа перетину дефекту  $S=0,0001 \text{ м}^2$ , довжина дефекту  $l=0,2$ м.

Підставляючи ці значення у вираз (5) отримаємо

$$F_{\max} = v \cdot \sqrt{m \cdot E \cdot S / l} = 1,4 \cdot \sqrt{0,05 \cdot 10000 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0001 / 0,1} = 990 \text{ Па}.$$

Отримане значення стиснення композитного матеріалу значно менше межі міцності деревини ( $0,000990 \text{ МПа} < 4 \text{ МПа}$ ), що надійно гарантує неруйнівний контроль композитних матеріалів з деревини ударним методом.

Попередні досліди з використанням ударного методу визначення дефектів показали значну різницю спектральних складових електричних сигналів на обкладинках п'єзоелементу при наявності дефекту і за його відсутності [3].

Досліди проводили на зразках 5-ти шарової фанери розміром  $7 \times 110 \times 220$  мм (рис.4).



Рис. 4 Зразок фанери с дефектом (розшарування)

В якості датчика застосовано п'єзоелемент типу ЦТС-19 діаметром 10мм і товщиною 1мм, жорстко закріплений на ударнику і електрично з'єднаний з цифровим осцилографом OSCILL.

На осцилограм (рис.5) показано сигнал з датчика при його ударі на бездефектній ділянці фанери.

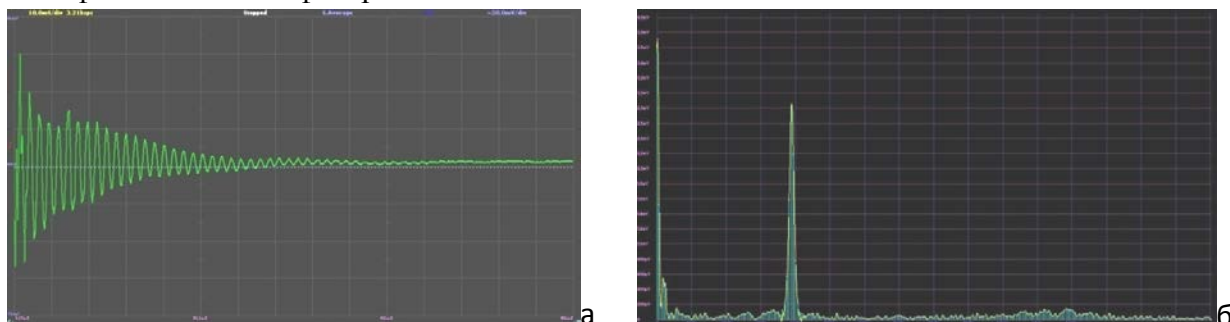


Рис. 5 Осцилограми сигналу ударного датчика з бездефектної ділянки фанери  
(а - осцилограма, 10мс/под.; б – спектр, 100Гц/под.,  $f_{рез} = 388$ Гц)

На осцилограмах (рис.6) показано сигнал з датчика при його ударі по поверхні фанери на ділянці фанери з дефектом (розшарування).

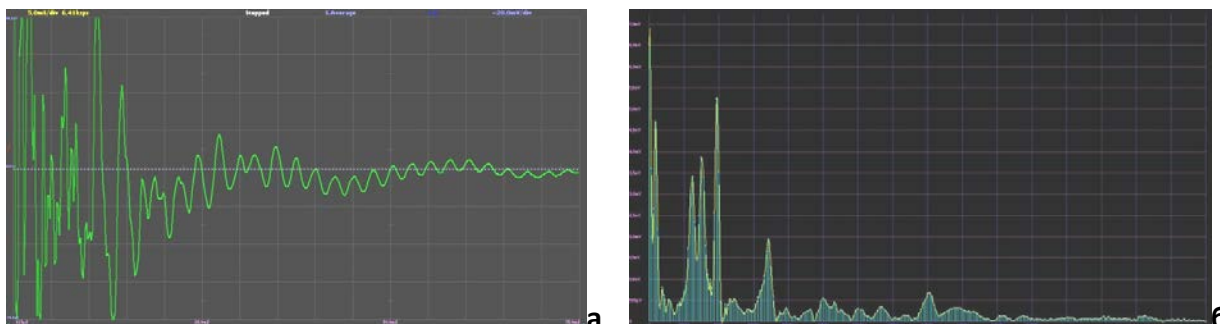


Рис. 6 Осцилограми сигналу ударного датчика при його ударі на ділянці фанери з дефектом (розшарування): а - осцилограма, 5мс/под.; б – спектр, 200Гц/под

**Висновки.** Аналізуючи наведені осцилограми можна зробити наступні висновки:

- при ударі ударника вимірювального пристрою об поверхню контрольованого матеріалу при відсутності дефекту резонує цілісна ділянка зразка. При цьому спостерігається один резонанс і осцилограма має форму спадної за амплітудою синусоїди (рис.5).
- при ударі ударника вимірювального пристрою по ділянці фанери з дефектом резонують різні ділянки зразка. При цьому з'являються додаткові резонанси в спектрі сигналу п'єзометричного датчика.
- таким чином, контролюючи кількість резонансів можна судити про характер розшарування і його місце розташування в композитному матеріалі.

#### Список використаних джерел

1. Исакович М.А. Общая акустика, - М.:Наука, 1973, -496 с.

2. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара, Ленинград, «Машиностроение», 1976, 320 с.

3. Зашук И.В. Электроника и акустические методы испытания строительных материалов, -М.:Высшая школа, 1967,-248 с.

**ДЕФЕКТОСКОПИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УДАРНО-АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА  
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

БАРАНОВА О.С.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Анализ механических напряжений при ударном методе контроля дефектов.

**Методика.** Основные параметры, которые контролируются при ударном методе контроля дефектов: резонансные частоты колебаний элементов дефекта, амплитуда и затухание волн.

**Результаты.** Результаты исследования подтверждают правильность предложенной модели композиционного материала, по которому влияет, что при дефекте (расслоении) нарушается целостность материала и в месте дефекта появляется два или больше элементов, которые имеют свои резонансные частоты и создают сложный спектр.

**Научная новизна.** Установлено, что в композитном материале можно определить место и характер расслоения путем контроля резонансов.

**Практичная значимость.** Получена экспериментальная зависимость характера резонансов от размера дефекта.

**Ключевые слова:** композиционные материалы, расслоение, резонансные частоты, контроль дефектов, ударный метод.

**DEFECTOCTOSCOPY OF COMPOSITE MATERIALS USING SHOCK-  
ACOUSTIC METHOD OF NONDESTRUCTIVE TESTING**

BARANOVA O.S.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Analysis of stress in shock method of monitoring defects.

**Methodology.** The main parameters, which are controlled by shock method of monitoring defects: resonant frequency elements of the defect, amplitude and damping of waves.

**Findings.** The research results confirm the correctness of the proposed model of the composite material, in which the influence that the defect (bundle) violated the integrity of the material and location of the defect appears two or more elements, which immersed their resonant frequencies and create complex spectrum.

**Originality.** It was found that the composite material can determine the location and character of bundle by counting resonances.

**Practical value.** It was received an experimental dependence of the character of resonances of size of the defect.

**Keywords:** composite materials, bundle, resonant frequency, control defects, shock method.

УДК 536.006.015

ХІМІЧЕВА Г.І. ЗЕНКІН М.А. СКАЛИГА Т. М  
Київський національний університет технологій та дизайну

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРИНЦИПІВ І ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

**Мета.** Аналіз принципів і підходів, які доцільно застосовувати для забезпечення якості і безпеки харчових виробів.

**Методика.** Методологічною основою досліджень є принципи і підходи НАССР, вимоги стандарту ДСТУ ISO 22000, процесний і системний підход, нормативні вимоги діючого законодавства.

**Результати.** Проаналізовані існуючі принципи і підходи до оцінки якості та безпеки харчової продукції і доведено, що найбільш перспективними є інструменти в основу яких покладено ДСТУ ISO 22000.

**Наукова новизна.** Обґрунтовані вимоги для програм-передумов, які дозволяють на провесно-орієнтовному підході визначати чинники, що впливають на якість і безпеку харчової продукції і враховувати принципи НАССР.

**Практична значимість.** Запропоновані практичні рекомендації для побудови програм-передумов, дотримання основних положень яких забезпечує випуск якісної і безпечної харчової продукції.

**Ключові слова:** Якість, безпека, харчова продукція, програма-передумова, вимоги ДСТУ ISO 22000, СОТ, ЄС.

**Вступ.** До законодавчих актів в сфері безпеки та якості харчових продуктів відноситься велика кількість підзаконних нормативних актів, якими встановлюються певні процедури контролю. Однак, на практиці відслідковується неузгодженість українського законодавства в сфері контролю та нагляду за харчовими продуктами з європейськими вимогами, що гальмує розвиток підприємств харчової промисловості, і в той же час не забезпечує прав споживачів на отримання якісної та безпечної продукції. Наприклад, норми Закону України «Про захист прав споживачів» не відповідають нормам профільного законодавства з питань стандартизації [1].

Особливого значення завдання приведення вітчизняної нормативної бази в частині визначення принципів і підходів до оцінки якості та безпеки харчової продукції до міжнародних норм стало актуальним у зв'язку із членством України в СОТ і входженням її до європейських економічних структур. З моменту набрання Україною повноправного членства в світовій організації торгівлі, країни - члени СОТ вимагатимуть від України дотримання основних положень угод СОТ і виконання досягнутих домовленостей.

Слід зазначити, що законодавство ЄС висуває жорсткі вимоги щодо показників безпеки і якості продукції, що значною мірою впливає на просування вітчизняних продуктів харчування на ринки ЄС. При цьому основною перешкодою для українського експорту до ЄС є невідповідність продукції стандартам якості, які прийняті в країнах ЄС. Так, перехід України від обов'язкової сертифікації до європейської (міжнародної) моделі оцінки відповідності має супроводжуватися скоординованою роботою щодо створення на законодавчому, нормативному та інфраструктурному рівні ефективної системи контролю за

якістю та безпекою харчової продукції. Проте, він гальмується повільною розробкою та впровадженням технічних регламентів. Разом із тим досвід інших країн, членів ЄС, свідчить про те, що для забезпечення безпеки продукції та захисту прав споживачів контроль якості продукції є обов'язковим. Одним із перспективних шляхів зменшення ризику випуску небезпечної продукції, як доводить міжнародний досвід, є самостійне декларування виробником відповідності продукції технічним вимогам. Однак для цього потрібно мати сучасну систему технічного регулювання, яка була б ідентична до європейських вимог.

В рамках ЄС, питання безпеки та якості харчових продуктів у ланцюгу «від поля до столу» регулюються близько 160 європейськими директивами. Для створення аналогічної системи Україні необхідно запровадити ці директиви в своє законодавство. Крім того, в країнах ЄС якість та безпечність харчової продукції контролюється самими виробниками та забезпечується підприємствами, які впроваджують системи якості, такі як ISO, НАССР та GMP. Тому дослідження, пов'язані з забезпеченням якості і безпечності вітчизняної харчової продукції за вимогами міжнародних принципів і підходів є актуальними.

**Постановка завдання.** Згідно із законодавством України, харчові продукти повинні відповідати мінімальним параметрам безпечності та специфікаціям якості, встановленим відповідними органами державного контролю. Одним з інструментів досягнення відповідності мінімальним параметрам безпечності є система НАССР. Загальна вимога обов'язкового запровадження системи НАССР виробниками харчових продуктів встановлена в Законі України «Про безпечність та якість харчових продуктів» [2]. Крім того, Євроінтеграційні наміри України є ще одним рушійним стимулом до запровадження вітчизняними підприємствами системи НАССР. Тому що, згідно з Регламентом ЄС №852/2004, НАССР є обов'язковою вимогою для європейських виробників харчових продуктів та експортерів з інших країн, в тому числі з України [3]. Таким чином, метою досліджень є аналіз принципів і підходів, які доцільно застосовувати для забезпечення якості і безпечності харчових виробів.

**Обговорення результатів.** Безпечність харчових продуктів розуміє під собою відсутність небезпечних чинників у харчових продуктах на момент споживання. Проте, такі чинники можуть виникнути на будь-якому етапі виготовлення продукції, тому підприємства повинні мати адекватне керування харчовим ланцюгом. Сучасним інструментом побудови і впровадження таких систем керування є стандарт ДСТУ ISO 22000: 2007, який встановлює вимоги до системи і гарантує безпечність усього харчового ланцюга до стадії кінцевого споживача [4]. Стандарт включає наступні елементи: взаємне інформування, системи керування, програми-передумови, принципи НАССР. Отже він поєднує в собі принципи системи і кроки її застосування. Тобто принципи НАССР з необхідним елементом програмами-передумови. При цьому аналіз небезпечних чинників, який проводиться за допомогою програм-передумов, є ключовою умовою результативного функціонування системи управління безпечністю харчових продуктів.

Виконання вимог даного стандарту дає можливість підприємству (організації):

1) планувати, запроваджувати, використовувати систему управління безпечністю харчових продуктів, які безпечні для споживача;

2) демонструвати відповідність застосовуваним законодавчим та нормативним вимогам;

3) визначити та оцінювати вимоги замовників і демонструвати відповідність взаємо узгодженим вимогам;

4) результативно інформувати про проблеми безпечності харчових продуктів своїх постачальників, замовників у межах харчового ланцюга;

5) прагнути сертифікації або реєстрації своєї системи управління безпечністю харчових продуктів зовнішньою організацією.

Такий підхід до виконання вимог стандарту дозволяє підприємству підтримувати на належному рівні показники безпеки харчової продукції і бути конкурентоспроможним на внутрішньому і зовнішньому ринку.

Слід зазначити, що одним із основних елементів системи управління безпечністю харчової продукції є програми-передумови системи НАССР – які являють собою процедури та діяльність, яку необхідно запровадити операторам ринку для підтримання гігієни у всьому харчовому ланцюгу, що прийнятні для виробництва та постачання безпечних харчових продуктів для споживання людиною, а також правила поведінки з харчовими продуктами. Програми-передумови є обов'язковими та призначені для контролю небезпечних факторів та ефективного функціонування систем управління безпекою харчової продукції і повинні бути розроблені, задокументовані і повністю впроваджені організаціями перед застосуванням процедур, заснованих на принципах НАССР [5]. Сфера застосування програм-передумов повинна охоплювати усі потенційні загрози безпечності продуктів та призначена для контролю небезпечних факторів.

Програми-передумови мають охоплювати такі процеси:

- належне планування виробничих, допоміжних та побутових приміщень;
- вимоги до стану приміщень, обладнання (проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування обладнання, калібрування приладів, тощо);
- вимоги до планування та стану комунікацій (вентиляції, водопроводів, електро- та газопостачання, освітлення, тощо);
- безпечність води, льоду, пари, допоміжних матеріалів для переробки (обробки) харчових продуктів, предметів та матеріалів, що контактують з харчовими продуктами;
- вимоги до чистоти поверхонь (процедури прибирання, миття і дезінфекції виробничих, допоміжних та побутових приміщень та інших поверхонь);
- вимоги до здоров'я та гігієни персоналу;
- контроль шкідників, визначення виду, запобігання їх появі, засоби профілактики та боротьби;
- зберігання та використання токсичних сполук та речовин;
- специфікації та контроль постачальників;
- зберігання та транспортування;
- контроль технологічних процесів;
- маркування харчових продуктів та поінформованість споживачів.

Проведені дослідження доводять, що для побудови програм-передумов доцільно враховувати наступні чинники.

Розміщення виробничих потужностей, допоміжних та побутових приміщень, технологічного обладнання, повинно бути відповідними до виду технологічних процесів, які

здійснюються на підприємстві для виготовлення певного виду харчової продукції. Такий підхід до побудови програми-передумови дозволяє:

- 1) зменшити ризик перехресного забруднення шляхом належного планування потоків руху сировини, напівфабрикатів та готової продукції;
- 2) розмістити виробничі потужності з урахуванням умов навколишнього середовища (стан ґрунту, повітря), які можуть мати негативний вплив на безпечність і якість харчових продуктів;
- 3) планувати приміщення згідно можливості проведення ремонтних робіт, прибирання, миття та дезінфекції.

Для виконання цієї програми-передумови організації (підприємства) повинні проводити аналіз плану облаштування території, приміщень, розміщення обладнання, персоналу, постачання допоміжних матеріалів для переробки харчових продуктів, предметів та матеріалів, що контактують з харчовими продуктами, у тому числі пакувальних, вивезення відходів та сміття, розташування комунікацій тощо.

Перехресному забрудненню слід запобігати за допомогою відповідних технічних або організаційних заходів, які передбачаються розробкою спеціальних програм-передумов.

Так, відповідно до технологічних процесів, асортименту харчових продуктів та оцінки ризику, організації повинні забезпечити належні умови виробничих та технологічних процесів для запобігання забрудненню продуктів. Ця програма-передумова повинна забезпечити:

- 1) облаштування виробних потужностей, таким чином, щоб максимально запобігти доступу та проникненню шкідників, перехресному забрудненню харчових продуктів, сприяти видаленню стічних вод;
- 2) зменшення утворення конденсату, росту плісняви, полегшення прибирання, миття та дезінфекції виробничих приміщень (стін, підлоги, стелі, дверей та вікон);
- 3) застосування обладнання повинне використовуватись за призначенням, згідно з специфікацією (наприклад, проведення повірки обладнання, приладів відповідно до вимог чинного законодавства);
- 4) здійснення планових та позапланових ремонтних робіт так, щоб унеможливити загрозу забруднення харчових продуктів;
- 5) оцінку можливості забруднення харчових продуктів через пакувальні матеріали.

Крім того, організації повинні забезпечити належні комунікації для проведення технологічних допоміжних процесів, які підтримувались б у відповідному стані. Ця програма-передумова повинна забезпечити наступне:

- 1) належне проектування та належний стан системи водопостачання та водовідведення, їх технічний огляд, ремонт, прибирання та дезінфекцію (відпрацьована вода повинна відводитись з дотриманням вимог гігієни);
- 2) належну вентиляцію приміщень, де здійснюється поводження з харчовими продуктами, а також допоміжних та побутових приміщень (система вентиляції має встановлюватися таким чином, щоб фільтри і інші компоненти, які потребують чищення, були легко доступні);
- 3) всі виробничі зони повинні належно освітлюватися (система освітлення не повинна бути загрозою забруднення харчового продукту);

4) оцінку ризиків для безпечності харчового продукту через неналежне електропостачання.

Вимоги щодо чистоти поверхонь, процедур прибирання виробничих, допоміжних, побутових приміщень та інших поверхонь повинні забезпечити наступне:

1) спосіб прибирання, миття і, якщо потрібно, дезінфекції визначається за такими факторами: природою харчового продукту; типом технологічних процесів, призначенням контактної поверхні, приміщення, території;

2) визначення засобів та інвентарю для прибирання (мийні та дезінфекційні засоби повинні бути ефективними для застосування у визначених специфічних умовах, але не повинні становити загрозу безпечності харчових продуктів за умови їх належного використання);

3) визначення частоти проведення того чи іншого виду прибирання, миття чи дезінфекції на основі оцінки ризиків;

4) кваліфікацію персоналу (працівники, які здійснюють прибирання, миття та дезінфекцію повинні мати відповідні знання та підготовку);

5) докази того, що всі процедури прибирання, миття та дезінфекції здійснюються з відповідною частотою і є ефективними;

6) у випадку невідповідності процесів прибирання, миття та дезінфекції повинні бути запроваджені ефективні коригувальні заходи.

Для виконання цієї програми-передумови організації повинні регулярно здійснювати верифікацію ефективності процесів прибирання, миття та дезінфекції, яка може проводитись візуально і за допомогою лабораторного моніторингу. За результатами проведення аналізу ефективності процесів прибирання, миття та дезінфекції та виявлених невідповідностей оператори ринку повинні запроваджувати відповідні запобіжні або корегувальні заходи.

Однією з важливих структурних складових для забезпечення якості і безпечності харчових продуктів є науково-обґрунтована програма-передумова виконання своїх функціональних обов'язків персоналом підприємства. Для цього організація повинна впровадити правила поведінки персоналу, відвідувачів та інших осіб, які можуть прямо чи опосередковано контактувати з відкритим харчовим продуктом, для запобігання його забруднення. Така програма-передумов повинна забезпечити наступне:

1) проведення медичних оглядів, відповідно до вимог законодавства (періодичність та сфера проведення медичних оглядів залежить від природи харчових продуктів, технологічних та допоміжних процесів та посадових обов'язків працівників);

2) наявність спецодягу та взуття, які не повинні бути причиною забруднення харчових продуктів;

3) допуск до роботи, що здійснюється з метою запобігання можливості забруднення харчових продуктів через неналежний стан здоров'я персоналу чи його невідповідний зовнішній вигляд;

4) правила поведінки персоналу на виробництві, що передбачають вимоги до входу і виходу з приміщень, переміщення у виробничих, допоміжних та побутових приміщеннях, носіння особистих предметів, прикрас, дії у випадку порізів чи пошкоджень, приймання їжі, миття рук, паління, відвідування туалетів, зберігання та використання особистого та спеціального одягу та взуття;

5) вимоги до відвідувачів та контрагентів, які відвідують та/або знаходяться на території підприємства, дотримання ними таких самих правил поведінки, що і для працівників.

Для збереження свого іміджу і стійкого розвитку організація повинна виконувати усі передбачені законодавством вимоги щодо розділення та утилізації відходів. Процедури такої програми-передумови повинні забезпечити наступне:

- 1) інформацію про місця збору відходів у зонах поводження з харчовими продуктами;
- 2) визначення графіків та способів вивезення відходів з приміщень, у яких здійснюється поводження з харчовими продуктами, з метою уникнення їх накопичення;
- 3) місця зберігання відходів за межами приміщень, де здійснюються операції з харчовими продуктами;
- 4) стан контейнерів, ємностей для відходів, їх маркування, чистка, миття та дезінфекції;
- 5) вивезення відходів з території потужності та їх утилізацію;
- 6) визначення видів шкідників, які характерні для певного оператора ринку;
- 7) заходи щодо запобігання проникнення шкідників на територію виробництва;
- 8) маркування та регулярну перевірку всіх засобів боротьби з шкідниками;
- 9) аналіз результатів контрольних заходів, визначивши тенденції і запровадження ефективних профілактичних та коригувальних заходів.

При виконанні цієї програми-передумови для уникнення перехресного забруднення необхідно уникати використання отруйних приманок у приміщеннях, де здійснюються операції з харчовими продуктами. Всі заходи контролю шкідників повинні, бути спрямованими на запобігання їх проникненню у приміщення, де проводяться технологічні чи допоміжні процеси.

Наступним кроком є впевненість організації в тому, що умови контролю параметрів технологічних процесів і виробничого середовища є прийнятними для виконання встановлених вимог до харчових продуктів, й мати докази того, що такі параметри відповідають встановленим нормам. Програма-передумов, яка застосовується у даному випадку повинна забезпечити наступне:

- 1) впровадження чітких процедур контролю непридатних (невідповідних) матеріалів;
- 2) процедури контролю повинні бути доступними та зрозумілими для осіб, що приймають рішення;
- 3) поводження та видалення усіх непридатних (невідповідних) харчових продуктів має здійснюватися відповідно до виду проблеми.

Для цього періодичність контролю параметрів технологічних процесів і виробничого середовища, лабораторний моніторинг повинні бути встановлені за результатами оцінки ризику, але не рідше, ніж це передбачено встановленими вимогами.

Слід зазначити, що оператори ринку повинні забезпечити належні умови зберігання готових харчових продуктів, не перероблених, або частково перероблених харчових продуктів, допоміжних матеріалів для переробки харчових продуктів, предметів та матеріалів, що контактують з харчовими продуктами та інших нехарчових продуктів. Ця програма-передумова повинна забезпечити наступне:

1) приміщення повинні бути достатніми за площею та обладнанням для забезпечення умов зберігання, а також дотримання принципу використання в першу чергу партій тих матеріалів, у яких швидше закінчується термін придатності;

2) належна ідентифікація харчових продуктів, допоміжних матеріалів для переробки харчових продуктів, предметів та матеріалів, що контактують з харчовими продуктами під час зберігання;

3) захист харчових продуктів, допоміжних матеріалів для переробки харчових продуктів, предметів та матеріалів, що контактують з харчовими продуктами від забруднення під час їх транспортування;

4) дотримання умов транспортування (зокрема режимів температури зберігання та вологості), у тому числі і за умови повного завантаження транспортного засобу;

5) ефективне розділення різних видів харчових продуктів, нехарчових продуктів під час транспортування, якщо існує можливість негативного впливу.

Крім того, оператори ринку зобов'язані забезпечити виконання статті 38 Закону України "Про безпечність та якість харчових продуктів" щодо вимог до маркування харчових продуктів. Для цього програма-передумова повинна забезпечити наступне:

1) належну ідентифікацію партій харчових продуктів та забезпечення простежуваності маркування партій не перероблених, частково перероблених або перероблених харчових продуктів відразу при їх пакуванні (фасуванні);

2) у випадку, коли продукти маркуються пізніше, то вони повинні мати визначений номер партії на час їх тимчасового зберігання;

3) термін зберігання (дата "Вжити до", кінцевий строк споживання та ін.) промаркованих харчових продуктів повинен вираховуватися від дати виготовлення.

Для цього потрібно запроваджувати процедури перевірки правильності маркування під час виробництва та зберігання харчових продуктів.

Таким чином, застосування програм – передумов дозволяє контролювати небезпечні фактори різного походження (біологічного, хімічного або фізичного), які впливають на безпечність продукції в процесі виробництва, шляхом створення спеціальних процедур в кожній критичній точці виробничої системи.

### **Висновки**

1. Проаналізовано законодавство в галузі оцінки якості і безпечності харчової продукції, що діє в Україні і країнах ЄС і визначені шляхи його удосконалення для експерту вітчизняної продукції на ринки країн-членів СОТ.

2. Проаналізовані і запропоновані принципи і підходи на яких повинні розроблюватись згідно ДСТУ ISO 22000 програми-передумови для забезпечення якості і безпечності харчової продукції в реальних умовах виробництва.

### **Список використаних джерел**

1. Закон України Про захист прав споживачів від 12.05.1991 № 1023-XII/  
<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/>
2. Регламент ЄС Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів»  
[/zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр)

3. Регламент ЄС № 854/2004 Европейского Парламента и Совета ЕС об установлении особых правил организации официального контроля над продукцией животного происхождения, предназначенной для потребления человеком в пищу (Страсбург, 29 апреля 2004 года)/ [http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994\\_a67](http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994_a67)

4. ДСТУ ISO 22000:2007 (ISO 22000:2005, IDT) Національний стандарт України. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРИНЦИПОВ И ПОДХОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

ХИМИЧЕВА А.И. ЗЕНКИН М.А. СКАЛИГА Т.Н.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Анализ принципов и подходов, которые целесообразно применять для обеспечения качества и безопасности пищевой продукции.

**Методика.** Методологической основой исследований являются принципы и подходы HACCP, требования стандарта ДСТУ ISO 22000, процессный и системный подход, нормативные требования действующего законодательства.

**Результаты.** Проанализированы существующие принципы и подходы оценки качества и безопасности пищевой продукции и доказано, что наиболее перспективными являются инструменты в основу которых положено ДСТУ ISO 22000.

**Научная новизна.** Обоснованы требования для программ-предпосылок, которые позволяют на процессно-системном подходе определять факторы, влияющие на качество и безопасность пищевой продукции с учетом принципов HACCP.

**Практическая значимость.** Предложенные практические рекомендации для построения программ-предпосылок, основные положения, которых обеспечивает выпуск качественной и безопасной пищевой продукции.

**Ключевые слова:** *качество, безопасность, пищевая продукция, программа-предпосылка, требования ДСТУ ISO 22000, ВТО, ЕС.*

## ANALYSIS OF CURRENT PRINCIPLES AND APPROACHES TO EVALUATION AND FOOD SAFETY

HIMICHEVA A. I., ZENKIN M. A., SKALYHA T.

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Goal.** An analysis of the principles and approaches that are useful for ensuring the quality and safety of food products.

**Methods.** The methodological basis of research are principles and approaches HACCP requirements DSTU ISO 22000, process and system approach, the regulatory requirements of current legislation.

**Results.** Analyzed the existing principles and approaches to assess the quality and safety of food products, and it is proved that the most promising tools which are based on State Standard ISO 22000.

**Scientific novelty.** Reasonable requirements for prerequisite programs, which allow to process-system approach to determine the factors affecting the quality and safety of food products, taking into account the principles of HACCP.

**Practical significance.** The proposed best practices for building programs, prerequisites, the basic provisions that ensure the production of quality and safe food products.

**Keywords:** *quality, safety, food production, the program-premise requirements of State Standard ISO 22000, the WTO, the EU.*

УДК 687.17:620.18

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

## ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ НА ДИТЯЧЕ ОРТОПЕДИЧНЕ ВЗУТТЯ

**Мета.** Провести порівняльний аналіз гігієнічних властивостей матеріалів для верху дитячого ортопедичного взуття.

**Методика.** Використано модифіковані стандартизовані методики для визначення здатності матеріалів вбирати та проводити крапельно-рідку вологу.

**Результати.** Проведено порівняльний аналіз вологопровідних властивостей трипльованих матеріалів для верху дитячого ортопедичного взуття.

**Наукова новизна.** Запропоновано використання «гігієнічного трикутника» для порівняльної оцінки вологопровідних властивостей трипльованих матеріалів для дитячого ортопедичного взуття.

**Практична значимість.** Визначено та рекомендовано для подальшого використання для верху дитячого ортопедичного взуття трипльований матеріал з найкращими гігієнічними властивостями.

**Ключові слова:** дитяче ортопедичне взуття, матеріал верху, вологопровідність.

**Вступ.** Відхилення опорно-рухового апарату людини від нормальної анатомічної будови і функціонування є одним із серйозних недугів населення, яке поширене і серед дітей різного віку. Вагомим фактором зменшення незручностей, які накладаються цим захворюванням, є раціональний вибір ортопедичного взуття. Відповідність ортопедичного взуття функціям, які покладаються на нього (підтримати звід стопи, розвантажити болісні ділянки, зробити кінцівку опорною, збільшити площу опори стопи) досягається обґрунтованим підходом до вибору конструкції виробу, включенням в структуру спеціальних, особливої форми і розмірів деталей та ін. Відомі фірми-виробники з цією метою в останні роки успішно використовують систему Tactilus® (Рис.1), за допомогою якої складається електронний інтерфейс стопи, виявляються проблемні зони і знаходяться конструктивні рішення для їх усунення [ 1 ].

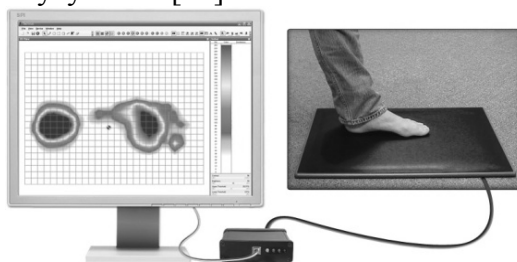


Рис. 1 Використання системи Tactilus® при проектуванні ортопедичного взуття

Ступінь відповідності такого виду взуття реальним потребам дитини залежить від комплексу чинників, а здатність їх задовольнити визначається оптимальним співвідношенням показників надійності і комфортності в експлуатації. Суттєвою відмінністю при виборі матеріалів для дитячого ортопедичного взуття є необхідність враховувати розлади організму, викликані хворобою, які виражаються у підвищеному потовиділенні. Як відомо, одним із основних параметрів, що характеризують ступінь

комфортного стану стопи людини при експлуатації взуття, є значення відносної вологості повітря у внутрішньовзуттєвому просторі. Тепловіддача шляхом випарування поту з поверхні стопи діє як механізм регулювання термостабільного стану, що є однією з основних умов хорошого самопочуття дитини. Відомо, що значна частина потовиділення проходить в області стопи. Саме тому при виборі матеріалів для внутрішніх деталей взуття вологообмінні властивості вважаються одними з найбільш вагомих [2].

**Постановка проблеми.** Підвищена вологість у внутрішньовзуттєвому просторі викликає відчуття дискомфорту. Причому, якщо повітря в цьому мікрокліматичному прошарку має температуру нижче, ніж поверхні шкіри, водяні пари конденсуються на внутрішній стороні матеріалу, утворюючи водяні краплі, викликаючи намокання, і людина відчуває неприємне почуття холоду. Якщо ж температура навколишнього повітря вище, ніж температура у мікрокліматичному прошарку, то його насичення парами води супроводжується підвищенням температури і веде до перегріву стопи.

Для виготовлення деталей верху в дитячому ортопедичному взутті рекомендовано використовувати природні матеріали – натуральні шкіри, дубльовані і трипльовані тканини з максимальним вмістом натуральних гідрофільних волокон. Такі матеріали характеризуються наявністю в структурі великої кількості мікропор з розвиненою питомою поверхнею. Вологоперенос в подібних системах може здійснюватися різними способами: дифузією в газовій фазі, переносом в адсорбційному шарі (поверхнева дифузія, плівкова течія), в'язкою течією сконденсованої вологи під дією градієнту капілярного тиску. Для створення комфортного внутрішньовзуттєвого мікроклімату (відносна вологість  $\phi=40-50\%$ , температура  $25^{\circ}\text{C}$ ) регулюючим фактором є здатність сукупності усіх шарів пакету деталей верху взуття відводити залишкову вологу із мікрокліматичного простору за рахунок вимушеної конвекції та вологопереносу. Вирішальним для цього процесу можна вважати перепад температур між зовнішнім і внутрішнім боками пакету, а також зміну відносної вологості при перенесенні вологи через обране число шарів пакету (Рис. 2).

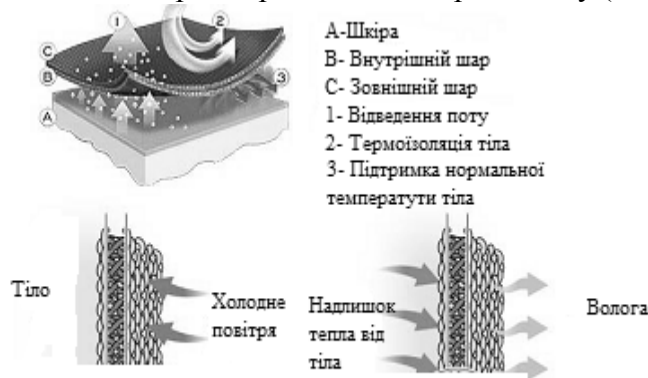


Рис. 2 Модель процесів тепло- та вологопереносу через трипльовані матеріали

Пошук раціональних способів своєчасного видалення водяної пари з внутрішньовзуттєвого простору можна вважати однією з основних проблем конфекціювання матеріалів для ортопедичного дитячого взуття.

Метою роботи є визначення та порівняльний аналіз вологопровідних властивостей трипльованих текстильних матеріалів для верху дитячого ортопедичного взуття.

**Результати досліджень.** В якості об'єктів дослідження було обрано три види трипльованих взуттєвих матеріалів, до складу який у кількості 20 - 30% входять натуральні (вовняні) волокна. Структурні характеристики досліджуваних матеріалів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Характеристики структури трипльованих матеріалів**

| № зразка | Назва матеріалу           | Переплетення                     | Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup> | Товщина, мм |
|----------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| 1        | Гамма арт 49450           | Сатин 4-х ремізний               | 1142                                 | 3,30        |
| 2        | Аленка арт 49984          | Сатин 4-х ремізний, неправильний | 1218                                 | 3,60        |
| 3        | Драп дубльований арт 4921 | напівторошарове                  | 1050                                 | 3,50        |

Для характеристики вологопровідних властивостей використовувалися показники водовбиральності  $P_v$  [%]; коефіцієнт водомісткості,  $B_e$  [г/м<sup>2</sup>]; капілярність,  $K$  [мм], які визначалися за стандартизованою методикою [3], але в якості рідини було використано «розчин поту» [4]. Гарантійна похибка коефіцієнта варіації складала 5 - 7%. Слід зазначити, що показник «капілярність» ( $K$ , мм) характеризує здатність ТМ вбирати воду поздовжніми капілярами, але при експлуатації матеріали верху взуття, як правило, знаходяться в горизонтальному положенні та під кутом відносно площині виділення води. Виходячи з цього, додатково була оцінена капілярність досліджуваних матеріалів при їх горизонтальному положенні. Оскільки саме швидкість та повнота вбирання рідини горизонтально розташованими порами визначає придатність виробу забезпечувати необхідні гігієнічні показники при експлуатації, для оцінки цього була використана розроблена на кафедрі матеріалознавства, товарознавства та експертизи текстильних матеріалів КНУТД методика [5], за якою визначається показник «площа розтікання води по поверхні матеріалу»  $S$  [мм<sup>2</sup>].

Як свідчать отримані експериментальні дані, наведені в таблиці 2, досліджувані трипльовані полотна мають достатньо високу здатність до поглинання пароподібної та крапельно-рідкої вологи із оточуючого середовища, що зумовлено сировинним вмістом матеріалів.

Таблиця 2

**Гігієнічні властивості трипльованих матеріалів для верху взуття**

| № зразка | Назва матеріалу           | Фактична вологість $W_f$ , % | Водовбиральність $P_v$ [%]; | Коефіцієнт водомісткості, $B_e$ [г/м <sup>2</sup> ]; | Капілярність, $K$ [мм] | Площа розтікання краплі, мм <sup>2</sup> | Площа трикутника, см <sup>2</sup> |
|----------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1        | Гамма арт 49450           | 9,5                          | 200                         | 172                                                  | 40                     | 95                                       | 305                               |
| 2        | Аленка арт 49984          | 10,0                         | 145                         | 126                                                  | 48                     | 240                                      | 358                               |
| 3        | Драп дубльований арт 4921 | 11,5                         | 183                         | 165                                                  | 52                     | 298                                      | 589                               |

Значення показника фактичної вологості відрізняються не дуже відчутно ( $W_f$  змінюється в межах від 9,5 до 11,5%). Найбільшу водовбиральність та водомісткість має матеріал «Гамма», а Драп дубльований відрізняється своєю здатністю добре вбирати та розподіляти вологу продольними та горизонтальними наскрізними порами (Таблиця 2). Відмінності в цих показниках в досліджуваних матеріалах, вочевидь, визначаються різницею їх об'ємних структур, і, відповідно, пористості. Для порівняльного аналізу нами була використана методика, запропонована авторами [6], яка дозволяє наочно (Рис.3) та за порівнянням величин площ «гігієнічних трикутників» обрати матеріал з оптимальними вологопровідними властивостями.

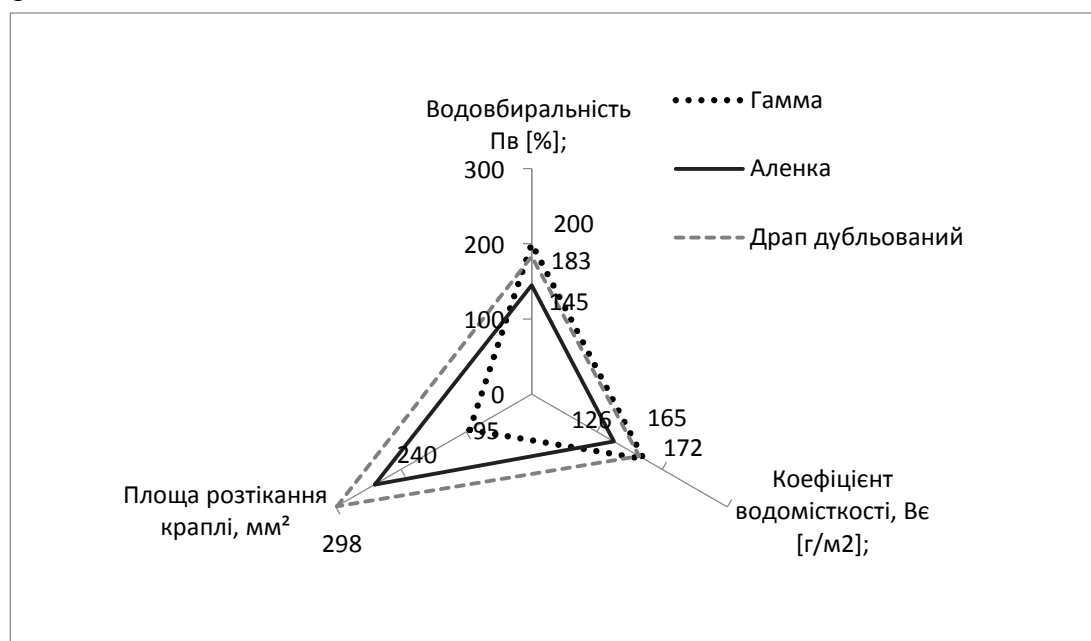


Рис. 3 Гігієнічні трикутники для досліджуваних трипльованих матеріалів

**Висновки.** Вибір матеріалів для виготовлення ортопедичного дитячого взуття проводився з урахуванням особливостей умов експлуатації. Визначено, що головною вимогою до матеріалів верху взуття є їх здатність відводити залишкову вологу із мікрокліматичного внутрішньовзуттєвого простору. На базі аналізу отриманих експериментальних даних визначено трипльований матеріал з найкращими гігієнічними властивостями, який рекомендовано для подальшого використання.

#### Список використаних джерел

1. <http://www.sensorprod.com/bodymapping.php>
2. Беднарчук М.С. Наукові основи формування асортименту і якості взуття спеціального призначення. Львів: Видавництво Львівської комерційної академії. -2015. -528 с.
3. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. ДСТУ ГОСТ 3816:2009 (ИСО 811–81), (ГОСТ 3816–81 IDT) [Чинний від 2009-12-01] – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 13 с.
4. Бузов Б. А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учеб. [для студ. высш. учеб. заведений] / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова; под ред. Б. А. Бузова. – [3-е изд.] – М.: Академия, 2008. – 448 с.

5. Н. П. Супрун, В. І. Власенко, С. І. Арабулі. Текстиль та багатофункціональні композиційні матеріали у виробках для інвалідів та важкохворих/– Київ: КНУТД, 2011. – 196 с.

6. Б.Я.Краснов, И.Д.Тумаркина, В.В.Абрамова, И.Д.Колобова. Гигиенические свойства подкладочных материалов для обуви.//КОП, - 1973. №7, стр. 25-28.

## ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДЕТСКОЙ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБУВИ

ПОНОМАРЕНКО Т.В., ЩУЦКАЯ А.В., СУПРУН Н.П.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Провести сравнительный анализ влагопроводных свойств материалов для верха детской ортопедической обуви.

**Методика.** Использованы модифицированные стандартизированные методики для определения способности материалов впитывать и проводить капельно-жидкую влагу.

**Результаты.** Проведен сравнительный анализ влагопроводных свойств триплированных материалов для верха детской ортопедической обуви.

**Научная новизна.** Предложено использование «гигиенического треугольника» для сравнительной оценки влагопроводных свойств триплированных материалов для детской ортопедической обуви.

**Практическая значимость.** Определен и рекомендован для дальнейшего использования для верха детской ортопедической обуви триплированный материал с лучшими гигиеническими свойствами.

**Ключевые слова:** детская ортопедическая обувь, материал верха, влагопроводимость

## FEATURES OF MATERIAL SELECTION FOR CHILDREN CONVALESCENT SHOES

PONOMARENKO T.V., SHCHUTSKA G.V., SUPRUN N.P.

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose.** To conduct a comparative analysis moisture conductivity properties for the upper part of children's convalescent shoes.

**Methodology.** Use modified standardized methods for determining the ability of materials to absorb and hold moisture drip-liquid.

**Findings.** Comparative analysis moisture conductivity properties three-ply materials for the upper part of children's convalescent shoes.

**Originality.** It is suggested the use of "hygiene triangle" for the comparative evaluation of hydraulic conductivity properties of three-ply materials for children's orthopedic shoes.

**Practical value.** Identified and recommended for use three-ply material with the best hygienic properties.

**Keywords:** baby convalescent shoes, material for upper part, moisture conductivity

УДК 687.016:687.1+616.7

КУШНІР О.В., БІЛОЦЬКА Л.Б.

Київський національний університет технологій та дизайну

## РОЗРОБКА ОДЯГУ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ (ЛОМ ОРА)

**Мета.** Розробка одягу для людей з обмеженими можливостями опорно-рухового апарату, що ведуть сидячий спосіб життя. Робота спрямована на забезпечення зручності його експлуатації.

**Методика.** Методи досліджень базувалися на методиках для визначення основних вимог споживачів та медичного персоналу до проектування одягу для ЛОМ ОРА з використанням аналітичних досліджень існуючого одягу та умов його експлуатації.

**Результати.** Розроблено концепцію розробки одягу для ЛОМ, в основу якої покладено задоволення особливих потреб споживачів.

**Наукова новизна.** Складено узагальнену структуру показників якості одягу для ЛОМ ОРА, яку можна використати як основу системи управління якістю цього асортименту одягу; визначено вагомість показників якості одягу для ЛОМ ОРА та розроблено модель штанів чоловічих для ЛОМ ОРА.

**Практична значимість.** Узагальнена структура ієрархічної системи групових показників якості одягу для ЛОМ ОРА є універсальною і може бути основою для розробки властивостей та показників якості одягу для ЛОМ та хворих, розроблена модель штанів чоловічих є рекомендованою для використання у побуті ЛОМ ОРА та у лікувальних закладах.

**Ключові слова:** одяг для людей з обмеженими можливостями опорно-рухового апарату, показники якості, потреби споживачів, вагомість показників, проектування одягу.

**Вступ.** Проблема розробки одягу для людей з обмеженими можливостями опорно-рухового апарату з метою підвищення зручності при експлуатації без сумніву, є актуальною і має важливе соціальне значення. Згідно даних Всесвітньої організації охорони здоров'я кожна десята людина в світі є інвалідом [1]. В Україні нараховувалось близько 3 млн. людей з обмеженими можливостями, і слід враховувати, що це дані визначені до загострення політичної ситуації в країні та до початку бойових дій на Сході, а отже, зараз реальна цифра цього показника, ймовірно, значно збільшилась, і актуальність даної теми зросла. Для ЛОМ, які ведуть сидячий спосіб життя, гострою проблемою постає питання функціонального одягу, який можна було б одягнути та зняти самостійно, та який би підтримував стан здоров'я та не провокував розвиток нових захворювань. Дослідження даної теми дозволять розробити концепцію проектування одягу для ЛОМ, в основу якої покладено задоволення особливих потреб споживачів та забезпечити таких людей одягом, який водночас буде ергономічним та естетичним.

**Постановка завдання.** Розробка одягу для людей з обмеженими можливостями опорно-рухового апарату (ЛОМ ОРА) повинна проводитися у тісній співпраці з потенційними споживачами та є неможливою без розробки системи управління якістю таких виробів, яка повинна базуватися на науково обґрунтованих методах оцінки якості продукції.

Об'єктом роботи є процес розробки одягу для ЛОМ опорно-рухового апарату. Предмет дослідження - штани чоловічі для людей з обмеженими можливості опорно-рухового апарату, які, зважаючи на захворювання, ведуть сидячий спосіб життя.

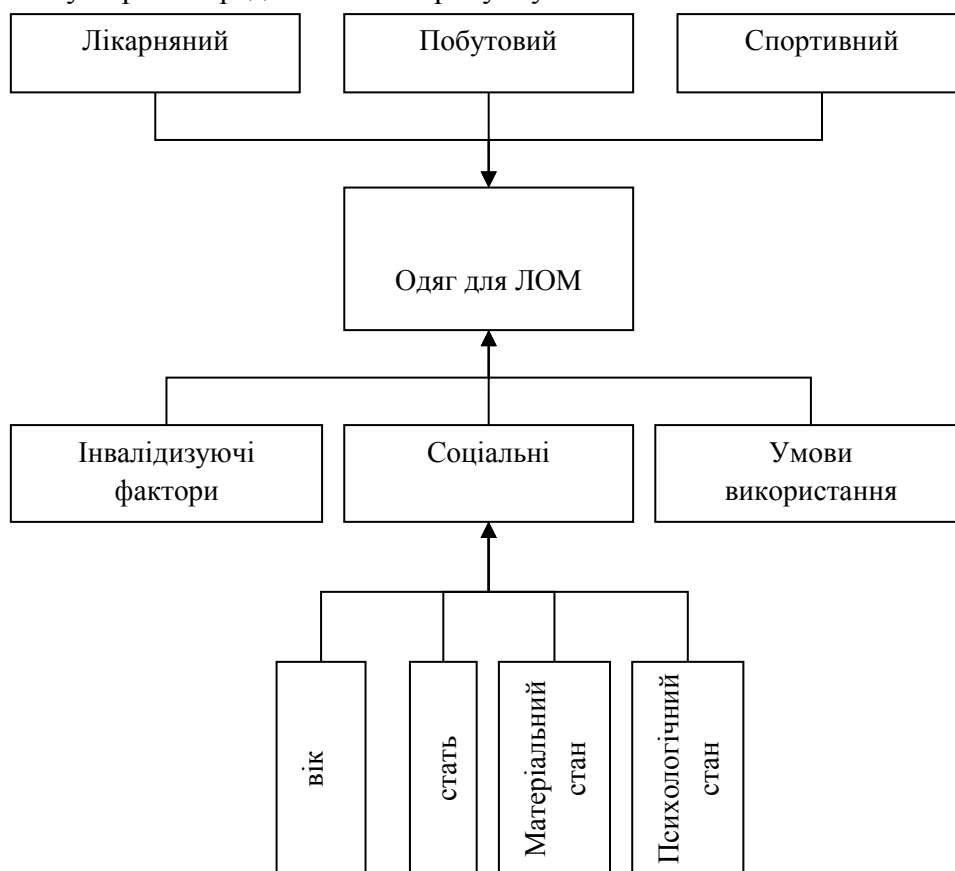
Для досягнення сформульованої мети необхідно розв'язати наступні задачі: розробити ієрархічну структуру показників якості одягу для ЛОМ ОРА; визначити вагомість показників якості; виконати підбір матеріалів, розробити модель та технологію виготовлення штанів чоловічих зазначеного призначення.

**Результати дослідження.** Проблеми забезпечення здоров'я людини останнім часом поширюються не лише на медичну галузь, а й на багато інших галузей народного господарства в тому числі й на текстильну та швейну промисловість.

Особливості протікання хвороби, методи лікування, умови реабілітації, спосіб життя хворого створює особливі вимоги щодо одягу. Так одяг для людей з обмеженими можливостями (ЛОМ) повинен допомагати людині долати больовий синдром, попереджаючи виникнення супутніх хронічних захворювань, прискорювати реабілітаційний період, забезпечувати комфорт психо-фізичного стану людини. Головними вимогами до такого одягу повинні бути зручність, комфорт, практичність, безпечність використання. Причому забезпечення вище наведеного повинно бути мало помітним для оточуючих [2].

Звичайно, найбільш значущим є стан здоров'я, причини його порушення, інвалідизуючі фактори, тобто причини обмежених можливостей людини. Ці фактори визначають спосіб життя хворого (лежачий, сидячий, життя у суцільній темряві, тощо), проблеми з якими стикається людина щодня. Окрім хвороби, що викликала інвалідизацію хворий зіштовхується з рядом захворювань, які виникають в результаті особливостей способу життя. Це обов'язково слід враховувати при розробці одягу, щоб одяг не провокував інтенсивний розвиток вже існуючих хвороб та не сприяв утворенню та розвитку нових.

Класифікацію одягу для ЛОМ та факторів, що впливають на проектування цього асортименту виробів представлено на рисунку 2.



Споживач, ЛОМ ОРА, має особливі потреби у матеріалі для одягу, особливого конструктивного рішення моделі та її технологічного виготовлення. Таким чином, при розробленні ефективної системи управління якістю одягу для ЛОМ, складання ієрархічної схеми показників якості здійснюється за трьома напрямками – показники якості конструкції, матеріалу та технології (рисунок 3).



Рис. 3 Фактори що визначають якість одягу для ЛОМ ОРА

В основу розробки ієрархії показників якості покладено ієрархію показників якості одягу розроблену Кобляковою Є.Б. Визначено споживчі та техніко-економічні показники якості трьох груп (конструкції, матеріалу, технології) та їх одиничні показники на нижніх рівнях ієрархії [3]. Ієрархічна структурна схема показників якості передбачає показники якості на чотирьох рівнях. На першому рівні показники поділяються на споживчі та техніко-економічні, відповідно у кожній групі, і далі на більш одиничні.

Розроблена структура показників якості одягу для ЛОМ ОРА може бути використана, як основа показників якості для ЛОМ та хворих. Визначення вагомості показників якості дозволить створити таку модель одягу для ЛОМ ОРА, яка задовольняла потреби, в першу чергу самих споживачів. Оцінка коефіцієнтів вагомості експертним методом припускає формування групи фахівців-експертів, підготовку опитування експертів, опитування експертів, обробку експертних оцінок.

У якості експертів для експертної оцінки показників якості було обрано три групи експертів – ЛОМ ОРА; фахівці медичної галузі та фахівці швейного виробництва. Чисельність кожної групи 8-10 експертів.

Для аналізу результатів експертного дослідження було використано ЕОМ, а саме програму „Експерт” розроблену проф. Савчук Н. Г. У таблиці 1 наведено коефіцієнти вагомості нульового рівня ієрархії.

Таблиця 1

Коефіцієнт вагомості нульового рівня ієрархії

| Найменування показників нульового рівня ієрархії | Коефіцієнт вагомості показників якості |        |                        |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------|--------|------------------------|
|                                                  | ЛОМ ОРА                                | Медики | Фахівці швейної галузі |
| ОК Конструкція                                   | 0,325                                  | 0,266  | 0,334                  |
| ОТ Технологія                                    | 0,245                                  | 0,334  | 0,266                  |
| ОМ Матеріал                                      | 0,430                                  | 0,400  | 0,400                  |

Як видно з таблиці 1 найбільш вагомими є показники матеріалу, друге місце – конструкція одягу, третє - технологія виготовлення, що однаково оцінили ЛОМ та спеціалісти швейного виробництва. Медики порядок вагомості цих показників визначили наступним – матеріал, технологія, конструкція. Слід зазначити, що при порівнянні

коефіцієнтів вагомості різних груп експертів більш достовірними слід вважати показники, що отримані при опитуванні ЛОМ ОРА, так як саме вони є потенційними споживачами, ведуть сидячий спосіб життя, а отже най достовірніше можуть оцінити власні вимоги щодо одягу. Аналогічно були визначені коефіцієнти вагомості всіх показників якості на всіх рівнях ієрархії. Як приклад, на рисунках 4-6 представлено результати визначення вагомості показників якості матеріалу, конструкції та технології.

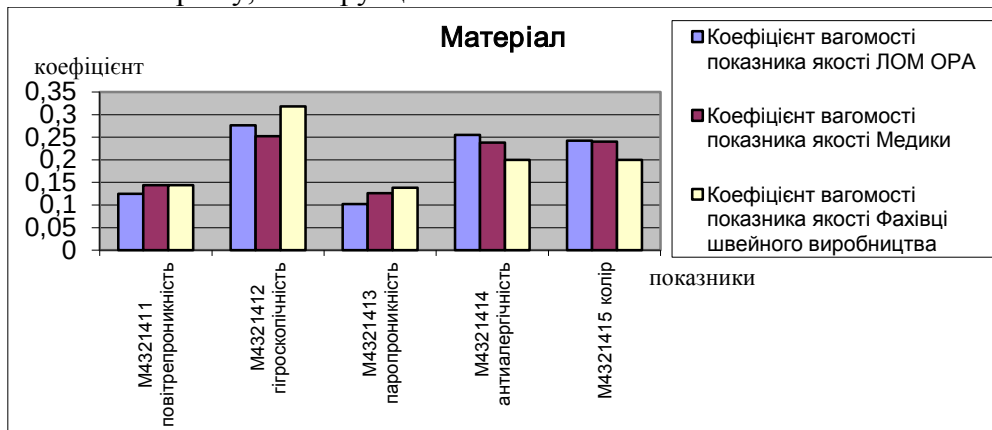


Рис. 4 Вагомість ергономічних показників матеріалу

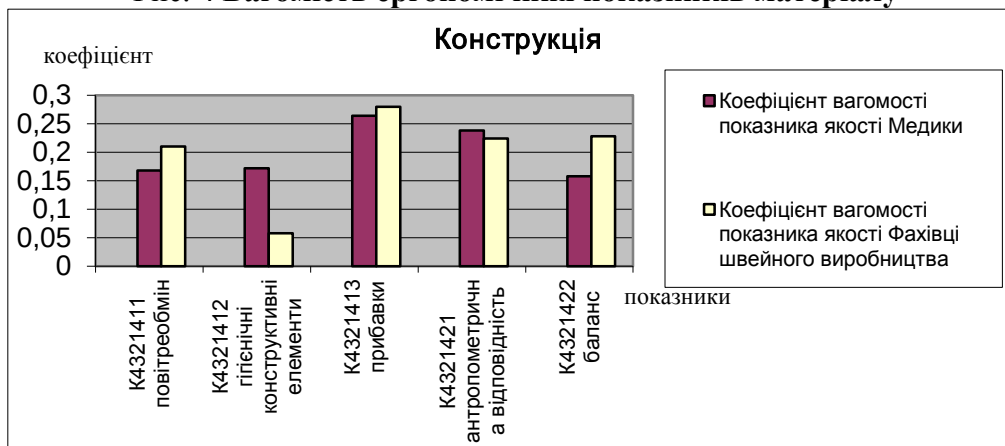


Рис. 5 Вагомість ергономічних показників конструкції

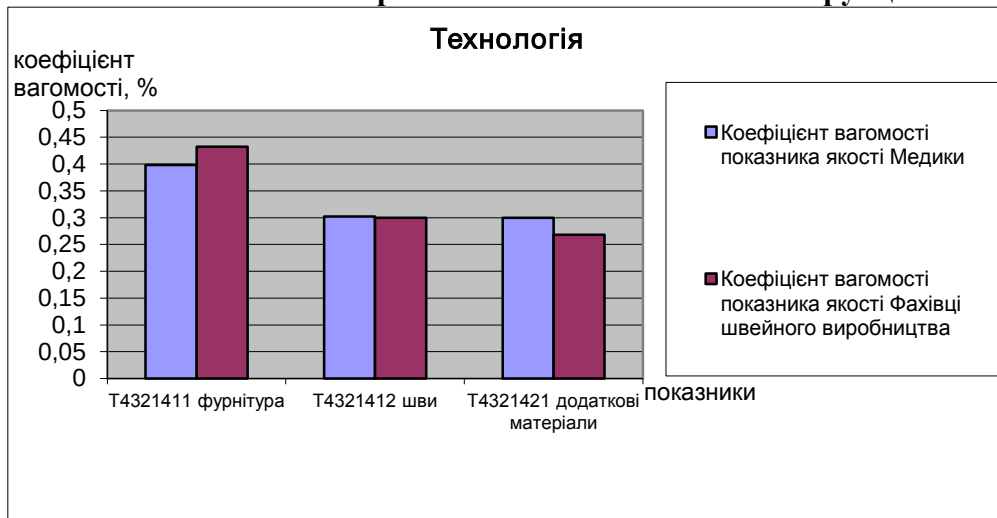


Рис. 6 Вагомість ергономічних показників технології

Згідно отриманих даних найбільш вагомими показниками, що забезпечують ергономічність є:  $M_{4321412}$  гігроскопічність,  $M_{4321414}$  антиалергічність,  $M_{4321415}$  колір матеріалу;  $K_{4321413}$  прибавки,  $K_{4321421}$  антропометрична відповідність та  $K_{4321422}$  баланс;  $T_{4321411}$  фурнітура,  $T_{4321412}$  шви і  $T_{4321421}$  додаткові матеріали.

Особливе фізичне положення людей з обмеженими можливостями опорно-рухового апарату ставить ряд вимог до матеріалу з якого виготовлений одяг. Матеріал одягу визначає його комфортність [4]. Враховуючи вимоги ЛОМ ОРА до одягу, та вагомі показники якості, вибір матеріалів здійснюється серед натуральних, які мають високі гігієнічні властивості. Вибір фурнітури та докладу потрібно здійснювати, враховуючи вагомі показники якості: зручність у користуванні споживачем та доцільність вибору того чи іншого з погляду технології.

Окрім конкретного призначення одяг для ЛОМ ОРА має конкретного споживача. Отже, формується габітус споживача, що дає характеристику споживача для конструктора.

Особливості сидячого способу життя визначають вимоги до формотворення. Коли людина знаходиться в сидячому положенні відбувається зміна певних розмірних ознак, таких як Дсп, Дтк, Вк, Дтз. Тобто можна вважати, що людина знаходиться в динаміці, але для ЛОМ ОРА сидяче динамічне положення є статичним. Експериментальним методом, шляхом обміру потенційних споживачів, встановлюється залежність зміни розмірних ознак (РО) у статичному та динамічному положеннях.

На рисунку 7 показано розмірні ознаки, які зазнають зміни. Для показання зміни довжини тіла в сидячому положенні ззаду введено нову розмірну ознаку Дтз – відстань від лінії талії до підлоги ззаду, яка вимірюється по тілу від рівня талії до низу, через виступаючі точки сідниць.

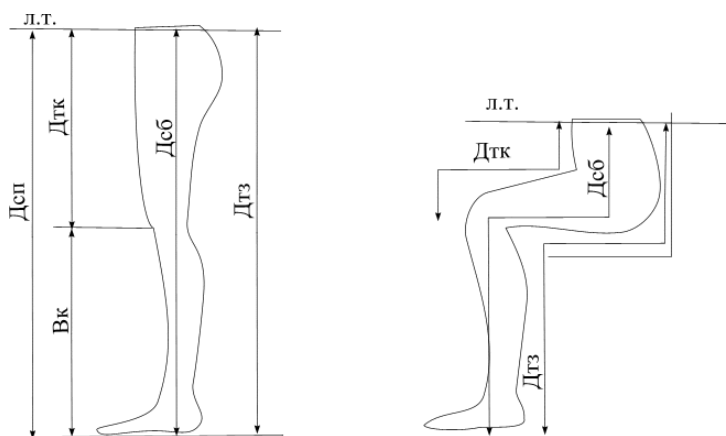


Рис.7 Зміна розмірних ознак в сидячому положенні людини

У таблиці 2 наведено величини на які змінюються РО в динамічному положенні у порівнянні з статичним. Зміни РО показують, що необхідно задати зміну в конструкції штанів в зоні коліна (надати опуклу форму), зоні сідниці, та відкоригувати положення лінії талії.

Таблиця 2

**Зміна розмірних ознак в сидячому положенні**

| Найменування розмірних ознак              | Позначення РО | Приріст РО, см |
|-------------------------------------------|---------------|----------------|
| Відстань від лінії підлоги спереду        | Дсп           | +3,00          |
| Відстань від лінії талії до коліна        | Дтк           | -4,00          |
| Висота колінної точки                     | Вк            | +1,00          |
| Відстань від лінії талії до підлоги ззаду | Дтз           | +12,00         |

**Примітка:** у таблиці 2 наведено середньо зважені прирости величин розмірних ознак, у порівнянні динамічних та статичних вимірів тіла людини. Знак „+” означає, що величина РО у динамічному положенні збільшилась, а „-”, що зменшилась.

Отже, підходячи до вирішення питання технології виготовлення штанів для ЛОМ ОРА необхідно враховувати їх спосіб життя та їх особисті побажання, так як цей одяг призначений саме для них, а не для будь-кого іншого. Так сидячий спосіб життя вимагає від споживача, щоб усе найнеобхідніше було під рукою, що відображається не лише на конструктивному рішенні моделі, а й на технологічному виконанні вузлів.

Спосіб життя визначає також і використання швів. Згідно вагомих показників якості рекомендовано використовувати для з'єднання деталей шов в замок, який характеризується міцністю та гігієнічністю, а також є естетично виразним.

#### **Висновки.**

1. Аналіз ситуації, що склалася з питання розробки одягу для хворих та людей з обмеженими можливостями дозволив розробити концепцію розробки одягу для ЛОМ, в основу якої покладено задоволення особливих потреб споживачів.

2. Розроблено структурну ієрархічну схему показників якості одягу для ЛОМ, яку може бути використано як основу системи управління якістю одягу для людей з обмеженими можливостями та хворих різного призначення.

3. Значення коефіцієнтів вагомості показників якості отримані в результаті проведення експертної оцінки серед трьох груп експертів – ЛОМ ОРА (потенційних споживачів, які найбільш достовірно розуміють вимоги сидячого способу життя щодо одягу), медиків (котрі можуть оцінити вагомість з лікувально-профілактичної точки зору) та спеціалістів швейної промисловості. Вагомими показниками якості одягу для ЛОМ ОРА є ергономічність, надійність та естетичність. Враховуючи ці показники слід розробляти одяг.

4. Експериментальним методом, шляхом обміру потенційних споживачів, встановлено залежність зміни РО у статичному та динамічному положеннях. Визначено зміни, які необхідно вносити у базову конструкцію штанів при розробці лекал для ЛОМ ОРА, які ведуть сидячий спосіб життя.

5. Виробництво одягу для ЛОМ ОРА повинно стати державною програмою по забезпеченню інвалідів одягом та підтримці їх соціального рівня.

#### **Список використаних джерел**

1. Новини медицини [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.mednovosti.ru>
2. Т. П. Тихонова, Е. В. Захватова, Л. В. Иванова. Одежда, как средство оздоровления человека / Швейная промышленность №3, 2006 г. С.31.
3. Коблякова Е. Б., Ивлева Г. С., Романов В. Е. и др. Конструирование одежды с элементами САПР: учеб для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 464с.
4. Супрун Н. П. Комфортність бар'єрного одягу та методи його оцінки. / Вісник КНУТД №6, 2005р. – С. 110.

## РАЗРАБОТКА ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.

КУШНИР О.В., БИЛОЦКАЯ Л.Б.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка специальной одежды для людей, ведущих сидячий образ жизни. Работа направлена на повышение удобства эксплуатации такой одежды.

**Методика.** Методы исследований базировались на методиках для определения основных требований потребителей и медицинского персонала к проектированию одежды для ЛОВ ОДА с использованием аналитических исследований существующей одежды и условий её эксплуатации.

**Результаты.** Разработано концепцию разработки одежды для ЛОВ, в основу которой положено удовлетворение особых потребностей потребителей.

**Научная новизна.** Составлено обобщенную структуру показателей качества одежды для ЛОВ ОДА, определено весомость показателей качества одежды для ЛОВ ОДА и разработано модель брюк мужских для ЛОВ ОДА.

**Практическая значимость.** Обобщенная структура иерархической системы групповых показателей качества одежды для ЛОВ ОДА является универсальной и может быть основой для разработки свойств и показателей качества одежды для ЛОВ и больных, разработана модель брюк мужских является рекомендованной для использования в быту ЛОВ ОДА и в лечебных учреждениях.

**Ключевые слова:** одежда для людей с ограниченными возможностями опорно-двигательного аппарата, показатели качества, потребности потребителей, значение показателей, проектирование одежды.

## THE DEVELOPMENT CLOTHES FOR PEOPLE WITH LIMITED POSSIBILITY SUPPORT MOVING SYSTEM.

O. KUSHNIR, L. BILOTSKA

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Aim.** Development of special clothing for people who lead a sedentary way of life. The research is aimed at increasing comfort when wearing the garment.

**Methods.** The study is based on the methods of meeting the basic requirements of consumers and the medical staff to the designed clothes for people with disabilities of the musculoskeletal system and analyzes of the existing apparel and conditions of its wearing.

**Results.** The concept of specific design of clothes for people with disabilities has been developed, taking into account the specific needs of the consumers.

**Scientific novelty.** The generalized structure of quality indicators of clothes for disabled people has been created; the design of men's trousers for people with diseases of the musculoskeletal system has been made.

**Practical topicality.** The generalized structure of hierarchical system of the grouped quality indicators for people with diseases of the musculoskeletal system is universally applicable and can become the basis for developing the quality indicators of clothes for disabled people, the worked out design of trousers is recommended for wearing by disabled people both in their daily graft and in medical institutions.

**Keywords.** clothes for people with disabilities of the musculoskeletal system, quality indicators, consumers' needs, the importance of indicators, clothes design.

УДК 677.025.62

ОМЕЛЬЧЕНКО В.Д.

Державне підприємство «Київський державний науково-дослідний інститут текстильно-галантерейної промисловості»

## ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДНИХ КОНФІГУРАЦІЙ ПОВЕРХОНЬ В'ЯЗАНИХ ВИРОБІВ

**Мета.** Розробка ефективних інженерних методів проектування розгортки складних конфігурацій поверхонь медичних і технічних в'язаних виробів.

**Методика.** Теоретичний метод математичного моделювання розгортки складних поверхонь.

**Результати.** Запропоновано інженерний метод проектування розгортки складних конфігурацій поверхонь медичних і технічних в'язаних виробів.

**Наукова новизна.** Запропоновано математичний алгоритм поетапного наближення розгортки складних поверхонь в'язаних виробів.

**Практична значимість.** Збільшення точності та економія часу інженерного проектування і виготовлення складних конфігурацій поверхонь в'язаних кулірних та основов'язаних виробів медичного та технічного призначення.

**Ключові слова:** розгортки поверхонь, методи проектування розгортки, трикотаж, математичні залежності, параболоїд.

**Вступ.** При проектуванні та виготовленні в'язаних текстильних виробів медичного та технічного призначення постає важливе питання забезпечення найбільш точного облягання матеріалом складних поверхонь, які математично описуються рівняннями другого і, навіть, інколи третього порядку. Причому, тотожність облягання таких складних поверхонь трикотажем, особливо в медичних виробках, повинна бути достатньо високою.

Наприклад, якщо не забезпечити потрібну конфігурацію штучного серцевого клапана або штучних трахеї чи гортані, то такий імплантат тільки погіршить (навіть до летального) стан здоров'я хворої людини. Також потрібно забезпечувати високу точність виготовлення в'язаних оболонок імплантатів, що використовуються в пластичній хірургії, особливо в лицьовій. Те ж саме можна сказати і про складні поверхні багатьох технічних виробів різних розмірів.

І, якщо технічні прийоми та методики розгортання на площині багатьох деталей різноманітного одягу людини мають кількостолітню історію, нараховують тисячі публікацій та мають солідне теоретичне математичне підґрунтя, що пояснюється типізацією фігур людини, то прийоми розгортання складних поверхонь медичних та технічних виробів потребують постійного індивідуального вирішення.

При цьому для в'язаних матеріалів практика вимагає дуже високої точності проектування цих розгортки.

**Постановка завдання.** Забезпечити процес проектування розгортки складних конфігурацій поверхонь в'язаних виробів математичною методикою наближення до площини.

**Результати дослідження.** Багаторічний досвід нашої роботи по розробці текстилю медичного та технічного призначення свідчить, що для виготовлення з трикотажу розгортки складних конфігурацій найдоцільніше для наближення цих поверхонь до площини застосовувати поверхні обертання другого порядку. Найчастіше застосовуються однополюсний та двополюсний гіперболоїди, конуси, еліптичний та гіперболічний параболоїди і параболоїд обертання. Найкраще розгортати такі поверхні на площину та проводити їх наближення до потрібної конфігурації у кілька етапів.

Наприклад, на першому етапі параболоїд обертання розподіляється на кілька частин, що являють собою зрізані конуси, твірні яких є січними до поверхні цих конусів. На другому етапі доцільно розгортати зрізані конуси рівнобедреними трапеціями, основу яких складають січні кола розгорток конусів. В принципі, в основі зрізаних конусів можуть бути еліпси та інші більш складні фігури.

Для розробки інженерних методів поетапного проектування розгорток цих складних поверхонь і максимального наближення їх до заданих конфігурацій потрібно визначити координати точок наближення та умови їх мінімального відхилення від потрібної поверхні.

Проведемо розрахунки на прикладі параболоїда обертання. Для інших вищезазначених фігур логіка математичних виводів формул для розрахунків буде аналогічною.

На рис. 1 представлений розглядаємий параболоїд, що описується рівнянням [1]:

$$Z = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \quad (1)$$

де  $a, b$  – півосі;

у випадку  $a=b$  будемо мати параболоїд обертання.

На рисунку 1 цифрами 1, 2, 3 означені зрізані конуси, на які ми спочатку поділимо параболоїд для створення подальших розгорток.

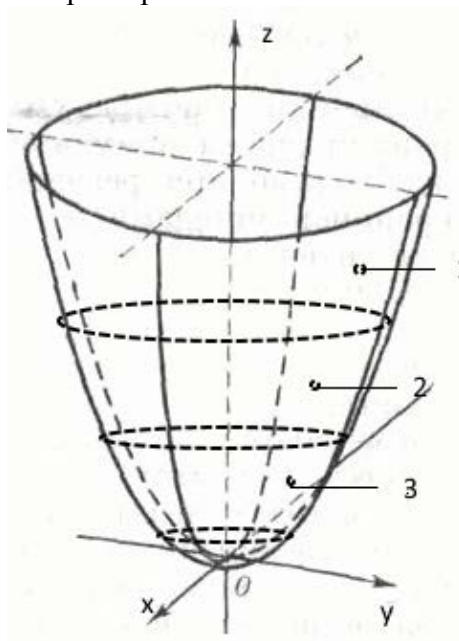


Рис. 1 Розподіл параболоїда обертання на зрізані конуси

Для оптимального наближення поверхні параболоїда на плоску поверхню, можна застосувати зрізані конуси, твірними яких будуть параболы. Розглянемо параболоїд, що описується рівнянням:

$$Z = \frac{x^2 + y^2}{2p} \quad (2)$$

де  $x, y$  – відстані від поточної точки параболоїда до його осі;

$p$  – параболітичний параметр.

Розмістимо у координатній системі  $ZOY$ , як показано на рис. 2, таку твірну параболу параболоїда, де  $Z$  – відстань від поточної точки параболоїда до його осі  $y$ . Запишемо рівняння цієї твірної параболы, як:

$$Z = \frac{y^2}{2p} \quad (3)$$

де  $p$  – параболітичний параметр.

Потрібно побудувати плоский відрізок  $MN$ , який мав би найкраще наближення до гілки параболи, яка є твірною параболоїда. Для цього потрібно виконання рівняння:

$$\sum_1^n B_3 + \sum_1^n B_4 = 0 \quad (4)$$

де  $\sum_1^n B_3$  – сума відхилень із зовнішньої сторони параболи між нею і точками на відрізку  $MN$ ;

$\sum_1^n B_4$  – сума відхилень із внутрішньої сторони параболи між нею і точками на відрізку  $MN$ ;

$n$  – кількість точок на відрізку.

Для прикладу розрахунку достатніх відхилень відрізка  $MN$  від параболи, розмістимо цю параболу в систему координат  $ZOY$ , як показано на рис. 2.

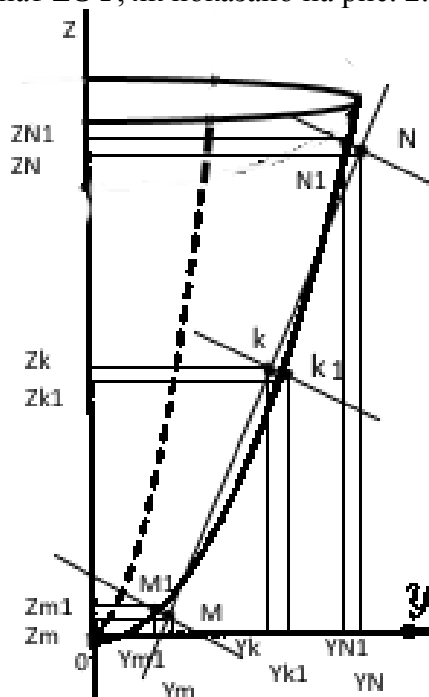


Рис. 2 Відхилення твірної параболи від прямого відрізка  $MN$

Побудова точок найбільшого наближення прямого відрізка до параболи, якщо довжина відрізка  $MN$  є заданою величиною, зводиться до визначення координат точок  $M(Y_M, Z_M)$  та  $N(Y_N, Z_N)$ . Найбільше відхилення прямого відрізка  $MN$  від параболи визначається відрізком нормалі до параболи і буде являти собою характеристику такого наближення. Параметричне рівняння відрізка  $KK_1$  нормалі до параболи у точці  $K_1$  записується як:

$$\left. \begin{aligned} y &= y_{k1}(1 + t) \\ Z &= Z_{k1} - pt \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де  $t$  – параметр рівняння;

$K_1$  – точка перетину нормалі з параболою.

Відрізок  $MN$  буде проходити через точку  $K(Y_K, Z_K)$ , якщо виконується умова  $t=t_k$ . При цій умові параметричне рівняння буде записане, як

$$\left. \begin{aligned} y_k &= y_{k1}(1 + t_k) \\ Z_k &= Z_{k1} - pt_k \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Потрібно знайти потрібні координати. Перетворивши (2) через рівняння (5) і (6) отримуємо:

$$y_k^2 = 2p(Z_k + pt_k)(1 + t_k)^2 \quad (7)$$

Рівняння (7) розв'язується відомими числовими методами відносно  $t_k$ , після чого переходимо до визначення величини відрізка  $KK_1$  на нормалі:

$$(KK_1)^2 = (y_{k1} - y_k)^2 \quad (8)$$

Після ряду математичних перетворень, які ми пропускаємо, в кінцевому вигляді будемо мати:

$$(KK_1)^2 = y_k^2 \frac{t_k^2}{(1-t_k)^2} + p^2 t_k^2 \quad (9)$$

З урахуванням формули (7) у кінцевому вигляді отримуємо:

$$(KK_1) = t_k \sqrt{p^2 + 2p(Z_k + pt_k)} \quad (10)$$

Приймаючи до уваги рівняння (3), для забезпечення найкращих умов наближення відрізка прямої до параболи визначаємо координати точок  $M(Y_M, Z_M)$  та  $N(Y_N, Z_N)$ .

Для цього запишемо систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} (MN)^2 &= (y_N - y_M)^2 + (Z_N - Z_M)^2 \\ Z_N &= Z_M + \sqrt{(MN)^2 - (y_N - y_M)^2} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Після цього ми можемо визначити відхилення точки, наприклад,  $N$  від параболи (точка  $N_1$ ) по нормалі. З урахуванням (7) і (10) це можна зробити за формулами:

$$\left. \begin{aligned} y_N^2 &= 2p(Z_N + pt_N)(1 + t_N)^2 \\ NN_1 &= t_N \sqrt{p^2 + 2p(Z_N - pt_N)} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Для інженерного визначення параметрів зрізаного конуса, твірною якого є відрізок  $MN$ , що дасть можливість розгорнути його на площину, досить розрахувати координати точок  $M$  і  $N$  по висоті ( $Z_M$  і  $Z_N$ ) та розрахувати значення периметрів зрізаного конуса у цих точках, наприклад:

$$\left. \begin{aligned} L_M &= 2\pi y_M \\ L_N &= 2\pi y_N \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Наближення зрізаного конуса краще всього робити трапеціями. Значення найбільших відхилень точок плоских трапецій від параболоїда можна розрахувати за вище наведеною методикою розрахунку відхилення відрізка прямої від твірної параболи параболоїда.

Для цього в інженерних цілях достатньо вирішити задачу знаходження відхилення визначеної точки  $j$  трапеції при перетині цієї трапецією поверхні параболоїда. Ця задача аналогічна визначенню довжини відрізка нормалі між точками  $KK_1$ . Опускаючи математичні викладки, це значення відхилення можна знайти за емпіричними формулами:

$$R = 1,42pt_j \sqrt{Z_j + p(0,5 + t_j)} \quad (14)$$

де  $R$  – найбільше відхилення точки  $j$  трапеції від поверхні параболоїда;

$t_j$  – параметр;

$Z_j$  – апліката перетину трапеції з параболоїдом в точці  $j$ .

$$Z_j = \frac{R^2}{2pt_j^4} - \frac{p}{2}(1 - 2t_j) \quad (15)$$

**Висновки.** В результаті реалізації розгортки параболоїдів та їх поетапного наближення до площини суттєво скорочується процес інженерного проектування та виготовлення складних конфігурацій поверхонь в'язаних кулірних та оснований'язаних виробів медичного та технічного призначення.

#### Список використаних джерел

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: «Наука». – 1964. – 608с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЯЗАНЫХ ИЗДЕЛИЙ

ОМЕЛЬЧЕНКО В.Д.

*Государственное предприятие «Киевский государственный научно-исследовательский институт текстильно-галантерейной промышленности»*

**Цель.** Разработка эффективных инженерных методов проектирования разверток сложных конфигураций поверхностей медицинских и технических вязаных изделий.

**Методика.** Теоретический метод математического моделирования разверток сложных поверхностей.

**Результаты.** Предложен инженерный метод проектирования разверток сложных конфигураций поверхностей медицинских и технических вязаных изделий.

**Научная новизна.** Предложен математический алгоритм поэтапного приближения разверток сложных поверхностей вязаных изделий.

**Практическая значимость.** Увеличение точности и экономия времени инженерного проектирования и изготовления сложных конфигураций поверхностей вязаных кулірних и основовязаных изделий медицинского и технического назначения.

**Ключевые слова:** *развертки поверхностей, методы проектирования разверток, трикотаж, математические зависимости, параболоид.*

## PLANNING OF THE COMPLICATED CONFIGURATIONS OF SURFACES OF KNITTED WARES

OMELCHENKO V.

*A state enterprise is the "Kyiv state research institute of textile-haberdashery industry"*

**Purpose.** Development of effective engineering methods of planning of involutes of the complicated configurations of surfaces of medical and technical knitted wares.

**Methodology.** Theoretical method of mathematical design of involutes of difficult surfaces.

**Findings.** The engineering method of planning of involutes of the complicated configurations of surfaces of medical and technical knitted wares is offered.

**Originality.** The mathematical algorithm of the stage-by-stage approaching of involutes of difficult surfaces of knitted wares is offered.

**Practical value.** Increase of exactness and economy of time of engineering design and making of the complicated configurations of surfaces of flat and warp wares of the medical and technical setting.

**Keywords:** *involutes of surfaces, methods of planning of involutes, knitted fabric, mathematical dependences, paraboloid.*

УДК 677.01

ЩУЦЬКА Г.В., СУПРУН Н.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

### ТРИВИМІРНА ДИСКРЕТНА МОДЕЛЬ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВОЛОГИ У ФРАКТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

**Мета.** Розробити дискретну розрахункову модель проходження рідини крізь текстильний матеріал на основі аналізу його структури, використання дискретного математичного програмування.

**Методика.** Використовувалась методика, що базується на заміні умовно безперервної моделі проходження рідини крізь матеріали дискретною, яка розглядає матеріал як систему пор і переходів між ними зі своїми характеристиками розповсюдження і гальмування рідини.

**Результати.** Отримано розрахункову модель, яка дозволяє прогнозувати час повного проходження рідини крізь текстильний матеріал та визначити геометрію змоченої зони з обох його сторін.

**Наукова новизна.** Вперше на основі дискретного моделювання розв'язана просторова задача з розповсюдження рідини в пористому матеріалі.

**Практична значимість.** Отримані результати дозволяють прогнозувати час та геометрію розтікання при проходженні рідини крізь матеріал, що надає змогу передбачати ступінь комфортності одягу, виготовленого з такого матеріалу.

**Ключові слова:** Пористі матеріали, проходження рідини, дискретна модель, дифузія

Масообмін між підодяговим простором і навколишнім середовищем через текстильний матеріал здійснюється завдяки наявності в ньому великого числа наскрізних пор. Для вивчення процесів масопереносу в таких системах, як правило, задаються тієї або іншою моделлю пористого середовища. Пориста матриця тканини і паро-рідинні компоненти вологого повітря, що заповнюють її, не є суцільним середовищем у розумінні безперервної зміни їх властивостей. Коректна заміна такої структури ефективними характеристиками квазісуцільного середовища, як відомо, являє собою складну задачу. Слід відзначити, що для описання різноманітних пористих середовищ у фізиці твердого тіла зараз широко використовується теорія фракталів, розроблена для систем, що виявляють проміжні властивості між властивостями ізольованих часток і твердих тіл [1, 2]. У рамках цієї теорії пористі тіла вважаються макроскопічними фрактальними структурами, малими елементами цих структур є фрактальні кластери. Фрактальний кластер - це система зв'язаних твердих часток, утворених при з'єднанні по визначеному закону, причому усередині даної системи частки зберігають свою індивідуальність. У такій системі між сусідніми частками, що торкаються одна іншої, існує жорсткий зв'язок, а самий об'єкт має пухку і розгалуджену структуру. Відмінною рисою фрактального кластера є повторення елемента структури, тобто, витримується принцип статистичної самоподоби, що виявляється в обмеженому інтервалі просторових масштабів. Зручність фрактального підходу полягає в тому, що при його застосуванні з'являється можливість описати без істотних спрощень об'єкти зі складною пористою структурою. При цьому характеристикою кожного пористого тіла є не його пористість, яка у великій мірі пов'язана із розміром пор, а фрактальна розмірність речовини, що відповідає розподілу пор по розмірах. Тому повний питомий розмір поглинаючої поверхні як функції розмірів молекул речовини, що поглинається, може бути представленим у виді співвідношення, яке відповідає фрактальній системі. Використання концепції фракталів є новим напрямком, який розвивається в рамках моделювання тривимірної

анізотропної структури текстильних матеріалів для прогнозування їх тепло-та волого провідності.

**Постановка завдання.** Для одержання просторового розподілення концентрації рідини у загальному випадку необхідно розв'язання рівняння дифузії, яке у тривимірному випадку набуває вигляду [3] 
$$\frac{\partial u}{\partial t} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ D_{ij}(u) \frac{\partial u}{\partial x_j} \right],$$
 де  $u$  - концентрація вологи в точці з

координатами ( $x_1=x$ ,  $x_2=y$ ,  $x_3=z$ ),  $D_{ij}(u)$  – коефіцієнт дифузії, що залежить від концентрації і напрямку розповсюдження рідини,  $t$  – час.

Враховуючи, що коефіцієнт дифузії залежить від концентрації рідини, робимо висновок про нелінійність рівняння, загальних методів розв'язання якого не існує.

Відомо, що текстильні матеріали мають яскраво виражену структуру, яка включає повздовжні і поперечні елементи. Експериментальні дані щодо проникнення вологи в таких системах досить широко опубліковані (наприклад, [4,5]). Напряму вони, на жаль, не можуть бути використані для моделювання, оскільки одержані континуальні моделі дуже складні, однак можуть бути основою для створення дискретних моделей. В наших попередніх публікаціях [6] зроблені спроби використати особливості розрахунків подібних структур для плоских структур. Подібні задачі можуть бути використані для аналізу процесів розтікання матеріалів по площині. На наш погляд, бажано було б розвинути подібні результати на просторові випадки.

**Мета роботи** – розробити дискретну розрахункову модель для тканин на основі аналізу їх структури і використання дискретного математичного програмування.

**Результати досліджень.** В ідеалізованому вигляді текстильні матеріали можна уявити, як систему пор і з'єднань між ними, однак подібна структура поки що не спрощує, а ускладнює створення моделі. Спробуємо представити подібну структуру для тканини, як систему ємкостей для зберігання рідини з системою елементів, що передають рідину між ними (Рис.1,а). Система може бути ізотропною або анізотропною. Дискретна комірка такої структури для розрахунків буде мати вигляд, представлений на рис.1,б.

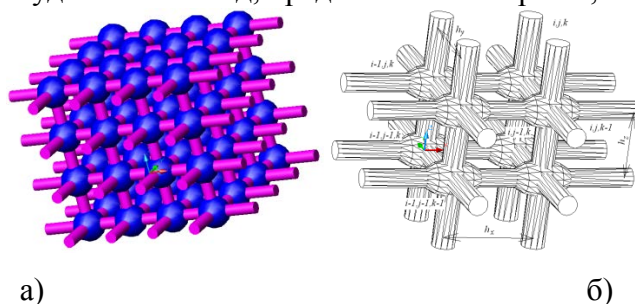


Рис.1 Упоряднена структура тканини (а) та її елементарна дискретна комірка

Елемент, що накопичує вологу, має номер  $i$  у напрямку осі  $x$ ,  $j$  – у напрямку осі  $y$ ,  $k$  – у напрямку осі  $z$ . До нього з трьох боків підходять елементи живлення, у свою чергу, цей елемент розподіляє рідину у трьох напрямках. Кількість вологи, що входить до елемента означимо індексом 0, кількість вологи, що виходить з елемента – індексом 1. Кожний елемент живлення має передаточну функцію, яка визначає різницю між концентрацією рідини на початку і кінці елемента. У загальному випадку ця функція залежить від координати і часу. Наприклад для елементів, розташованих вздовж осі  $x$  можна записати

$u_i^{x,0} = u_{i-1}^{x,1} \cdot f(x,t)$ . Прийнемо, що середній розмір комірок осями координат стабільний. Означимо його для трьох осей  $h_x$ ,  $h_y$ ,  $h_z$ . Тоді для трьох осей можна записати

$$\begin{cases} u_{i,j,k}^{x,0} = u_{i-1,j,k}^{x,1} \cdot f(h_x, t) \\ u_{i,j,k}^{y,0} = u_{i,j-1,k}^{y,1} \cdot f(h_y, t) \\ u_{i,j,k}^{z,0} = u_{i,j,k-1}^{z,1} \cdot f(h_z, t) \end{cases} \quad (1)$$

Особливістю процесу може бути зміна у часі значень на початковій ділянці елементу живлення. У цьому разі слід казати не про зміну повної концентрації, а про зміну концентрації у диференціалах, коли вважається, що запис, зроблений у формулі (1), залишається справедливим у припущеннях, знайдених за методами диференційного числення. У такому випадку для моменту часу  $\tau$  одержуємо

$$\begin{cases} du_{i,j,k}^{x,0,\tau} = du_{i-1,j,k}^{x,1,\tau-1} \cdot f(h_x, t) + u_{i-1,j,k}^{x,1,\tau-1} \cdot df(h_x, t) \\ du_{i,j,k}^{y,0,\tau} = du_{i,j-1,k}^{y,1,\tau-1} \cdot f(h_y, t) + u_{i,j-1,k}^{y,1,\tau-1} \cdot df(h_y, t) \\ du_{i,j,k}^{z,0,\tau} = du_{i,j,k-1}^{z,1,\tau-1} \cdot f(h_z, t) + u_{i,j,k-1}^{z,1,\tau-1} \cdot df(h_z, t) \end{cases} \quad (2)$$

Рідина, що прибула до вузла, накопичується, що математично означає суму окремих концентрацій

$$du_{i,j,k}^{\tau} = du_{i,j,k}^{x,0,\tau} + du_{i,j,k}^{y,0,\tau} + du_{i,j,k}^{z,0,\tau} \quad (3)$$

Після прибуття до вузла рідина роздається елементами відведення рідини, причому кількість рідини, що відводиться у кожний бік, визначається властивостями вузла. Відзначимо, що реальна структура матеріалу визначає властивості передачі рідини від одного напрямку кожному з трьох вихідних. Математично це можна записати як:

$$\begin{cases} du_{i,j,k}^{x,1,\tau} = k_{xx} \cdot du_{i,j,k}^{x,0,\tau} + k_{yx} \cdot du_{i,j,k}^{y,0,\tau} + k_{zx} \cdot du_{i,j,k}^{z,0,\tau} \\ du_{i,j,k}^{y,1,\tau} = k_{xy} \cdot du_{i,j,k}^{x,0,\tau} + k_{yy} \cdot du_{i,j,k}^{y,0,\tau} + k_{zy} \cdot du_{i,j,k}^{z,0,\tau} \\ du_{i,j,k}^{z,1,\tau} = k_{xz} \cdot du_{i,j,k}^{x,0,\tau} + k_{yz} \cdot du_{i,j,k}^{y,0,\tau} + k_{zz} \cdot du_{i,j,k}^{z,0,\tau} \end{cases} \quad (4)$$

Умова (3) вимагає виконання умов (5):

$$\begin{cases} k_{xx} + k_{xy} + k_{xz} = 1 \\ k_{yx} + k_{yy} + k_{yz} = 1 \\ k_{zx} + k_{zy} + k_{zz} = 1 \end{cases} \quad (5)$$

У випадку знаходження всіх проміжних припущень, концентрації рідини у різних напрямках можна визначати, як інтеграли:

$$u_{i,j,k} = \int_0^t du_{i,j,k}^{\tau} ; u_{i,j,k}^{x,0} = \int_0^t du_{i,j,k}^{x,0,\tau} ; u_{i,j,k}^{y,0} = \int_0^t du_{i,j,k}^{y,0,\tau} ; u_{i,j,k}^{z,0} = \int_0^t du_{i,j,k}^{z,0,\tau} \quad (6)$$

Наведений метод хоча і спрощує розв'язання диференційного рівняння дифузії, все одно залишається занадто важким для розв'язання, оскільки фактично замінює розв'язання одного рівняння в частинних похідних системою звичайних диференціальних рівнянь, кількість яких втричі більше.

Реальну розрахункову модель можна побудувати, якщо змінити безперервну систему кінцевими припущеннями:

$$\begin{cases} \Delta u_{i,j,k}^{x,0,\tau} = \Delta u_{i-1,j,k}^{x,1,\tau-1} \cdot f(h_x,t) + u_{i-1,j,k}^{x,1,\tau-1} \cdot \Delta f(h_x,t) \\ \Delta u_{i,j,k}^{y,0,\tau} = \Delta u_{i,j-1,k}^{y,1,\tau-1} \cdot f(h_y,t) + u_{i,j-1,k}^{y,1,\tau-1} \cdot \Delta f(h_y,t) \\ \Delta u_{i,j,k}^{z,0,\tau} = \Delta u_{i,j,k-1}^{z,1,\tau-1} \cdot f(h_z,t) + u_{i,j,k-1}^{z,1,\tau-1} \cdot \Delta f(h_z,t) \end{cases} \quad (7)$$

Реальна концентрація в певній точці (комірці) структури у такому випадку може бути записана, як

$$u_{i,j,k} = \sum_{\tau=0}^t du_{i,j,k}^{\tau}; u_{i,j,k}^{x,0} = \sum_{\tau=0}^t du_{i,j,k}^{x,0,\tau}; u_{i,j,k}^{y,0} = \sum_{\tau=0}^t du_{i,j,k}^{y,0,\tau}; u_{i,j,k}^{z,0} = \sum_{\tau=0}^t du_{i,j,k}^{z,0,\tau}. \quad (8)$$

Вказаний алгоритм був використаний для моделювання розтікання рідини в прямокутній структурі. У якості початкових значень по всіх комірках бралася нульова концентрація. Подача рідини здійснювалася постійно в комірку з номером 0,0,0. Результати моделювання розповсюдження рідини показано на рис. 2.

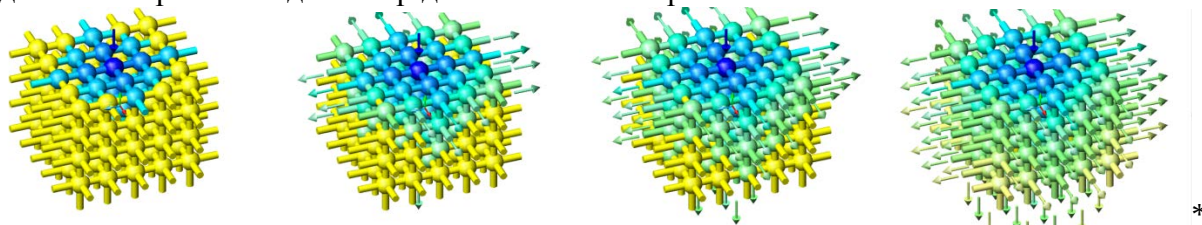


Рис. 2 Розповсюдження рідини в рамках дискретної моделі

Запропонований алгоритм дозволяє визначити концентрацію рідини в комірках, а також в елементах живлення. Аналіз структури поглинання дозволяє створити безперервну модель поглинання на основі використання регресійних моделей при моделюванні дискретної системи континуальною методом найменших квадратів (рис.3).

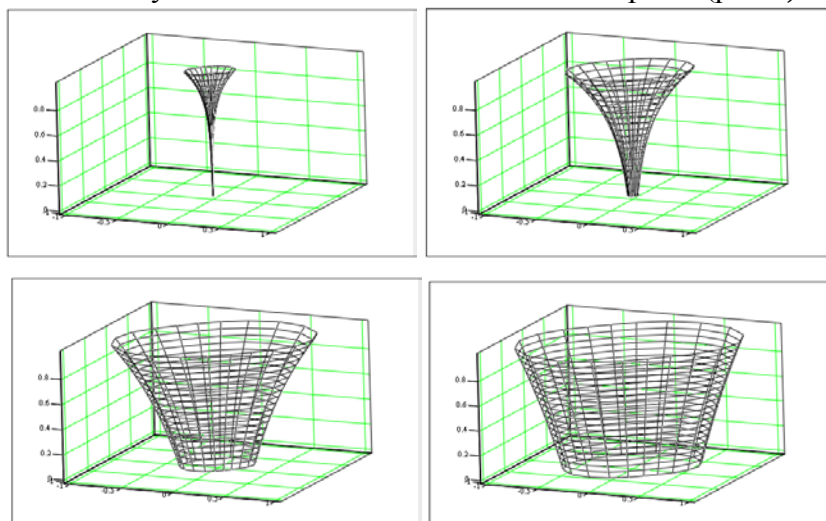


Рис.3 Просторова границя проходження рідини в різні моменти часу, отримана на основі дискретного моделювання

Регресійна тривимірна модель у цьому випадку може бути записана у вигляді

$$A_x \cdot x^2 + A_y \cdot y^2 = e^{-A_{1,z} \cdot \frac{z}{t}} \left( 1 - e^{-A_{2,z} \cdot t} \right). \quad (9)$$

де  $A_{1,z}$ ,  $A_x$ ,  $A_{2,z}$ ,  $A_y$  – коефіцієнти регресії для анізотропного матеріалу, визначені на основі дискретного моделювання.

Враховуючи близькість одержаних моделей до осесиметричного розподілення, подібну залежність зручно записати у полярних координатах:

$$r = \frac{A_x^2}{A_y \left( 1 + \cos \varphi \sqrt{1 - \left( \frac{A_y}{A_x} \right)^2} \right)} e^{-A_{1,z} \cdot \frac{z}{t}} \left( 1 - e^{-A_{2,z} \cdot t} \right) \quad (10)$$

Використання даних залежностей у випадку відомих значень коефіцієнтів анізотропії дозволить визначити динамічні характеристики проникнення рідини крізь текстильні матеріали.

**Висновки.** В роботі розроблена дискретна розрахункова модель матеріалів для легкої промисловості на основі аналізу їх структури, використання дискретного математичного програмування. Дана модель використовує дані елементарних складових матеріалу для прогнозування його суцільних властивостей. На основі моделі розроблений алгоритм розрахунку розповсюдження рідини в матеріалі, що може використовуватись для прогнозування комфортності матеріалів.

#### Список використаних джерел

1. Федер Е. Фрактали. - М.: Мир, 1991,- 254с.
2. Салтыков Ю.В., Корниенко В.Л. Применение теории фракталов для описания пористых электродов. Эффективные коэффициенты в модели цилиндрических пор//Электрохимия, - 1996, - т. 32, - с.1267-1269.
3. Горбис З.Р. Теплообмен и гидромеханика дисперсных сквозных потоков. М.: Энергия. – 1970. -424 с.
4. Yoneda M., Mizuno Y., Yoneda J. Measurment of water absorption perpendicular to fabric plane in two- and multi-layered fabric systems/ Yoneda M., Mizuno Y., Yoneda J. //Textile Res. J. – 1993. – №29(12). P. 940–949.
5. R.M. Sousa Fangueiro1, H.F.Cunha Soutinho. Moisture Management Performance of Multifunctional yarns based on Wool Fibers. //Advanced Materials Research. – 2010. V.123-125. - P. 1247-1250.
6. Щуцька Г.В., Супрун Н.П. Дискретна двовимірна модель розтікання вологи в текстильних матеріалах// Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія«Технічні науки». - 2015. N. 3(86). - с.107-114.

#### ТРЕХМЕРНАЯ ДИСКРЕТНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЛАГИ В ФРАКТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

ЩУЦКАЯ Г.В., СУПРУН Н.П.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Разработать дискретную расчетную модель прохождения жидкости через текстильный материал на основе анализа его структуры, использования дискретного математического программирования.

**Методика.** Использовалась методика, основанная на замене условно непрерывной модели прохождения жидкости через материалы дискретной, которая рассматривает материал как систему пор и переходов между ними со своим характеристикам распространения и торможения жидкости.

**Результаты.** Получена расчетная модель, позволяющая прогнозировать время полного прохождения жидкости через текстильный материал и определить геометрию смоченной зоны с обеих его сторон.

**Научная новизна.** Впервые на основе дискретного моделирования решена пространственная задача по распространению жидкости в пористом материале.

**Практическая значимость.** Полученные результаты позволяют прогнозировать время и геометрию растекания при прохождении жидкости через материал, дают возможность предсказать степень комфортности одежды, изготовленной из такого материала.

**Ключевые слова:** пористые материалы, прохождение жидкости, дискретная модель, диффузия

### THREEDIMENSIONAL DISCRETE MODEL OF MOISTURE DISTRIBUTION IN FRACTAL MATERIALS

SCHUTSKAY A. V., SUPRUN N. P.

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose** To develop a discrete model of moisture passing through the textile material by analyzing its structure, the use of discrete mathematical programming.

**Methods.** Was used the method based on replacing of conventionally continuous model of liquid passing through materials, by a discrete, which considers the material as a system of pores and passages between them with its own characteristics of spreading and braking of the moisture.

**Results.** Was estimated a calculated model that allows to predict the full passage of liquid through the textile material and determine the geometry of the wetted area on both its sides.

**Scientific innovation.** For the first time on the base of discrete simulations was solved the problem of the spatial distribution of liquid in a porous material.

**The practical significance.** The results allow to predict the time and geometry of spreading liquid when its passing through textile material, which enables to provide the comfortability of clothes, made of such material.

**Keywords:** porous materials, passing liquid, discrete model, diffusion

УДК 687.112: 687.01

ГАВАЛЮК У.М., АРТЕМЕНКО Т.П., БЕРЕЗНЕНКО С.М.  
Київський національний університет технологій і дизайну

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧОЛОВІЧИХ ПІДЖАКІВ З ЕЛЕМЕНТАМИ ПРОФІЛАКТИЧНО-ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**Мета.** Комплексні оцінювання первинних та набутих в'язко-пружних і антибактеріальних властивостей матеріалів костюмного призначення.

**Методика.** Використання пристроїв та методик для визначення в'язко-пружних властивостей матеріалів та динамічних характеристик пакетів.

**Результати.** Досліджено вихідні в'язко-пружні властивості матеріалів та пакетів на їх основі; визначено ділянки піджака для обробки додатковими антибактеріальними властивостями.

**Наукова новизна.** Проведено оцінювання в'язко-пружних властивостей матеріалів костюмного призначення, аргументовано вибір розташування зон піджака, що доцільно обробляти хімічними та натуральними (екстрактами рослин) наномодифікованими препаратами та обґрунтування їх впливу на функціональний стан органів і систем органів.

**Практична значимість.** Здійснена порівняльна характеристика первинних та додатково набутих за рахунок дублювання в'язко-пружних властивостей матеріалів костюмного асортименту, надано рекомендації щодо надання окремим ділянкам піджаків чоловічих додаткових профілактично-оздоровчих властивостей.

**Ключові слова:** в'язко-пружні, антибактеріальні властивості, функціональний стан.

**Вступ.** В сучасних умовах виробництва одягу, в тому числі чоловічого асортименту, важливими є питання забезпечення формостійкості і знешкодження патогенної складової зовнішнього та внутрішнього походження. Вирішення цих завдань являється особливо актуальним в зв'язку з широким використанням матеріалів в основному імпортного походження при обмежених інформаційних даних щодо властивостей, зокрема в'язкопружних. Осторонь від цієї проблеми постає також питання оцінки впливу складових виробів на функціональний стан органів і систем органів споживача. Враховуючи вищесказане, актуальною є задача комплексного вирішення питань, забезпечення належного рівня якості виробів і зменшення негативного впливу шкідливих факторів на організм людини.

**Постановка завдання.** Аналіз раніше виконаних досліджень в сфері надання формостійкості окремим елементам одягу [1,2] свідчить про необхідність упередженого підбору матеріалів в пакети, враховуючи первинні та набуті в процесі пакетування в'язкопружні властивості, які є також надзвичайно важливими при розробці проектно-конструкторської та технологічної документації. Це дозволяє спростити етап підбору матеріалів в пакети, визначити раціональні параметри дублювання, що в сукупності сприяє виготовленню високоякісної продукції. Другим, не менш важливим є пошук додаткових можливостей надання окремим зонам піджака антибактеріальних властивостей з оцінкою їх впливу на функціональний стан органів та систем органів [3] та враховуючи просторово-часову бактеріальну карту поверхні людського тіла [4] і реальні умови експлуатації виробів.

**Методи та засоби досліджень.** Оцінка в'язкопружних властивостей та жорсткості матеріалів та пакетів, дубльованих на напівавтоматичній установці ВТО-1, здійснювалась на приладах УДМ-1 (модуль пружності  $E_d$  та декремент затухання  $\delta$ ), ПТ-2 та ПВЖЗ. Раціональні параметри дублювання пакетів визначались в рамках планування експерименту Б2. Надання окремим локальним ділянкам деталей піджака додаткових антимікробних

властивостей виконувалось модифікованими рослинними препаратами, що містять срібло в наностані (звіробій - супернатант) та йодидом міді CuI методом розпилення, а оцінка їх впливу на бактерії *S. aureus* та *S. epidermidis* досліджувалась в ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л.В. Громашевського НАМН України». Ефективність впливу модифікованих матеріалів додатково досліджувалась на апаратно-програмного діагностичного комплексу для нелінійного аналізу стану здоров'я всіх систем організму людини (АПДК) «Intera-DiaCor» [5].

**Результати дослідження.** Предмети дослідження – костюмні вовняні тканини, надані вітчизняним підприємством «Концерн Михайл Воронін», та прокладкові клейові матеріали фірми Hänsel (Німеччина), котрі різняться між собою відсотковим відношенням сировинного складу, поверхневою густиною та переплетенням. Характеристика вихідних матеріалів надана в табл.1 та табл.2.

Таблиця 1

**Характеристика костюмних тканин підприємства «Концерн Михайл Воронін»**

|                                      |                    |                     |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Артикул                              | 6776-1             | 9573                |
| Сировинний склад, %                  | Вовна – 66, ПЕ -34 | Вовна – 70, ПЕ - 30 |
| Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup> | 198                | 210                 |
| Товщина, мм                          | 0,45               | 0,35                |
| Вид переплетення                     | саржеве            | саржеве             |

Таблиця 2

**Характеристика клейових матеріалів**

|                                      |                              |           |
|--------------------------------------|------------------------------|-----------|
| Умовне позначення                    | 9086/020                     | 8480/9BS8 |
| Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup> | 75                           | 80        |
| Сировинний склад, %                  | ПЕ - 100                     | ПЕ - 100  |
| Температура дублювання, °С           | 121-138                      | 121 -138  |
| Покриття, к/см <sup>2</sup>          | 52, ПА, подвійна мікрокрапка | 52, ПА    |
| Час дублювання, с                    | 10 - 16                      | 10 - 15   |

В'язко-пружні властивості вихідних матеріалів та сформованих пакетів на їх основі з двома видами дублеринів (табл.1) досліджувались з урахуванням напрямку розташування нитки основ, а саме: під кутом 0°, 90° та 45°. Такі дослідження дають повну уяву про структуру пакетів матеріалів та прогнозувати їх вплив на вже готовий виріб.

Таблиця 3

Результати досліджень в'язко-пружних властивостей матеріалів

| Артикул                                         | 6776-1  | 9573     | 6776-1+<br>9086/020 | 6776-1+<br>8480/9BS8 | 9573+<br>9086/020 | 9573+<br>8480/9BS8 |
|-------------------------------------------------|---------|----------|---------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| Модуль пружності $E\delta$ , МПа                | 21,36   | 50,37    | 17,46               | 18,46                | 49,07             | 40,71              |
| Декремент затухання $\delta$                    | 0,59    | 1,07     | 0,66                | 0,88                 | 1,06              | 1,28               |
| Показники жорсткості $EI$ , мкН×см <sup>2</sup> | 4847,39 | 11989,47 | 7790,91             | 6674,86              | 16621,17          | 15893,36           |

Наведені в табл. 3 дані свідчать про суттєві відмінності у вихідних і набутих при пакуванні показників в'язкопружності. За показниками модуля  $E\delta$  та жорсткості  $EI$  більш пружною і жорсткою є тканини арт.9573. При цьому для пакування перевагу слід надати прокладковому матеріалу арт. 8480/9BS8, який дещо зменшує, в порівнянні з вихідним матеріалом арт. 9573, значення модуля пружності і жорсткості. Цей висновок підтверджують отримані полярні діаграми показників (рисункі 1) пружності  $E\delta$  та декременту затухання  $\delta$  (повздовжньо виражене значення  $E\delta$  посилюється поперечною складовою).

В той самий час вирішується задача по наданні окремим ділянкам деталей та вузлів піджака додаткових властивостей наноконпонентами, що забезпечують захист організму людини від патогенної мікрофлори під час експлуатації. У відповідності до бактеріальної карти тіла людини, яка дає повну уяву про зосередження різновидів мікроорганізмів на поверхні шкіряного покриву [4], визначено локальні ділянки піджака, яким доцільно надавати антибактеріальні властивості.

Проведення в Інституті епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л.В. Громашевського НАМН України низки досліджень антибактеріальних властивостей зразків матеріалів модифікованих йодидом міді  $\text{CuI}$  та рослинними препаратами, що містили срібло в наностані, показали, що рослинний препарат звіробій – супернатант, ефективно впливає на *S.aureus* та *S.epidermidis*. Позитивні результати дають поштовх до продовження роботи у цьому напрямку, також виникає необхідність проведення досліджень для тканин різного походження.

Костюмна тканина арт. 9573      Пакет арт. 9573 + 9086/020

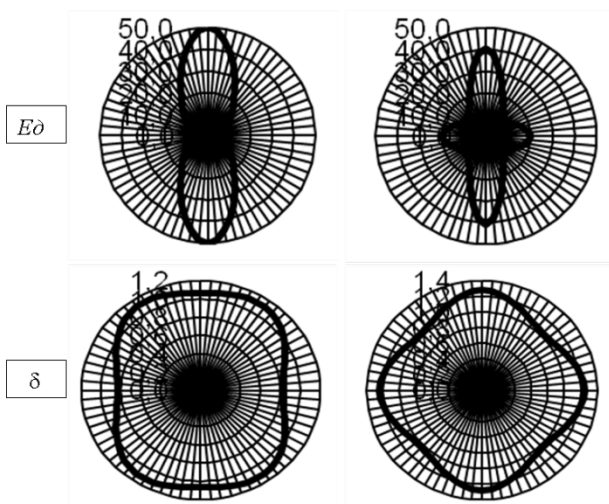


Рис. 1 Полярні діаграми показників модуля пружності ( $E\delta$ , МПа) та декременту затухання ( $\delta$ ) вихідної тканини та пакетів на її основі

Таблиця 4

**Показники антибактеріальних (S.epidermidis, S.aureus) властивостей модифікованих зразків матеріалів**

| Характеристика зразків |                        | Зона затримки росту тест-штаму, мм |                         |                         |
|------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| матеріал               | модифікатор            | S.epidermidis                      | S.aureus                |                         |
|                        |                        |                                    | Одиначний шар матеріалу | Подвійний шар матеріалу |
| Тканина                | звіробій - супернатант | 3,5                                | 3,0                     | 3,0                     |

Досліджено вплив клейового матеріалу з насиченням його розчином йодиду міді CuI на функціональний стан органів та систем організму споживача (табл. 5).

Таблиця 5

**Результати дослідження впливу матеріалів на функціональний стан організму людини**

| № досліджу | Характеристика умов дослідження      | Кількість органів та систем організму людини, що знаходяться у стані: |                          |                            |
|------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
|            |                                      | Енергетичної лабільності                                              | Енергетичної нестійкості | Енергетичної недостатності |
| 1          | Без впливу матеріалу                 | 55                                                                    | 6                        | 4                          |
| 2          | З впливом дублерину, обробленого CuI | 62                                                                    | 3                        | 0                          |

Наведені дані свідчать про покращення стану органів досліджуваної особи людини покращився: 4 органи з критичного стану (енергетичної недостатності) перейшли в зони енергетичної лабільності та нестійкості. Загалом кількість енергетично стійких (здорових) органів при дії матеріалу збільшилась на 7. Такий результат дає змогу розширити спектр використання тканин для нанесення біокомпонентів, та стимулює необхідність досліджень для вирішення глобальної проблеми сучасного суспільства збереження здоров'я людини та запобігання появи захворювань. В такому сенсі одяг виступає як профілактичний засіб.

**Висновки.** Проведені дослідження дозволили комплексно оцінити первинні та набуті властивості костюмних і прикладних матеріалів, визначити раціональні параметри дублювання. Вперше для костюмного асортименту запропонована технологія зональної антимікробної обробки деталей одягу препаратами рослинного походження і йодиду міді, які ефективно знешкоджують появу можливої при експлуатації піджаків патогенної мікрофлори і позитивно впливають на функціональний стан органів і систем органів людини.

**Список використаних джерел**

1. Березненко С.М. Оцінка в'язко-пружних властивостей моношарів пакетів одягу // Вісник ДАПЛУ – 2000. – №1. – С.71 – 76.
2. Яценко М. В., Березненко М.П., Шафранська Х. Оцінка в'язкопружних властивостей костюмних тканин та пакетів на їх основі // Вісник КНУТД 2011. – №5. – С. 102 – 125.
3. Садретдінова Н.В. Використання наукомістких технологій у створенні полі функціональної продукції оригінального походження / Садретдінова Н.В., Березненко М.П., Березненко С.М. // Легка промисловість 2013. – №2. – С. 36 – 37.
4. Topographical and Temporal Diversity of the Human Skin Microbiome [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sciencemag.org/content/324/5931/1190>

5. Обоснование критериев оценки функционального состояния организма в методике «DiaCor» по результатам экспериментов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.diacor.com.ua/ru/?page=year>

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЕ МУЖСКОГО ПИДЖАКА С ЭЛЕМЕНТАМИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИ-ОЗДРАВИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЕ**

ГАВАЛЮК У.М., АРТЕМЕНКО Т.П., БЕРЕЗНЕНКО С.Н.  
*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Комплексные оценки первичных и приобретенных вязко-упругих и антибактериальных свойств материалов костюмного назначения.

**Методики.** Использование устройств и методик для определения вязко-упругих свойств и динамических характеристик пакетов.

**Результаты.** Исследованы выходные вязко-упругие свойства материалов и пакетов на их основе; определены участки пиджака для обработки дополнительными антибактериальными свойствами.

**Научная новизна.** Проведена оценка вязко-упругих свойств материалов костюмного назначения, аргументирован выбор расположения зон пиджака, которые целесообразно обрабатывать химическими и натуральными (экстрактами растений) наномодифицированными препаратами и обоснование их влияния на функциональное состояние органов и систем органов.

**Практическая значимость.** Осуществлена сравнительная характеристика первичных и дополнительно приобретенных за счет дублирования вязко-упругих свойств костюмного ассортимента, даны рекомендации о предоставлении отдельным участкам пиджаков мужских дополнительных профилактически-оздоровительных свойств.

**Ключевые слова:** *вязко-упругие, антибактериальные свойства, функциональное состояние.*

## **IMPROVED MANUFACTURING TECHNOLOGY MALE COAT WITH ELEMENTS OF PREVENTION AND HEALTH IMPROVEMENT**

HAVALIUK U.M., ARTEMENKO T.P., BEREZHENKO S.M.  
*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose.** Comprehensive evaluation of primary and acquired visco-elastic and antibacterial properties of materials for men's suits assortment.

**Methods.** The use of devices and methods for determining binding elastic properties and dynamic characteristics of packages.

**Results.** Investigated weekend viscous elastic properties of materials and packages on them; jacket defined areas for processing additional antibacterial properties.

**Scientific novelty.** The estimation of viscous elastic properties of materials costume purpose, reasoned choice of location zones coat that it is advisable to handle chemical and natural (plant extracts) nanomodified drugs and study their impact on the functional state of organs and organ systems.

**The practical significance.** The comparative characteristics of primary and additionally acquired by duplication viscous elastic properties of materials for suits assortment, providing recommendations for the individual zones of the men's coats additional preventive-health properties.

**Keywords:** *viscous elastic properties, antibacterial properties, functional state.*

УДК 677.017.8:330.101

ГАЛИК І.С., СЕМАК Б.Б., СЕМАК Б.Д.  
Львівська комерційна академія

## ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ АСОРТИМЕНТУ ТА ОЦІНЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОВАРІВ НА РИНКУ ЕЛІТНОГО ТЕКСТИЛЮ В УКРАЇНІ

**Мета.** Пошук шляхів розширення асортименту і підвищення якості елітного текстилю в Україні, обґрунтування вимог до його асортименту, рівня елітності та конкурентоспроможності.

**Методи дослідження.** Використано загальновідомі методи теоретично-аналітичного, економічного аналізу.

**Результати.** На основі аналізу маркетингової інформації висвітлено сучасний асортимент елітних текстильних матеріалів і виробів окремих виробників, розглянуто і обґрунтовано товарознавчі аспекти формування асортименту та якості елітних текстильних матеріалів і виробів.

**Наукова новизна.** Досліджено проблеми формування асортименту і якості елітного текстилю, запропонована класифікація цього текстилю і сформульовані вимоги до нього.

**Ключові слова:** елітний текстиль, асортимент, властивості, градації елітності, брендовий одяг, конкурентоспроможність, ринок.

**Вступ.** Як свідчить аналіз рекламних проспектів та каталогів багатьох вітчизняних і зарубіжних підприємств текстильної, швейної, трикотажної та інших галузей легкої промисловості, в останні роки у світі чітко намітилась тенденція розширення асортименту та збільшення обсягів виробництва елітного текстилю різного цільового призначення, способів виробництва, волокнистого складу, оброблення та оздоблення. Це переважно чоловічі, жіночі та дитячі швейні та трикотажні верхні вироби, а також ткані поштучні білизняні вироби (скатертини, серветки, простирадла, рушники).

Створення широкого асортименту елітного текстилю в свою чергу обумовило формування окремих спеціалізованих ринків, які вже успішно функціонують у багатьох зарубіжних країнах. На часі створення такого ринку в Україні.

**Постановка проблеми.** Розглядаючи елітний текстиль як новий товар на ринку, першочергового вивчення, узагальнення, обґрунтування та висвітлення в періодичних, монографічних і навчальних виданнях, на нашу думку, вимагають:

- визначення, сучасна трактовка та стандартизація самого поняття "елітний текстиль";
- сучасна трактовка поняття "бренд" і розкриття його ролі у формуванні асортименту та властивостей елітного текстилю;
- градація рівнів елітності конкретних видів елітного текстилю і узгодження з їх цінами;
- створення науково-обґрунтованої системи класифікації видового асортименту елітного текстилю та її стандартизація;
- вибір, обґрунтування та стандартизація критеріїв оцінки рівня елітності, конкурентоспроможності та якості конкретних груп і видів елітного текстилю;
- обґрунтування норм для градацій елітності конкретних видів елітного текстилю та методів їх оцінки;
- створення серії нових вітчизняних стандартів, які регламентують вимоги до термінів, асортименту, властивостей, рівня елітності, рівня якості окремих груп і видів елітного текстилю, їх узгодження з вимогами існуючої нормативної документації на ці товари;
- узгодження вимог вітчизняних стандартів на елітний текстиль із вимогами зарубіжних стандартів аналогічного призначення;

- обґрунтування вимог до екологічної стандартизації, сертифікації, аудиту та експертизи конкретних груп і видів елітного текстилю;
- обґрунтування економічної доцільності формування і розвитку окремого сегменту елітного текстилю на ринку текстилю в Україні;
- розроблення концептуальних підходів до формування та розвитку вітчизняного ринку елітного текстилю;
- виявлення та обґрунтування пріоритетних напрямів розвитку вітчизняного ринку елітного текстилю;
- розроблення та тестування маркетингової концепції для елітного текстилю як нового товару на ринку.

Цілком зрозуміло, що успішне вирішення піднятих питань вимагає спільних скоординованих зусиль фахівців різного профілю – технологів, дизайнерів, матеріалознавців, товаровознавців, маркетингологів, стандартизаторів та інших. В даній роботі ми обмежимося розглядом і постановкою тільки деяких товаровознавчих, матеріалознавчих і маркетингових аспектів цієї багатогранної проблеми, акцентуючи при цьому основну увагу на пошуку ефективних шляхів їх вирішення [1,2,3,4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема формування оптимальної структури асортименту, рівня якості та конкурентоспроможності елітного текстилю складна та багатогранна. Інформація про асортимент, властивості, сфери застосування і ціни основних видів елітного текстилю міститься в наступних джерелах:

- періодичних виданнях компаній і фірм-виробників окремих видів елітного текстилю;
  - рекламних проспектах вітчизняних і зарубіжних підприємств, які займаються виробництвом і збутом елітного текстилю;
  - окремих каталогах і рекламних проспектах спеціалізованих магазинів, супермаркетів, Інтернет-магазинів і інших, які займаються реалізацією елітного текстилю.
- Найчастіше ця інформація міститься в таких виданнях про елітний текстиль.

- Текстиль для дому;
- Брендний одяг;
- Елітний текстиль для дому;
- Зроблено в Україні;
- Студія елітного текстилю;
- Ellite Home.

Як свідчить аналіз інформації про асортимент і властивості елітного текстилю, яка міститься в названих виданнях, ця інформація носить тільки рекламний характер виробників цих товарів і є неповною і недостатньою, на наш погляд, для об'єктивної товаровознавчої характеристики цих товарів. В цих виданнях практично відсутня:

- порівняльна характеристика елітного текстилю аналогічного призначення, але різних способів виробництва (тканого, нетканого, трикотажного);
- не показано переваги і недоліки аналогічних елітних виробів різного волокнистого складу (наприклад, лляної та бавовняної постільної чи столової білизни);
- не розкрита роль оброблення та оздоблення у формуванні рівня елітності та екологічної безпечності окремих видів елітного текстилю.

**Мета роботи.** На основі аналізу наявної маркетингової інформації виробників елітного текстилю та літературних джерел обґрунтувати вимоги до його асортименту, якості, рівня елітності та конкурентоспроможності, а також доцільність формування та розвитку окремого сегменту вітчизняного ринку в рамках текстильних виробів.

**Викладення основного матеріалу та його авторська трактовка.** Характерною ознакою любого виду елітного текстилю, як і іншого елітного товару, як відомо, є наявність в його маркуванні відповідного бренду. Тому доцільно конкретизувати роль бренду у формуванні асортименту та властивостей елітного текстилю.

Як відомо, термін "бренд" походить від латинського "brand", що означає "клеймо", яке

в давнину ставили на тваринах, щоб відрізнити їх між собою. Однак, нині поняття "бренд" використовується більш широко як знак, логотип, символ, торгова марка, дизайнерське рішення і т.д. для позначення різноманітних видів товарів, включаючи і їх елітні види. Часто бренд використовується як засіб ідентифікації товару на ринку. Наприклад, брендовий одяг – це одяг, який створений певною виробничою фірмою чи будинком моди, який на ринку відрізняється від аналогічного за призначенням виду одягу за певними ознаками (рисами) – оригінальністю матеріалу верху, престижністю і унікальністю фасону, особливостями фурнітури та оздоблення.

Однак, на думку деяких авторів [1], бренд не слід утотожнювати з поняттям торгова чи товарна марка товару, оскільки торгова марка (товарна марка) – це поняття юридичні (офіційні), які використовуються для ідентифікації конкретного виду товару. Бренд – це більш вузьке поняття, яке дозволяє покупцю за певними ознаками відрізнити один товар від іншого його аналогу на ринку.

Зупинимось на більш детальній характеристиці асортименту і властивостей елітного текстилю та його основних виробників.

В останні роки в Україні, як і в інших країнах Європи, чітко намітилась тенденція розширення асортименту та збільшення обсягів виробництва різних видів елітного текстилю одягового, інтер'єрного та іншого призначення. Як свідчить аналіз асортименту елітного текстилю вітчизняних і зарубіжних підприємств, його виробництво, як правило, сконцентровано на невеликих спеціалізованих фірмах і компаніях, забезпечених необхідними видами високоякісної сировини, сучасним високоефективним технологічним обладнанням та висококваліфікованими інженерно-технічними фахівцями.

Враховуючи специфіку асортименту та унікальність властивостей елітного текстилю, його продаж у сфері торгівлі, як правило, проводиться у спеціалізованих фірмових магазинах, інтернет-магазинах, у магазинах подарунків, в окремих відділах супермаркетів та інших. Розглянемо деякі товарознавчі аспекти формування асортименту та якості елітного текстилю та проблеми формування на його основі окремого сегменту ринку в Україні, враховуючи при цьому позитивний зарубіжний досвід.

Передусім дамо визначення поняття "елітний текстиль", оскільки воно ще відсутнє в навчальних виданнях з текстильного товарознавства та матеріалознавства і не стандартизовано у відповідних термінологічних стандартах по текстилю та не визначено у тлумачних словниках. Рекомендуємо дати наступне визначення цього терміну.

Елітний текстиль – це готові текстильні вироби чи полотна, виготовлені із високоякісної екологічно чистої сировини за оригінальними високоефективними технологіями, яким притаманні унікальні художньо-естетичні, гігієнічні, екологічні, експлуатаційні та інші вишукані властивості, що гарантують їх успіх на ринку.

Для прикладу розглянемо асортимент, властивості та сфери застосування найбільш поширених видів елітного текстилю, який виробляється і реалізується в Україні найбільш популярними вітчизняними та зарубіжними фірмами та компаніями в останні роки. Так, відома вітчизняна фірма "Галерея льону" (відома ще як "Житомирський льон") випускає широкий асортимент елітних лляних матеріалів і виробів (тканини, одяг, вироби для кухні і спальні, вироби сувенірні), які користуються великою популярністю на вітчизняному та зарубіжному ринках. ТОВ "Лінтекс" – перше і єдине українське підприємство, яке виготовляє елітні вироби із льону за власною оригінальною запатентованою технологією. Найбільшою популярністю серед лляних виробів цього підприємства користуються: постільна білизна, дитячий одяг, покривала, подушки з лляними наповнювачами та інші. Компанія ТМ "Руно" – український виробник елітного текстилю для відпочинку. Вона виготовляє різноманітні подушки, ковдри, махрові простирадла, білизну для дорослих і дітей, ортопедичні матраци та на матрацники та інші.

Широкий асортимент елітного текстилю пропонує вітчизняна компанія ТМ "Яскрава", яка випускає: текстиль для ресторану (вишукані серветки, скатертини, штори та інші); одяг (модні жіночі плащі, куртки та інші вироби), текстиль для дому (простирадла, рушники,

подушки та інші), текстиль для подарунків і т.п.

На виробництві та реалізації елітного чоловічого та жіночого верхнього одягу спеціалізуються декілька вітчизняних швейних фірм. Серед них найбільшою популярністю користується елітний верхній жіночий і чоловічий одяг Львівської швейної фірми "Ролада". Ця фірма випускає також верхні трикотажні вироби. Продукція цієї фірми користується великим попитом не тільки в Україні, але й у багатьох країнах Європи, Азії та Америки.

Високою популярністю у світі користується елітний верхній одяг виробництва вітчизняного концерну "Михайл Воронін". Відомим виробником елітних камвольно-суконних тканин для пошиття широкого асортименту одягу є Чернігівська компанія Чексіл. Це лідер вітчизняної текстильної продукції, яка успішно реалізується не тільки в Україні, але й на зарубіжних ринках. Серед зарубіжних виробників елітного текстилю на вітчизняному ринку найбільшою популярністю користуються наступні компанії:

- швейцарська компанія "Daupny", яка спеціалізується на виробництві та реалізації самих елітних у світовій практиці видів постільної і столової білизни;
- німецька компанія "Curt Bauer", яка спеціалізується на виробництві та реалізації постільної і столової білизни;
- німецька компанія "Adidas", яка спеціалізується на випуску широкого асортименту брендових виробів спортивного призначення;
- голландська компанія "Easy Comfort", яка спеціалізується на виробництві модного елітного жіночого верхнього одягу (пальто, жакети, напівпальто, плащі та інші);
- іспанська фірма "Zara" – виробник елітного жіночого та чоловічого верхнього одягу;
- англійська фірма "Marks and Spenser" – спеціалізується на випуску елітного чоловічого та жіночого верхнього одягу.

Розглянемо більш детально особливості формування асортименту елітного одягу. Елітний одяг може випускатись різних категорій елітності і, відповідно, за найбільш високими, середніми і низькими цінами. Так, бренди одягу класу "люкс", які відомі у всьому світі, виготовляються із найбільш високоякісних елітних текстильних матеріалів, окремі їх фасони пошиваються вручну високодосвідченими майстрами. Ці моделі одягу реалізуються за найбільш високими цінами.

Бренди середнього сегменту – це одяг менш відомих фірм, він значно дешевший від одягу класу люкс, виготовляється із більш доступної сировини за більш спрощеними моделями. Розрахований на покупців середнього класу.

Бренди дешевого сегменту – цей одяг найбільш дешевий, його шиють із недорогих матеріалів, за простими моделями, він орієнтований в основному на підлітків і молодь.

Прикладом випуску брендового верхнього одягу різних класів елітності може служити елітна продукція відомого в Україні концерну "Михайл Воронін".

Таким чином, градація елітного текстилю за рівнем елітності і встановлення обґрунтованих цін на конкретні види виробів і матеріалів в залежності від рівня їх елітності, на нашу думку, дозволить:

- встановити прямий зв'язок між рівнем елітності виробу, його ціни, а також конкурентоспроможності на ринку;
- стимулювати виробництво елітного текстилю для різних категорій споживачів цих товарів;
- впорядкувати структуру видового асортименту елітного текстилю різного цільового призначення в залежності від рівня елітності окремих виробів, рівня їх цін та конкурентоспроможності на ринку.

У зв'язку з тим, що інформація про асортимент і властивості елітного текстилю, як правило, міститься тільки в рекламних проспектах окремих компаній-виробників цього

текстилю і є неповною і несистематизованою, спочатку дамо класифікацію і загальну характеристику його асортименту. На нашу думку, груповий асортимент елітного текстилю можна класифікувати за такими ознаками:

- призначенням – елітні текстильні вироби одягового, інтер'єрного, декоративного, сувенірною призначення;
- способом виготовлення – текстильні матеріали і вироби текстильного, трикотажного, нетканого, швейного, текстильно-галантерейного та килимового виробництва;
- волокнистим складом полотен і виробів – полотна та вироби з натуральних, хімічних волокон та їх різноманітних поєднань;
- способом оброблення та оздоблення текстильних полотен і виробів – вибілені, гладкофарбовані, вибивні, строкатоткані чи строкатов'язані, меланжеві, з різноманітними видами заключного та кінцевого оброблення, з художньою вишивкою та іншими;
- номенклатурою видового асортименту – костюми, жакети, штани, сукні, блузки, пальто, плащі, натільна, постільна та столова білизна, подушки, ковдри, пледи, хустки, шарфи, рукавиці, рукавички, головні убори, колготки, панчохи, гетри, гобелени, покривала, панно, ліжники, штори, фіранки порт'єри та інші.

Не дивлячись на те, що в рекламних проспектах виробників властивості елітного текстилю характеризуються такими епітетами як унікальний, вишуканий, ексклюзивний та багатьма іншими, на нашу думку, вимоги ринку до елітного текстилю, як і саме його визначення, повинні бути стандартизовані у відповідних видах вітчизняних термінологічних стандартів, що відносяться до сфери текстильного виробництва. Більше того, ці вимоги повинні бути конкретизовані для ключових властивостей (гігієнічності, екологічної безпечності, естетичного оформлення, надійності в експлуатації та інших), які визначають конкурентоспроможність даного товару на вітчизняному та зарубіжному ринках. При цьому серед різних властивостей конкретного виду елітного текстилю слід виділити ті його домінуючі властивості, які гарантують успіх даного товару на ринках. Наприклад, якщо це елітна лляна постільна білизна, то вона перш за все повинна бути високо гігієнічна та екологічно безпечна в експлуатації. А якщо це сувенірний шовковий жіночий шарф, то він передусім повинен бути відповідно художньо-естетично оформлений, а всі інші його властивості відігравати другорядну роль при його експлуатації. Цілком зрозуміло, що вимоги до брендів виробів і матеріалів різних рівнів елітності також повинні бути різними і конкретизованими з врахуванням реальних умов експлуатації кожного конкретного виду елітного текстилю.

Завершуючи характеристику загальних вимог до асортименту та властивостей, а також рівня конкурентоспроможності різних за призначенням груп і видів елітного текстилю, варто запропонувати деякі напрями подальшого розширення вітчизняного асортименту елітного текстилю, що дозволить поповнити ними вітчизняний сегмент ринку. На нашу думку, передусім це стосується таких груп товарів:

- екотекстиль одягового та інтер'єрного призначення;
- медтекстиль сувенірною призначення;
- одяг із нанотекстилю (спортивний, професійний, лікувальний).

Вирішення цього завдання в свою чергу вимагає використання для виробництва елітного текстилю сучасних нано-, біо-, інформаційних і хімічних технологій, розроблення більш ефективних методів оцінки якості та використання відповідних критеріїв оцінки властивостей і якості цих товарів. Принципово нового підходу, на нашу думку, вимагає оцінювання і контроль якості елітного текстилю. Візьмемо для прикладу елітні види швейних і трикотажних верхніх виробів. Цілком зрозуміло, що нормативна документація, яка нині використовується для оцінювання якості масового асортименту цих виробів (наприклад, ГОСТи 12566-88, 1115-81 та інші) є малопридатною для оцінювання та контролю якості елітних виробів. І це цілком зрозуміло, оскільки при оцінюванні чи контролі

рівня якості любого виду елітного текстилю основна увага повинна приділятися встановленню відповідності рівня його елітності прийнятим нормативам. При цьому основними критеріями при оцінюванні цієї відповідності рівня елітності, на нашу думку, можуть бути відхилення від показників ключових властивостей того чи іншого виду елітного текстилю, які визначають рівень чи градацію його елітності.

Що стосується загальних вимог до якості конкретних видів елітного текстилю, то їх можна об'єднати в такі основні групи:

- елітний текстиль повинен бути бездефектним;
- основні нормативи показників механічних, фізичних, естетичних, хімічних чи інших властивостей конкретного виду елітного виробу чи матеріалів для його виготовлення повинні бути гарантованими;
- для виробів різної градації елітності повинні підбиратись відповідні за рівнем якості матеріалу та технології їх виготовлення;
- для виробів і матеріалів з різним рівнем елітності повинні встановлюватись диференційовані ціни.

Враховуючи широту видового асортименту елітного текстилю та перспективи збільшення обсягів його виробництва та експорту з метою реалізації Угоди про асоціацію з ЄС, виникає нагальна потреба у розробленні та стандартизації міжгалузевої методики чи окремого стандарту для оцінювання та контролю якості та рівня елітності основних груп елітних виробів, які випускаються підприємствами вітчизняної текстильної та легкої промисловості.

Для реалізації поставлених завдань вважаємо доцільним:

- створення спеціалізованого міжгалузевого державного стандарту, в якому були би регламентовані вимоги до елітного текстилю та дано визначення термінів і понять;
- наведена класифікація асортименту та властивостей;
- обґрунтовані норми, критерії, показники та методи оцінки якості;
- наведені символи догляду, особливості маркування, пакування та зберігання.

Окрім стандартизації вимог до асортименту та властивостей елітного текстилю, та особливостей оцінювання рівня його якості та екологічної безпечності, інформація про асортимент, властивості, оцінку якості елітного текстилю обов'язково повинна міститись у відповідних підручниках і навчальних посібниках з текстильного товарознавства та матеріалознавства. Основна увага в нормативних та навчальних виданнях повинна бути приділена:

- аналізу та оцінці оптимальності структури видового асортименту елітного текстилю;
- стандартизації вимог до його основних властивостей;
- стандартизації методики оцінювання та контролю рівня елітності в залежності від її градацій.

Окрім цього, враховуючи широту асортименту та обсяги виробництва та імпорту елітного текстилю, вважаємо доцільним вивчення економічної доцільності та технологічних можливостей формування та розвитку в Україні окремого сегменту ринку елітного текстилю, як це прийнято в багатьох економічно розвинутих країнах. Однак, для реалізації цього завдання потрібно:

- розроблення маркетингової концепції розвитку даного ринку;
- всестороннє вивчення реального попиту на елітний текстиль та виявлення потенційних споживачів цих товарів;
- обґрунтування сировинних, технологічних, фінансових і кадрових можливостей вітчизняних текстильних інноваційних підприємств виробляти ці матеріали і вироби в нашій країні чи доцільності їх імпорту.

Коротко зупинимось на деяких концептуальних підходах до формування та розвитку вітчизняного сегменту ринку елітного текстилю, акцентуючи основну увагу на першочергове вирішення деяких товарознавчих і маркетингових аспектів цього завдання [4]. Необхідність формування та розвитку вітчизняного сегменту ринку елітного текстилю, як і ринку екотекстилю та інтер'єрного текстилю [2,3], обумовлена низкою причин, а саме:

- потребою суттєвого підвищення іміджу продукції текстильної і легкої промисловості України на міжнародних ринках у зв'язку з підготовкою нашої країни до вступу в ЄС;

- необхідністю суттєвого збільшення обсягів експорту вітчизняного текстилю на ринки ЄС з метою реалізації Угоди про асоціацію з ЄС.

- потребою значного підвищення експортного потенціалу підприємств вітчизняної текстильної і легкої промисловості.

Сучасний ринок елітного текстилю в Україні формується, як відомо, на основі продукції вітчизняних, спільних та зарубіжних підприємств текстильної і легкої промисловості. Судячи з аналізу рекламних проспектів компаній-виробників елітного текстилю за останні роки, найбільшу частку в структурі ринкового асортименту серед елітного текстилю займає одяг. При цьому найбільш популярними в світі нині вважаються наступні бренди цього одягу: "Dior", "Chanel", "Gucci", "Prada", "Armani", "Dolce@Gabbana", "Valentino". Розглядаючи концептуальні підходи до формування та розвитку вітчизняного ринку елітного текстилю, слід вважати, що на цьому ринку в останні роки чітко сформувалась тенденція індивідуального, а не масового попиту на елітні товари. Саме цей вид попиту домінує на цьому сегменті ринку [4]. Саме завдяки йому у всіх економічно розвинутих країнах світу в останні роки спостерігається постійний ріст обсягів виробництва та розширення асортименту елітного текстилю, як і екотекстилю, який в певній мірі також можна віднести до елітного текстилю [2]. Ключову роль у формуванні та розвитку вітчизняного ринку елітного текстилю відіграє оцінка рівня конкурентоспроможності конкретних видів елітного текстилю. Більше того, мова повинна йти не тільки про вивчення та обґрунтування конкурентних переваг того чи іншого елітного текстилю, конкурентних переваг його основних виробників, але й забезпечення при цьому інтересів споживачів цих товарів. При цьому повинен бути створений відповідний механізм державного регулювання цих процесів [4].

### Висновки

1. Сформульовані та обґрунтовані вимоги до асортименту, властивостей та рівня елітності елітного текстилю. Дана класифікація асортименту цього текстилю за призначенням, способом виробництва, волокнистим складом, основною обробкою, рівнем елітності та номенклатурною видового асортименту.

2. Обґрунтована доцільність розроблення окремого вітчизняного стандарту на елітний текстиль, в якому були би регламентовані загальні поняття та терміни, вимоги до асортименту, рівня елітності та якості, а також градації елітності, норми, критерії та методи оцінки елітності та якості елітного текстилю різного цільового призначення.

3. Вивчена можливість та економічна доцільність формування та розвитку окремого сегменту вітчизняного ринку елітного текстилю, як це прийнято в багатьох економічно розвинутих країнах.

4. Вважаємо доцільним продовжити дослідження з метою виявлення нових перспективних видів елітного текстилю, отриманого на основі використання на підприємствах вітчизняної текстильної і легкої промисловості новітніх біо-, нано-, хімічних і інформаційних технологій, а також подальшої екологізації та підвищення якості текстильних матеріалів і виробів різного цільового призначення я способів виробництва.

### Список використаних джерел

1. Полікарпов І.С. Товарна інформація: Підручник / І.С. Полікарпов, О.В. Шумський. – К.: Центр навчальної літератури. – 2006. – 616с.

2. Галик І.С. Проблеми формування та оцінювання екологічної безпечності текстилю: Монографія / І.С. Галик, Б.Д. Семак. – Львів: Видавництво Львівської комерційної академії, 2014. – 488с.

3. Пушкар Г.О. Інтер'єрний текстиль: товарознавчі аспекти формування асортименту та якості: Монографія / Г.О. Пушкар. – Львів: "Магнолія 2006", 2013. – 176с.

4. Семак Б.Б. Теоретико-методологічні основи формування вітчизняного сировинного ринку екологічно безпечних товарів текстильної промисловості: Монографія / Б.Б. Семак. – Херсон: Грінь Д.С., 2011. – 232с.

## **ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ АССОРТИМЕНТА И ОЦЕНИВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ НА РЫНКЕ ЭЛИТНОГО ТЕКСТИЛЯ В УКРАИНЕ.**

ГАЛЫК И.С., СЕМАК Б.Б., СЕМАК Б.Д.

*Львовская коммерческая академия*

**Цель.** Поиск путей расширения ассортимента и повышения качества элитного текстиля в Украине, обоснование требований к его ассортименту, уровню элитности и конкурентоспособности.

**Методика.** Использованы общеизвестные методы теоретико-аналитического и экономического анализа.

**Результаты.** На основании анализа маркетинговой информации проанализирован современный ассортимент текстильных материалов и изделий отдельных производителей, рассмотрены и обоснованы товароведческие аспекты формирования ассортимента и качества элитного текстиля и изделий.

**Научная новизна.** Исследованы проблемы формирования ассортимента и качества элитного текстиля, предложена классификация этого текстиля, сформулированы требования к нему.

**Ключевые слова:** элитный текстиль, ассортимент, свойства, градации элитности, брендовая одежда, конкурентоспособность, рынок.

## **PROBLEMS OF ASSORTMENT ORGANIZING AND PROPERTIES EVALUATION OF COMMODITIES AT THE ELITE TEXTILE MARKET IN UKRAINE**

GALYK I.S., SEMAK B.B., SEMAK B.D.

*Lviv Academy of Commerce*

**Objective.** The search of ways of assortment expansion and properties evaluation of elite textiles in Ukraine, grounding of requirements to its assortment, level of elite and competitiveness.

**Research methods.** Well-known methods are used in theory analytical, economic analysis.

**Results.** On the basis of analysis of marketing information the modern assortment of elite textile materials and wares of some producers is reflected, the commodity expert aspects of forming of assortment and quality of elite textile materials and wares are considered and grounded.

**Scientific novelty.** The assortment problems of forming and quality of elite textiles has been investigated, classification of this textile is offered and their requirements has been formulated.

**Keywords:** elite textile, assortment, properties, elite gradations, brand clothes, competitiveness, market.

УДК 687.43:675.15

ГІРАК О.В., АРТЕМЕНКО Т.П., БЕРЕЗНЕНКО М.П.  
Київський національний університет технологій і дизайну

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНОГО УСТРОЮ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧОЛОВІЧИХ ГОЛОВНИХ УБОРІВ ІЗ ШКІРЯНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОАКТИВНИХ КОМПОНЕНТІВ

**Мета.** Розробка головних уборів з натуральної та штучної шкіри із використанням наномодифікованих компонентів з антимікробними властивостями, розробка технології пакування головних уборів з використанням знімних додатків.

**Методика.** Дослідження в'язкопружних властивостей вихідних шкірматеріалів методами скручування, згину, динамічного випробування з використанням установок ПВМВММС-1, ПТ-2, ПВЖЗ, УДМ-1.

**Результати.** Визначені раціональні, економічно доцільні параметри дублювання шкірматеріалів. На основі комплексних досліджень визначені важливі для процесу проектування в'язкопружні властивості натуральних та штучних шкір та пакетів матеріалів на їх основі; запропонована удосконалена конструкція та варіанти обробки головних уборів з автономними елементами поліфункціонального призначення.

**Наукова новизна.** Вперше вирішена задача надання виробам поліфункціональних властивостей для захисту голови від впливу зовнішнього та внутрішнього середовищ, розроблено конструктивний устрій та технологія виготовлення головних уборів зі шкірматеріалів з автономною частиною.

**Практична значимість.** Розроблений оригінальний конструктивний устрій головного убору із шкірматеріалу зі знімними внутрішніми елементами, які забезпечують необхідні гігієнічні властивості та захист від шкідливого мікробного середовища за рахунок використання біоактивних компонентів.

**Ключові слова:** головні убори, шкірматеріали, біоактивні компоненти, автономна частина, антимікробні властивості.

**Вступ.** Зростаюча конкуренція та підвищені вимоги споживачів на ринку швейних товарів вимагають нових підходів для забезпечення належного рівня якості та комфорту виробів можливостей надання їм багатофункціональності. Використання спеціальних видів обробок поверхонь матеріалів натуральними та хімічними препаратами надає виробам нових поліфункціональних властивостей. Це є одним із перспективних напрямків створення лікувально-профілактичних виробів, як виробів медичного призначення, що застосовуються для збереження і зміцнення здоров'я людини, а також в якості супутніх засобів при лікуванні захворювань [1].

**Постановка завдання.** З метою захисту споживачів від впливу несприятливих факторів, патогенної мікрофлори та для профілактики захворювань шкіряного покриву і реабілітаційного періоду після травмувань голови постає завдання розробки сучасних головних уборів зі шкірматеріалів зі знімною автономною частиною. При цьому необхідно вирішити питання надання як шкіряним матеріалам так і компонентам пакетів внутрішніх вкладишів необхідних гігієнічних властивостей, зокрема антимікробних.

**Предмети і методи досліджень.** В якості предметів дослідження були задіяні зразки натуральної шкіри великої рогатої худоби (НШ) ВРХ рослинного дублення, модифіковані нанокomпонентами, що були надані АТ «Чинбар», зразок штучної шкіри (ШШ), а також

низькотемпературні прокладкові матеріали фірми «Hänsel». Характеристика матеріалів надана в табл. 1, табл. 2.

Таблиця 1

**Характеристика шкірматеріалів**

| Назва                        | Вид поверхні                                        | Товщина, мм | Виробник  |
|------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------|-----------|
| Натуральна шкіра, спилоч ВРХ | Гладка                                              | 0,7±0,02    | Україна   |
| Штучна шкіра                 | Гладка, з поліуретановим покриттям на тканий основі | 0,9±0,02    | Туреччина |

Таблиця 2

**Характеристика клейових прокладкових матеріалів**

|                                                                  |                                              |                                              |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Клейовий матеріал, артикул, виробник                             | дублерин, 1718/105XS8<br>“Hänsel”, Німеччина | дублерин, 4270/990BS8<br>“Hänsel”, Німеччина |
| Сировинний склад, %                                              | ПЕ 100                                       | ПЕ 100                                       |
| Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup>                             | 43                                           | 70                                           |
| Товщина, мм                                                      | 0,25                                         | 0,20                                         |
| Вид клейового покриття                                           | Подвійна точка, ПА                           | Подвійна точка, ПА                           |
| Щільність нанесення<br>клейового покриття, точки/см <sup>2</sup> | 76                                           | 52                                           |
| Вид основи                                                       | Ткана                                        | Ткана                                        |

На основі результатів мікробіологічних досліджень проведених в ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л.В. Громашевського» була доведена ефективність антимікробної дії наномодифікованих шкірматеріалів (табл.3).

Таблиця 3

**Результати впливу модифікованих шкір на показники затримки росту  
тест-штамів, бактерій та грибів**

| Вид шкіри                            | Модифікатор                          | Зона затримки росту тест-штамів |               |              |                  |            |                       |                   |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|--------------|------------------|------------|-----------------------|-------------------|
|                                      |                                      | стафілококу                     |               | дерматофітів |                  | грибів     |                       |                   |
|                                      |                                      | S.aureus                        | S.epidermidis | M.canis      | T.mentagrophytes | C.albicans | Penicillium digitatum | Aspergillus niger |
| Спилоч ВРХ<br>рослинного<br>дублення | CuSO <sub>4</sub> ×5H <sub>2</sub> O | 5                               | 7             | 3            | 3                | 7          | 1                     | 2,5               |
|                                      | AgNO <sub>3</sub>                    | 6                               | 7             | 4            | 2                | 0          | 1,5                   | 3                 |

Отримані дані свідчать про суттєву бактерицидну активність зразків шкір оброблених розчинами CuSO<sub>4</sub>×5H<sub>2</sub>O і AgNO<sub>3</sub> (зона затримки росту бактерій складають 3 – 7 мм). Тому в якості верху головного убору рекомендовано використовувати наномодифіковані шкірматеріали [2].

**Результати дослідження.** Для підвищення формостійкості головних уборів зі шкірматеріалів використовують попередню обробку шкір хімічними препаратами (у тому

числі з використанням антимікробних добавок), та дублюванням прокладковими матеріалами або поєднання цих способів. Це дає можливість регулювати в'язкопружні властивості на різних ділянках швейних виробів, прогнозувати їх експлуатаційну надійність та ефективніше використовувати шкірсировину [3]. Тому важливим деформаційним показником властивостей матеріалів є динамічний модуль пружності ( $E$ , МПа) та декремент затухання ( $\delta$ ) (табл. 4), які визначались на приладі УДМ-1.

Таблиця 4

**Результати досліджень в'язко-пружних властивостей пакетів матеріалів для проектування чоловічих головних уборів**

| Пакет                         | Зона дослідження | Модуль пружності ( $E$ , МПа) |       |       | Декремент затухання ( $\delta$ ) |      |      |
|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------|-------|----------------------------------|------|------|
|                               |                  | 0°                            | 45°   | 90°   | 0°                               | 45°  | 90°  |
| НШ ВРХ                        | вороток          | 12,26                         | 6,67  | 9,60  | 0,64                             | 0,67 | 0,67 |
|                               | чепрак           | 11,31                         | 3,34  | 10,75 | 0,68                             | 0,56 | 0,56 |
|                               | поли             | 11,89                         | 10,94 | 6,47  | 0,68                             | 0,65 | 0,78 |
| ШШ                            | —                | 29,74                         | 21,22 | 18,07 | 0,71                             | 0,79 | 0,95 |
| НШ ВРХ + дублерин 1718/990XS8 | вороток          | 27,83                         | 13,77 | 20,12 | 0,61                             | 0,63 | 0,53 |
|                               | чепрак           | 30,87                         | 23,06 | 21,72 | 0,74                             | 0,70 | 0,55 |
|                               | поли             | 29,54                         | 14,81 | 12,18 | 0,66                             | 0,84 | 0,72 |
| НШ ВРХ + дублерин 4270/990BS8 | вороток          | 21,19                         | 13,93 | 17,12 | 0,79                             | 0,68 | 0,62 |
|                               | чепрак           | 16,06                         | 17,97 | 20,26 | 0,34                             | 0,65 | 0,73 |
|                               | поли             | 10,23                         | 15,00 | 10,14 | 0,87                             | 0,58 | 0,93 |
| ШШ + дублерин 1718/990XS8     | —                | 19,08                         | 14,04 | 12,07 | 0,66                             | 0,82 | 0,82 |
| ШШ + дублерин 4270/990BS8     | —                | 17,88                         | 12,76 | 15,97 | 0,73                             | 0,80 | 0,72 |

Наведені дані свідчать про суттєву відмінність показників модуля пружності та декременту затухання натуральної шкіри та штучної шкіри. Процес дублювання суттєво змінив конфігурацію полів модуля пружності, тобто клейовий матеріал змінює рухливість структури шкіри, причому на ділянках по воротку та чепраку в повздовжньому та в поперечному напрямках, модуль пружності збільшується в два рази. Щодо штучної шкіри, то процес дублювання зменшує формостійкість. Таким чином, найбільш якісним варіантом є пакет НШ ВРХ + дублерин 4270/990BS8 (рис. 1), що забезпечує достатню формостійкість виробу.

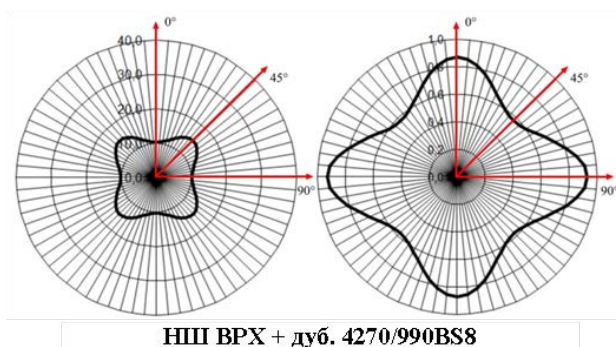


Рис. 1 Полярні діаграми показники  $E_d$ (МПа) і декременту затухання  $\delta$  пакетів матеріалів для натуральної та штучної шкір

Особливу увагу при розробці головних уборів слід приділити створенню конструктивного устрою внутрішньої форми та надання компонентам матеріалів, які входять в пакет, додаткових антимікробних та вологопоглинальних властивостей. Для розробки пакетів внутрішньої знімної частини підібрані матеріали, характеристики яких надані в табл.5, 6

Таблиця 5

**Структурні та водовбиральні характеристики текстильного матеріалу**

| Назва (умовне позначення) | Вид матеріалу      | Вміст складників сировинного складу, % | Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup> | Товщина, мм | Водовбиральність, Ів % (за годину) | Коефіцієнт водомісткості, Вє г/м <sup>2</sup> (за годину) | Час висихання, τ хв (після 1 години занурення в воду) при Т = 36 ± 2 °С |
|---------------------------|--------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|-------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Alegro (Al)               | трикотажне полотно | Бавовна – 60<br>ПП – 40                | 183                                  | 1,55        | 570±20                             | 1060±30                                                   | 40±5                                                                    |

Таблиця 6

**Показники антибактеріальних (S.aureus, E.coli) та фунгіцидних (C.albicans) властивостей зразків бавовняної тканини**

| Назва матеріалу | Модифікатор | Зона затримки росту тест-штампу S.aureus, мм | Кількість КУО мікроорганізмів з відбиту тканин, інфікованих тест-суспензією з дозою зараження штампів при експозиції 1, 3, 6, 24 годин |     |     |    |                                   |      |      |    |                                       |
|-----------------|-------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|----|-----------------------------------|------|------|----|---------------------------------------|
|                 |             |                                              | S.aureus КУО/мл 3,3×10 <sup>5</sup>                                                                                                    |     |     |    | E.coli КУО/мл 8,0×10 <sup>5</sup> |      |      |    | C.albicans КУО/мл 1,0×10 <sup>5</sup> |
|                 |             |                                              | 1                                                                                                                                      | 3   | 6   | 24 | 1                                 | 3    | 6    | 24 | 6                                     |
| Бязь            | Без         | 0                                            | 864                                                                                                                                    | 586 | 155 | 88 | 6400                              | 5500 | 3000 | 6  | 1569                                  |
|                 | РП*         | 0                                            | 239                                                                                                                                    | 40  | 0   | 0  | 5100                              | 200  | 0    | 0  | 0                                     |

\*РП – рослинний препарат

На основі аналізу побудови креслеників базових форм чоловічих головних уборів [4] та враховуючи результати експериментальних досліджень запропоновано такі складові головного убору:

1. Верх – наномодифікована натуральна шкіра, внутрішня автономна частина – наномодифікований матеріал (трикотажне полотно) із антимікробними властивостями;
2. Верх – наномодифікована натуральна шкіра, знімна частина складається з двох шарів: матеріалу із властивостями для вбирання та розподілу вологи по поверхні та матеріалу для пригнічування мікробного середовища.

Розроблено конструкцію та варіанти технології виготовлення головних уборів зі шкірматеріалів з автономними додатками, які можна знімати, міняти та з профілактичною метою носити окремо від головного убору. Схематичні зображення розроблених варіантів головного убору надано на рис. 2 та рис. 3.

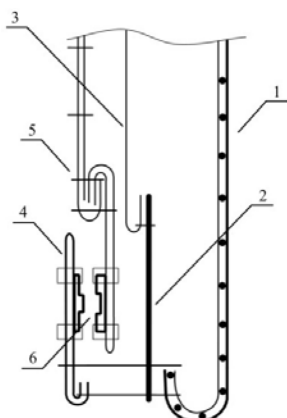


Рис. 2 Схема устрою головного убору з автономним додатком: 1 – стінка; 2 – начільник; 3 – підкладка; 4 – деталь-«кишеня» для застібки; 5 – двошаровий знімний додаток; 6 – застібка «велкро»

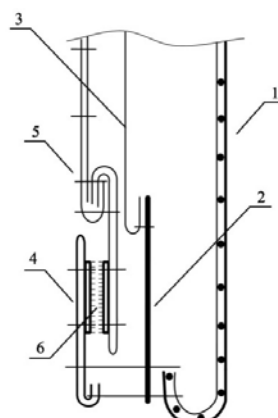


Рис. 3 Схема устрою головного убору з автономним додатком:  
1 – стінка; 2 – начільник; 3 – підкладка;  
4 – деталь-«кишеня» для застібки;  
5 – знімний додаток; 6 – застібка на кнопку

**Висновок.** Проведені експериментальні дослідження дають змогу проектувати сучасні головні убори зі шкірматеріалів оздоровчого призначення за рахунок антимікробної обробки зовнішньої поверхні виробу та добору шарів внутрішнього пакету з матеріалів із прогнозованими властивостями. Такі вироби доцільно застосовувати в профілактиці, як сукупності попереджувальних заходів, спрямованих на збереження і зміцнення нормального стану здоров'я споживача.

#### Список використаних джерел

1. Билич Г.Л. Большой толковый медицинский словарь: в 2-х томах. Т. 1. – М.: АСТ, 2001. – 589 с.
2. Конько М.М. Вдосконалення процесів виготовлення головних уборів / Конько М.М., Березненко М.П., Артеменко Т.П. // Вісник КНУТД. – 2014. – №4. – С. 161 – 164.
3. Яценко М.В. Застосування сучасних технологічних рішень для забезпечення якості швейним виробам з натуральної шкіри / М.В. Яценко, В.І. Ліщук, М.П. Березненко // Вісник КНУТД. – 2012. – №2. – С. 108 – 112.
4. Гагарина С.В. Проектирование швейных головных уборов / С.В. Гагарина, С.В. Бокова. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2003. – 384 с.

#### References

1. Bylych H.L. Bolshoi tolkovyi medytsynskyi slovar [Big Explanatory Medical Dictionary]: v 2-kh tomakh. T. 1. – M.: ACT, 2001. 589 s.
2. Konko M.M. Vdoskonalennia protsesiv vyhotovlennia holovnykh uboriv [Improvement of headwear manufacturing process with elements of preventive and sanitary purposes] / Konko M.M., Berezenko M.P., Artemenko T.P. // Visnyk KNUTD. – 2014. – №4. – S. 161 – 164.
3. Iatsenko M.V. Zastosuvannia suchasnykh tekhnolohichnykh rishen dla zabezpechennia yakosti shveinym vyrobam z naturalnoi shkiry [Application of modern technological solutions for ensure the quality of garments made of genuine leather] / M.V. Yatsenko, V.I. Lishchuk, M.P. Berezenko // Visnyk KNUTD. – 2012. – №2. – S. 108 – 112.
4. Haharina S.V. Proektyrovanye shveinykh holovnykh uborov [Design of sewing headwear] / S.V. Haharina, S.V. Bokova. – Rostov-na-Donu: «Feniks», 2003. – 384 s.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО УСТРОЯ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МУЖСКИХ ГОЛОВНЫХ УБОРОВ ИЗ КОЖАНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОАКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

ГИРАК О.В., АРТЕМЕНКО Т.П., БЕРЕЗНЕНКО М.П.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка головных уборов из натуральной и искусственной кожи с использованием наномодифицированных компонентов с антимикробными свойствами, разработка технологии пакетирования головных уборов с использованием съемных приложений.

**Методика.** Исследования вязкоупругих свойств исходных кожматериалов способами скручивания, изгиба динамического испытания с использованием установок ПМВММС-1, ПТ-2, ПВЖЗ, УДМ-1.

**Результаты.** Определены рациональные экономически целесообразные параметры дублирования кожматериалов. На основе комплексных исследований определены важные для процесса проектирования вязкоупругие свойства натуральных и искусственных кож и пакетов материалов на их основе; предложена усовершенствованная конструкция и варианты отделки головных уборов полифункционального назначения.

**Научная новизна.** Впервые была решена задача придания изделиям полифункциональных свойств для защиты головы от влияния внешней и внутренней среды, разработан конструктивный строй и технология изготовления головных уборов из кожматериалов с автономной частью.

**Практическая значимость.** Разработана оригинальная конструкция головного убора из кожматериала со съемными внутренними элементами, которые обеспечивают необходимые гигиенические свойства и защиту от вредной микробной среды за счет использования биоактивных компонентов.

**Ключевые слова:** головные уборы, кожматериалы, биоактивные компоненты, автономная часть, антимикробные свойства.

## CONSTRUCTIVE IMPROVEMENT OF MEN'S HEADWEAR MANUFACTURING PROCESS OF THE LEATHER MATERIALS USING BIOACTIVE COMPONENTS

HIRAK O.V., ARTEMENKO T.P., BEREZHENKO M.P.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Development of headwear from natural and artificial leather, using nano-modified ingredients with antimicrobial properties, the development of packaging technology of headwear with removable applications.

**Methodology.** Research viscoelastic properties of the original materials of leather ways twisting, bending dynamic test rigs using PVMVMMS-1, PT-2, PVZHZ, UDM-1.

**Findings.** The rational cost-effective options duplication of leather materials. Based on complex research identified important for the process of designing the viscoelastic properties of natural and artificial leather and packet-based materials; the improved design and finishes of headwear multifunctional purpose.

**Originality.** For the first time was solved problem of giving for products of polyfunctional properties for protection the head from the harmful external and internal environment, developed a constructive system and the technology of manufacturing of headwear leather materials with an autonomous part.

**Practical value.** Was developed an original constructive device of headwear from leather material of with removable internal parts, which provide the necessary hygienic properties and protection against harmful microbial environment through the use of bioactive components.

**Keywords:** headwear, leather materials, bioactive components, autonomous part, antimicrobial properties.

УДК 687.053

ЛИТВИНОВА О.І., МАРХАЙ М.А., СУПРУН Н.П.  
Київський національний університет технологій та дизайну

## РОЗРОБКА НОВОГО АСОРТИМЕНТУ ШПИТАЛЬНОГО ОДЯГУ

**Мета.** Встановити основні засади розробки сучасного шпитального одягу з урахуванням особливостей його експлуатації.

**Методика.** Використана методологія проектування, яка враховує систематизацію умов та топографію проведення медичних процедур, розробку відповідних функціонально-конструктивних елементів

**Результати.** Проведено аналіз утилітарних функцій шпитального одягу та встановлено основні вимоги до властивостей матеріалів для його виготовлення, визначено топографію зношування.

**Наукова новизна.** Вперше розроблено класифікаційні ознаки утилітарних функцій шпитального одягу.

**Практична значимість.** Розроблено основні засади створення та конструкції функціонального шпитального одягу

**Ключові слова:** шпитальний одяг, топографія зношування, функціональні вставки

Бойові дії, які на протязі останніх двох років не припиняються на території нашої країни, призвели до значного зростання кількості травмованих бійців, які поступають із зони АТО. Однією з проблем, яка часто виникає у військових шпиталях, особливо у відділеннях травматології та опікових центрах, є невідповідність існуючого, досить скромного асортименту лікарняної білизни, сучасним вимогам утримання прооперованих. Існуючий шпитальний одяг, асортимент якого затверджено більше, ніж 50 років тому, часто не забезпечує зручності проведення необхідних медичних та гігієнічних маніпуляцій, не пристосований для утримання в сучасних палатах інтенсивної терапії, не розрахований для можливості самообслуговування поранених з травмованими верхніми та нижніми кінцівками. Це суттєво впливає на можливість використання високих медичних технологій, знижує рівень надання медичної допомоги та якість життя хворих. Таким чином, особливої актуальності набуває проблема формування заданого рівня якості шпитального одягу, що відповідає сучасному комплексу вимог.

Проектування одягу, призначеного для експлуатації пораненими під час проходження лікування у шпиталях, вимагає особливого підходу. Такий одяг має не тільки враховувати особливості умов експлуатації та перебігу захворювання, але й бути функціональним, комфортним для хворого, захищати від інфекцій, надавати реабілітаційну дію на організм хворої людини, а також дозволяти медичному персоналу якісно проводити лікувальні процедури. Рішення поставленої задачі вимагає розробки спеціальних конструктивно-

технологічних рішень на певних топографічних ділянках поверхні тіла людини і забезпечення обґрунтованого вибору матеріалів з урахуванням функціональної специфіки, обумовленої особливостями перебігу та лікування поранення.

**Постановка завдання.** Розробки, присвячені особливостям конструкцій та наукового обґрунтованого вибору текстильних матеріалів на сучасний асортимент шпитального одягу, малочисельні [1-3]. Вітчизняні публікації, що стосуються схожих питань, які в певній мірі можна використовувати як аналоги розробок, відносяться до створення виробів для інвалідів та важкохворих [4]. У порівнянні з традиційним, шпитальний одяг має ряд специфічних функцій залежно від особливостей протікання конкретного захворювання та його лікування, що зумовлює певний комплекс вимог. Слід також враховувати, що такий одяг для експлуатації у відділеннях медичних стаціонарів має бути економічно доступним як для клінік, так і для пацієнтів.

Методологія проектування шпитального одягу має базуватися на систематизації характеристик, визначення умов та топографії проведення медичних процедур, розробці відповідних функціонально-конструктивних елементів і деталей виробів, універсальних для широкого спектру захворювань, на створенні варіабельних композиційних рішень шляхом комбінування і трансформації уніфікованих елементів одягу. Етапами проектування шпитальної білизни для поранених є визначення виду поранення, особливостей лікування та топографії проведення медичних процедур, формування композиційно-конструктивного рішення моделі та вибір матеріалів для виробу та функціональних вставок. Встановлення топографічних зон факторів впливу дозволить забезпечити необхідний захист шляхом ефективного використання інноваційних матеріалів і технологій.

**Метою даної роботи** є встановлення особливостей вимог до конструкції та вибору матеріалів сучасного шпитального одягу.

### **Результати досліджень**

На основі аналізу робіт, присвячених розробкам одягу для хворих та інвалідів, які знаходяться на лікувальні у медичних закладах [1-5], а також спілкування з медичними працівниками військового шпиталю [6], нами визначено такі основні утилітарні функції шпитального одягу (Рис. 1).



Рис.1 Основні утилітарні функції шпитального одягу

З урахуванням встановлених основних утилітарних функцій, нами розроблено комплект шпитальній білизні (Рис. 2), який складається з футболки та штанів. Конструкція комплексу передбачає легкість його одягання та знімання, полегшує доступ до різних ділянок тіла для накладення пов'язок, введення ін'єкцій і інших маніпуляцій без зайвих травматизуючих впливів, для чого запропоновано використання застібок на магнітних кнопках та текстильної застібки «велкро». В конструкції штанів передбачена відсутність шва сидіння, що зменшить ризик виникнення натертостей, застібка виведено на передню частину.

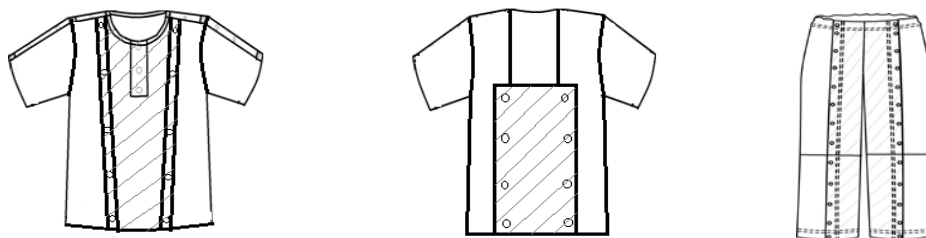


Рис. 2 Варіанти конструктивного рішення комплектів шпитальної білизни  
 ▨ - деталі, що відстібуються та замінюються при необхідності.

При виборі матеріалів на будь-який виріб необхідно враховувати особливості експлуатації даного виду виробу. Проведений аналіз умов експлуатації комплекту шпитальної білизни дозволив виявити топографію та фактори зношування основними серед яких є деформації розтягування, згинання, тертя по згинах та площині, дія поту, сечі та фізіологічних і лікарських речовин (Рис. 3). Крім того, на властивості матеріалів значно впливає багаторазове прання, сушіння, прасування. Всі ці фактори мають бути враховані при виборі матеріалів для даного виду виробів.

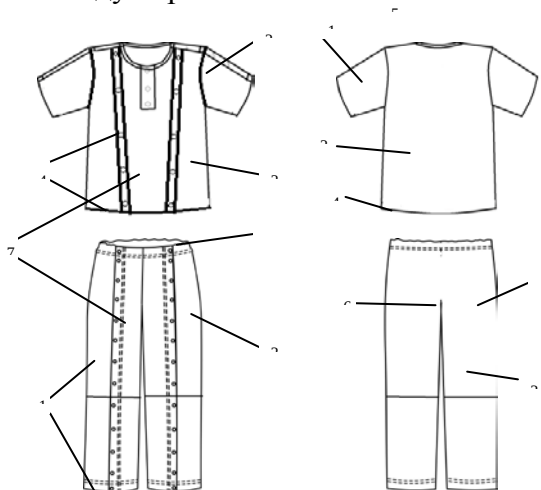


**Рис.3 Види факторів, які виникають в процесі експлуатації шпитальної білизни: 1 – розтягування; 2 - тертя по згинах; 3 - тертя по площині; 4 - згинання; 5 - дія поту; 6 - дія сечі, 7 – дія фізіологічних розчинів та лікувальних речовин**

Результати опитування, проведеного нами серед спеціалістів-медиків, показали, що до найбільш вагомих вимог до матеріалів для шпитальної білизни слід віднести ергономічність та надійність у користуванні. Матеріали повинні мати високі гігієнічні властивості (волого- та водовбиральність, повітре- та вологопровідність, капілярність та ін.), повинні створювати приємні тактильні відчуття та сприяти утриманню шкіри в належному стані (сухість шкіри, відсутність подразнень, пошкоджень тощо). Надійність у використанні забезпечуватимуть відповідні значення міцності, розтяжності, зміни лінійних розмірів після прання і т.п. Крім того, матеріали мають бути стійкими до проникнення бактерій, до дії дезінфекції, стерилізації та автоклавування.

Забезпечити необхідне сполучення функцій і властивостей (часто протилежних одна одній) у виробі при використанні одного виду матеріалу - задача, яка навряд чи може бути виконана. Цього, на нашу думку, можна досягти використанням функціональних текстильних вставок, розташованих у визначених «проблемних» зонах - в місцях підвищеного пото- і тепловиділення, зон підвищеного тиску тіла, і т.п. Приклад топографії таких місць наведено на рис.3.

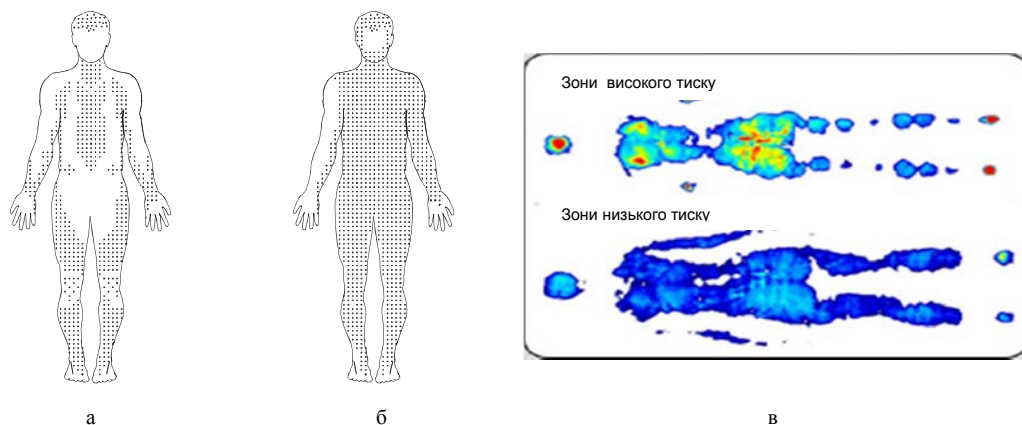


Рис. 4 Топографія а) нормального потовиділення, б) загальних розладів потовиділення (за даними [5]), в) місць найбільшого тиску тіла лежачої людини (за даними [7]).

Запропонована методологія проектування шпитального одягу, яка враховує систематизацію умов та топографію проведення медичних процедур, аналіз основних функцій шпитального одягу, визначення топографії зношування, встановлення вимог до властивостей матеріалів для його виготовлення, передбачає наявність функціонально-конструктивних елементів із заданими властивостями, дозволить розробити вироби, які на сучасному рівні вимог забезпечать високу якість надання медичних та реабілітаційних послуг.

**Висновки.** Необхідність розробки нового виду шпитального одягу, призначеного для поранених, викликана сучасною воєнно-політичною обстановкою в нашій країні, постійним потоком поранених із зони проведення АТО. Проведений аналіз показав, що існуючий асортимент такого одягу та білизни, які виготовляються згідно нормативам і стандартам, затвердженим більш, ніж 50 років тому, часто не відповідає сучасним вимогам до утримання та лікування поранених, не повністю забезпечує необхідні гігієнічні, захисні та реабілітаційні функції. Розробка сучасного асортименту шпитального одягу і науково обґрунтований вибір матеріалів для його виготовлення, який враховуватиме особливості умов експлуатації і вимоги медиків, дозволить покращити ефективність лікування поранених і хворих, полегшать їх самообслуговування, зменшить ризики інфекціонування та виникнення ускладнень, а також спростять роботу медперсоналу.

#### Список використаних джерел

1. Advanced textile for wound care/Ed. By S. Rajendran. Woodhead Publishing, Cambridg, England. 2009. -321 P.
2. Н.С. Мокеєва, Т.В. Глушкова, О.Н. Харлова, С.В. Дударєва. Концепция разработки одежды для людей с различными заболеваниями // Швейная промышленность. – 2003. – № 2. С.30-31.
3. Харлова О.Н. Функции и требования к больничной одежде /О.Н. Харлова, Е.Г. Андреева, Л.А. Шпагина, Т. В. Климчук // Швейная промышленность. – 2009. – №2, С.42-45.

4. Н.П. Супрун, О.І. Литвинова, О.В. Кушнір. Загальні аспекти розробки одягу для поранених // Розділ в колективній монографії «Перспективні полімерні матеріали та технології» // Київ: КНУТД, 2015. – С. 287-290
5. Супрун Н.П., Власенко В.І., Арабулі С.І. Текстиль та багатофункціональні текстильні композиційні матеріали у виробках для інвалідів та важко хворих. Київ. КНУТД. - 2011. - 360 с.
6. Щуцька Г.В., Супрун Н.П., Пономаренко Т.В. розробка післяопераційного взуття для хворих після операцій на нижніх кінцівках//Вісник КНУТД. – 2015. - №2 (84). – С. 119-124
7. Warp Knitting Technology. From Tricot Machines to High End NCF Carbon Machines. Karl Mayer. 2011

#### РАЗРАБОТКА НОВОГО АССОРТИМЕНТА ГОСПИТАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ

ЛИТВИНОВА О.И., МАРХАЙ М.А., СУПРУН Н.П.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Установить основные принципы разработки современного госпитальной одежды с учетом особенностей его эксплуатации.

**Методика.** Использовалась методология проектирования, учитывающая систематизацию условий и топографию проведения медицинских процедур, разработку соответствующих функционально-конструктивных элементов.

**Результаты.** Проанализированы утилитарные функций госпитальной одежды и установлены основные требования к свойствам материалов для его изготовления, определена топография износа.

**Научная новизна.** Впервые разработаны классификационные признаки утилитарных функций госпитальной одежды.

**Практическая значимость.** Разработаны основные принципы создания и конструкции функциональной госпитальной одежды.

**Ключевые слова:** *госпитальная одежда, топография износа, функциональные вставки.*

#### ELABORATION A NEW ASSORTMENT OF HOSPITAL CLOTHING

LITVINOVA O.I., MARKHAI M.A., SUPRUN N.P.

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose.** To establish the basic principles for the develop of modern hospital clothes taking into account peculiarities of its exploitation.

**Methods.** Was used the methodology of designing , systematization taking into account the conditions and topography of conducting medical procedures, the develop of the appropriate functional-structural elements.

**Results.** Was analysis the utilitarian functions of hospital garments and sets the basic requirements for the properties of materials for its manufacture are defined topography wearing.

**Scientific innovation.** First developed classification features of utilitarian functions of hospital clothing.

**The practical significance.** Was Developed the basic principles of creation and the constructive of functional hospital clothing.

**Keywords:** *hospital clothes, the topography of the wear, the functional insert.*

УДК 685.34.013

СКІДАН О.В. КОНОВАЛ В.П.

Київський національний університет технологій та дизайну  
НАДОПТА Т.А., МИХАЙЛОВСЬКА О.А.  
Хмельницький національний університет

## ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ МОДУЛЬНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВЗУТТЯ

**Мета.** Формування методик перетворень конструкції взуття для дітей-школярів, розробка принципів та варіантів проектування взуття з використанням модульної трансформації.

**Методика.** Використано теоретичні та практичні основи художніх, дизайнерських та інформаційних технологій.

**Результати.** Викладені основні положення та принципи модульної трансформації при проектуванні взуття для дітей-школярів.

**Наукова новизна.** Сформовані основні положення модульної трансформації взуття.

**Практичне значення.** Розроблено принципи застосування модульної трансформації при проектуванні взуття для дітей-школярів, що дозволить отримувати різноманітні перетворення конструкції за ступенем закритості, можливість максимальної експлуатації виробу та економії матеріальних ресурсів.

**Ключові слова:** модуль, трансформація, параметри, модель, взуття.

**Вступ.** Сучасний розвиток взуттєвої галузі вимагає раціонального та інноваційного підходу до проектування і виготовлення взуття. В умовах ринкової економіки також виникає необхідність перегляду традиційних форм організації виробництва. Для цього необхідно докорінно підвищити технічний рівень та якість виробів, а також скоротити терміни і трудомісткість процесу проектування, при цьому враховуючи антропометричні особливості стоп, композиційно-конструктивні особливості взуття, та не знижуючи якість виробу в цілому [1, 2].

Зважаючи на це, у легкій промисловості часто використовують принципи перетворення виробу: складання значної кількості варіантів із заданих елементів, що досягається їх чергуванням, попарним з'єднанням, перестановкою, дзеркальним відображенням, повтором, – які характерні для комбінаторики. У [3, 4] наведено різні класифікації та типи комбінаторних методів. На практиці найчастіше застосовуються модульний метод та метод трансформацій.

Концепція використання модулів полягає в тому, що окремі частини об'єкта можуть бути використані автономно, що обумовлено відносною самостійністю їх форми, та що першочергово, забезпечує необхідні функціональні властивості виробу в цілому. Методи трансформації передбачають перетворення однієї форми в іншу або ж зміну деталей всередині цієї форми.

Однак, розробки з модульного перетворення виробів та їх трансформації найчастіше відносяться до проблематики дизайну одягу та швейного виробництва [5]. Це дозволяє приймати раціональні та креативні конструктивні рішення, створюючи відповідні продукти дизайну.

У наукоємних доробках вчених Славінської А.Л., Рачицької О.Л., вирішуються окремі задачі модульних перетворень та трансформацій при проектуванні одягу [6, 3]. Існують певні напрацювання зі створення модульних конструкцій взуття саме для дітей, проте, лише з позиції уніфікації та стандартизації конструкції [7].

В умовах сьогодення актуальною залишається проблема покращення якості та конкурентоспроможності дитячого взуття шляхом вдосконалення процесу проектування з використанням інноваційних методів формоутворення і засобів сучасного дизайну.

**Постановка завдання.** Мета роботи полягає у розвитку теоретичних методів розробки алгоритмів і практичного забезпечення початкових етапів проектування взуття із використанням принципів перетворень конструкцій взуття для дітей-школярів. Досягнення поставленої мети можливе завдяки автоматизації процесу проектування із застосуванням аналітичного моделювання дитячої стопи та інноваційних методів дизайнерського проектування.

**Результати досліджень.** Основною задачею проектування взуття для дітей-школярів на початковому етапі є формоутворення моделі, адже споживачі чекають індивідуалізованих і різноманітних виробів. Слід зазначити, що взуття для дітей-школярів загалом експлуатується протягом дуже короткого періоду часу, оскільки дитяча стопа росте зі значною швидкістю. А тому, для такого взуття важливо збільшити ступінь його експлуатації, що можливо завдяки використанню методів дизайнерського проектування [2] та створення модульних конструкцій, які дозволяють змінювати не всю модель, а тільки певні її елементи, форму, а також змінювати ступінь закритості стопи взуттям (вид взуття) [8], таким чином щоразу ортимуючи нові моделі взуття, швидко змінюючи і розширюючи асортимент продукції відповідно до вимог споживчого ринку.

Суть методу модульного проектування полягає в проектуванні виробу з окремих модулів, де модуль - це одиниця міри, розмір, що приймається за основу розрахунку розмірів предмету, а також його елементів, які завжди кратні вибраному модулю, і, як правило, однакового розміру [9].

З огляду на вище зазначене, при розробці конструкцій взуття для дітей-школярів запропоновано використовувати термін «модульна трансформація». Це метод перетворення однієї форми конструкції в іншу або зміна деталей всередині цієї форми з використанням відокремлених модулів.

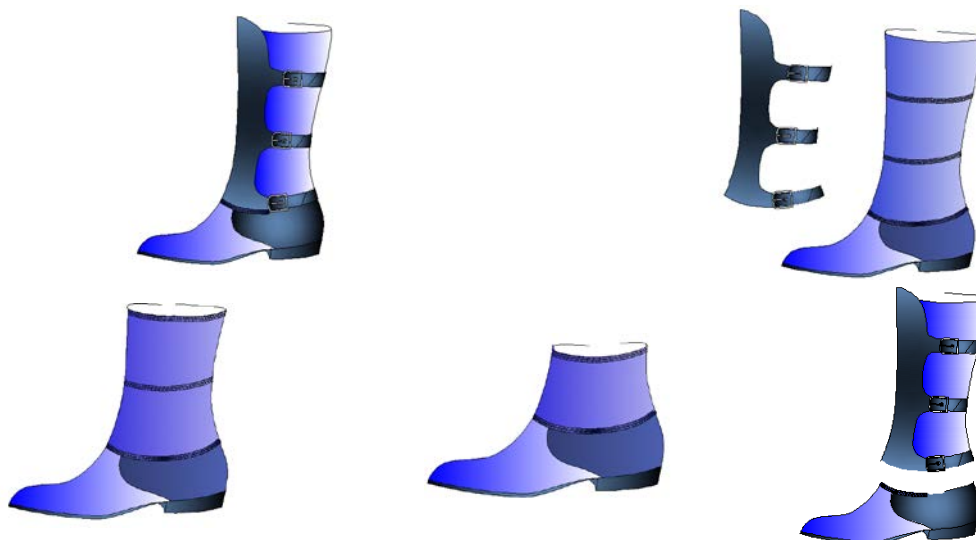
Основні положення модульної трансформації [9]:

- врахування анатомічних особливостей стоп;
- дотримання основ проектування взуття;
- збереження функціональності виробу;
- технологічність конструкції;
- забезпечення ергономічних вимог до взуття для дітей-школярів;
- естетичність.

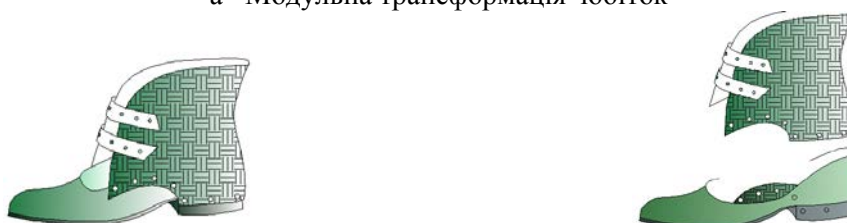
При використанні модульної трансформації також слід звернути увагу на те, що модулі повинні суміщатися між собою, гармонійно поєднуватися один з одним та надійно з'єднуватися між собою. Елементами з'єднання модулів можуть виступати гачки, кнопки, банти, стрічки, велькро та т.ін.

Створені в роботі конструкції взуття для дітей-школярів з використанням модульних трансформацій (рис.1) дозволять в цілому збільшити ступінь експлуатації дитячого взуття, а також уникнути недоліків чи набути додаткових якостей взуття.

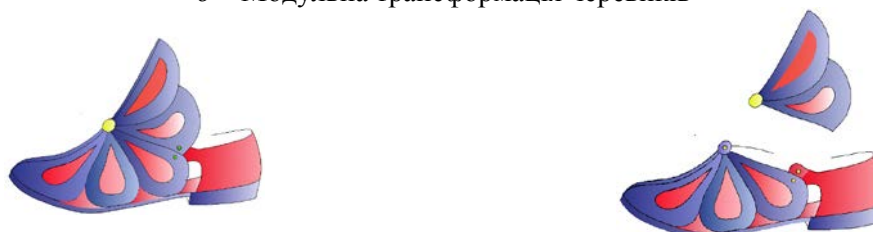
Подальший вибір методу проектування залежить від функціонального призначення та технологічності конструкції.



а – Модульна трансформація чобіток



б – Модульна трансформація черевиків



в – Модульна трансформація напівчеревиків

Рис. 1 Модульні трансформації конструкцій взуття

Представлені конструкції завдяки виділеним модулям, що легко відокремлюються від нижньої частини взуття чи приєднуються до неї завдяки кнопковим застібкам чи блискавкам, таким чином перетворюючись із чобіток в напівчобітки, черевики, напівчеревики, туфлі і, навпаки. Язичкова частина союзки (рис.1, в) може не лише відокремлюватись, а й повертатись на нижню частину союзки.

Таким чином, переваги використання модульних трансформацій при проектуванні взуття для дітей-школярів полягають у наступному:

- легкість перетворення конструкції за ступенем закритості;
- можливість максимальної експлуатації;
- простота закріплення на стопі;
- простота одягання і зняття взуття зі стопи;
- економічна доцільність.

### Висновки

1. Встановлено актуальність нового підходу до процесу проектування взуття з метою покращення його якості та конкурентоспроможності в умовах сучасного ринку. Такі можливості відкриваються із впровадженням інноваційних прийомів дизайну та

автоматизації процесу проектування із застосуванням аналітичного моделювання дитячої стопи.

2. Запропоновані основні принципи модульної трансформації взуття для дітей-школярів. Подібний підхід дозволить отримувати різні за складністю елементи конструкції виробу, які пов'язані між собою.

3. Застосування модульної трансформації при проектуванні взуття для дітей-школярів дозволить отримувати різноманітні перетворення конструкції за ступенем закритості, можливість максимальної експлуатації виробу та економії матеріальних ресурсів.

### Список використаних джерел

1. Надопта Т.А. Розробка методу проектування деталей верху взуття на основі аналітичної моделі прототипу: дис. ...канд. техн. наук: 05.18.18 / Надопта Тетяна Анатоліївна – Хмельницький, 2013. – 214 с.
2. Скідан О.В. Визначення пріоритетного композиційно-конструктивного рішення взуття для дітей-школярів / О.В. Скідан, Т.А. Надопта, А.Б. Домбровський // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 1. – С.
3. Рачицкая Е.И. Моделирование и художественное оформление одежды / Е.И. Рачицкая, В.И. Сидоренко. – Ростов н/Д.: Феникс, 2002. – 608 с.
4. Дизайн: Иллюстрированный словарь-справочник / Под общ. редакцией Г.Б. Минервина. - М.: Архитектура, 2004. - 281 с.
5. Гусейнов Г.М. Композиция костюма: Учебное пособие для студентов вузов / Г.М. Гусейнов, В.В. Ермилова, Д.Ю. Ермилова и др. - М.: Академия, 2003. - 432с.
6. Славінська А. Л. Наукові основи топологічних процесів модульного проектування одягу : Автореф. дис... д-ра техн. наук : 05.19.04 / А. Л. Славінська; Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. - К., 2004. - 44 с
7. Модульное проектирование конструкций обуви (на примере детской обуви): автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н.: специальность 05.19.06 Технология обувных и кожевенно-галантерейных изделий / Кораблина Светлана Юрьевна; [Моск. гос. акад. легкой пром-сти]. - Москва: 1998. - 24 с.
8. Михайловська О. А. Удосконалення конструкції дитячого спеціального взуття для спортивних танців: дис. ...канд. техн. наук: 05.18.18 / Михайловська Оксана Анатоліївна – Хмельницький, 2010. – 198 с.
9. Петушкова Г.И. Проектирование костюма: Учебник для вузов / Г.И. Петушкова.М.: Академия, 2004. - 416 с.: ил.

### References

1. Nadopta T.A. Rozrobka metodu proektuvannia detalei verkhу vzuttia na osnovi analitychnoi modeli prototypu: dys. ...kand. tekhn. nauk: 05.18.18 / Nadopta Tetiana Anatolivna – Hmel'nic'kij, 2013. – 214 s.
2. Skidan O.V. Vyznachennia priorytetnoho kompozytsiino-konstruktyvnoho rishennia vzuttia dlia ditei-shkoliariv / O.V. Skidan, T.A. Nadopta, A.B. Dombrovskiy // Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu. – 2015. – №1 – 244-248 s.
3. Rachytskaia E.Y. Modelyrovanye y khudozhestvennoe oformlenye odezhdы / E.Y. Rachytskaia, V.Y. Sydorenko. – Rostov n/D.: Fenyks, 2002. – 608 s.
4. Dyzaín: Ylliustryrovannyy slovar-spravochnyk / Pod obshch. redaktsyei H.B. Mynervyna. - M.: Arkhytektura, 2004. - 281 s.
5. Huseinov H.M. Kompozytsiya kostiuma: Uchebnoe posobyе dlia studentov vuzov / H.M. Huseinov, V.V. Ermylova, D.Yu. Ermylova y dr. - M.: Akademyia, 2003. - 432s.
6. Slavinska A. L. Naukovi osnovy topolohichnykh protsesiv modulnoho proektuvannia odiahu : Avtoref. dys... d-ra tekhn. nauk : 05.19.04 / A. L. Slavinska; Kyiv. nats. un-t tekhnologij ta dizajnu. - K., 2004. - 44 s.
7. Modulnoe proektyrovanye konstruktsyi obuvy (na prymere detskoi obuvy): avtoreferat dyssertatsyy na soyskanye uchenoi stepeny k.t.n.: spetsyálnost 05.19.06 Tekhnolohyia obuvnykh y kozhevenno-halantereinykh yzdelyi / Korablyna Svetlana Yurevna; [Mosk. hos. akad. lehkoï prom-

sty]. - Moskva: 1998. - 24 s.

8. Mykhailovska O. A. Udoskonalennia konstrukttsii dytiachoho spetsialnoho vzuttia dlia sportyvnykh tantsiv: dys. ...kand. tekhn. nauk: 05.18.18 / Mykhailovska Oksana Anatolivna – Khmelnytskyi, 2010. – 198 s.

9. Petushkova H.Y. Proektyrovanye kostiuma: Uchebnyk dlia vuzov / H.Y. Petushkova.M.: Akademyia, 2004. - 416 s.: yl.

## ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИПАРАМЕТРИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ

СКИДАН О.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

НАДОПТА Т.А., МИХАЙЛОВСКАЯ О.А.

*Хмельницкий национальный университет*

**Цель.** Формирование методик преобразований конструкции обуви для детей-школьников, разработка принципов и вариантов проектирования обуви с использованием модульной трансформации.

**Методика.** Использованы теоретические и практические основы художественных, дизайнерских и информационных технологий.

**Результаты.** Изложены основные положения и принципы модульной трансформации при проектировании обуви для детей-школьников.

**Научная новизна.** Сформированы основные положения модульной трансформации обуви.

**Практическое значение.** Разработаны принципы применения модульной трансформации при проектировании обуви для детей-школьников, что позволяет получать различные преобразования конструкции по степени закрытости, возможность максимальной эксплуатации изделия и экономии материальных ресурсов.

**Ключевые слова:** модуль, трансформация, параметры, модель, обувь

## POLITICAL PRINCIPLES OF FORMATION PARAMETRIC MODELS

O.V. SKIDAN

*Kyiv National University of Technologies and Design*

NADOPTA T.A., MYKHAILOVSKA O.A.

*Khmelnytskyi Natsional University*

**Purpose.** Forming techniques transforms design shoes for school children, the development of principles and design options of shoes using a modular transformation.

**Method.** We use theoretical and practical foundations of art, design and information technology.

**Results.** The main provisions and principles of the modular transformation in the design of shoes for school children.

**Scientific novelty.** It formed the main provisions of the modular transformation of the shoe.

**Practical value.** The principles of the use of the modular transformation in the design of shoes for school children, which allows you to receive a variety of designs for the conversion degree of closure, the possibility of a maximum use of the product and save material resources.

**Keywords:** module, the transformation parameters, model, shoes

УДК 677.025

МЕЛЬНИК Л.М., ЧЕРЕПАХОВА Т.І., ДРОБИНА І.І.  
Київський національний університет технологій та дизайну  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СТРУКТУРИ  
ЕЛАСТИЧНОГО ТРИКОТАЖУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ  
КОМПРЕСІЙНИХ ПАНЧІШНИХ ВИРОБІВ**

**Мета.** Аналіз основних вимог до компресійних панчішних виробів та встановлення відповідності результатів досліджень параметрів структури еластичного трикотажу основним вимогам до компресійного лікувального та профілактичного одягу за діючими стандартами.

**Методика.** Для досягнення поставленої мети були виготовлені трикотажні компресійні панчішні вироби різних ступенів компресії та досліджені параметри їх структури для виявлення відповідності вимогам стандартів. Для вивчення параметрів еластичного кулірного трикотажу були використані експериментальні методи досліджень за стандартними методиками, після попереднього приведення зразків трикотажу в умовно-рівноважний стан.

**Результати.** Дослідження параметрів структури компресійних панчішних виробів дозволили встановити їх відповідність стандартизованим значенням. Виявлено, що волого-теплова обробка виробів, не впливає на їх лінійні розміри, що забезпечує стійкі фізіотерапевтичні властивості, що надаються компресійним панчішним виробом.

**Наукова новизна.** Встановлено параметри структури компресійних панчішних виробів різного ступеня компресії та їх відповідність стандартизованим значенням.

**Практична значимість.** Отримані експериментальні результати досліджень розширюють знання про технологічні особливості виготовлення еластичного компресійного трикотажу, що забезпечує необхідну якість продукції.

**Ключові слова:** одинарний кулірний футерований трикотаж, компресія, вироби панчішно-шкарпеткові компресійні, довжина нитки в петлі, параметри структури трикотажу.

**Вступ.** Сучасна людина вже навряд чи може уявити своє життя без такого поліфункціонального і зручного матеріалу, як трикотаж. Зважаючи на неабияку зацікавленість споживача у цьому матеріалі, трикотажна промисловість досить стрімко завойовує свій авторитет у різних галузях, забезпечуючи при цьому не тільки гарний зовнішній вигляд своїх виробів, а й необхідні функції та властивості того чи іншого виробу.

Трикотаж медичного призначення має дуже широку сферу застосування. Різноманітність медичних еластичних фіксуючих та компресійних виробів досить велика. За конструкцією вони підрозділяють на п'ять груп: бинти еластичні, бандажі еластичні, пов'язки для фіксації суглобів, одяг компресійний, вироби панчішно-шкарпеткові компресійні високоеластичні [1]. Найбільш практичний інтерес викликають текстильні вироби, що стали неймовірно популярними на сьогоднішній день, завдяки своїй доступності та простоті у використанні, а саме – панчішно-шкарпеткові компресійні вироби з лікувальним або профілактичним ефектом.

**Постановка завдання.** Термін компресійні вироби використовують у медицині для назви виробів, що здатні створити ефект компресії на тіло пацієнта. Компресія – це процес, що полягає у створенні фізичного впливу (тиску) на органи і тканини людини еластичним виробом [1]. Вироби еластичні – вироби, здатні протистояти зовнішнім деформуючим силам, відновлюючи свої первинні розміри при усуненні навантаження, а також мають розтяжність, значення якої більше 500%.

Кожен клас компресії – це дозований тиск на венозні стінки певної частини тіла людини, тобто, це така характеристика ступеня компресії (тиску), що надається еластичним виробом на ділянку тіла пацієнта. Найбільш часто виробники використовують німецький стандарт [2], який встановлює тиск в області щиколотки та його розподіл вздовж виробу.

До групи виробів компресійного медичного призначення висувається ряд вимог, забезпечення яких є обов'язковим для отримання необхідного лікувального ефекту, наприклад, правильний фізіологічний розподіл тиску, формостійкість, зносостійкість, стабільність в різних умовах експлуатації. Саме тому виникла необхідність в розробці трикотажу для компресійних виробів та дослідження його параметрів на предмет відповідності вимогам стандарту.

**Результати досліджень.** Для проведення досліджень були обрані жіночі компресійні гольфи 4-го розміру, I - III класу компресії. Гольфи були виготовлені на панчішному автоматі моделі L40ME з наступних видів ниток: лайкра, обплетена поліамідом (Ly310dtex+2(PA22/7 dtex)), лайкра, обплетена поліамідом (Ly22dtex+2(PA44/34dtex)), текстурований поліамід (PA6 78/18/2 dtex). Особливістю трикотажних полотен із вмістом еластомерних ниток є можливість, в залежності від способу їх закріплення, варіювання властивостями полотен, що дозволяє створювати вироби різного призначення з різним компресійним ефектом та гігієнічними властивостями. Сировина, що використовувалась при виробництві компресійних панчішних виробів рекомендована провідними європейськими виробниками компресійного трикотажу, і підібрана відповідно до вимоги міжнародного стандарту якості [2].

Відомо [3], що кулірний трикотаж характеризується великою різноманітністю переплетень. Але умови, що висуваються до виробів компресійного призначення, в значній мірі обмежують цей вибір.

Досліджувані панчішно-шкарпеткові вироби виготовлені одинарним кулірним футерованим переплетенням на базі гладі. Вибір одинарних переплетень обумовлений їх меншою товщиною. В трикотажі одинарних переплетень еластомерна нитка може бути закріплена в структурі прокладенням у вигляді футерних накидів або пров'язуванням у петлі. Пров'язування еластомерної нитки у петлі є недоцільним, оскільки значно збільшує поверхневу густину трикотажу. Тому еластомерна нитка в структурі досліджуваного трикотажу прокладена у вигляді поперечної футерної нитки, в результаті чого найбільше виявляються її пружні властивості.

Прокладення футерної нитки на одну і ту ж саму голку в кожному петельному ряду призвело б до збільшення товщини трикотажу і утворення вертикального рельєфу, що є зовсім небажаним для виробів лікувального та профілактичного призначення. Саме тому прокладання футерної еластомерної нитки в рядах досліджуваних панчішно-шкарпеткових виробів відбувається зі зміщенням на один голковий крок, за рахунок чого утворюється сітчаста структура трикотажу, яка на дотик гладка.

До основних характеристик структури будь-якого трикотажу [3], що обумовлюють зовнішній вигляд і матеріалоемність вив'язаних виробів, відносяться наступні параметри: кількість петельних рядів  $N_p$ , (ряд) і кількість петельних стовпчиків  $N_s$ , (ст.) на одиницю довжини (на 100 мм), довжина нитки в петлі  $l$ , (мм), товщина трикотажу  $M$ , (мм), поверхнева густина трикотажу  $m_s$ , (г/м<sup>2</sup>).

Для панчішно-шкарпеткових виробів параметри структури трикотажу визначались по кожній із двох контролюючих ділянок [1]: шийка та пагомілок.

Експериментальні значення (табл. 1) отримані при дослідженні ділянки шийки гольфа показують, що кількість петельних стовпчиків однакова для всіх трьох ступенів компресії, що можна пояснити утворенням максимально щільного трикотажу, в якому

еластомерна нитка відновлює свої попередні розміри до моменту, коли петельний крок відповідає значенню  $4d$  [4].

На ділянці пагомілка кількість петельних стовпчиків зростає з підвищенням компресії, оскільки підвищується видовження еластомерної нитки до входу в петлетвірну систему; відповідно, після зняття навантаження вона відновлює свої попередні розміри в більшому ступені для третьої компресії.

Дослідження щільності трикотажу по вертикалі на ділянці шийки та пагомілка показали, що у всіх виробках  $I^{oi}$ ,  $II^{oi}$  та  $III^{oi}$  компресії кількість рядків однакова, що пояснюється умовами в'язання, а також відновленням еластомерною ниткою своїх початкових розмірів, в наслідок чого петлі ґрунту переорієнтовуються в площині перпендикулярній трикотажу, що передбачає можливість збільшення товщини трикотажу.

Таблиця 1

**Результати експериментальних досліджень параметрів структури трикотажу**

| Клас компресії | Ділянка   | До прання |        |            |               |       | Після прання |        |            |               |       |
|----------------|-----------|-----------|--------|------------|---------------|-------|--------------|--------|------------|---------------|-------|
|                |           | Np, p     | Nc, ст | $l_n$ , мм | $l_\phi$ , мм | M, мм | Np, p        | Nc, ст | $l_n$ , мм | $l_\phi$ , мм | M, мм |
| 1              | Шийка     | 240       | 210    | 1,60       | 0,47          | 0,60  | 240          | 215    | 1,67       | 0,47          | 0,62  |
|                | Пагомілок | 240       | 120    | 1,70       | 0,78          | 0,60  | 240          | 124    | 1,69       | 0,78          | 0,63  |
| 2              | Шийка     | 240       | 210    | 1,61       | 0,45          | 0,61  | 240          | 210    | 1,66       | 0,47          | 0,63  |
|                | Пагомілок | 240       | 140    | 1,69       | 0,76          | 0,66  | 240          | 142    | 1,71       | 0,78          | 0,64  |
| 3              | Шийка     | 240       | 210    | 1,60       | 0,42          | 0,59  | 240          | 214    | 1,60       | 0,44          | 0,57  |
|                | Пагомілок | 240       | 150    | 1,69       | 0,73          | 0,70  | 240          | 150    | 1,62       | 0,76          | 0,69  |

Коливання товщини трикотажу на ділянці шийки в межах трьох компресій складає  $\approx 0,01$  мм, що є незначним, і, підтверджує той факт, що футерна нитка максимально ущільнює структуру на цій ділянці. На ділянці пагомілка відслідковується деяке підвищення значення товщини, що можна пояснити збільшенням поперечних розмірів футерної нитки і розміщенням елементів структури в площині, що перпендикулярна площині трикотажу.

Поверхнева густина трикотажу на ділянці пагомілка зростає зі збільшенням компресії, оскільки збільшується щільність трикотажу. На ділянці шийки поверхнева густина трикотажу коливається в межах 5%, що підтверджує факт утворення максимально щільного трикотажу. Крім того, порівняння отриманих значень з нормативними (рис. 1) показують, що вони мають відповідність у виробках  $II^{to}$  класу компресії; деяке перевищення, що становить 9% на ділянці пагомілка і 25% – на шийці, у виробках  $I^{to}$  класу компресії; а при  $III^{my}$  класі компресії – експериментальний показник менше нормативного значення. Рекомендовано зменшити поверхневу густину трикотажу для виробів  $I^{to}$  класу компресії, оскільки це значно вплине на зменшення матеріалоємності готових виробів.

Дослідження впливу волого-теплової обробки на структуру трикотажу показали, що зміни лінійних розмірів виробу після прання не відбувається, а ті значення що відмінні від нуля – знаходяться в межах похибки, не перевищуючи 5 %. Це значить, що волого-теплова обробка в процесі експлуатації готових виробів споживачем не повинна впливати на терапевтичний ефект.

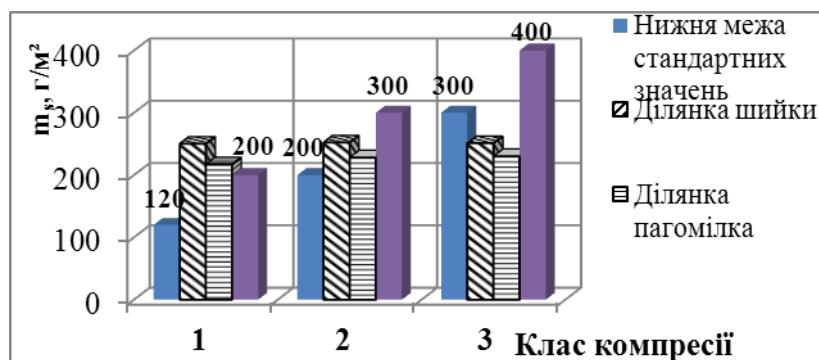


Рис. 1 Експериментальні значення поверхневої густини трикотажу

**Висновки.** Проведені дослідження параметрів структури компресійних панчішних виробів дозволили встановити їх відповідність стандартизованим значенням. Отримані значення поверхневої густини трикотажу показують, що вони мають відповідність з нормативними у виробі І<sup>го</sup> класу компресії; деяке перевищення у виробі І<sup>го</sup> класу компресії, а при ІІ<sup>му</sup> класі компресії – менше нормативного. Рекомендовано зменшити поверхневу густину трикотажу для виробів І<sup>го</sup> класу компресії, оскільки це значно вплине на зменшення матеріалоємності готових виробів. Виявлено, що зміна лінійних розмірів виробів після проведення волого-теплових обробок, знаходиться в межах похибки 5% і не впливає на фізіотерапевтичні властивості, що надаються компресійним панчішним виробом.

#### Список використаних джерел

1. ГОСТ Р 51219–98 Изделия медицинские эластичные фиксирующие и компрессионные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. RAL–GZ 387/1 Medical Compression Hosiery. Quality Assurance.
3. Шалов И.И., Далидович А.С., Кудрявин Л.А. Технология трикотажного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984г. – 296с.
4. Торкунова З.А. Испытания трикотажа. – М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985. – 200 с.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ ЭЛАСТИЧНОГО ТРИКОТАЖА ДЛЯ КОМПРЕССИОННЫХ ЧУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

МЕЛЬНИК Л.М., ЧЕРЕПАХОВА Т.И., ДРОБИНА И.И.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Анализ основных требований к компрессионным чулочным изделиям и определение соответствия результатов исследований параметров структуры эластичного трикотажа основным требованиям к компрессионной лечебной и профилактической одежде действующих стандартов.

**Методика.** Для достижения поставленной цели были изготовлены трикотажные компрессионные чулочные изделия разных степеней компрессии и исследованы параметры их структуры для определения соответствия требованиям стандартов. Для изучения параметров эластичного кулирного трикотажа были использованы экспериментальные

методы исследования по стандартным методикам, после предварительного приведения образцов трикотажа в условно-равновесное состояние.

**Результаты.** Исследование параметров структуры компрессионных чулочных изделий позволили определить их соответствие стандартизованным значениям. Определено, что влажно-тепловая обработка изделий, не влияет на их линейные размеры, что обеспечивает необходимый физиотерапевтический эффект в процессе эксплуатации.

**Научная новизна.** Установлено параметры структуры компрессионных чулочных изделий с разной степенью компрессии и их соответствие стандартизованным значениям.

**Практическая значимость.** Полученные экспериментальные результаты исследований расширяют знания о технологических особенностях изготовления эластичного компрессионного трикотажа, что обеспечивает необходимое качество продукции.

**Ключевые слова:** *одинарный кулирный футерованный трикотаж, компрессия, изделия чулочно-носочные компрессионные, длина нити в петле, параметры структуры трикотажа.*

## INVESTIGATION OF STRUCTURE PARAMETERS STRETCH FABRIC FOR COMPRESSION HOSIERY

MELNYK L.M., CHEREPAKHOVA T.I., DROBYNA I.I.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Purpose.** Analysis of the main standards to compression hosiery and determine whether the results of studies of structural parameters of elastic knitted basic requirements for compression treatment and prevention clothes existing standards.

**Methodology.** The compression hosiery have been made with different degrees of compression parameters and investigated their parameters of structures to determine compliance with the standards. To study the parameters of weft elastic knitwear were used experimental methods of investigation by standard techniques.

**Findings.** Investigation of the structure parameters of compression hosiery allowed to determine their compliance with the standardized values. It is recommended to reduce the basic weight of knitted fabric for I class compression to standard values, as this will reduce the material consumption of products. It is determined that the wet-heat treatment of products, no effect on their linear dimensions, which ensures the necessary therapeutic effect in operation.

**Originalty.** The parameters of the structure of compression hosiery with varying degrees of compression and their compliance with established standardized values.

**Practical value.** The experimental results of the research are expanding knowledge of the technologies used in the manufacture of elastic compression stockings, which provides the necessary quality.

**Keywords:** *single weft hopsack jersey, compression, compression hosiery, thread length in the loop, structure parameters of fabric.*

УДК 687.157:355.587

ГОРІСЛАВЕЦЬ І.В., РУБАНКА А.І., ЄВТУШИК О.В.,  
ОСТАПЕНКО Н.В.

Київський національний університет технологій і дизайну

## РОЗРОБКА ВИМОГ ДО СПЕЦІАЛЬНОГО ОДЯГУ ДЛЯ РЯТУВАЛЬНИКІВ

**Мета.** Аналітичні дослідження специфічних та виробничо-кліматичних умов праці рятувальників з метою формулювання вимог до спеціального одягу та матеріалів для його виготовлення.

**Методика.** Використаний загальний метод аналізу існуючого аварійно-рятувального одягу та проаналізовано виробничу діяльність працівників в цивільній авіації.

**Результати.** У ході роботи було встановлено, що спеціальний одяг робітника для ведення аварійно-рятувальних робіт в цивільній авіації повинен відповідати комплексу жорстких і суперечливих вимог, обумовлених його функціональним призначенням.

**Наукова новизна.** Встановлено специфічні вимоги до спеціального захисного одягу для ведення аварійно-рятувальних робіт.

**Ключові слова:** цивільна авіація, спеціальний одяг, аварійно-рятувальні роботи, рятувальник, небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

**Постановка проблеми.** Цивільна авіація є складовою частиною єдиної транспортної системи України. Робота в цій галузі потребує особливої уваги щодо здоров'я та захисту працівників. Відповідно до повного оцінювання характеру, масштабів і особливостей аварій та катастроф в цивільній авіації України та специфіки виробничо-кліматичних умов визначено виробничу діяльність з ліквідації аварій. Однією з основних причин високого травматизму рятувальників є відсутність ефективних засобів індивідуального захисту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Встановлено, що більша частина одягу не має належних сертифікатів відповідності та має ряд недоліків, як конструктивних так і захисних. Ці дані свідчать про те, що одяг, який використовується підрозділами оперативно-рятувальних служб України, не повною мірою здатен захищати користувачів від небезпечних факторів. Розробка спеціального одягу є актуальною науково-технічною задачею, вирішення якої забезпечить підвищення показників надійності, ергономічності одягу та ефективний захист працівників при веденні аварійно-рятувальних робіт в цивільній авіації.

**Формулювання цілей статті.** Для обмеження негативного впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів обов'язковим є використання спеціального одягу. Враховуючи специфіку роботи рятувальників, до спеціального одягу висуваються досить жорсткі і, часто, суперечливі вимоги, обумовлені його функціональним призначенням. Це стосується як матеріалів, що використовуються для його виготовлення, так і конструктивно-технологічного виконання.

**Основна частина.** Одним з основних засобів захисту рятувальників є спеціальний одяг. Саме він має першочергове значення при ліквідації або локалізації аварій, бо рівень безпеки працівників знаходиться в прямій залежності від ступеня його досконалості. Одяг рятувальника повинен захищати його не тільки від небезпечних та шкідливих факторів агресивного середовища, а також від несприятливих кліматичних впливів (низьких температур, збільшеної рухливості повітря, сонячної інсоляції, опадів, туману тощо). Нами означено основний перелік небезпечних та шкідливих факторів (підвищена температура, підвищена вологість, загазованість, запиленість, руйнування конструкцій, горних порід тощо), якого зазнають працівники під час проведення аварійно-рятувальних робіт (рис. 1).

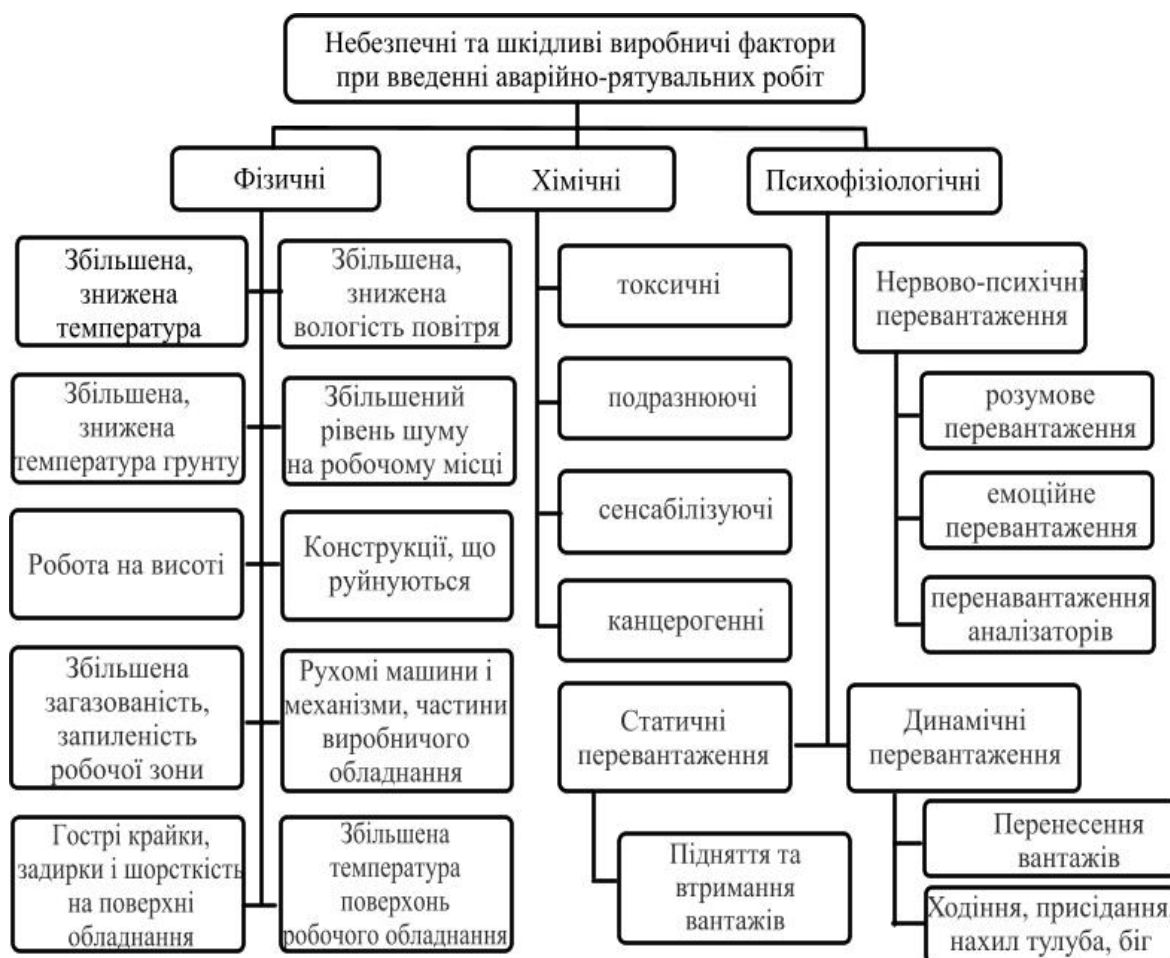


Рис.1 Номенклатура небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що діють на працівників при веденні аварійно-рятувальних робіт

Проектування спеціального одягу – складне завдання і базується, перш за все, на глибоких аналітичних дослідженнях умов праці, що дозволить в подальшому сформулювати вимоги, і на основі теоретичних і експериментальних досліджень науково-обґрунтовано підійти до вибору матеріалів і розробки конструктивно-технологічних рішень. Залежно від виду аварії, умов праці, дії комплексу небезпечних факторів, оперативного-тактичних завдань, які виконуються, та ступеня захисту рятувальники використовують спеціальний одяг з підвищеними вимогами до надійності. Рятувальник повинен мати спеціальний одяг, який забезпечує максимальний ступінь захисту та бути ергономічним в експлуатації, а також мати мінімальну вагу при максимальній міцності [1]. Основною складовою процесу проектування нових різновидів аварійно-рятувального спеціального одягу є розробка конструктивно-технологічного рішення. Отже, одяг для рятувальників повинен мати ергономічну конструкцію для забезпечення максимально можливого рівня захисту. Відомо [2], що захисний комплект рятувальників повинен складатися зі спеціального одягу та індивідуального спорядження. До індивідуального спорядження належать шкіряні рукавички, черевики, шоломи з підшоломниками, які забезпечують ефективний захист від удару, дихальні апарати, маски, респіратори для захисту органів дихання. При розробці спеціального одягу для рятувальників враховувалися змінні параметри оточуючого середовища, характер діяльності робітника, його антропометричні розміри, властивості матеріалів, що застосовуються, та особливості формування пакета матеріалів одягу при заданому впливі комплексу факторів. Однією з умов створення сучасного високоякісного

спеціального одягу, що задовольняє вимогам споживачів, є підвищення якості його конструктивного рішення. Недостатнє врахування морфологічних особливостей людини (антропометричних і біомеханічних характеристик, силових можливостей, ступеня чутливості аналізаторів, особливостей тепло- і вологообміну з довкіллям тощо) при проектуванні спецодягу може призвести до створення виробів з незручною, нераціональною конструкцією, експлуатація яких призведе до фізичного, теплового, нервово-емоційного перевантаження. Конструкція виробів та їх елементів, а також матеріал і способи виготовлення повинні запобігати проникненню в підкостюмний простір пилу, газу, пари, поверхнево-активних речовин та інших агресивних середовищ [3]. На ринку вітчизняних та закордонних виробників представлено безліч різновидів комплектів для рятувальників, які найчастіше складаються з куртки та штанів або напівкомбінезонів. За результатами опитування працівників по веденню аварійно-рятувальних робіт в цивільній авіації, встановлено, що більш ефективним і зручним у використанні є комбінезон за умов створення його ергономічної конструкції, який і обрано для подальших досліджень. Для забезпечення високої динамічності професійно-кваліфікаційної діяльності працівників застосовують прямий силует та вшивний покрій рукав виробів, що є доцільним під час виконання робіт в обмеженому просторі. Для унеможливлення опіків та інших травмувань рятувальників фурнітура, зокрема застібка-блискавка, має бути закрита планками з обох сторін для запобігання її контакту зі шкірою рятувальника. Розміщення вентиляційних отворів у спеціальному одязі обґрунтовано зонами найбільших потовиділень (наприклад, у підпахвових западинах та ін.) з метою комфортного теплового стану працівника. Для рятувальників, які працюють в умовах обмеженої видимості, обов'язковою вимогою є наявність сигнальних смуг з світловідбивного або флуоресцентного матеріалів шириною не менш ніж 0,02 м. Площа їх поверхні повинна складати не менш ніж 0,2 м<sup>2</sup> в області грудей; 0,08 м<sup>2</sup> – на спині; 0,12 м<sup>2</sup> – на руках. Площа поверхні сигнальних смуг на штанах повинна становити не менш ніж 0,05 м<sup>2</sup> та розташовуватись вони мають по низу виробу. Спеціальний одяг повинен мати комір-стояк шириною не менше ніж 100 мм. Конструкція спеціального одягу і застосована фурнітура комплексу мають дозволяти рятувальнику екіпіруватися по тривозі у встановлений час і ефективно виконувати всі види робіт при аваріях та проведення пов'язаних з ними першочергових аварійно-рятувальних роботах. Актуальним є використання накладок для посилення зон, які підлягають найбільшому зношуванню, з метою подовження терміну експлуатації. Доцільно використовувати накладки в області колінних та ліктьових суглобів. Адаптація до морфологічних ознак рятувальників здійснюється за рахунок проектування куліс, хлястиків, бретелей, тасьм тощо. Для кожного виду спеціального одягу регламентовано граничні значення теплофізичних, оперативно-тактичних, ергономічних, конструкторсько-технологічних та показників надійності виробу та матеріалів, що використовуються для їх виготовлення. Перспективним є шлях конструювання спецодягу за базово-модульним принципом, при якому створюється базовий виріб із заданими захисними властивостями. На його основі шляхом доповнень та конструктивних змін окремих елементів або використанням стандартних прийомів конструювання здійснюється розробка асортиментного ряду. Під час конструювання одягу для рятувальників необхідно створювати помірно об'ємні форми, що покращить оперативно-тактичну та ергономічну складову виробничої діяльності. Розроблені вироби мають бути багатофункціональними та сумісними з іншими засобами індивідуального захисту. Простим та швидким повинно бути одягання та знімання одягу, тривалість яких становить секунди і може зберегти життя як постраждалих в авіаційній катастрофі, так і самим рятувальникам. Отже, проектування спеціального одягу є досить складним та відповідальним завданням, яке потребує чіткого дотримання всіх вимог (рис. 2).



Рис. 2 Перелік вимог до спеціального захисного одягу рятувальників

До кожного виду захисного одягу висуваються специфічні вимоги в залежності від виду виконуваних робіт. Загальними ж вимогами для будь-яких виробів є незначна унормована зміна лінійних розмірів матеріалу після прання, дії тепла, поверхнево-активних речовин. тощо. На кожній одиниці спеціального одягу має бути маркування, яке містить піктограму із розміром, видом небезпеки і галуззю застосування.

Перед використанням одягу відбувається його ретельна перевірка на наявність дефектів та пошкоджень. Заборонена експлуатація спеціального одягу за наявності механічних пошкоджень, надрізів, проколів матеріалу (швів) та невідповідності виробів іншим нормативним документам [4].

**Висновки.** Урахування сучасних тенденцій в конструюванні, поява нових матеріалів та тканин з більш досконалішими властивостями, вироблення єдиного підходу до створення засобів захисту, застосування модульного принципу проектування будуть сприяти розширенню оперативного-тактичних можливостей під час ведення аварійно-рятувальних робіт. Чітке дотримання розробленим вимогам до конструктивного рішення, технології та матеріалів буде сприяти створенню високоякісного аварійно-рятувального спеціального одягу.

#### Список використаних джерел

1. Колосніченко М.В. Ергономіка і дизайн. Проектування сучасних видів одягу: Навчальний посібник. / М.В. Колосніченко, Л.І. Зубкова, К.Л. Пашкевич, Т.О. та ін. – К.: ПП«НВЦ«Профі», 2014. – 386 с.
2. Штайн Б.В. Аналіз технічних вимог до теплозахисного одягу пожежника / Б.В. Штайн, Б.В. Болібрux / Зб. наук. праць «Вісник ЛДУ БЖД» – Львів: ЛДУ БЖД, 2007. – №1, – С. 140–146.
3. Остапенко Н.В. Создание элементов специальной термозащитной одежды на основе принципа трансформации / Н.В. Остапенко, Е.В. Колосниченко, А.И. Рубанка, Е.В. Будченко /

Сборник трудов международной научно-практической конференции «Текстиль – одежда – обувь – средства индивидуальной защиты» – Шахты : ГОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2010. – С. 82 – 85.

4. Требования к спецодежде [Электронный ресурс]: Режим доступа <http://art-assorty.ru/6904-trebovaniya-specodezhde.html>

5. Технічний регламент засобів індивідуального захисту [Електронний ресурс]: Режим доступу <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/761-2008-п>

6. Теорія і практика ліквідації надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс]: Режим доступу [http://www.ubgd.lviv.ua/sites/default/files/files/zbirnyk\\_tez.pdf](http://www.ubgd.lviv.ua/sites/default/files/files/zbirnyk_tez.pdf)

## РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЕ ДЛЯ СПАСАТЕЛЕЙ

ГОРИСЛАВЕЦ И.В., РУБАНКА А.И., ЕВТУШИК О.В., ОСТАПЕНКО Н.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Аналитические исследования специфических и производственно-климатических условий труда спасателей с целью формулирования требований к специальной одежде и материалов для его изготовления.

**Методика.** Использован общий метод анализа существующего аварийно-спасательного одежды и проанализированы производственную деятельность работников в гражданской авиации.

**Результаты.** В ходе работы было установлено, что специальная одежда рабочего для ведения аварийно-спасательных работ в гражданской авиации должна отвечать комплексу жестких и противоречивых требований, обусловленных его функциональным назначением.

**Научная новизна.** Установлено специфические требования к специальной одежде для ведения аварийно-спасательных работ.

**Ключевые слова:** гражданская авиация, специальная одежда, аварийно-спасательные работы, спасатель, опасные и вредные производственные факторы.

## DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR SPECIAL CLOTHING FOR RESCUE WORKERS

HORISLAVETS I., RUBANKA A., YEVTUSHYK O.V., OSTAPENKO N.

*Kyiv National University of technologies and design, Ukraine*

**Purpose.** Analytical studies of specific production and climatic conditions of the rescuers with the aim of formulating requirements for special clothing and materials for its manufacture.

**Methodology.** Used General method of analysis of the existing emergency clothing and analyzed the activities of production workers in civil aviation.

**Findings.** During the work it was established that the special working clothes for conducting rescue operations in civil aviation should meet the complex rigid and contradictory requirements posed by its functional purpose.

**Originality.** Established specific requirements for special protective clothing for conducting rescue works.

**Keywords:** civil aviation, special clothing, rescue, rescue, hazardous and harmful production factors.

УДК 687.17:620.18

ВАЩЕНКО Ю.О., СУПРУН Н.П., ЛЕВИЦЬКА Д.Р.

Київський національний університет технологій та дизайну

## КОНФЕКЦІЮВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ МЕДИЧНОГО ОДЯГУ

**Мета.** Провести конфекціювання матеріалів на комплект медичного одягу.

**Методика.** Застосована загальноприйнята методика конфекціювання матеріалів на виріб певного призначення, в якій враховано особливості ситуації споживання.

**Результати.** Проаналізовано основні функції медичного одягу та визначено вимоги до властивостей матеріалів для його виготовлення, проведено конфекціювання матеріалів на комплект одягу для медичних працівників.

**Наукова новизна.** При прогнозуванні комфортності враховано зміну повітропроникності за рахунок потовблення.

**Практична значимість.** На основі одержаних результатів визначено оптимальний склад пакету матеріалів для верхнього та білизняного шарів комплекту медичного одягу.

**Ключові слова:** медичний одяг, показники якості, конфекціювання, комфортність.

**Вступ.** Євроінтеграційний вектор зовнішньої політики України вимагає приведення у відповідність з Європейськими нормами не тільки політичних інститутів та законодавчої бази, але й стандартів соціальних, в тому числі охорони здоров'я населення. Кабінетом Міністрів України було прийнято постанову №244 "Про заходи по поетапному впровадженню на Україні вимог директив Європейського Союзу санітарних, екологічних, ветеринарних, фітосанітарних норм, а також міжнародних та європейських стандартів" [1]. У цій постанові враховані та прийняті до впровадження рекомендації Європейського Союзу щодо норм охорони здоров'я медичних працівників.

Медичний одяг, який є різновидом санітарного одягу, за призначенням має подвійну природу – він повинен створювати певний бар'єр для захисту медичного працівника від дії шкідливих факторів виробничого середовища (мікробів, вірусів, тощо), та одночасно забезпечувати захист пацієнта, а також предметів та знарядь праці. Процес вибору матеріалів для медичного одягу та розробки конструктивних форм потребує комплексного підходу до вирішення завдань урахування захисних, ергономічних, гігієнічних, експлуатаційних, естетичних вимог, а також виробничих властивостей (економічності та технологічності) одягу [2]. Використання високоякісного медичного одягу, із ретельно підібраними текстильними матеріалами, виконує не лише основні функції спеціального одягу, але і впливає на якість надання медичних послуг, психологічний комфорт і самопочуття хворих. Саме тому його розробка вимагає обґрунтованого вибору конструкції та матеріалів для виготовлення.

**Постановка завдання.** В умовах поширення різноманітних інфекційних захворювань, таких як ВІЛ-інфекції, гепатити, туберкульоз тощо, робота медичного персоналу пов'язана з великим ризиком та підвищеною небезпекою зараження. За даними науковців [3,4], текстильні матеріали, з яких виготовляють медичний одяг, є сприятливим середовищем для накопичення мікроорганізмів і збереження їх життєздатності.

Сучасна тенденція виготовлення медичного одягу з урахуванням необхідності боротьби з перехресною внутрішньо-лікарняною інфекцією полягає в переході до переважного використання синтетичних і змішаних текстильних матеріалів. Найбільше поширення у сучасній світовій практиці одержали тканини, виготовлені із суміші бавовняних і поліефірних ниток, що сполучають переваги натуральних і синтетичних матеріалів. Одяг із таких тканин добре піддається пранню і стерилізується, швидко висихає, не електризується, потребує мінімального прасування, має високу зносостійкість, знижену зминальність. Однак для створення комфортних умов експлуатації такі текстильні матеріали повинні також ефективно відводити тепло, пароподібну та крапельно-рідку вологу із підодягового простору. Рациональне сполучення бар'єрних та гігієнічних властивостей можна отримати, використовуючи пакет одягу, який, найчастіше, складається з двох шарів – зовнішнього (захисного) та білизняного, варіюючи склад, будову і, відповідно, властивості матеріалів обох шарів.

**Результати досліджень.** На основі розробленої номенклатури показників якості [5], за загальноприйнятою методикою [6] нами було проведено процедуру експертного опитування з подальшим складанням матриці ранжирування, розрахунком коефіцієнту конкордації  $W$  (для матеріалів зовнішнього шару  $W=0,83$ , для матеріалів білизняного шару  $W=0,75$ ), значимість якого перевірялася за критерієм Пірсона  $\chi^2$ . В результаті було визначено найбільш вагомні показники якості  $j_i$  матеріалів для верхнього та білизняного шарів комплекту медичного одягу (табл. 1).

Таблиця 1.

| Істотно значимі показники якості       |                                                                    |                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| №                                      | Показник якості, (од. вимір)                                       | Коефіцієнт вагомості $j_i$ |
| <b>Для матеріалів зовнішнього шару</b> |                                                                    |                            |
| 1                                      | Жорсткість при згинанні, (мкНсм <sup>2</sup> )                     | 0,24                       |
| 2                                      | Коефіцієнт незминальності, (%)                                     | 0,21                       |
| 3                                      | Водопоглинання, (%)                                                | 0,21                       |
| 4                                      | Капілярність, (мм)                                                 | 0,19                       |
| 5                                      | Коефіцієнт тангенціального опору, (град)                           | 0,15                       |
| <b>Для матеріалів білизняного шару</b> |                                                                    |                            |
| 1                                      | Коефіцієнт паропроникності, (г/м <sup>2</sup> ·год)                | 0,26                       |
| 2                                      | Гігроскопічність, (%)                                              | 0,21                       |
| 3                                      | Коефіцієнт повітропроникності (дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с) | 0,20                       |
| 4                                      | Капілярність, (мм)                                                 | 0,17                       |
| 5                                      | Зміна лінійних розмірів після мокрих обробок, (%)                  | 0,16                       |

Для порівняльного аналізу і подальшого вибору матеріалів для зовнішнього шару одягу було обрано 4 види змісових тканин, які найчастіше використовуються вітчизняними виробниками для пошиття медичного одягу. Матеріали відрізняються вмістом поліефірних волокон у складі та за структурними характеристиками (табл. 2).

Таблиця 2.

**Структурні характеристики тканин, обраних для зовнішнього шару медичного одягу**

| № зразка | Вміст складників сировинного складу, % | Товщина, мм | Поверхнева густина $M_s$ , г/м <sup>2</sup> | Фактична лінійна густина ниток, $T_{\phi}$ текс |       | Кількість ниток на 10 см |          |
|----------|----------------------------------------|-------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------|--------------------------|----------|
|          |                                        |             |                                             | основи                                          | утоку | по основі                | по утоку |
| T1       | бавовна - 50; ВПЕ-50                   | 0,30        | 150                                         | 37,6                                            | 41,6  | 240                      | 240      |
| T2       | бавовна - 50; ВПЕ-50                   | 0,35        | 167                                         | 41,6                                            | 43,4  | 280                      | 230      |
| T3       | бавовна - 33; ВПЕ-67                   | 0,35        | 178                                         | 38,0                                            | 43,4  | 270                      | 220      |
| T4       | бавовна - 33; ВПЕ-67                   | 0,28        | 155                                         | 24,0                                            | 27,6  | 320                      | 280      |

Порівняльний аналіз отриманих результатів (табл. 3) засвідчив, що показники якості, які визначають комфортність виробів у користуванні, в тканинах, обраних для досліджень, досить суттєво відрізняються між собою. Збільшення у сировинному складі вмісту поліефірних волокон від 50 до 67 % призводить до підвищення опору зминанню, але одночасно суттєво збільшує їх жорсткість і дещо знижує здатність тканин вбирати крапельно-рідку вологу.

Таблиця 3.

**Натуральні значення показників якості матеріалів зовнішнього шару**

| № зразка | Жорсткість при згинанні, мкНсм <sup>2</sup> | Коефіцієнт незминальності % | Вологопоглинання % | Капілярність, мм | Коефіцієнт тангенційного опору, град | Комплексний показник якості |
|----------|---------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| T1       | 2180                                        | 50                          | 98                 | 83               | 35,5                                 | 0,94                        |
| T2       | 3013                                        | 59                          | 117                | 63               | 33,5                                 | 2,25                        |
| T3       | 4585                                        | 59                          | 67                 | 54               | 31,0                                 | 0,81                        |
| T4       | 4370                                        | 50                          | 87                 | 44               | 30,5                                 | 0,73                        |

Із усіх досліджених видів тканин зразок №2 має найвище значення комплексного показника якості і оптимальне співвідношення необхідних властивостей – при досить високих показниках незминальності тканина має невисоку жорсткість, найбільший показник водопоглинання, достатню капілярність, невисоку жорсткість поверхні. Все це забезпечує комфортність при експлуатації, хороший зовнішній вигляд та формозбереження.

Для порівняльного аналізу матеріалів для білизняного шару були використані трикотажні полотна різного сировинного складу, характеристики яких наведені в таблиці 4.

Таблиця 4.

**Структурні характеристики трикотажних полотен, обраних для білизняного шару медичного одягу**

| Умовне позначення зразка | Вміст складників сировинного складу, % | Переплетення | Товщина, мм | Поверхнева густина, $M_s$ , г/м <sup>2</sup> | Число петельних рядків і стовпчиків на 100 мм |       |
|--------------------------|----------------------------------------|--------------|-------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------|
|                          |                                        |              |             |                                              | $P_r$                                         | $P_v$ |
| Tr1                      | бавовни – 100                          | Гладь        | 0,7         | 109                                          | 90                                            | 150   |
| Tr2                      | НПП – 100                              | Ластик       | 0,9         | 231                                          | 120                                           | 110   |
| Tr3                      | НВіс–50, НПП–50                        | Комбіноване  | 0,9         | 143                                          | 100                                           | 110   |
| Tr4                      | НВіс – 100                             | Комбіноване  | 0,8         | 137                                          | 95                                            | 190   |

Для трикотажних полотен, які використовуються в якості білизняного шару, найбільш вагомими, за даними експертного опитування, виявилися показники гігієнічності (Таблиця 1). Слід зазначити, що, незважаючи на суттєву відмінність за сировинним складом, виду переплетення і структурними характеристиками, досліджувані полотна за значеннями паропроникності розрізняються дуже несуттєво; подібна особливість відзначалось та пояснювалось також авторами ряду робіт [7,8]. Найвище значення комплексного показника якості має зразок Tr4.

Таблиця 5.

**Натуральні значення показників якості матеріалів білизняного шару**

| Умовне позначення зразка | Паропроникність г/м <sup>2</sup> ·год | Гігроскопічність, % | Коефіцієнт повітропроникності, $B_n$ (дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с) | Капілярність, мм | Зміна лінійних розмірів після мокрих обробок, (%) | Комплексний показник якості |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|
| Tr1                      | 10,24                                 | 11                  | 172                                                                       | 142              | 5                                                 | 0,92                        |
| Tr2                      | 10,65                                 | 0                   | 705                                                                       | 162              | 4                                                 | 0,84                        |
| Tr3                      | 10,43                                 | 12                  | 645                                                                       | 83               | 6                                                 | 0,90                        |
| Tr4                      | 10,53                                 | 24                  | 673                                                                       | 185              | 7,5                                               | 1,32                        |

Відомо, що робота медичного персоналу характеризується високим психоемоційним навантаженням, яке часто виражається у підвищеному потовиділенні. Піт, зволожуючи білизну, може змінити її здатність пропускати повітря. Для встановлення впливу зволоження на повітропроникність нами було проведено порівняльний аналіз значень коефіцієнту повітропроникності ( $B_n$ ) трикотажних полотен, обраних для досліджень, сухих та з різним ступенем зволоження, яке здійснювалось стандартним розчином поту (табл. 6).

Таблиця 6.

**Визначення впливу зволоження на коефіцієнт повітропроникності трикотажних полотен**

| Умовне позначення зразка | Вміст складників сировинного складу, % | Коефіцієнт повітропроникності, В (дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> · с) |       |        |                                            |                     |
|--------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------------------------------------------|---------------------|
|                          |                                        | матеріалів після витримання їх при умовах t = 20±2°C, φ %:             |       |        | при вологості матеріалів, W <sub>φ</sub> % |                     |
|                          |                                        | φ =0                                                                   | φ =65 | φ =100 | W <sub>φ</sub> =60                         | W <sub>φ</sub> =100 |
| Tr1                      | бавовни – 100                          | 198                                                                    | 172   | 164    | 121                                        | 107                 |
| Tr2                      | НПП – 100                              | 705                                                                    | 705   | 705    | 695                                        | 693                 |
| Tr3                      | НВіс-50,<br>НПП- 50                    | 675                                                                    | 645   | 605    | 450                                        | 397                 |
| Tr4                      | НВіс – 100                             | 650                                                                    | 673   | 635    | 523                                        | 328                 |

Проведені дослідження засвідчили, що повітропроникність текстильних полотен в значній мірі залежить від їх вологості, особливо для матеріалів, до складу яких входять целюлозні (бавовняні та віскозні) волокна. Очевидно, це пов'язано із заповненням мікро- та макрокапілярів вологою, в результаті чого зменшується розмір та форма наскрізних міжниткових пор, збільшується товщина матеріалу. Такі зміни в значній мірі можуть впливати на гігієнічні властивості одягу. Відповідно, вибрані для виробу текстильні матеріали при насиченні їх вологою можуть мати зовсім інший рівень комфортності, ніж у сухому стані. Так, в зволжених на 100% бавовняних та віскозних трикотажних полотнах (Tr1 та Tr4) коефіцієнт повітропроникності зменшується майже вдвічі, у порівнянні із сухими, що може негативно впливати на комфортність.

**Висновки.** Аналіз основних функцій та вимог до комплекту медичного одягу дозволив визначити найбільш вагомні показники якості матеріалів для його виготовлення, провести їх конфекціювання і визначити оптимальний склад пакету верхнього та білизняного шарів, з урахуванням особливостей ситуації споживання.

**Список використаних джерел**

1. Постанова КМУ №244 від 19 березня 1997 р. "Про заходи по поетапному впровадженню на Україні вимог директив Європейського Союзу санітарних, екологічних, ветеринарних, фітосанітарних норм, а також міжнародних та європейських стандартів".
2. Мокеєва Н.С., Кононіна И.М., Кавардакова, Емельянова А.И. Разработка концептуальной модели ассортимента специальной одежды для медицинских работников с учетом воздействия вредных производственных факторов. //Известия вузов. Техн. текстильной промышленности. №3, 2001г., с.74-79.
3. Фомченкова Л. П Современные текстильные материалы для рабочей и специальной одежды. // Рабочая одежда и СИЗ, январь 2011 г, с.5-10
4. В.Ф. Михальченко, Э.С. Темкин, Н.М. Морозова. Профессиональные вредности в работе врача и профилактика последствий их воздействия. Учебно-методическое пособие. Волгоград, 1998г., 26с

5. Островецька Ю.І., Супрун Н.П., Власенко В.І. Вибір показників якості матеріалів для медичного одягу лікарів. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. №1, 2001р., с. 155-157.

6. Н.П. Супрун, Л.В Орленко, Е.П. Дрегуляс, Т.О. Волинець. Конфекціонування матеріалів для одягу: Навч. посібник. -К.: Знання, 2005. - 159с.

7. Машкова Е. Н. Владопроводные свойства материалов одежды / Е. Н. Машкова // Оценка качества и совершенствование ассортимента промышленных товаров народного потребления. – М., 1979. – С. 35-39.

8. Медведева Л. Л. К вопросу о влиянии рода волокна на процесс паровлагопередачи через материалы одежды /Л. Л. Медведева, П. А. Колесников: сб. трудов ЦНИИШП. – 1971. – С. 172-183

### КОНФЕКЦИОНИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ОДЕЖДЫ

ВАЩЕНКО Ю.О., СУПРУН Н.П., ЛЕВИЦКАЯ Д.Р.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Провести конфекционирование материалов на комплект медицинской одежды.

**Методика.** Применена общепринятая методика конфекционирования материалов на изделие определенного назначения, в которой учтены особенности ситуации потребления.

**Результаты.** Проанализированы основные функции медицинской одежды и определены требования к свойствам материалов для ее изготовления, проведено конфекционирование материалов на комплект одежды для медицинских работников.

**Научная новизна.** При прогнозировании комфортности учтено изменение воздухопроницаемости за счет потопоглощения.

**Практическая значимость.** На основе полученных результатов определен оптимальный состав пакета материалов для верхнего и бельевого слоев комплекта медицинской одежды.

**Ключевые слова:** медицинская одежда, показатели качества, конфекционирование, комфортность

### CONFLECTIONING OF MATERIALS FOR MEDICAL CLOTHING

VASCHENKO YU.O., SUPRUN N.P., LEVITSKAYA D.R.

Kiev National University of Technology and Design

**Purpose.** To hold cofectioning of materials on the set of medical clothing.

**Methodology.** Was applied the common method of confectioning of materials for clothes of specific purpose, which takes into account the peculiarities of the situation of consumption.

**Findings.** Analyzed the basic functions of medical uniforms and identified requirements for the properties of materials for its production, was hold the confectioning of materials on the set of clothes for medical workers.

**Originality.** When predicting of the comfort was taken into account the changes in air permeability due sweat absorption.

**Practical value.** On the base of the results was determine the optimal package of materials for the upper layer and underwear of a set of medical clothing.

**Keywords:** medical clothing, quality indicators, confectioning, comfort.

УДК 677.072.6

РЕЗАНОВА В.Г.

Київський національний університет технологій і дизайну

### ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОЗПЛАВІВ СУМІШЕЙ ПОЛІМЕРІВ

**Мета.** Дослідження реологічних властивостей розплавів сумішей полімерів експериментально, шляхом математичної обробки та за допомогою створення пакету програм.

**Методика.** Експериментальне знаходження в'язкості здійснюється методом капілярної віскозиметрії. Подальша обробка проводилась за методом узагальнення даних по в'язкості в приведених координатах Виноградова і Малкіна. Програмне забезпечення розроблялося мовою C++ у середовищі Builder.

**Результати.** Розроблено програмне забезпечення для дослідження реологічних властивостей розплавів сумішей полімерів. Воно дозволяє зберігати та виводити на екран експериментальні дані, а також будувати криві течії.

**Наукова новизна.** Створене програмне забезпечення дозволяє наочно представляти і узагальнювати експериментальні дані та дає можливість здійснювати теоретичні дослідження розплавів сумішей полімерів без проведення довготривалих експериментальних досліджень.

**Практична значимість.** За побудованою кривою течії дослідник може визначати реологічні властивості розплаву суміші полімерів без проведення додаткових експериментів. В кінцевому рахунку, можна зробити висновки щодо здатності суміші до переробки, можливості отримання з неї мікрОВОЛОКОН тощо.

**Ключові слова:** волокноутворення, приведені координати, крива течії, програмне забезпечення.

**Вступ.** В багатьох країнах світу прискореними темпами розвивається виробництво ультратонких синтетичних волокон (мікрОВОЛОКОН). Вони знаходять широке застосування при виготовленні товарів народного споживання (тканини, трикотаж, штучна шкіра), а також для технічних виробів (тепло- та звукоізоляційні матеріали, фільтри прецизійного очищення, синтетичний папір) тощо. Існують різні способи одержання ультратонких волокон, але серед них особливе місце займає формування мікрОВОЛОКОН шляхом переробки розплавів сумішей полімерів, тобто реалізація так званого явища специфічного волокноутворення [1].

**Постановка завдання.** Однією із важливих умов реалізації явища специфічного волокноутворення є оптимальний ступінь сумісності компонентів в розплаві. Це забезпечує утворення перехідного шару достатньої протяжності та можливість передачі напруг, які виникають в дисперсійному середовищі, краплям полімеру дисперсної фази.

Особливий інтерес представляє метод введення в бінарну суміш полімерів додаткового компоненту, що виступає як компатибілізатор. Раніше виконаними дослідженнями було показано, що в бінарних сумішах полімерів явище специфічного волокноутворення найбільш чітко реалізується при співвідношенні волокноутворюючого і матричного полімерів 20/80; 30/70 мас. %. Введення компатибілізаторів сприяє утворенню мікрОВОЛОКОН при більшому вмісті волокноутворюючого компоненту. Окрім впливу на процес волокноутворення, добавки компатибілізаторів впливають також на властивості

отриманих мікрОВОЛОКОН (зокрема, вони надають специфічні властивості – бактерицидну дію, хімічну стійкість). Такі мікрОВОЛОКНА використовують, зокрема, для виробництва різноманітних фільтрувальних матеріалів. Якість реалізації ВОЛОКНОУТВОРЕННЯ визначається значною мірою співвідношенням компонентів суміші та реологічними властивостями вхідних полімерів, тому дослідження цих процесів з використанням математичних методів аналізу є важливим і тема роботи актуальною.

В'язкість є однією з найважливіших характеристик неньютонівської рідини, якою є розплав суміші полімерів. Вона характеризує взаємозв'язок деформації і напруг, що викликали ці деформації. Без знання реологічних характеристик полімерів у в'язкотекучому стані, неможливо обґрунтовано підійти до розробки технологічного режиму переробки полімерів та їх сумішей у вироби, особливо – у ВОЛОКНА.

В дослідженні явища специфічного ВОЛОКНОУТВОРЕННЯ переважає експериментальний підхід. Метою даної роботи є створення пакету програм, пов'язаних з дослідженням явища специфічного ВОЛОКНОУТВОРЕННЯ, і, зокрема, – програмного забезпечення для дослідження реологічних властивостей розплаву суміші полімерів.

**Результати дослідження.** Експериментальне знаходження в'язкості здійснюється за відомою методикою - капілярною віскозиметрією. Подальша обробка здійснюється за запропонованим Виноградовим і Малкіним методом узагальнення даних по в'язкості в наступних приведених координатах [2]:

$$\eta_{\text{пр}} = \eta / \eta_{\text{н}}; \quad \dot{\gamma}_{\text{пр}} = \eta_{\text{н}} \cdot \dot{\gamma}$$

де  $\eta_{\text{н}}$  – найбільша ньютонівська в'язкість;

$\dot{\gamma}$  – швидкість зсуву;

$\eta_{\text{пр}}$  – приведена в'язкість;

$\dot{\gamma}_{\text{пр}}$  – приведений градієнт швидкості зсуву

Метод суперпозиції в'язкісних властивостей оснований на тому, що зміна ефективної в'язкості зумовлюється характеристиками системи в початковому стані, тобто найбільшою ньютонівською в'язкістю. Узагальнення в'язкісних характеристик можливе лише тоді, коли релаксаційні спектри полімерних систем подібні при різних температурах та концентраціях. Обробка результатів для бінарних сумішей показала, що для багатьох сумішей полімерів існують досить широкі області, де залежність в'язкості від швидкості зсуву в приведених координатах є інваріантною по відношенню до складу. Це свідчить про те, що в даній ділянці вплив складу суміші на ефективну в'язкість розплаву цілком проявляється через  $\eta_{\text{н}}$ . Встановлено також, що інваріантність від складу завжди спостерігається для того дисперсійного середовища, розплав якого характеризується найбільшою аномалією в'язкості і еластичністю. Таким чином було показано, що можливість концентраційної суперпозиції в розплавах визначається різницею в чутливості компонентів до інтенсивності зсуву. Суперпозиція має місце доти, доки полімер, який характеризується більшою аномалією в'язкості, є дисперсійним середовищем [3]. Виконана обробка експериментальних даних по в'язкісних властивостях подвійних сумішей поліпропілен / співполіамід (ПП/СПА), яка свідчить про відсутність інваріантності від вмісту ПП (рис.1).

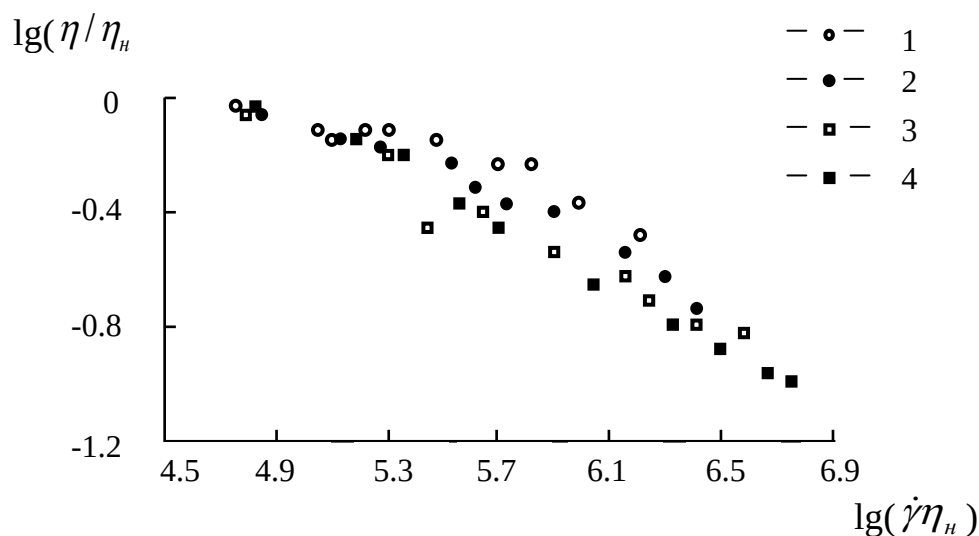


Рис. 1. Залежність в'язкості розплаву суміші ПП/СПА від швидкості зсуву в приведених координатах. Точки 1 ÷ 4 відповідають вмісту ПП, мас. %: 20; 30; 40; 50

В той же час, встановлена інваріантність для сумішей ПП / СПА, модифікованих добавками силосанових рідин марки ПЕС-5, в приведених координатах Виноградова-Малкіна від вмісту добавки (рис.2).

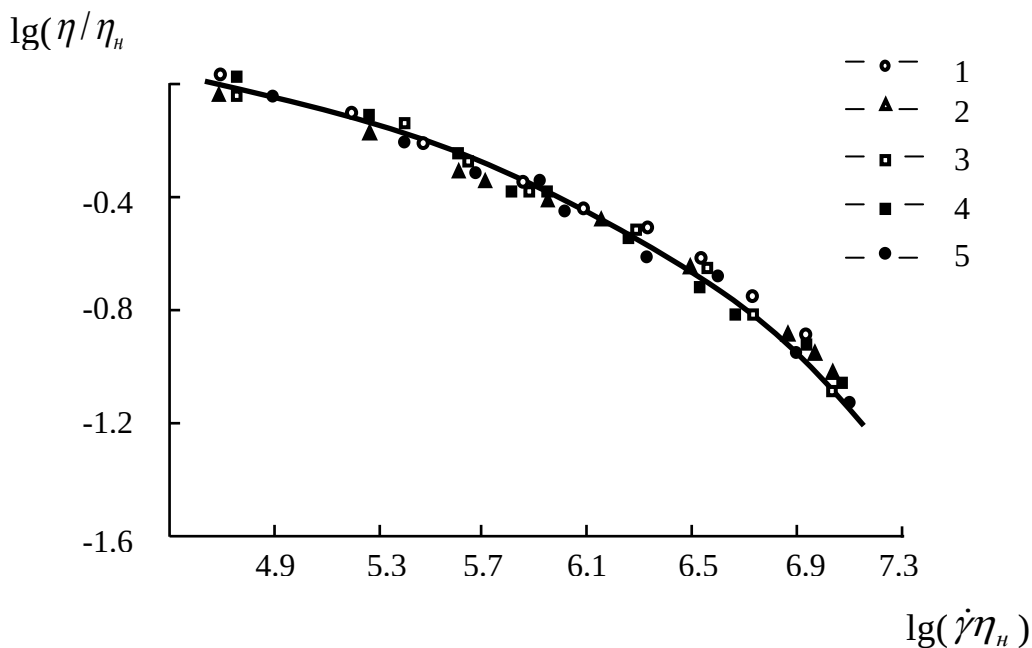


Рис. 2 Залежність в'язкості розплаву суміші ПП/СПА/ПЕС-5 від швидкості зсуву в приведених координатах. Точки 1 ÷ 5 відповідають вмісту ПЕС-5, мас. %: 0; 0,1; 0,3; 0,5; 1,0

Це дає можливість стверджувати, що релаксаційні спектри досліджених потрійних сумішей подібні.

Відомо, що залежність в'язкості розплавів і розчинів полімерів у вказаних приведених координатах інваріантна від температури. Для вихідних ПП і СПА має місце температурна суперпозиція в дослідженому інтервалі температур. Така ж закономірність спостерігається і для розплавів ПП і СПА, які містять 0,3 мас. % ПЕС-5. Останнє свідчить про те, що силоксанова рідина не змінює характер релаксаційного спектру вихідних полімерів. Обробка даних по в'язкості розплавів суміші ПП/СПА складу 50/50 мас.% та з добавками ПЕС-5 показала, що для вихідної суміші та при всіх досліджених кількостях силоксанової рідини температурна інваріантність виповнюється. Це означає, що релаксаційні спектри розплавів бінарної та потрійної сумішей подібні в діапазоні температур  $180 \div 220$  °C.

Таким чином, дані літератури та одержані нами результати свідчать, що для розплавів сумішей полімерів проявляються такі ж самі закономірності їх реологічної поведінки, як і для розплавів вихідних полімерів.

Програмне забезпечення для дослідження реологічних характеристик розплавів сумішей полімерів розроблялось мовою C++ у середовище розробки C++ Builder [4, 5]. Середовище розробки складається з редактора форм, інспектора об'єктів, палітри компонент, адміністратора проекту та повністю інтегрованого редактора коду і налагоджувача.

Крива течії будувалась шляхом апроксимації експериментальних даних за методом найменших квадратів. Суть методу найменших квадратів (МНК). Нехай виконується  $n$  експериментів, в кожному з яких незалежним змінним  $x = (x_1, \dots, x_p)$  надається певних значень, і при цьому одержуються деякі значення залежної змінної  $y$ . Позначимо  $x^i = (x_1^i, \dots, x_p^i)$  набір значень незалежних змінних, що було надано їм в  $i$ -му експерименті,  $y_i$  – відповідні значення залежної змінної ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Згідно з МНК, для оцінки вектора параметрів  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_m)$  береться такий вектор, при якому сума

$$S(\beta) = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x^i; \beta)]^2 \quad (1)$$

приймає мінімальне значення по  $\beta$ .

Якщо функція регресії  $f$  є диференційованою за параметрами  $(\beta_1, \dots, \beta_m)$ , то необхідною умовою мінімуму  $S(\beta)$  є виконання рівностей

$$\frac{\partial S(\beta)}{\partial \beta_j} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

Система (2) складається з рівнянь, кількість яких дорівнює числу невідомих системи – коефіцієнтів. Вона розв'язувалась програмно за формулами Крамера.

Основні функції програми:

- функція *osi* виводить на компоненті Image осі координат  $x$  та  $y$ , здійснює розмітку, позначення та сітку;
- функція *tochki* призначена для відображення на екран експериментальних значень, зчитаних з файлу, дані зберігаються в масиві.
- функція *Sum* - функція для знаходження коефіцієнтів системи рівнянь для

визначення невідомих коефіцієнтів апроксимаційної кривої за методом найменших квадратів.

- функція *pererahunok* виконує перерахунок координат зі звичайних у приведені.

- функція *Kramer* використовує знайдені вищезгаданою функцією (Sum) коефіцієнти для складання системи лінійних рівнянь. За методом Крамера розв'язується система лінійних рівнянь. Корені даної системи рівнянь являють собою коефіцієнти апроксимаційної кривої і в подальшому використовуються для побудови кривої течії.

- функція *graphic* малює графік знайденої функції.

Отже, за отриманими результатами розроблене програмне забезпечення дозволяє здійснити побудову кривої течії. Обробка результатів для бінарних сумішей показує, що для багатьох сумішей полімерів існують досить широкі області, де залежність в'язкості від швидкості зсуву в приведених координатах є інваріантною по відношенню до складу. Візуальну перевірку існування цієї подібності дослідник здійснює після виведення на екран відповідних даних.

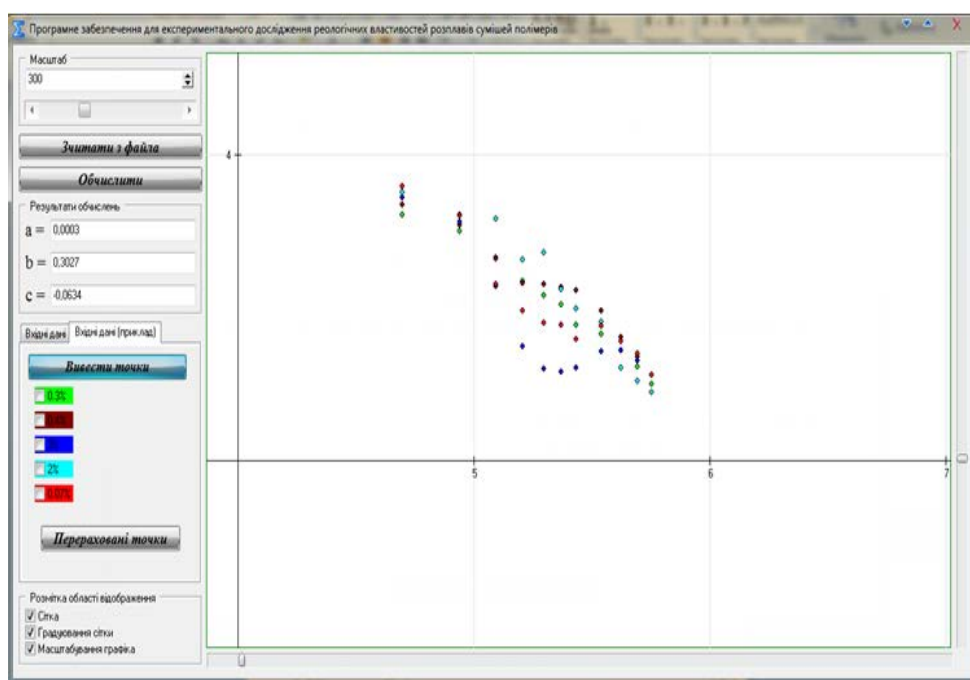


Рис. 3 Залежність в'язкості розплаву суміші ПП/СПА від швидкості зсуву в приведених координатах. Точки 1 ÷ 4 відповідають вмісту ПП, мас. %: 20; 30; 40; 50 (суперпозиція відсутня)

Для розплавів сумішей полімерів, для яких суперпозиція має місце (рис. 4), можна за допомогою програми побудувати криву течії та провести подальше теоретичне дослідження реологічних властивостей.

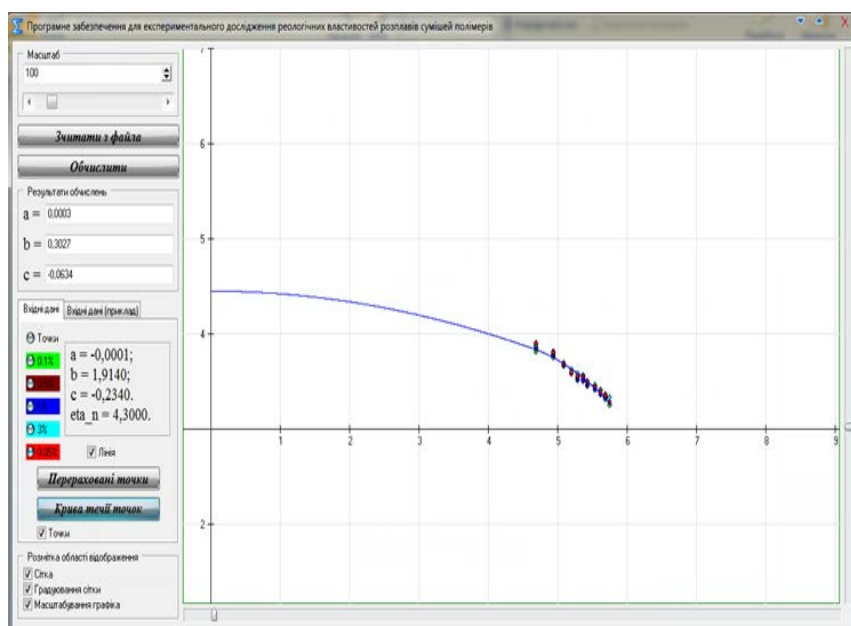


Рис. 4 Крива течії розплаву суміші ПП/СПА/ПЕС-5 (суперпозиція має місце)

**Висновок.** Створене програмне забезпечення дозволяє за побудованою кривою течії визначати в'язкість розплаву полімеру або суміші полімерів, аналізувати вплив різних добавок на в'язкість волокноутворюючого та матричного полімерів та їх суміші, визначати в'язкість при різних напругах зсуву, встановлювати вплив температури на реологічні властивості полімерів та характеризувати ступінь відхилення течії від ньютонівського режиму без проведення додаткових експериментів.

Розроблена програма дозволяє наочно представляти і узагальнювати експериментальні дані, та дає можливість здійснювати глибокі теоретичні дослідження розплавів сумішей полімерів без проведення довготривалих експериментів. В практичному плані вона дозволяє зробити висновки щодо здатності суміші до переробки та можливості отримання з неї мікрОВОЛОКОН.

#### Список використаних джерел

1. Цебренко М.В. Ультратонкие синтетические волокна. - М.: Химия, 1991. - 214с.
2. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: Химия, 440 с.
3. Цебренко М.В. О температурно-композиционной суперпозиции вязкости расплавов смесей полимеров по скорости сдвига // Высокомолекул. соедин. – 1986. – Т. А 28, №6. – С.1145-1150.
4. Прата С. Язык программирования С++ (С++11). Лекции и упражнения, 6-е издание — М.: Вильямс, 2012. — 1248 с.
5. Страуструп Б. Язык программирования С++. Специальное издание М.: Бином, 2011. – 1136с.

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСПЛАВОВ СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ  
РЕЗАНОВА В.Г.**

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** исследование реологических свойств расплавов смесей полимеров экспериментально, путём математической обработки и с помощью создания пакета программ.

**Методика.** Экспериментальное нахождение вязкости проводится методом капиллярной вискозиметрии. Дальнейшая обработка осуществляется по методу обобщения данных по вязкости в приведенных координатах Виноградова и Малкина. Программное обеспечение разрабатывалось на языке C ++ в среде Builder.

**Результаты.** Разработано программное обеспечение для исследования реологических свойств расплава смеси полимеров. Оно позволяет хранить и выводить на экран экспериментальные данные, а также строить кривые течения.

**Научная новизна.** Созданное программное обеспечение дает возможность наглядно представлять и обобщать экспериментальные данные и позволяет осуществлять глубокие теоретические исследования расплавов смесей полимеров без проведения длительных экспериментальных исследований.

**Практическая значимость.** По построенной кривой течения исследователь может определять реологические свойства расплава смеси полимеров без проведения дополнительных экспериментов. В конечном счете, можно сделать выводы о способности смеси к переработке, возможности получения из нее микроволокон и тому подобное.

**Ключевые слова:** *волоконнообразование, приведенные координаты, кривая течения, программное обеспечение.*

**SOFTWARE FOR RESEARCH RHEOLOGICAL PROPERTIES OF POLYMER  
BLENDS MELTS  
REZANOVA V.G.**

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose.** To study the rheological properties of polymer mixture melts experimentally, with mathematical processing and by creating the software package.

**Methods.** Experimental determination of viscosity is carried out by a capillary viscometry. Further processing is performed by the method of summarizing data on the viscosity reduced coordinates Vinogradov and Malkin. The software was developed in C ++ language in Builder environment.

**Results.** The The software for the study the rheological properties of the polymer mixture melts was carried out. It allows you to store and display the experimental data, as well as to build the flow curves.

**Scientific innovation.** The developed software makes it possible to visualize and summarize the experimental data and allows for deep theoretical studies of polymer mixture melts without a long-term experimental studies.

**Practical significance.** With the obtained curve of flow researcher can determine the rheological properties of the polymers mixture melt without undue experimentation. Ultimately, it is possible to draw conclusions about the processability of the mixture, the possibility of obtaining fibers from it and so on.

**Keywords:** *fiber formation, reduced coordinates, flow curve, software.*

УДК 544.6.076.324.1

БУГАЄВСЬКА С.В., БОРИСЕНКО Ю.В.  
Київський національний університет технологій та дизайну

### ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНИХ ТА ЕЛЕКТРО- ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ Ст.3

**Мета.** Дослідження нового датчика для вимірювання швидкості корозії на основі корозійних та електрохімічних властивостей вуглецевої сталі Ст.3.

**Методика.** Дослідження проводили за допомогою методу масометрії та методу поляризаційного опору.

**Результати.** Проведено дослідження вуглецевої сталі Ст.3 у дистильованій воді, 3% NaCl та водному формаліну 7,8:56. Визначено швидкість корозії у досліджуваних середовищах за втратою маси зразків та за допомогою методу поляризаційного опору.

**Наукова новизна.** Під час досліджень за допомогою методу поляризаційного опору були отримані більші значення швидкості корозії, ніж за допомогою методу масометрії. Швидкість корозії вуглецевої сталі Ст.3, визначена методом поляризаційного опору у дистильованій воді дорівнювала 0,022 мм/рік, 3% NaCl - 0,113 мм/рік у водному розчині формаліну 0,015 мм/рік.

**Практична значимість.** Можливість визначення швидкості корозії сталі неруйнівним методом.

**Ключові слова:** сталь, корозія, швидкість корозії, зразки, масометрія, поляризаційний опір.

**Вступ.** Сталі широко застосовуються у всіх сферах життєдіяльності людини. У промисловості сталь є основним матеріалом, широко застосовуваним у машинобудуванні, а також для виготовлення різноманітного інструменту. Вона порівняно недорога; володіє комплексом цінних механічних, фізико-хімічних та технологічних властивостей; виробляється у досить великих кількостях. [1]. Щорічно через корозію втрачається близько чверті всього виробленого у світі заліза. Витрати на ремонт або заміну суден, автомобілів, приладів і комунікацій, водогінних труб і т.д. перевищують вартість металу з якого вони виготовлені. Продукти корозії забруднюють навколишнє середовище і негативно впливають на життя та здоров'я людей [2]. Вуглецеві сталі належать до числа найбільш поширених конструкційних матеріалів у виробництві неорганічних речовин. Вуглецеві сталі достатньо стійкі у сульфатній кислоті концентрації 70-95 % до 60 °C, у слаболужних розчинах і у розчинах деяких солей. Саме тому вони отримали широке застосування для виготовлення обладнання у виробництвах сульфатної кислоти, лугів і ряду мінеральних солей [3]. Тому є актуальним дослідження корозійної стійкості вуглецевої сталі Ст.3 неруйнівним методом.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є дослідження корозійних та електрохімічних властивостей вуглецевої сталі Ст.3 та створенні макету датчика, який зможе вимірювати миттєву швидкість корозії вуглецевої сталі. Ст. 3 неруйнівним методом. [4].

**Результати дослідження.** Методичний підхід ґрунтувався на моделюванні впливу на зразки сталі Ст.3. середовищ (3% NaCl, води та водного розчину формаліну) з урахуванням повного занурення зразків та температури (20 °C).

Для досліджень зразків на корозійну стійкість і датчиків для вимірювання швидкості корозії була розроблена та виготовлена лабораторна установка. Датчики містили електроди зі Ст.3, які були попередньо механічно оброблені наждаковим папером різної зернистості та

знежирені за допомогою оксиду магнію. Датчики розміщували в корозійному середовищі в комірці, приєднували до вимірювального пристрою – УІСК-101 та калібрували у розчинах 3% NaCl та дистильованій воді. Виміри проводили на трьох паралельних датчиках протягом 3 годин, після чого обчислювали середнє арифметичне значення швидкості корозії за формулою:

$$\bar{i}_k = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n i_{k_i}, \quad (1.1.)$$

де  $\bar{i}_k$  – середнє арифметичне значення швидкості корозії,  $i_k$  – дійсне значення швидкості корозії,  $n$  – число вимірювань показника  $i_k$ .

За допомогою метода масометрії дослідження в кожному із середовищ проводилися паралельно на трьох зразках сталі Ст.3 розміром 35×35 мм, які витримували при кімнатній температурі протягом 648 годин при повному зануренні. Після витримування в середовищах зразки промивали проточною водогінною водою, видаляли продукти корозії за допомогою гумки, ополіскували дистильованою водою та просушували фільтрувальним папером.

Швидкість корозії вуглецевої сталі Ст.3 методом масометрії за кімнатної температури у дистильованій воді становила 0,023 мм/рік, а у водному розчині формаліну - 0,001 мм/рік, результати наведені в табл.1.

Зовнішній вигляд зразків із сталі Ст.3 після вимірювання швидкості корозії за температури 20°C протягом 648 годин наведений на рис. 1. Продукти корозії, що утворилися на зразках у середовищах дистильованої води та 3% NaCl, були чорного кольору та важко видалялися. Зовнішній вигляд зразків після витримування у водному розчині формаліну практично не змінився, як видно з рис.1, з.

Таблиця 1

**Середня швидкість корозії вуглецевої сталі Ст.3, визначена за методом масометрії**

| Середовище                       | № зразка | Масовий показник корозії, г/м <sup>2</sup> *год | Середнє значення | Глибинний показник корозії, мм/рік | Середнє значення |
|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|
| Дистильована вода                | 1        | 0.019                                           | 0.021            | 0.021                              | 0.023            |
|                                  | 2        | 0.016                                           |                  | 0.018                              |                  |
|                                  | 3        | 0.028                                           |                  | 0.031                              |                  |
| 3% NaCl                          | 1        | 0.02                                            | 0.018            | 0.022                              | 0.021            |
|                                  | 2        | 0.014                                           |                  | 0.016                              |                  |
|                                  | 3        | 0.021                                           |                  | 0.024                              |                  |
| Водний розчин формаліну (7,8:56) | 1        | 0.0016                                          | 0.0009           | 0.0018                             | 0.001            |
|                                  | 2        | 0.0004                                          |                  | 0.0004                             |                  |
|                                  | 3        | 0.0007                                          |                  | 0.0008                             |                  |

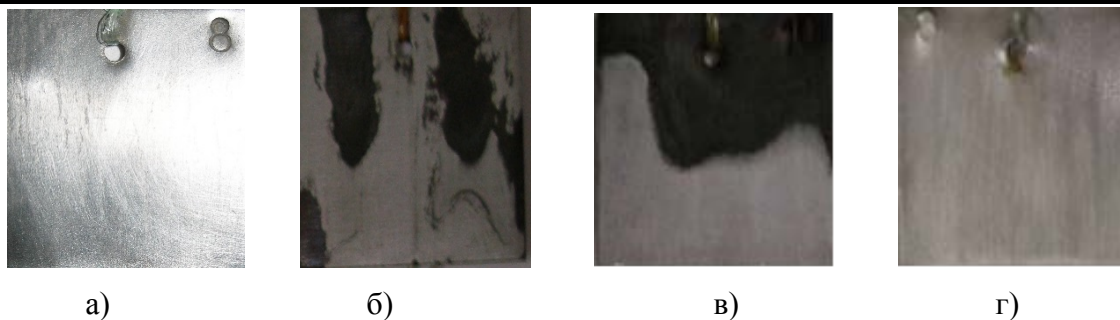


Рис.1 Зовнішній вигляд зразків із вуглецевої сталі Ст.3:

у вихідному стані (а) та після визначення швидкості корозії за кімнатної температури у дистильованій воді (б), 3% NaCl (в), водному розчині формаліну (г), що були отримані за методом масометрії

Для того щоб простежити за динамікою зміни швидкості корозії дослідження зразків продовжували проводити методом поляризаційного опору.

Значення швидкості корозії у досліджуваних середовищах, методом поляризаційного опору за допомогою датчика, що був виготовлений із вуглецевої сталі Ст.3, наведені в табл.2.

Зміна швидкості корозії, що була виміряна протягом 3 годин, наведена на рис.2.

Таблиця 2

Швидкість корозії вуглецевої сталі Ст.3, визначена методом поляризаційного опору

| № датчика | Масовий показник корозії,<br>г/м <sup>2</sup> *год |         |                  | Глибинний показник корозії,<br>мм/рік |         |                  |
|-----------|----------------------------------------------------|---------|------------------|---------------------------------------|---------|------------------|
|           | H <sub>2</sub> O                                   | 3% NaCl | Р-н<br>формаліну | H <sub>2</sub> O                      | 3% NaCl | Р-н<br>формаліну |
| 1         | 0.0196                                             | 0.1     | 0.012            | 0.022                                 | 0.112   | 0.013            |
| 2         | 0.018                                              | 0.102   | 0.015            | 0.020                                 | 0.114   | 0.017            |
| 3         | 0.021                                              | 0.101   | 0.013            | 0.024                                 | 0.113   | 0.015            |
| середнє   | 0.0196                                             | 0.101   | 0.013            | 0.022                                 | 0.113   | 0.015            |

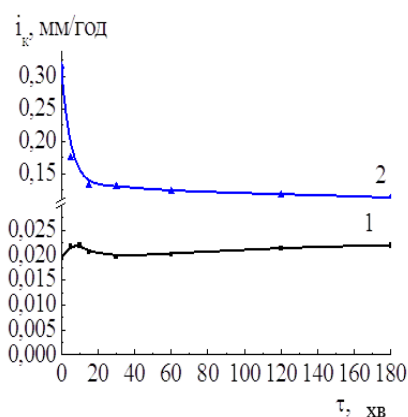


Рис. 2 Швидкість корозії сталі Ст.3, виміряна методом поляризаційного опору протягом 3 годин, за кімнатної температури: 1 – дистильована вода; 2 – 3% NaCl

Швидкість корозії вуглецевої сталі встановилася майже через 30 хв, після чого практично не змінювалася, вказуючи на активне розчинення сталі. Метою даного дослідження було створити таку модель датчика, щоб він зміг вимірювати миттєву швидкість корозії. Вигляд отриманих зразків наведений на рис.3.

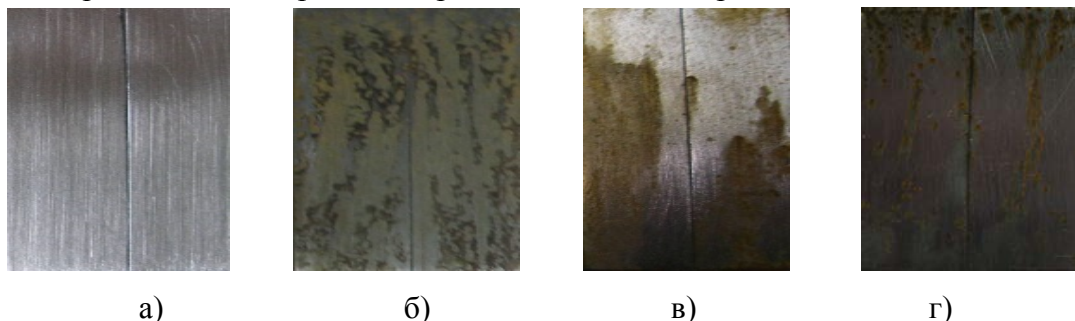


**Рис.3 Зовнішній вигляд зразків з вуглецевої сталі Ст.3 після визначення швидкості корозії у різних середовищах за кімнатної температури:**  
вихідному стані (а) та після визначення швидкості корозії за кімнатної температури у дистильованій воді (б), 3% NaCl (в), водному розчині формаліну (г) які були досліджені методом поляризаційного опору

**Висновки.** Швидкість корозії вуглецевої сталі Ст.3, визначена методом масометрії у дистильованій воді становила 0,023 мм/рік, 3% NaCl 0,021 мм/рік, а у водному розчині формаліну 0,001 мм/рік. Швидкість корозії вуглецевої сталі Ст.3, визначена методом поляризаційного опору, у дистильованій воді дорівнювала 0,022 мм/рік, 3% NaCl - 0,113 мм/рік, у водному розчині формаліну 0,015 мм/рік. З отриманих даних було визначено, що за десятибальною шкалою корозійної стійкості вуглецева сталь Ст.3 належить до групи стійкості 3 (стійкі). [5]. Проведені дослідження показали, що даний датчик можна використовувати для дослідження швидкості корозії вуглецевої сталі Ст. 3, проте він потребує ретельнішого дослідження.

#### Список використаних джерел

1. Коррозия металлов. Термины : ГОСТ 5272-68. - : Переизд. - [Взамен ГОСТ 5272-50 ; введ. в д. 01.01.1969 г.]. - М. : Издательство стандартов, 2005. – 39 с.
2. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии: уч. пос. /И.В.Семенова, Г.М.Флорианович, А.В. Хорошилов – Москва : Физматлит, 2002. – 335 с.
3. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и общие технические требования : ГОСТ 380-71. - : Переизд. - [Взамен ГОСТ 380-60 ; введ. в д. 01.01.1972 г.]. - М. : Издательство стандартов, 2003. – 12 с.
4. Шраер Л.Л. Коррозия. Справочник. Пер. с англ./ Л.Л. Шраер. – М.: Металлургия, 1981, 632с.
5. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости : ГОСТ 9.908-85. - [Взамен ГОСТ 13819-68 ; введ. в д. 01.01.1987 г.]. – М. : Издательство стандартов, 1999. – 16 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННЫХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ Ст.3

БУГАЕВСКАЯ С.В. , БОРИСЕНКО Ю.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Исследования нового датчика для измерения скорости коррозии на основе коррозионных и электрохимических свойств углеродистой стали Ст.3..

**Методика.** Исследования проводили с помощью метода масометрии и метода поляризационного сопротивления.

**Результаты.** Проведено исследование углеродистой стали Ст.3 в дистиллированной воде, 3% NaCl и водном растворе формалина 7,8:56. Определена скорость коррозии в исследуемых средах по потере массы образцов и с помощью метода поляризационного сопротивления.

**Научная новизна.** Во время исследований с помощью метода поляризационного сопротивления были получены большие значения скорости коррозии, чем с помощью метода масометрии. Скорость коррозии углеродистой стали Ст.3, определенная с помощью метода поляризационного сопротивления в дистиллированной воде 0,022 мм/год, 3% NaCl - 0,113 мм/год, а в водном растворе формалина 0,015 мм/год.

**Практическая значимость.** Возможность определения скорости коррозии стали неразрушающим методом.

**Ключевые слова:** *сталь, коррозия, скорость коррозии, образцы, масометрия, поляризационное сопротивление.*

## STUDY OF CORROSION AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF CARBON STEEL.3

BUGAYEVSKA S.V., BORYSENKO J.V.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Purpose.** Research new sensor to measure corrosion rates based on corrosion and electrochemical properties of carbon steel.3.

**Methods.** The study was carried out using the method of masometry and polarization resistance method.

**Results.** Research of carbon steel of St.3 is conducted in the distilled water, 3% NaCl and water solution of organic matter 7,8:56. Speed of corrosion is certain in the probed environments on the loss of mass of standards and by the method of polarization resistance.

**Scientific novelty.** During researches by the method of polarization resistance the large values of speed of corrosion were got, what by the method of masometrii. Speed of corrosion of carbon steel of St.3, certain by the method of polarization resistance in the distilled water 0,022 mm/year, 3% Nacl - 0,113 mm/year, and in water solution of organic matter 0,015 mm/year.

**The practical significance.** The ability to determine the rate of corrosion of steel non-destructive method.

**Keywords:** *steel, corrosion, corrosion rate, samples, masometry, polarization resistance.*

УДК: 744.43:7.012

ГАРКІН П.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

### ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ФАХОВОГО КОЛЬОРОЗНАВСТВА В ДИЗАЙНІ

**Мета.** виявити сучасні тенденції в організації інтер'єрного простору будинків-інтернатів для людей похилого віку в різних країнах світу; визначити основні вимоги до формування такого простору.

**Методика.** огляд та аналіз літературних джерел, даних Інтернету з проблематики; аналіз досвіду проектування сучасних закладів для проживання людей похилого віку; узагальнення результатів дослідження; синтез вимог до дизайну інтер'єру будинків-інтернатів для людей похилого віку.

**Результат.** виявлені тенденції формування середовища будинків-інтернатів для людей похилого віку і сформульовані вимоги до дизайну такого простору.

**Наукова новизна.** на основі аналізу світового досвіду проектування визначені основні тенденції формування простору будинків-інтернатів для людей похилого віку.

**Практична значимість.** отримані результати можуть бути використані в учбовому та реальному проектуванні подібних закладів.

**Ключові слова:** будинок-інтернат для людей похилого віку, будинок престарілих, гериатричний центр, соціальне проектування, соціальна архітектура.

**Вступ.** Важливу частину проектної роботи під час розробки об'єктів дизайну становить організація колірної композиції. Сам процес вибору методу та принципів організації колірної гармонії в більшості випадків продовжує залишатися творчим, а отже і багатоваріантним. Оптимізація ресурсів, що відводяться на цю частину роботи дизайнера, традиційно перебуває у фокусі проблем досліджень кольору [1]. Також традиційно для проектування об'єктів дизайну запозичуються й методики з інших областей візуальної творчості, що не завжди призводить до оптимальних результатів. Популярні рекомендації з організації колірної будови твору [2, 3, 4] не завжди можуть бути застосовні до всього різноманіття практик у галузі дизайну. Тому, продовження дослідження проблем організації багатокольорових композицій об'єктів дизайну залишається актуальним. Крім того, з розширенням виразних засобів та здешевленням технологій, цей напрям досліджень набуває все більшого значення в процесі організації комфорту штучного середовища сучасної людини.

**Постановка завдання.** Одним із шляхів подальшої оптимізації методів проектування об'єктів дизайну є розробка більш ефективних практичних схем організації колірної композиції таких об'єктів. На початковому етапі досліджень даний напрямок вимагає виявлення основних закономірностей, властивих уже існуючим методам і практикам організації гармонії кольорів, що популярні серед дизайнерів. Одним із способів одержання необхідних даних може бути аналіз статистичної інформації, отриманої за допомогою опитування представників даної професійної групи.

**Результати дослідження.** В якості методу збору даних нами було обрано відкрите анонімне анкетування респондентів, які відносять себе до сфери дизайну: професійних дизайнерів, студентів-дизайнерів і викладачів дизайну. Інформація про опитування поширювалася через соціальні мережі (тематичні та професійні групи) і в індивідуальному

порядку. Опитування проводилося в листопаді–грудні 2014 року. Було заповнено та оброблено 90 анкет (41 від професійних дизайнерів; 40 від студентів і 9 від викладачів).

Для реалізації онлайн опитування була обрана платформа Google Apps [5, 6]. За допомогою шаблону *форм Гугл* було підготовлено 3 варіанти анкети: для професійних дизайнерів, для студентів і для викладачів. Всі варіанти незначним чином відрізнялися між собою з урахуванням особливостей кожної з підгруп.

Одним з основних завдань даного дослідження було виявлення напрямків подальшої оптимізації програм професійної підготовки дизайнерів у вищих навчальних закладах. Тому, до початку опитування було проведено співбесіду з працюючими в КНУТД викладачами дисциплін композиційного циклу. Основна увага приділялася визначенню основних і типових проблем, з якими стикаються студенти при виконанні завдань з проектування. Співбесіда показала, що найчастіше проблемними для студентів є завдання з організації як простих, так і складних згармонізованих колірних відносин (згадувалося постійне використання учнями чистих, незмішаних фарб, орієнтація при побудові колірних відносин лише на колірний тон, без опрацювання можливих варіантів по світлоті та насиченості, буквальна, наслідувальна інтерпретація колірної гами творчого джерела).

Також, суттєвими виявилися й проблеми використання в образному вирішенні таких доречних колористичних поєднань, які б відповідали даним психології та семантики кольору (згадувалося ігнорування учнями впливу колористичного рішення на споживчі якості товару, відсутність методологічної бази по прогнозуванню зміни образу при зміні пропорцій кольорів у похідній гамі та, ширше, відсутність системи застосування даних психологи і семантики кольору в практиці художнього проектування).

Якщо другу частину проблем можна звести до питання адаптації для дизайнерів даних численних та насьогодні погано систематизованих досліджень, на що буде потрібен великий проміжок часу, то перша, навпаки, може бути вирішена за відносно короткий період. Це пов'язано, в першу чергу, з об'ємною теоретичною та дидактичною базою матеріалів по гармонії кольору. Хоча, і в ній є значні ділянки, які потребують доопрацювання та адаптації до особливостей та задач сучасного дизайну.

Таким чином, одним з основних завдань дослідження стало формування блоку питань, які змогли б дати нам достовірні дані щодо особливостей застосування знань про організацію гармонійних колірних поєднань як студентами, так і практикуючими дизайнерами.

При цьому, необхідно було врахувати певні традиції, що склалися завдяки навчальним курсам спеціального кольорознавства. Так, певні питання були присвячені виявленню теоретичних знань респондентів про популярну в галузі текстильного дизайну систему з гармонізації кольорів Шугаєва, яка ґрунтується на ідеях Шавреля, Манселла та Бецоляда [7, 8, 9].

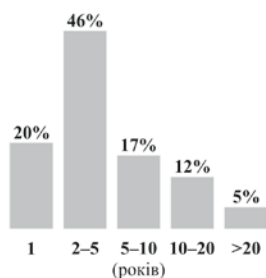


Рис.1 Професійний стаж респондентів–дизайнерів.



Рис. 2 Склад респондентів–студентів.

Всі питання були згруповані за такими блоками даних:

- професійно–кваліфікаційні характеристики респондентів;
- обсяг та характер знань респондентів в області теорії кольорознавства;
- окремі випадки вирішення формальних завдань колориту;
- особливості професійної комунікації респондентів.

В силу деяких обставин проведеного опитування, більшу частину респондентів склали представники модної індустрії (питома частина серед професійних дизайнерів – 59%; студентів – 78%; викладачів – 67%), що істотно вплинуло на характер результатів. Однак, ця цільова група саме й складала основний інтерес для проведеного дослідження, оскільки отримані дані планується використовувати в першу чергу для оптимізації навчальних програм підготовки дизайнерів костюма.

Дані про стаж роботи респондентів–дизайнерів та розподіл респондентів–студентів по роках навчання представлені на рис. 1 і 2. Слід зазначити, що сумарно професійний стаж до 5 років в опитаних дизайнерів становить 66%.

При оцінюванні значення завдань, пов'язаних з кольором, для практичної роботи всі три групи респондентів зазначили, що подібні специфічні моменти виникають в їх практиці «постійно» (5 з 5 по частоті виникнення): дизайнери – 63%; студенти – 50%; викладачі – 67%. Значимість таких завдань усіма групами була переважно визначена як «істотна» (4 з 5 по ступеню значення): дизайнери – 71%; студенти – 60%; викладачі – 89%. При цьому як «визначальну» (5 з 5 по ступеню значення) значення колірної композиції для роботи в цілому відзнало 24% дизайнерів та 23% студентів. Суб'єктивно складність роботи з кольором була оцінена переважно як «нормальна» (3 з 5 по ступеню складності) 71% дизайнерів та 58% студентів. При цьому 56% викладачів оцінили ступінь складності для студентів аналогічно, як «нормальний». Періодичну нестачу теоретичних знань у студентів при роботі з кольором відзнало 56% викладачів, у той час як самі студенти визначили, що теоретичних знань їм не вистачає лише іноді (2 з 4 по мірі потреб) – 65%. Професійні дизайнери в своїх оцінках були більш помірковані: 41% – «іноді не вистачає» (2 з 4 по мірі потреб); 29% – «періодично не вистачає» (3 з 4 по мірі потреб).

Всі три групи респондентів відзначили високий ступінь значення кольору для вирішення на професійному рівні завдань в галузі дизайну. При цьому, студенти та професіонали суб'єктивно оцінили власну компетентність у цій області переважно як

достатню. Дана особливість самооцінки може в подальшому призвести до певних складнощів з впровадженням інноваційних методик в даному професійному середовищі.

При перевірці теоретичних знань були виявлені загальні для професіоналів та учнів закономірності. Лише 10% дизайнерів і 30% студентів змогли вірно визначити таку характеристику кольору як світлота. Лише 18% студентів та 22% дизайнерів вірно віднесли пурпуровий до неспектральних кольорів. Тільки 20% студентів та 22% дизайнерів показало вірне розуміння явища одночасного контрасту кольорів.

Окремо необхідно згадати про те, що знайомство з термінологією системи Шугаєва продемонструвало лише 20% студентів та 15% дизайнерів. Враховуючи домінування серед опитаних представників модної індустрії доводиться визнати, що дана система втратила свою актуальність для даного напрямку, хоча й широко представлена в спеціальній літературі. З іншого боку, подібні результати можуть свідчити про відсутність у респондентів практики системного підходу у вирішенні завдань щодо гармонізації колірних відносин.

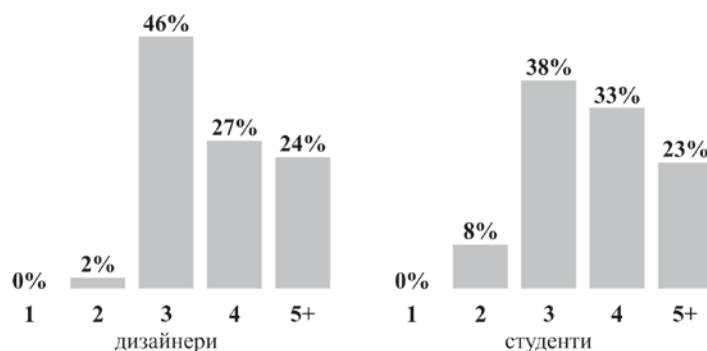


Рис. 3 Дослідження кількості кольорів для об'єктів дитячого асортименту.

В середньому лише п'ята частина респондентів (серед учнів та професіоналів) продемонструвала знайомство з основами курсу спеціально кольорознавства. Дані показники опитування змушують нас припустити, що професійна комунікація при роботі з кольором в даному середовищі може бути достатньо ускладнена.

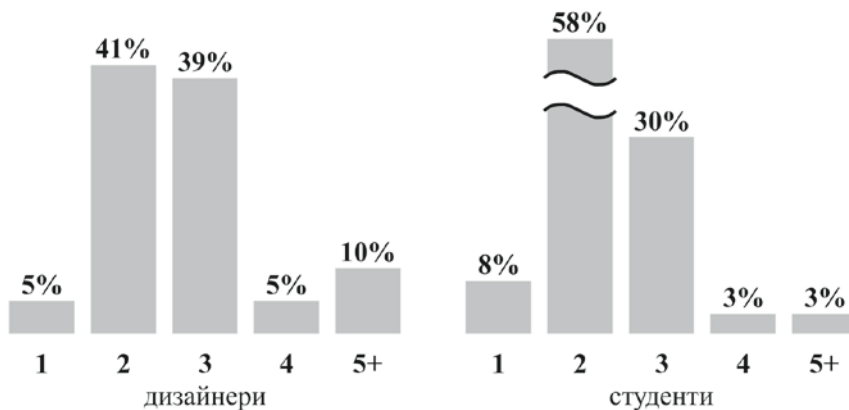


Рис. 4 Дослідження кількості кольорів асортименту для людей похилого віку.

Дослідження типових стратегій організації колориту показало певну подібність між професійним та студентським середовищами (рис. 3 і 4).

Дані результати демонструють тенденцію до обмеження колористичних рішень для представників споживчої групи літніх людей проти розширення кількісних показників колориту для рішень дитячого асортименту.

Необхідно визнати, що вікова динаміка кольоропереваг традиційно розглядається як якісні зміни – перевага чи відхилення певних кольорів, їх відтінків [10, 11], у той час як дані по кількісним показникам вікових змін сприйняття більш складних прикладів колірної композиції практично не розглядаються. Це дає підстави припускати, що подібна практика обмеження/розширення колориту проектування об'єктів дизайну в залежності від вікових показників групи споживачів (рис. 5) може бути наслідком суб'єктивності респондентів та не ґрунтуватися на якихось емпіричних даних. Подібна дискримінація людей похилого віку як споживачів дозволяє припустити певні негативні наслідки від роботи дизайнера як в економічній, так і соціальній площині. Виявлені закономірності на наш погляд потребують коригування за рахунок зміни відповідних навчальних програм підготовки фахівців та продовження досліджень в області вікових змін кольоропереваг з подальшою популяризацією отриманих результатів.

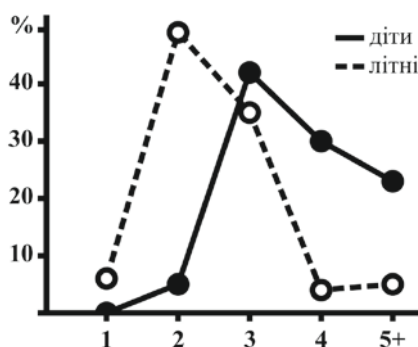


Рис. 5 Співвідношення середніх показників оптимальної кількості кольорів для асортименту певних вікових груп.

Перспективи підвищення професійного рівня та конкурентоздатності вітчизняних фахівців завдяки оновленню навчальних курсів спеціального кольорознавства повинні вибудовуватися не тільки за рахунок дрейфу в бік більшої «гуманітарності» знань, розширення тематики завдяки психології кольору, але й за рахунок обов'язкової розробки практичних методик організації колориту проектування об'єктів, враховуючи не тільки естетичні, але й інші: виробничі, маркетингові, споживацькі вимоги.

Питання професійної комунікації, які також були частиною опитування, в даній публікації не розглядаються.

Відсутність статистичних даних по кількості фахівців з дизайну на національному ринку праці примушує у розрахунках похибки результатів дослідження припустити, що співвідношення між чисельністю членів профспілок [12] та загальною чисельністю працездатного економічно активного населення співпадає з співвідношенням між кількістю членів Спілки дизайнерів України та загальною чисельністю фахівців. Таким чином показник похибки для проведеного дослідження не перевищує 10%.

**Висновки.** Завдяки проведеному опитуванню професійних дизайнерів, студентів та викладачів напрямку «Дизайн» нам вдалося виявити деякі перспективні напрями оптимізації навчальних курсів спеціального кольорознавства. Суттєвого оновлення потребує весь комплекс знань, що стосуються організації колористичної будови об'єктів дизайну: систем та практичних методик побудови гармонійної колірної гами; оптимізації поліхромії; уніфікації колірної семантики об'єктів дизайну.

Надалі нами планується провести розгорнуті дослідження сприйняття поліхромії площинної композиції для подальшої розробки рекомендацій щодо оптимізації подібних робіт на етапі проектування об'єктів дизайну.

### References

1. Tillberg, M. (2008). *Cvetnaja vseleennaja: Mihail Matjushin ob iskusstve i zrenii* [Colour universe: Michail Matyushyn about art and vision]. (D. Dukhavina, M. Yarosh, Trans). Moscow: Novoe literaturnoe obozrenie [in Russian].
2. Zajcev, A. S. (1986). *Nauka o cvete i zhivopisi* [Science about colour in painting]. Moscow: Iskusstvo [in Russian].
3. Pahomova, A., & Bryzgov, N. (2011). *Koloristika: cvetovaja kompozicija: praktikum : uchebno-metodicheskoe posobie* [Colouristics: colour composition: practice: teaching aid]. Moscow: Shevchuk V. [in Russian].
4. Pechenjuk, T. (2009). *Kol'oroznavstvo* [Colouristics]. Kyiv: Grani-T [in Ukrainian].
5. Leonov, V. (2012). *Google Docs, Windows Live i drugie oblachnye tehnologii* [Google Docs, Windows Live and other cloud technologies]. Moscow: Jeksmo [in Russian].
6. Rutledge, P.-A., & Gunter, S. K. (2014). *My Google Apps*. Que Publishing.
7. Knabe, G. A. (2006). *Jenciklopedija dizajnera pechatnoj produkcii. Professional'naja rabota* [Encyclopedia of print designer. Professional work]. Moscow: Izdatel'skij dom «Vil'jams» [in Russian].
8. Malahova, S. A., Zhuravleva, T. A., & Kozlov, V. N. (1988). *Hudozhestvennoe oformlenie tekstil'nyh izdelij* [The decoration textiles]. Moscow: Legprombytizdat [in Russian].
9. Shugaev, V. M. (1969). *Ornament na tkani (istorija i metodika postroenija)* [Textile ornament (the history and construction technique)]. Moscow: Legkaja industrija [in Russian].
10. Frieling, H., & Auer, X. (1974). *Mensch + Farbe + Raum: Angewaandte Farbenpsychologie* [Personality + colour + interior: applied colour-psychology]. Munich: George Callwey [in German].
11. Mishen'kina, E. V. (2005). *Vozrastnye osobennosti cvetopredpochtenija i vzaimodejstvija cveta i vozrasta cheloveka* [Age features of colour preferences and interaction of color and age of the person], *Yaroslavskii pedagogicheskii vestnik - Yaroslavl Pedagogical Gazette*, (3). Retrieved from [http://vestnik.yspu.org/releases/pedagoka\\_i\\_psichologiy/28\\_7/](http://vestnik.yspu.org/releases/pedagoka_i_psichologiy/28_7/) [in Russian].
12. Profspilkovij ruh: problemi i tendencii [The trade union movement: problems and tendencies]. (n.d.). *psv.org.ua*. Retrieved from [http://www.psv.org.ua/arts/Do\\_VI\\_zizdu/view-223.html](http://www.psv.org.ua/arts/Do_VI_zizdu/view-223.html) [in Ukrainian].

## ПУТИ РАЗВИТИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ЦВЕТОВЕДЕНИЯ В ДИЗАЙНЕ

ГАРКИН П.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Исследование применения теоретических знаний цветоведения представителями профессиональной группы дизайнеров.

**Методика.** Социологическое исследование профессионального сообщества с целью выявления тенденций в области используемых стратегий работы с цветом, проведенное с помощью on-line тестирования.

**Результаты.** В ходе исследования получены статистические данные по профессиональной компетенции дизайнеров, а также типичным стратегиям организации многоцветного колорита объектов дизайна для определенных возрастных групп. Проанализированы некоторые из существующих проблем в области профессиональной коммуникации и предложены возможные направления эффективного обновления учебных курсов специального цветоведения для совершенствования подготовки профессиональных дизайнеров на базе учреждений высшего образования.

**Научная новизна.** Предложены пути совершенствования учебных курсов специального цветоведения. Получены результаты по типовым стратегиям организации полихромии.

**Практическая значимость.** Повышение профессионального уровня подготовки дизайнеров. Оптимизация процесса разработки колористической композиции объектов дизайна.

**Ключевые слова:** гармония, дизайн, колористика, композиция, полихромия, цвет, цветоведение.

## THE WAYS OF SPECIALIZED COLORISTICS DEVELOPMENT IN DESIGN

GARKIN P.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** The research of theoretical coloristics knowledge application by representatives of the group of professional designers.

**Methodology.** Social research of the professional society aimed at revealing tendencies in the field of coloristic studies held by online testing.

**Findings.** The research gave the statistics not only on the professional competence of designers but also on a typical organization strategy of polychrome coloring of design objects for specific age groups. Some of the existing problems in the field of professional communication were analyzed and possible directions of effective update of specialized coloristics courses were proposed to improve professional designers training on the basis of high school.

**Originality.** The ways of improving of educational programs of specialized coloristics are suggested. The results on a typical strategies of polychrome organization were received.

**Practical value.** Raising the professional level of training designers. Optimization of the process of coloristic composition development of design objects.

**Keywords:** color, composition, design, harmony, polychromy.

УДК 687.13:[687.016:74]

НОРЕЦЬ М. В., КОЛОСНІЧЕНКО О.В., НІКОЛАЄВА Т.І.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТВОРЧОСТІ МАРІЇ ПРИЙМАЧЕНКО  
ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ОДЯГУ МОЛОДШИХ  
ШКОЛЯРІВ**

**Мета.** Аналіз основних робіт художниці Марії Приймаченко для використання в процесі проектування актуальної колекції одягу для дітей старшої дошкільної та молодшої шкільної вікових груп.

**Методика.** Для аналізу літературних джерел інформації використано літературно-аналітичний метод; для дослідження робіт художниці – візуально-аналітичний метод; для трансформації характеристик зображень у принципи проектування одягу – метод асоціацій.

**Результати.** Обґрунтовано відповідність тематики творчого джерела психофізіологічним характеристикам вікової групи. Отримано характеристики досліджуваного джерела для трансформовання у принципи проектування одягу.

**Наукова новизна.** Розроблено раціональні підходи до принципів проектування колекції одягу школярів-початківців.

**Практична значимість.** Розроблено актуальну колекцію дитячого одягу на основі творчого джерела, у якому закладена позитивна та зрозуміла для дітей визначеної вікової групи емоційна складова.

**Ключові слова:** дизайн-ергономічне проектування дитячого одягу, українське наївне мистецтво, творчість Марії Приймаченко.

**Вступ.** Процес проектування одягу відбувається у відповідності до вимог потенційного споживача – необхідним є врахування особливостей його антропометричних та психофізіологічних характеристик, способу життя. До дитячого одягу існують специфічні вимоги [1-11], адже діти – це особлива цільова аудиторія. Так, діти більш рухливі у порівнянні з дорослими, тому одяг має бути більш ергономічним та дозволяти вільний рух. Також важливою складовою усіх товарів для дітей, зокрема й одягу, є виховний аспект. Періодизація дитячих вікових груп за рівнем психологічного та фізичного розвитку є набагато детальнішою у порівнянні з дорослими, що потребує, в першу чергу, визначення вікової групи дітей-споживачів. Тому для дизайнера дитячого одягу вкрай важливим є пошук творчого джерела, у якому закладений позитивний та зрозумілий для дітей певної вікової групи емоційний меседж. На основі вивчення праць, присвячених дослідженню наївного мистецтва [6-11] можна стверджувати, що творчість представників цього напрямку є актуальною і може бути використана у процесі формування позитивного дитячого світогляду.

**Постановка завдання.** Метою даного дослідження є аналіз основних робіт художниці Марії Приймаченко: нами досліджено систему художніх елементів, яка є характерною для її творчості. Дана система використовувалась Марією Приймаченко для зображення тварин та являє собою унікальну скарбницю наївного мистецтва. Цей аспект творчості художниці є

відображенням світогляду дитини, що й було використано нами при створенні колекції одягу для дітей старшої дошкільної та молодшої шкільної вікових груп.

**Результати дослідження.** Питанням вікової періодизації розвитку дитини займалися багато вчених з точки зору таких наук як фізіологія, психологія та педагогіка. В теперішній час існує значна кількість періодизацій психічного та особистісного розвитку дитини. Серед найбільш авторитетних авторів у цьому напрямі можна назвати Л. С. Виготського, Е. Еріксона, Ш. Бюлер, Л. І. Божович, Д. Б. Ельконіна [7-8], в системах яких дитинство, як правило, поділяють на 7 періодів (рис.1).

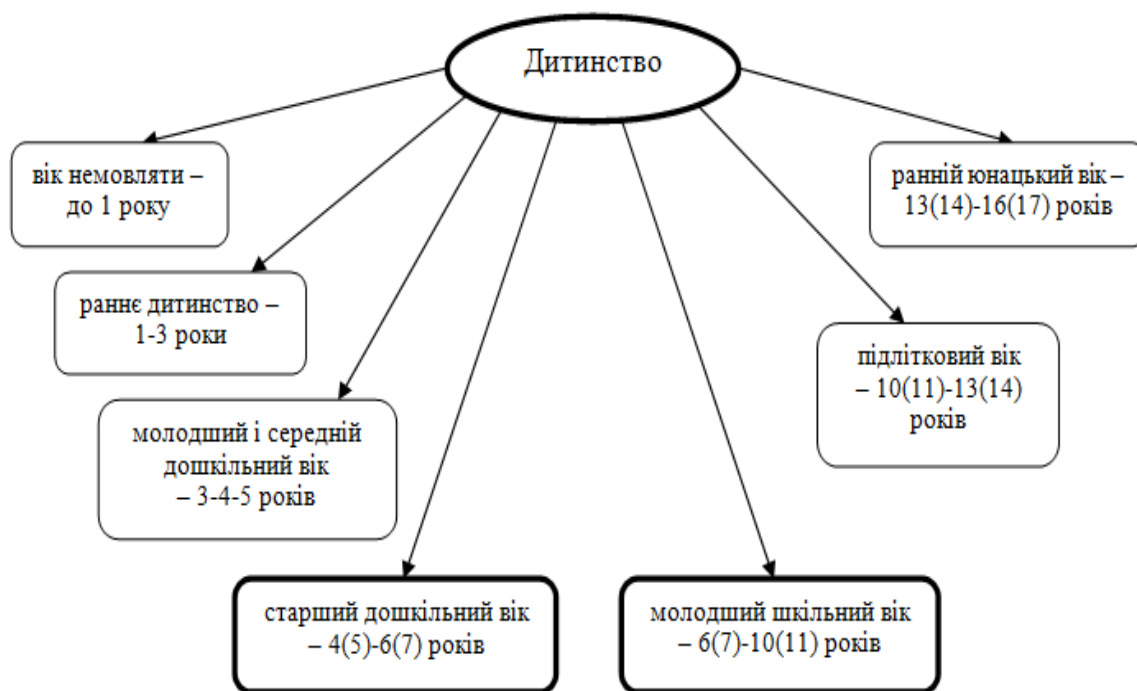


Рис.1 Вікова періодизація дитинства за Д. Б. Ельконіним

Детальне вивчення характеристик різних психологічних груп дало змогу обрати потенційними споживачами дітей старшого дошкільного та молодшого шкільного віку. Т.Дуткевич [8] констатує, що на основі досягнень дитини у розвитку пізнавальних процесів, їх інтелектуалізації, інтеграції та диференціації, набуття ними довільного та свідомого характеру, знання дитини значно розширюються, систематизуються, набувають особистісного змісту. Все це дає підстави говорити про закладання у дошкільника основ світогляду.

З іншого боку, вивчення праць з дослідження наївного мистецтва дозволяє стверджувати, що творчість представників цього напрямку може активно використовуватись у процесі формування дитячого світогляду. Цей напрям мистецтва є актуальним творчим джерелом в процесі проектування дитячого одягу, зокрема одягу для школярів-початківців. Так, О.Кириченко [6] у статті «Вивчення українського народного примітиву XX століття в курсі історії образотворчого мистецтва для художніх спеціальностей вищих навчальних закладів», роз'яснюючи термін «наївне мистецтво», пише: «Особливостями наївного

мистецтва є ознаки архаїчного художнього мислення, тут присутні моделі архетипних конструктів, є наявність міфопоетичних уявлень».

Серед найбільш яскравих представників цього напрямку в українському та світовому образотворчому мистецтві можна назвати художницю Марію Примаченко. У її творчості орнаментально-просторовий дискурс, образна система близькі до «класичних» зразків європейського авангарду й постмодернізму. Водночас щодо символіки, жанрових особливостей, характеру емоційного сприйняття життєвих факторів, подій та явищ, Марія Приймаченко є виразником суто українських психоментальних критеріїв [9].

Оскільки тематика творчості Марії Приймаченко має декілька напрямків, нами була виконана систематизація її робіт, на основі якої в подальшому обрано напрямок зображення тварин. Для трансформації характеристик зображень у принципи проектування одягу використаний метод асоціацій.

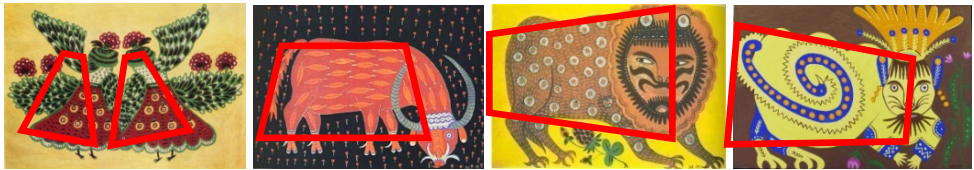
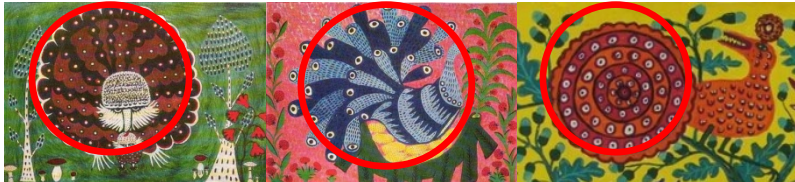
За типологією роботи Приймаченко можна умовно поділити на сюжетні (фігурні), знакові, ритміко-орнаментальні. Одним із основних сюжетів у творчості художниці Марії Примаченко є зображення фантастичних тварин. На цих картинах чітко відображений характер персонажів. Найчастіше з цією метою художниця використовувала такі засоби художньої виразності, як колір, форма та ритм. Укрупнені форми небачених звірів, справжня злива кольорів у поєднанні з орнаментальною розробкою тулуба слугують створенню вражаючого своєю емоційною силою образу [9-10]. Тому аналіз системи художніх елементів, які використовувала Марія Приймаченко для зображення тварин, був проведений саме за такими засобами художньої виразності як форма, пропорційне співвідношення, колір, ритм. В результаті проведеного аналізу були отримані наступні характеристики зображень (рис. Табл. 1).

Форми тулубів тварин можна звести до таких геометричних фігур: птахи – овал, трапеція, коло; свійські та домашні тварини – трапеції, овали, наближені до прямокутника. Також художниця зображувала фантастичних звірів та реальних тварин, яких ніколи не бачила. Їхні тулуби трансформовані з овалів та трапецій у незвичні форми, заокруглені або витягнуті, з горбами, витягнутими лапами та хвостами.

Таблиця 1

**Узагальнення зображень тварин у творчості Марії Приймаченко  
до простих геометричних фігур**

| Геометрична фігура | Зображення тварин                                                                    |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Овал               |  |

|          |                                                                                    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Трапеція |  |
| Коло     |  |

Пропорційне співвідношення фігур тварин у творчості Марії Приймаченко зустрічається у двох варіантах: прямокутник і квадрат. Більшість зображень виконані на альбомному папері стандартного формату, тобто вписані у прямокутник. Але, окремо деякі фігури тварин можна вписати у квадрат. У таблиці 2 представлені зображення тварин, вписані у дані пропорції.

Таблиця 2

**Пропорційне співвідношення зображень та формату полотен у творчості  
Марії Приймаченко**

| Квадрат                                                                             | Прямокутник                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |

Кольорова гама, яку використовувала художниця – яскраві локальні кольори, фарби вона змішувала дуже рідко. Більшість робіт виконані у теплій кольоровій гамі. Найчастіше зустрічаються жовтий та помаранчевий кольори, (у зображенні фону та фігур тварин), а також рожевий і теплі відтінки синього кольору. Синій, окрім того, слугує для розставлення акцентів. Часто акценти контрастні. Кольорову гаму творчості Марії Приймаченко представлено на кольоровому колі Йоганнеса Іттена [11] (рис.1).

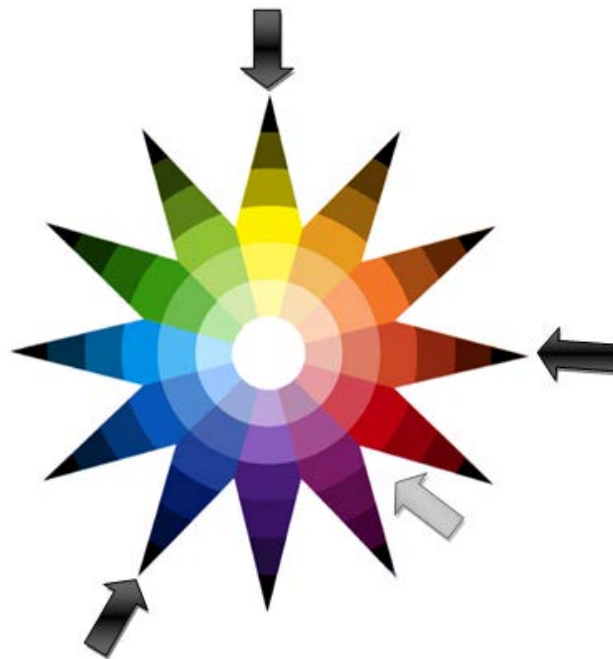


Рис.1 Схема використання кольорів на картинах Марії Приймаченко

Ритм та орнамент у творчості художниці – одне ціле. Ритм створюють орнаменти – переосмисленні народні мотиви, стилізовані зображення рослин та їх частин, зокрема квітів, листя та плодів. Варіанти орнаментального оформлення фігур тварин представлені на рис.2.



Рис. 2 Приклади орнаменту

Таким чином, поєднання вимог до дитячого одягу з аналітичними дослідженнями дало змогу визначити основні характеристики та розробити раціональні підходи до принципів проектування колекції одягу школярів-початківців. Так, під час проектування одягу варто використовувати вільні силуетні форми (прямі, овальні та трапецієподібні силуети), моделювання базових форм, збільшення деталей за допомогою розширення та подовження силуетних ліній, вшивання декоративних деталей у шви, моделювання форми «защипами», використання клинових вставок.

У розробленій колекції запропоновано вкорочення вертикалей силуетних форм виробів: довжина «три чверті» для суконь та спідниць, рукавів; розширення горизонталей: клинові вставки, зазначені вище, розширення лінії плечей та низу. Використано тканини теплих відтінків, насичених та яскравих кольорів, зокрема жовтого, рожевого та синього у якості основних. Пошиття деталей (рукавів, карманів, комірців) та декоративне оздоблення запропоновано з контрастних тканин. Тканина підкладки відрізняється за кольором від основної. Використано нашивки у формі рослин, рослинні принти та малюнки на тканині, а також ярусні та клинові моделі спідниць і суконь; активно застосовано складки. Ескізний ряд колекції представлений на рисунку 3.

**Висновки.** Таким чином, проведені дослідження підтвердили актуальність використання творчості Марії Приймаченко для створення колекцій одягу, що формують позитивне світосприйняття, в тому числі й одягу для дорослих. Результатами нашого дослідження стало: визначення потенційного споживача (відібрана вікова група – діти старшого дошкільного та молодшого шкільного віку); доведення відповідності тематики творчого джерела психофізіологічним характеристикам обраної вікової групи; отримання характеристик досліджуваного джерела для трансформування у принципи проектування одягу. Все це дозволило розробити креативну колекцію сучасного одягу для дітей старшої дошкільної та молодшої шкільної вікових груп.



Рис.3 Ескізи колекції дитячого одягу,  
спроектованої за темою творчого джерела

#### Список використаних джерел

1. Козлова Т.В. Костюм. Теория художественного проектирования. Учебник для вузов / Т.В. Козлова. — М.:МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005. — 380 с.
2. Розробка колекцій одягу: Навчальний посібник / А.М. Малинська, К.Л. Пашкевич, М.Р. Смирнова, О.В. Колосніченко — К.: ПП «НВЦ «Профі», 2014. — 140 с.
3. Ніколаєва Т.І. Аналіз розвитку моторики дітей для цілей підвищення ергономічної якості дитячого одягу / Т.І. Ніколаєва, М.В. Колосніченко / Вісник КНУТД// 2013.№ 4. С. — 94-102.
4. 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.
5. Пашкевич К.Л., Баранова Т.М. Конструювання дитячого одягу: Навчальний посібник. — К.: ПП «НВЦ «Профі», 2012. — 320 с.
6. Сайт Українського центру культурних досліджень [Електронний ресурс] . — Режим доступу: <http://www.culturalstudies.in.ua>

7. Эльконин Д.Б. К проблеме периодизации психического развития в детском возрасте // Вопр. психол. 1971. № I. С. 6—20.
8. Дуткевич Т. В. Дитяча психологія. Навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 424 с.
9. Олександр Найдєн. Марія Приймаченко: орнамент простору і простір орнаменту. Київ, Стилос, 2011.
10. Марія Приймаченко. Альбом. Київ, Мистецтво, 1994.
11. Иттен Иоханнес. Искусство цвета. — М.: Издатель Д. Аронов, 2000.

### References

1. Kozlova, O.A. (2005) *Costum. Teoriya hudozhestvennogo proektirovaniya [Costume. The theory of artistic design]*. Moscow, Russia: MGTU Kosygin A.N.
2. Malynska, A.M., Pashkevich, K.L., Smirnova, M.R., & Smirnova, O.V. (Eds.). (2014). *Rozrobka kolektsiy odyagu [Clothing collections design]*. Kyiv: PP "NVTs "Profi" [in Ukrainian].
3. Nikolaeva, T.I. (2013). *Analiz rozvitku motoriky ditey dlya tsiley pidvischennya ergonomichnoy yakosti dytyachogo odyagu [Analysis of children's motor development for the purpose of ergonomic quality improving for children's clothing]*. Visnik KNUTD – Bulletin of KNUTD, 4, 94-102 [in Ukrainian].
4. Kolosnichenko, M.V., Zubkova, L.I., Pashkevich, K.L., Polka, T.O., Ostapenko, N.V., Vasilyeva, I.V., et al. (2014). *Ergonomika i dyzayn. Proektuvannya suchasnykh vydiv odyagu [Ergonomics and design. Design of modern types of clothing]*. Kyiv: PP "NVTs "Profi" [in Ukrainian].
5. Pashkevich, K.L., Baranova, T.M. (2012). *Konstruyuvannya dytyachogo odyagu [Children's clothing design]*. Kyiv: PP "NVTs "Profi" [in Ukrainian].
6. Sait Ukrainskoho tsentry kylytrnykh doslidzhen [Site of The Ukrainian Center of Cultural Studies]. [www.culturalstudies.in.ua](http://www.culturalstudies.in.ua). Retrieved from <http://www.culturalstudies.in.ua/> [in Ukrainian].
7. Elkonin, D.B. (1971). *K probleme periodizatsii psikhicheskogo razvitiya v detskom vozraste [On the problem of periodization of mental development in childhood]*. Voprosy psichologii - Questions of psychology, 1, 6-20 [in Russian].
8. Dutkevich, T. (2012). *Dytyacha psikhologiya [The children's psychology]*. Kyiv: "Tsentr uchbovoi literatury" [in Ukrainian].
9. Nayden, O.(2011). *Mariia Prymachenko : ornament prostoru i prostir ornamentu [Maria Prymachenko: ornament of space and space of ornament]*. Kyiv: "Stylos" [in Ukrainian].
10. Mariia Prymachenko. *Albom [Maria Prymachenko. Album]*. (1994) Kyiv: "Mystetstvo" [in Ukrainian].
11. Itten Johannes (2000). *Iskusstvo tsveta [The Art of Color]*. Moscow, Russia: Publisher D. Aronov [in Russian].

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТВОРЧЕСТВА МАРИИ ПРИЙМАЧЕНКО ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ

НОРЕЦ М.В., КОЛОСНИЧЕНКО Е.В., НИКОЛАЕВА Т.И.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Анализ основных работ художницы Марии Примаченко для использования в процессе проектирования актуальной коллекции одежды для детей старшей дошкольной и младшей школьной возрастных групп.

**Методика.** Для анализа литературных источников информации использован литературно-аналитический метод; для исследования работ художницы – визуально-аналитический метод; для трансформации характеристик изображений в принципы проектирования одежды – метод ассоциаций.

**Результаты.** Обосновано соответствие тематики творческого источника психофизиологическим характеристикам возрастной группы. Получены характеристики исследуемого источника для трансформации в принципы проектирования одежды.

**Научная новизна.** Разработаны рациональные подходы к принципам проектирования коллекции одежды младших школьников.

**Практическая значимость.** Разработана актуальная коллекция детской одежды на основе творческого источника, в котором заложена положительная и понятная для детей определенной возрастной группы эмоциональная составляющая.

**Ключевые слова:** *дизайн-эргономическое проектирование детской одежды, украинское наивное искусство, творчество Марии Примаченко.*

## RESEARCH OF MARIA PRYMACHENKO'S ARTWORKS FOR DESIGN OF CLOTHES FOR CHILDREN OF EARLY SCHOOL AGE

NORETS M.V., KOLOSNICHENKO O.V., NIKOLAEVA T.I.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** To analyze the main works by artist Maria Prymachenko for usage in design of actual clothing collection for children of senior preschool and early school age.

**Methodology.** Literary analytical method was used for analysis of literary sources, while visual analytical method was used to study works of the artist. Method of association was used to achieve transformation of features of the images into clothing design principles.

**Findings.** Subject line of creative sources was grounded on psychophysiological characteristics of the age group. Characteristics of the investigated sources were achieved for transformation into principles of clothes design.

**Originality.** Rational approach to the design principles of clothing collection for children of senior preschool and early school age was worked out.

**Practical value.** The actual collection of children's clothes was designed on the basis of creative source, which had a positive and understandable emotional issue for children of a certain age group.

**Keywords:** *ergonomic design of children's clothes, Ukrainian naive art, works by Maria Prymachenko.*

УДК 687.117/19:687.14

РИЖЕНОК Д.О., НІКОЛАЄВА Т.І.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕСТЕТИЧНИХ ТА ЕРГОНОМІЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК КОСТЮМА XVIII - ПОЧАТКУ XX  
СТОЛІТТЯ ДЛЯ СПОРТУ ТА МИСЛИВСТВА, З  
МЕТОЮ РОЗРОБКИ КОЛЕКЦІЇ ДЛЯ ЖІНОК 4-5  
ПОВНОТНИХ ГРУП**

**Мета.** Виявлення характеру впливу художньо-композиційних характеристик історичного костюма в проектуванні сучасного одягу для жінок 4-5 повнотних груп, на основі вивчення костюма кінця XVIII - початку XX століття для кінного спорту та мисливства.

**Методика.** Використано методи: літературно – аналітичний, соціального опитування споживачів, історійко - графічний, системно - структурний аналіз, метод морфологічного аналізу та синтезу форм.

**Результати.** Методом опитування споживачів відповідної категорії віку, виокремлено найбільш сприятливі варіанти головних композиційних ознак форми, фактури, кольору, орнаменту та їх гармонічного поєднання у сучасному костюмі. За результатами проведення літературно – аналітичного методу складено таблиці, в яких проаналізовано та систематизовано конструктивну будову в історичному розвитку форм жіночого костюма. Методом системно-структурного аналізу досліджено тектонічну будову історичного костюма, визначено систему взаємопов'язаних елементів, найбільш важливіших для проектування костюма. Складено таблиці морфологічного аналізу та синтезу складових елементів костюма. Знайдено найбільш доцільні варіанти форми за допомогою їх міксування.

**Наукова новизна.** В науково-дослідницькій роботі проаналізовано та систематизовано конструктивну будову історичного жіночого костюма. Виявлено, що більш зручним для активної жінки 30-45 років буде одяг, наділений властивостями корегування за рахунок особливостей крою, на основі форм історичного костюму періоду XVIII-XX ст. для верхової їзди та мисливства.

**Практична значимість.** Проведені наукові дослідження надали можливість проектування сучасних форм одягу з покращеними ергономічними та естетичними властивостями, за рахунок використання оптимізації об'єктів та силуетних форм, пропорційної та ритмічної будови, колористики та орнаменталізації поверхні матеріалів.

**Ключові слова:** історичний костюм, крій, повнотні групи, спорт, мисливство, форма, повна фігура, орнамент, структура костюма.

**Вступ.** На даний час у Світовій моді існує підвищена цікавість до історичного костюма. Останні роки на подіумах неодноразово з'являються колекції з елементами крою, формами, силуетами на історичну тематику. Історичні костюми неодноразово інтерпретувались дизайнерами в колекціях Dolce & Gabbana, Valentino та інших відомих торгових марок. В колекціях присутній історичний дух, який чудово простежується та відображається в одязі. Це історія в новому часі, новому матеріалі, технологіях. Вивчаючи сучасний модний ринок, неможна було не помітити проблеми, з якою знайомі багато жінок віком від 30-45 років – незначна кількість пропозицій щодо модного одягу.

**Постановка завдання.** Дослідження історичного костюма кінця XVIII – початку XX століть, для кінного спорту та мисливства, з метою вдосконалення естетичних та ергономічних характеристик при проектуванні колекції сучасного одягу.

**Результати дослідження.** На основі аналізу сучасних трендів та модних тенденцій в дизайні одягу, а також за результатами анкетного опитування споживачів обґрунтовано вибір напрямку дослідження. Виявлено, що тематика використання в проектуванні одягу історичного костюма та особливостей його крою є дуже актуальною.

Методом опитування споживачів відповідної вікової категорії – від 30-45 років, виокремлено найбільш сприятливі варіанти головних композиційних ознак форми, фактури, кольору, орнаменту та їх гармонічного поєднання у сучасному костюмі.

Результати обробки анкет дали можливість визначити, переважаючи ознаки уподобань споживачів. Завдяки опитуванню чітко виділено силуети, форми рукавів та частин виробу, особливості оформлення горловини та манжетів, варіанти застібок, орнаменту, засоби поєднання деталей та інше. Споживач підкреслив актуальність вибору теми першоджерела для сучасного виробництва модного одягу.

На основі аналізу літературних джерел. Складено таблиці, в яких проаналізовано та систематизовано конструктивну будову в історичному розвитку форм жіночого костюма. Виявлено, що більш зручним, для активної молоді жінки та наділим властивостями корегування, за рахунок особливостей крою, був історичний костюм періоду XVIII-XX ст. для верхової їзди та мисливства [1-3], який в цей час вже увійшов в моду і використовувався також як вихідний костюм. Зазначені форми костюма мають ознаки зручності, вільності рухів, надійності, з одночасно високою естетичною якістю.

Методом системно-структурного аналізу досліджено тектонічну будову історичного костюма [4], визначено систему взаємопов'язаних елементів та найбільш важливіших для проектування елементів костюма (рис.1).

Складено таблиці морфологічного аналізу та синтезу елементів костюма. Знайдено більш доцільні варіанти форми за допомогою їх міксування (рис.2). Отримані в результаті морфологічного аналізу та синтезу найбільш доцільні та вивірені форми, утворюють лінійні знаки-символи асортиментних блоків колекції, які поділені за призначенням: святковий одяг, офіційно-діловий одяг, повсякденний одяг.

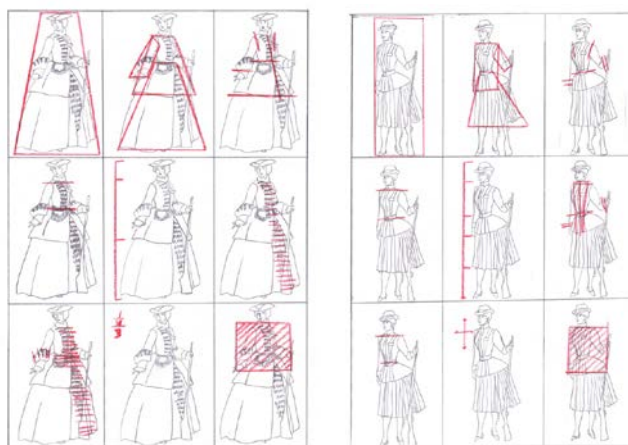


Рис. 1 Системно – структурний аналіз форми історичного костюма кінця XVIII – початку XX століть для кінного спорту та мисливства

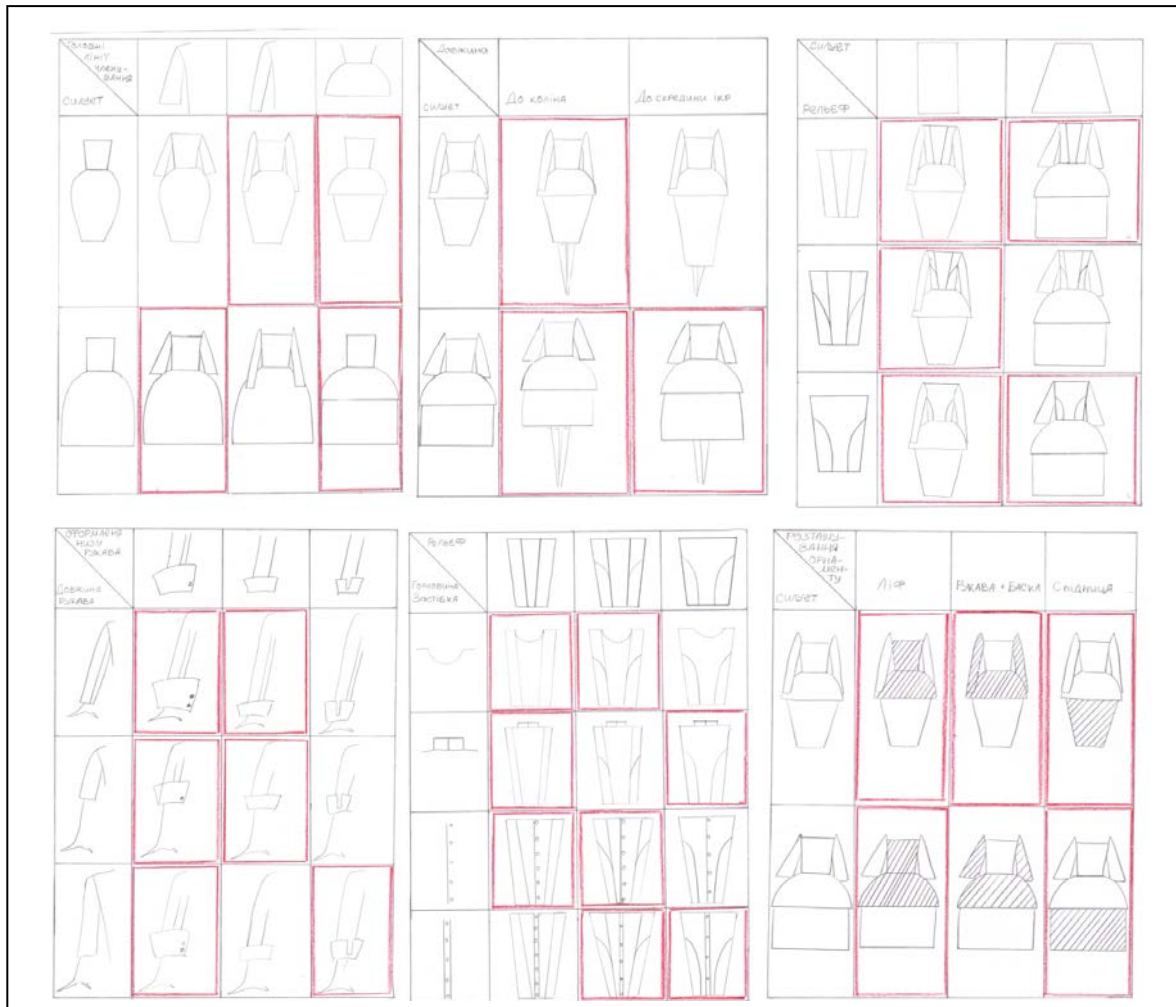


Рис. 2 Таблиці матриць морфологічного аналізу та синтезу елементів форми костюма

Для декоративної наповненості площин виробів обрано роботи англійського дизайнера тканин і меблів, художника-орнаменталіста XIX ст. Вільяма Морріса [5]. Використання дрібноузорчатого орнаментального малюнку в декоруванні одягу великих розмірів обумовлено тим, що рисунок рівномірно покриває площини поверхонь костюма і не дає зосередитись на його об'ємі.

Етапи процесу художнього проектування асортиментних блоків колекції жіночого одягу виражені алгоритмом (рис. 3).

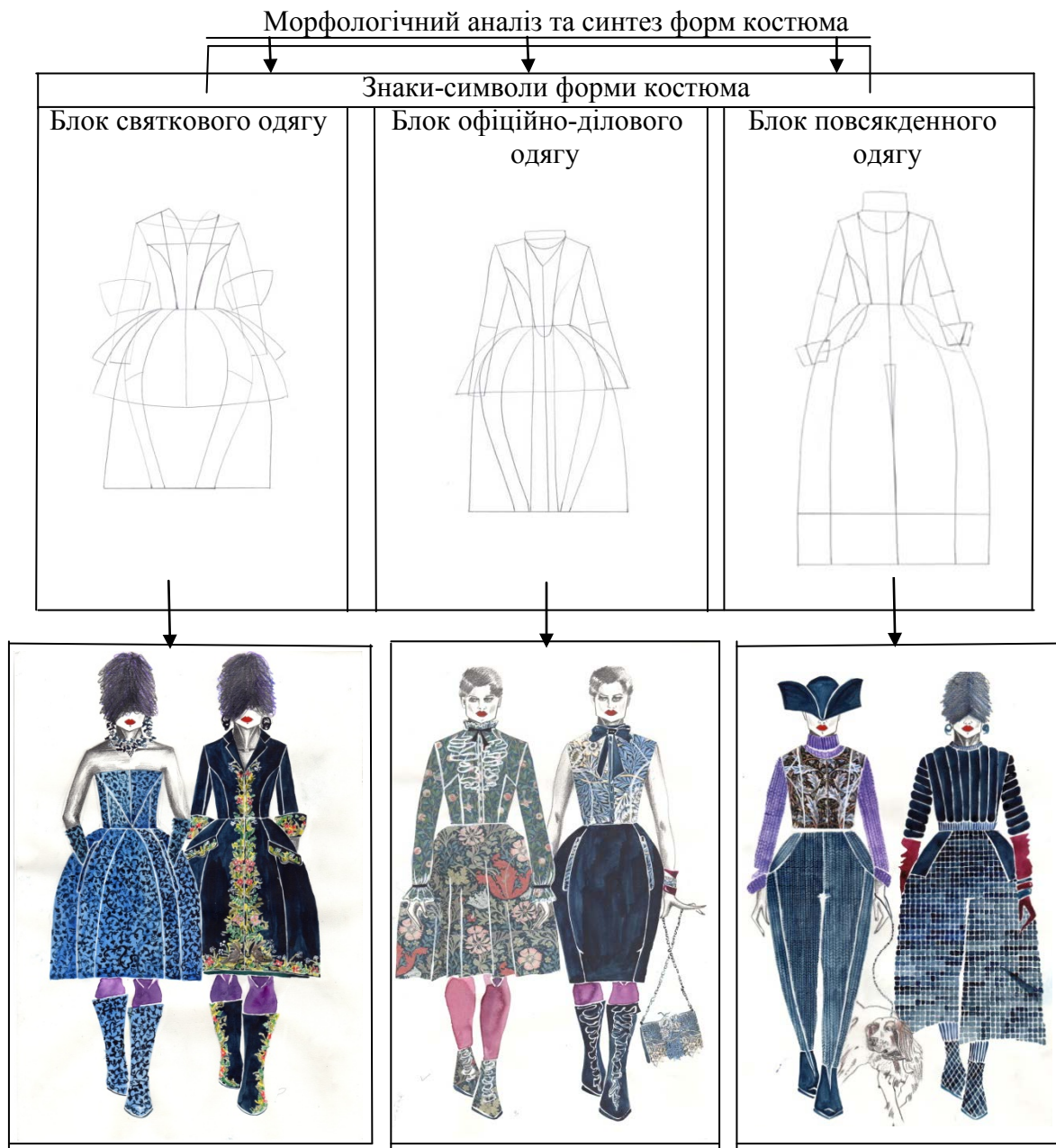


Рис. 3 Алгоритм художнього проектування асортиментних блоків колекції жіночого одягу для жінок 4-5 повнотних груп

**Висновки.** Представлена дослідницька робота є актуальною для сучасного проектування модного одягу, має цікаве творче джерело натхнення, відповідає художнім смакам обраного типу споживачів. Системний підхід до проектування одягу, виражений вищезазначеними науковими методами, надав можливість створення комплексного підходу для моделювання сучасних колекцій костюма для жінок 4-5 повнотних груп.

На основі проведених досліджень створено перспективну колекцію для повних жінок, віком від 30 – 45 років, з урахуванням особливостей крою історичного костюма кінця XVIII початку XX століття для кінного спорту та мисливства.

### Список використаних джерел

1. Дяттерёва В. О. Краткая история возникновения, а также основные принципы езды в дамском седле. Описание одежды всадницы и конструкции седла – Ж: «Коневодство и конный спорт», №4/2003. – Москва: 2003. – 46 с.
2. Блохина И.В. Всемирная история костюма, моды и стиля. – Минск : Харвест, 2009. – 400 с. : ил.
3. История моды с XVIII по XX век / [Фукай А., Суо Т., Ивагами М., Кога Р., Ний Р., Нишияма Д.] ; под ред. Л. Борис.– TASCHE, 2003. – 720 с.
4. Ніколаєва Т. В. Тектоніка формоутворення костюма: навч. посібн.: [3-тє вид., доповн.] / Т. В. Ніколаєва. — К.: Арістей, 2011. — 340 с.
5. Merz, William. The self balancing system of gutting ladies garments, by dittmar & sheirer, including scales of the selfbalancing system for cutting| - New York, 1911 – 70p.

### References

1. Dyagtereva V.O. A brief history of the origin, and the basic principles of driving in sidesaddle. Description odezhy rider and saddle design.- "Horse breeding and equestrian sports", №4/2003. –Moscow. 2003. – 46 с.
2. Blohina I.V. World History of Costume, fashion and style. - Minsk: Harvest, 2009. – 400 с. : ил.
3. The history of fashion from the XVIII to XX century / [Fuca A., T. Suo, Iwag M., R. Koga, Nij, R., D. Nishiyama]; ed. L. Boris.- TASCHE, 2003. - 720 p.
4. Nikolayeva T. Tectonics forming costume: teach. guidances .: [3rd ed., fulfill.] / T. Nikolaeva. - K .: Aristey, 2011. - 340 p.
5. Merz, William. The self balancing system of gutting ladies garments, by dittmar & sheirer, including scales of the selfbalancing system for cutting - New York, 1911 – 70p.

### ИССЛЕДОВАНИЯ ЭСТЕТИЧЕСКИХ И ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОСТЮМА XVIII – НАЧ. XX ВЕКА ДЛЯ СПОРТА И ОХОТЫ, С ЦЕЛЮ РАЗРАБОТКИ КОЛЛЕКЦИИ ДЛЯ ЖЕНЩИН 4-5 ПОЛНОТНЫХ ГРУПП

РЫЖЕНОК Д. А., НИКОЛАЕВА Т. И.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Выявление характера влияния художественно-композиционных характеристик исторического костюма в проектировании современной одежды для женщин 4-5 полнотных групп, на основе изучения костюма конца XVIII- начала XX века для конного спорта и охоты.

**Методика.** Используются методы: литературно - аналитический, социального опроса потребителя, историко - графический, системно - структурный анализ, метод морфологического анализа и синтеза форм.

**Результаты.** Методом опроса потребителя соответствующей категории возраста, выделены наиболее благоприятные варианты главных композиционных признаков формы, фактуры, цвета, орнамента и их гармоничного сочетания в современном костюме. По результатам проведения литературно - аналитического метода составлены таблицы, в которых проанализировано и систематизировано конструктивное устройство в историческом развитии форм женского костюма. Методом системно-структурного анализа исследовано

тектоническое строение исторического костюма, определена система взаимосвязанных элементов, наиболее важных для проектирования костюма. Составлены таблицы морфологического анализа и синтеза составляющих элементов костюма. Найдено наиболее целесообразные варианты формы с помощью их микширования.

**Научная новизна.** В научно-исследовательской работе проанализировано и систематизировано конструктивное устройство исторического женского костюма. Выявлено, что более удобным, для активной женщины 30-45 лет, будет одежда которая наделена свойствами корректировки, за счет особенностей кроя, на основе форм исторического костюма периода XVIII-XX вв. для верховой езды и охоты.

**Практическая значимость.** Проведенные научные исследования предоставили возможность проектирования современных форм одежды с улучшенными эргономическими и эстетическими свойствами, за счет использования оптимизации объектов и силуэтных форм, пропорциональных и ритмических строений, колористикой и орнаментальной поверхности материалов.

**Ключевые слова:** *исторический костюм, крой, полнотные группы, спорт, охота, форма, полная фигура, орнамент, структура костюма.*

## **RESEARCH OF AESTHETIC AND ERGONOMIC CHARACTERISTICS OF SPORTS AND HUNTING SUIT OF XVIII - EARLY XX CENTURIES, WITH PURPOSE TO DEVELOP COLLECTION FOR WOMEN 4-5 SIZE OVERALL GROUPS**

RYZHENOK D.A., NIKOLAEVA T.I.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**The purpose.** Identifying the nature of the impact of art and historical characteristics of the composite suit design of modern clothes for women 4-5 size overall groups, based on the study of costume XVIII- end of the beginning of XX century for equestrian sports and hunting.

**Methods.** Methods used: literary - analytical, social, consumer surveys, historical graphic, systemic - structural analysis, the method of morphological analysis and synthesis of forms.

**Results.** The method of consumer surveys respective age category, singled out the most favorable options for major features composite form, texture, color, ornamentation and harmonious combination of the modern suit. The results of the literary - analytical method, a table, which analyzed and systematically constructive structure in the historical development of forms of the female costume. The method of the system-structural analysis investigated the tectonic structure of historical costume, defined system of interconnected elements, the most important for the design of the suit. Folding tables morphological analysis and synthesis of components of a suit. We found the most appropriate form of options through their mixing.

**Originality.** In the research work analyzed and systematized constructive structure historic women's suit. Found that more convenient for active women 30-45 years old, will be endowed with the properties clothing adjustments by features cut, form-based historical period costumes XVIII-XX centuries. riding and hunting.

**The practical significance.** Past research enable the design of modern forms of clothing with improved ergonomic and aesthetic properties, due to the use of optimization and silhouette shapes of objects, proportionate and rhythmic structure, surface ornamentation and coloring materials.

**Keywords:** *historical costume, cut, overall groups, sports, hunting, form, full figure, ornament, structure suit.*

[УДК 725.838+727.7]  
:69.059.73

САФРОНОВА О. О., СЕРГЄЄВА О.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРУ ЦЕНТРУ КУЛЬТУРИ ДЛЯ МОЛОДІ В УМОВАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ

**Мета:** проаналізувати досвід реновації промислових будівель під центри культури для молоді в різних країнах, виявити особливості формування середовища багатофункціональних просторів молодіжних центрів культури в умовах України.

**Методика:** огляд літератури: аналіз даних Інтернету і літературних джерел з відповідної проблематики; обстеження та фотофіксація нефункціонуючих промислових будівель (у Києві); порівняльний аналіз досвіду проектування, узагальнення результатів дослідження.

**Результати:** виявлено тенденції формування простору центрів культури для молоді, особливості їх формування в умовах реконструкції промислової будівлі.

**Наукова новизна:** в статті здійснено зрівняльний аналіз деяких аспектів світового досвіду реновації промислових будівель під центри культури для молоді. Запропоновано новий підхід до функціонального зонування центру культури для молоді на базі промислової будівлі.

**Практична значимість:** отримані результати можуть бути використані в учбовому і реальному проектуванні.

**Ключові слова:** культурний центр, дозвілля, молодь, реконструкція, промислові будівлі.

**Вступ.** В даний час відбуваються зміни в економічному, політичному, соціокультурному житті нашої країни і одночасно з цим спостерігається зниження моральної стійкості особистості, її здатності до збереження національних цінностей. Саме тому особливу роль набувають проблеми формування культурного та духовного простору для розвитку молодих людей [1]. Аналізуючи саме явище дозвілєвої діяльності, її різновиди та їх архітектурне втілення, можна зробити висновок, що дозвілля молоді споконвічно було основною складовою частиною всієї такої діяльності. Сучасні центри культури для молоді, як новий тип багатофункціональної будівлі культурного напрямку, отримав велике поширення в усьому світі. Все частіше такі центри створюються на базі реновації промислових будівель і споруд. У літературі, особливо західній, питанню організації багатофункціональних громадських центрів приділяється велика увага. Висвітлюються різні аспекти цієї тематики: громадського простору в структурі міста (К. Лінч, А.В. Іконніков); певних типів громадських будівель, комплексів та їх інтер'єрів (В.В. Фоміна, А.Л. Гельфонд); молодіжних центрів на основі реновацій (А. Етмановіч). Існують також добірки конкретних проектів у рамках освітнього, розважального та інших типів будівель (А. Етмановіч, В.І. Бочелюк, В.В. Бочелюк). Але незважаючи на те, що сьогодні в світі є досить багатий досвід реновацій під центри культури для молоді (центр культури «Manufactura» в Польщі, культурний квартал «Artplay» в Москві, Музейний квартал у Відні та інші), питання організації такого простору в науковій літературі не розглядались.

**Постановка завдання** Потреба в спорудженні багатофункціональних центрів культури для молоді виникла з розвитком культурної сфери життя, зі значною урбанізацією міст та з появою нових підходів до просторової організації культурних функцій в архітектурі

та дизайні [2]. Важливою характеристикою таких центрів, особливо створених на основі реновацій промислових будівель, є можливість їхнього потенційного розвитку та трансформації. Саме безперервні зміни технологій способу життя молоді і форм прояву міської культури вимагають реалізації в таких закладах нових архітектурно-дизайнерських ідей. Завдання дослідження – визначити особливості формування інтер'єру центрів культури для молоді на базі промислової будівлі в умовах України з врахуванням основних чинників впливу.

**Результати дослідження.** Існуюча структура міст України, відсутність багатофункціональних центрів культури для дозвільної діяльності не сприяє розвитку культури молодих людей. В радянські часи для дозвілля створювалися будинки (палаці) культури і народні клуби, громадські центри, палаці піонерів. На сьогоднішній день більшість з них не функціонують. Існуючі центри не працюють в повному обсязі, в багатьох з них відсутня освітня функція, а найголовніше – вони не враховують вподобань сучасної молоді. Центри культури радянських часів створювалися на основі певних вимог до формування культурно-видовищних об'єктів, згідно з якими функціональним ядром інтер'єру була видовищна частина – зал для глядачів. Ця частина носила універсальний характер (проведення зборів, конференцій, кіносеансів, концертів, спектаклів) [3].

Соціологічні дослідження структури дозвілля сучасної молоді, її способу життя [1, 2] свідчать про необхідність перегляду функціонального зонування центрів культури, створення багатофункціонального простору, який міг би з легкістю трансформуватися під різні заходи. За даними [4], процесу соціалізації молоді, як становленню індивідуального механізму входження молодої людини в соціокультурне середовище для забезпечення успішності її діяльності, сприяє залучення до спілкування, культурного життя суспільства. В роботі Олесіної Є.П. показано, що процес залучення людини до культури, йде за двома напрямками: від суспільства до особистості і від особистості до суспільства. Таким чином, культура і людина взаємо-визначені. Тенденції сучасності, способи саморозвитку, визначають необхідність освоєння молоддю художньої культури, як чинника самореалізації. Виходячи з вищезазначеного, в сучасному центрі культури для молоді необхідним є створення таких комунікативних просторів, як творчі майстерні і місця для демонстрації витворів мистецтва, перформансу, а також медіатеки, коворкінг-зони, тощо. За нашою думкою, такі простори повинні входити, як зони в загальну функціонально-просторову структуру центру культури. Не потрібні чіткі межі між такими комунікативними зонами – вони будуть перетікати в загальний простір будівлі, тим самим об'єднуючи творчі кластери. Відповідно в структурі плану центру культури функціональним ядром інтер'єру стане місце для самореалізації молоді.

Традиційно Київ, подібно до більшості столиць, розвивався як великий промисловий центр. Після отримання незалежності, столиці дісталися в спадок величезні промислові території, розкидані по всьому місту, які мають вигідне розташування [6]. Багато заводів простоюють, ускладнюючи функціонування основних зон міста і створюючи екологічний та естетичний дисбаланс. В зарубіжних країнах власники промислових зон вже давно почали залучати відомих дизайнерів і архітекторів для трансформації просторів, міняючи таким чином особливості районів. Європа – від Лондона до Барселони, – успішно (часто за підтримкою уряду) веде роботу по ефективному освоєнню промислових приміщень. Активно проводяться такі перетворення в містах-мегаполісах Росії (Москва, Петербург). Реновація колишніх індустріальних зон – заводів, фабрик та мануфактур – говорить про закономірний рух з індустріальної ери в інтелектуально-цифрову. Зазначимо, що в нашій країні такі процеси розвиваються більш повільно. Враховуючі дефіцит міської території, для створення

центрів культури доцільною є реновація колишніх заводів з їх високими стелями і величезними цехами, де є відмінний простір для необмеженої і не обумовленої стінами і відстанями роботи багатofункціональних центрів культури.

Вибір такого простору, як правило, передбачає і його стилістичне рішення. З реновацією і реконструкцією індустріальних об'єктів завжди пов'язують архітектурний напрям в дизайні інтер'єрів XX-XXI століть – лофт. Лофт – нестандартний, індустріальний стиль (виник, як тип житла на базі будівель промислового призначення в Мангеттені), що передбачає велику площу, панорамні вікна і бруталну обробку. Його концепція – розвиток через збереження [5]. Цей стиль, цікавий в першу чергу людям творчих професій і так званих богемі, сьогодні актуальний в молодіжному середовищі.

В Табл.1 зведені результати аналізу функціонального призначення і сезонності ряду промислових будівель і споруд, що були перетворені в центри культури на Заході і в Росії.

Таблиця1

**Характеристики центрів культури на базі промислових будівель і споруд**

| Назва, країна, площа будівлі                                     | Промислова будівля, інвестиції            | Функції закладу                                                                                                                                                 | Функціонування закладу |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| The Digital Hub<br>Місто: Дублін (Ірландія)<br>36 000 кв. м      | Пивоварня «Guinness»<br>72,4 млн євро     | освітня діяльність, культурно-просвітницька діяльність, допомога благодійним організаціям                                                                       | постійно               |
| Westergasfabriek<br>Місто: Амстердам (Нідерланди) 140 000 кв. м. | Газові сховища<br>31 млн євро             | база креативної індустрії, культурно-розважальна діяльність, проведення культурних заходів                                                                      | постійно               |
| Kaapelitehdas<br>Місто: Гельсінкі (Фінляндія)<br>53 348 кв. м.   | Завод з виробництва кабелю<br>93 млн євро | культурно-розважальна діяльність, творчі майстерні, проведення культурних заходів, освітня діяльність                                                           | постійно               |
| Museum Quartier<br>Місто: Відень (Австрія)<br>60 кв. м.          | Королівські стайні<br>150 млн євро        | музейна діяльність, культурно-просвітницька діяльність, проведення фестивалів, творчі майстерні, торговельно-розважальна діяльність                             | постійно               |
| Manufaktura<br>Місто: Лодзь (Польща)<br>110 000 кв. м.           | Мануфактурна фабрика<br>200 млн євро      | музейна діяльність, культурно-просвітницька діяльність, торговельно-розважальна діяльність, робота готелю, проведення спортивних заходів, організація фудкортів | постійно               |
| «Artplay»<br>Місто: Москва                                       | Приладобудівний завод «Манометр»          | база креативної індустрії,                                                                                                                                      | постійно               |

|                             |                  |                                                                             |  |
|-----------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--|
| (Росія)<br>5 500 000 кв. м. | 1 8,888 млн євро | культурно-просвітницька діяльність, проведення фестивалів, творчі майстерні |  |
|-----------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--|

Проведений аналіз свідчить, що багатофункціональні центри культури європейських країн і пострадянського простору, створені на базі промислових будівель, дають змогу формувати нові громадські інтер'єри, структурні зв'язки та типологічні одиниці. Вони сприяють освітньому та духовному розвитку молоді, мотивації особистості до пізнання та творчості – реалізують додаткові освітні програми і послуги в інтересах молоді; в них проводяться різні культурно-масові заходи: концерти, виставки, фестивалі, конкурси, творчі вечори, майстер-класи і т.д.; створюються молодіжні об'єднання і клуби. В Україні подібний процес, на думку сторонніх спостерігачів, відбувається більш повільно і поки не поставлений на рейки. (Табл. 2). На відміну від закордонних закладів, вітчизняні центри працюють нерегулярно, в них відсутні освітні програми. На Заході частину інвестиції в розвиток центрів вкладає держава, в Україні фінансування йде за рахунок приватних підприємців, що не сприяє їх активному розвитку.

Таблиця 2

**Характеристики центрів культури на базі промислових будівель і споруд в м. Києві**

| Назва, площа                       | Промислова будівля         | Функції закладу                                                             | Функціонування закладу                                                          |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| «Мин» 350 кв. м.                   | ДК трамвайників            | культурно-розважальна діяльність                                            | не постійно (в залежності від кількості заходів)                                |
| «Closer» 1000 кв.м.                | стрічковка фабрика         | виставкова діяльність, показ фільмів, концертна діяльність                  | постійно(заходи проводяться не кожного дня, відсутня коворкінг зона)            |
| Вежа КПП 105,7 кв.м.               | вежа головного корпусу КПП | зона коворкінгу, виставкова діяльність                                      | с 14.00 до 20.00 по буднях                                                      |
| Арт-завод «Платформа» 65 000 кв.м. | шовковий комбінат          | база креативної індустрії, проведення фестивалів, творчі майстерні, фудкорт | наразі функціонує не постійно, але згодом планується функціонування кожного дня |
| Гогольфест 7,500 кв.м.             | завод металоконструкцій    | проведення фестивалю                                                        | не постійно, (один раз у рік)                                                   |

**Висновки.** Потрібно розширювати можливості існуючих в Україні центрів культури, враховуючи досвід зарубіжних країн, вподобання сучасної молоді, необхідність вирішення проблеми її соціалізації, розвитку культури. Запропоновано концепцію багатофункціонального центру культури на базі промислової будівлі, функціональним ядром інтер'єрного простору якої повинно бути місце для самореалізації молоді.

Тема формування культурного простору для молоді в умовах реконструкції промислових будівель для України є дуже актуальною, тому необхідне подальше її дослідження з метою більш детальної розробки концепції простору і рекомендацій до його проектування.

### Список використаних джерел

1. Панфилова Е. В. Ценности культуры досуга студенческой молодёжи: результаты исследования [Текст] / Е. В. Панфилова // Молодой ученый. – М.: 2012, – Вип. №8. – С. 278-283.
2. Бочелюк В.І., Бочелюк В.В. Дозвіллєзнавство. Навчальний посібник – К.: 2006, Центр навчальної літератури. Режим доступу: <http://banauka.ru/39.html>
3. Олесина Е.П. Современная художественная культура как фактор социализации / Е.П. Олесина / Сетевой электронный научный журнал « Педагогика искусства». – М.: 2013, – Вип. №2 – С.3
4. Сафронова О.О. Особливості формування інтер'єру житлового приміщення в стилі «лофт» /О.О. Сафронова, Г.С. Лазарева // Теорія і практика дизайну: Збірник наукових праць. Мистецтвознавство. – К.: «ДІА» 2014, – Вип. №5. – С.122-130
5. Соловей О. Перспективы киевских промзон. / Commercial Property – К. : 2008, Вип. №1 (53) Режим доступу: [http://commercialproperty.ua/analytics/top/detail.php?IBLOCK\\_ID=11&ID=38092](http://commercialproperty.ua/analytics/top/detail.php?IBLOCK_ID=11&ID=38092)

### References

1. Panfilova E. V. Tsennosti kulturyi dosuga studencheskoy molodYozhi: rezultatyi issledovaniya [Tekst] / E. V. Panfilova // Molodoy ucheniy. [Cultural values leisure student youth: findings] – М.: 2012, – Vip. №8. – P. 278-283.
2. Bochelyuk V.I., Bochelyuk V.V. DozvillEznavstvo. Navchalniy poslbnik – К.: 2006, Tsentr navchalnoYi lIteraturi. Rezhim dostupu: <http://banauka.ru/39.html>
3. Olesina E.P. Sovremennaya hudozhestvennaya kultura kak faktor sotsializatsi / E.P. Olesina / Setevoy elektronniy nauchniy zhurnal « Pedagogika iskusstva». [Contemporary art and culture as a factor of socialization] – М.: 2013, – Vip. №2
4. Safronova O.O. OsoblivostI formuvannya Inter'Eru zhitlovogo primIschennya v still «loft» /O.O. Safronova, G.S. Lazareva // TeorIya I praktika dizaynu: Zblrnik naukovih prats. Mistetstvoznnavstvo. [Features of formation of the interior of the dwelling in the style of "loft"] – К.: «DIYA» 2014, – Vip. №5. – P.122-130
5. Solovey O. Perspektivyi kievskih promzon. / Commercial Property [Prospects of the Kiev industrial areas] – К.: 2008, Vip. №1 (53) Rezhim dostupu: [http://commercialproperty.ua/analytics/top/detail.php?IBLOCK\\_ID=11&ID=38092](http://commercialproperty.ua/analytics/top/detail.php?IBLOCK_ID=11&ID=38092)

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА ЦЕНТРА КУЛЬТУРЫ ДЛЯ МОЛОДЕЖИ В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

САФРОНОВА Е.А., СЕРГЕЕВА Е.В.

*Киевский Национальный Университет Технологий и Дизайна*

**Цель:** проанализировать опыт реновации промышленных зданий под центры культуры для молодежи в разных странах, выявить особенности формирования среды многофункциональных пространств молодежных центров культуры в условиях Украины.

**Методика:** обзор литературы; анализ данных Интернета и литературных источников по соответствующей проблематике; обследования и фотофиксация нефункционирующих промышленных зданий (в Киеве); сравнительный анализ опыта проектирования, обобщение результатов исследования.

**Результаты:** выявлены тенденции формирования пространства центров культуры для молодежи, особенности их формирования в условиях реконструкции промышленного здания.

**Научная новизна:** в статье осуществлен сравнительный анализ некоторых аспектов мирового опыта реновации промышленных зданий под центры культуры для молодежи. Предложен новый подход функционального зонирования центра культуры для молодежи на базе промышленного здания.

**Практическая значимость:** полученные результаты могут быть использованы в учебном и реальном проектировании.

**Ключевые слова:** культурный центр, досуг, молодежь, реконструкция, промышленные здания.

## **FEATURES OF FORMATION OF SPACE OF A CULTURAL CENTER FOR YOUTH IN THE CONDITIONS OF RECONSTRUCTION OF AN INDUSTRIAL BUILDINGS**

SAFRONOVA O., SERGEEVA O.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Objective:** To analyze the experience of renovation to industrial buildings of cultural centers for young people in different countries, reveal the features of forming the environment of multi-functional spaces for youth centers of culture in the conditions of Ukraine.

**Methods:** A literature review analysis of the Internet data and literature on the issue; examination and photographing nonfunctioning industrial buildings (Kiev); Comparative analysis of design experience, generalization of the results of the study.

**Results:** tendencies of forming a space of cultural centers for young people, especially in the conditions of their formation of renovation to an industrial building, have been revealed.

**Scientific novelty:** The article presents a comparative analysis of some aspects of the international experience of industrial buildings under renovation to cultural centers for young people. A new approach to functional zoning of a cultural center for young people is suggested on the basis of an industrial building

**Practical value:** the results can be used in training and real design.

**Keywords:** cultural center, leisure, youth, reconstruction, industrial buildings.

УДК 711.552.3:72.012

САФРОНОВА О. О., МАЛІК О. І.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ БІОДИЗАЙНУ У ФОРМУВАННЯ ІНТЕР'ЄРУ ОФІСНИХ ПРИМІЩЕНЬ

**Мета.** Виявлення основних підходів, методів і способів впровадження біодизайну у формування сучасного офісного інтер'єру.

**Методика.** Використано методи: літературно-системного аналізу наукових публікацій за тематикою дослідження; функціонального, морфологічного та структурного аналізів інтер'єрів приміщень офісів, узагальнення отриманих результатів дослідження.

**Результати.** Обґрунтовано доцільність використання біодизайну в офісних приміщеннях, визначено основні підходи і методи, означено способи використання біонічних побудов в інтер'єрі офісних приміщень, розроблено методики біодизайну офісного простору.

**Наукова новизна.** Визначено основні підходи до впровадження біонічних побудов в офісний простір

**Практична значимість.** Запропоновано методики проектування офісного простору, які можуть бути використані у практичній діяльності дизайнера.

**Ключові слова:** дизайн, біоніка, біодизайн, інтер'єр офісу

**Вступ.** Підвищення архітектурно-художніх, функціонально-планувальних та естетичних якостей архітектурно-предметного середовища, передбачає впровадження в практику проектування інноваційних теорій формоутворення, що дозволяють гармонізувати взаємодію людини і простору. Вирішення цієї задачі стає особливо актуальним при проектуванні офісних приміщень, де люди проводять більше половини свого свідомого життя. Одним із сучасних методів гармонізації середовища є біодизайн, що органічно поєднує інтуїтивні методи, які лежать в основі творчості з логічними і експериментальними способами формоутворення на основі природних біопрототипів. Основні принципи і поняття біодизайну, історичні аспекти його виникнення, і розвитку розглянуто у відомій монографії Ю. С. Лебедева, В. І. Рабиновича «Архітектурна біоніка», навчальному посібнику «Основи біодизайну», наукових статтях А.М. Олексієнко, А.Н. Липова, І.О. Кузнецової та ін. Найбільш повно з нашої точки зору, теоретичні і практичні засади біодизайну, геометричні основи моделювання біоформ висвітлені в роботах В.Є. Михайленко, О.В. Кашенко. В той же час, способи і методи використання біодизайну у формуванні громадських інтер'єрів, зокрема офісного простору, залишаються мало вивченими.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання гармонізації офісного середовища з використанням сучасних методів формоутворення, завданням дослідження є виявлення основних підходів, методів і способів впровадження біодизайну у формування сучасного офісного інтер'єру.

**Результати дослідження.** Біодизайн, як науково-творчий напрямок дизайну, сформувався у другій половині ХХ ст. на основі синтезу дизайну і біоніки – науки, суміжною між біологією і технікою, що розв'язує технічні завдання на основі моделювання структури та життєдіяльності організмів. Основоположні принципи біоніки було закладено на міжнародному симпозіумі в 1960 р. в м. Детройті, зміст яких образно відображений гаслом симпозіуму: «Живі прототипи – ключ до нової техніки». Серед широкого спектра напрямків у сфері дизайну середовища, біодизайн є найбільш спорідненим з такими, як

органічний дизайн, екодизайн, біоморфізм, ергодизайн. [2,3]. Доцільність звернення до природних форм в середовищі життєдіяльності з точки зору фізіологічних особливостей зору (автоматії стакад, бінакулярності зору) обґрунтована і в теорії відеоєкології, академіка біологічних наук Філіна В. А. [5].

Сьогодні, коли, незважаючи на складні економічні умови, в Україні розвиваються новітні технології будівництва та оздоблення приміщень і великі кошти вкладаються в будівництво адміністративних будівель, стає можливою реалізація біонічних підходів при проектуванні офісного інтер'єру. Серед існуючих архітектурно-планувальних структур офісних приміщень можна виділити такі основні типи: відкритий простір, закритий (кабінетний), змішаний тип. Вибір того чи іншого типу планування визначається характером роботи компанії, що визначає систему розміщення персоналу.

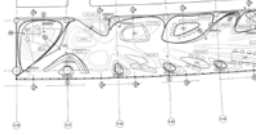
Проведені дослідження показали, що методи архітектурної біоніки широко використовуються в проектуванні знакових споруд в країнах Західної Європи, Америки, Африки (ОАЕ), Сходу, таких як театри, аеропорти, виставкові галереї і т. д., широко відомі приклади застосування біодизайну в інтер'єрі станцій метрополітену (наприклад, метро м. Стокгольм – «Рінкебі», «Стадіон», архітекторів Е Халек, Е. Паппарт, метро м. Брюсселя – станція «Рой Бодуін» Ф. Десселя), є також тенденція до впровадження біодизайну в формування простору офісних приміщень.

Зазначимо, що в Україні архітектурні проекти з використанням принципів архітектурної біоніки розробляються в основному в дипломному і конкурсному проектуванні (наприклад, проект арт центру в Києві Дмитра Шведова, проект школи мистецтв під Києвом, Дмитра Аранчія). Значно більше реалізованих біонічних об'єктів предметно-просторового середовища: меблів, світильників, тощо.

Аналіз досвіду використання біонічних побудов в інтер'єрі проводився на прикладі громадських приміщень, зокрема офісів. Інтер'єри розглядалися за функціонально-планувальною і об'ємно-просторовою структурами, особливостями формоутворення елементів інтер'єру, кольору та матеріалами.

#### Аналіз особливостей використання біонічних побудов в громадських приміщеннях

| Зображення та назва об'єкту                                                                                     | Функціонально-планувальна структура                                                                                 | Об'ємно-просторова структура                                                                                | Елементи інтер'єру                                                     | Колір та матеріали                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. "Leonardo Glass Cube"<br> | Відкритий об'єднаний простір<br> | Вигини і перетікання<br> | Форми меблів повторюють плавні обтічні лінії архітектурних конструкцій | Інтер'єр виконано в білому кольорі. Столи, стелажі, колони в інтер'єрі, стійки фасаду і доріжки на вулиці виконані з каменю HI-MACS. Меблі зроблені з деревини і оброблені білою шкірою. |
| 2. «Roca Gallery London»                                                                                        | Відкритий об'єднаний простір                                                                                        | Плавні, обтічні форми, гладкі                                                                               | Всі меблі та елементи                                                  | Використання монотонних                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                              |                                                                                                                     |                                                                                                                                                |                                                                                                                 |                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                             |                                    | поверхні, глянцеві білімеблі і відсутність кутів                                                                                               | дизайну розроблені і виконані виключно для цієї галереї із застосуванням комп'ютерних технологій                | кольорів сірого, білого, чорного і металевого інтер'єрі використані GRG панелі.                                           |
| 3. Офіс «Eego»<br>                          | Відкритий об'єднаний простір<br>   | Клітинна структура. Офіс поділено на невеликі «осередки», які при необхідності зливаються                                                      | Стійка реєстрації, оформлена у вигляді мерехтіння на сірій рідині, яка плавно переходить в скляні панелі.       | Колірна гамма – білий, сірий. Матеріал поверхонь імітує текучість, виражену в градієнті від м'яких до твердих матеріалів. |
| 4. Офіс «Barbarian Group»<br>              | Відкритий об'єднаний простір<br>  | Стіл створює об'ємно-просторові схеми з арками, закрученими переходами, вітальнями та конференц-залами.                                        | Складна система біонічної форми – стіл                                                                          | Поверхня стола білого кольору. Матеріал – дерево.                                                                         |
| 5. Офіс "Xenon Capital Partners"<br>      | Змішаний тип офісу<br>           | За основу прийнята будова живої клітини, що виконує в «організмі» офісу різні функції - переговорних, робочих кімнат і кабінетів.              | Перегородки, столи і світильники подібно елементам живої природи позбавлені прямих кутів і надлишкових деталей. | Інтер'єр виконано в білих кольорах. Для обробки підлог використані агломерат, килимова плитка. Стелі підвісні.            |
| 6. Адміністративна будівля «Sky SOHO»<br> | Відкритий об'єднаний простір<br> | Плавні, обтічні лінії, в основі яких лежить ідея водяних бризків, організовують різні функціональні зони, зони плавно перетікають одна в іншу. | Всі меблі та елементи дизайну розроблені і виконані виключно для цього інтер'єру                                | Кольорова гамма монотонна: білий, сірий, чорний. Матеріали високотехнологічні: вуглецеве волокно, пластик.                |
| 7. Багатофункціональний комплекс «Galaxy Soho»                                                                               | Відкритий об'єднаний простір                                                                                        | Об'ємно-просторове рішення підпорядковується                                                                                                   | Всі меблі та елементи дизайну розроблені і                                                                      | Кольорова гамма монотонна: білий, сірий, чорний. Матеріали високотехнологічні                                             |

|                                                                                   |                                                                                   |                          |                                       |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
|  |  | я біонічній архітектурі. | виконані виключно для цього інтер'єру | і: вуглецеве волокно, пластик. |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|

На основі проведених досліджень досвіду проектування (табл.1), виділені основні підходи до впровадження біонічних побудов (біодизайну) в офісний простір:

1. Архітектурний простір біонічний - об'ємно-просторова структура інтер'єру, формоутворення простору і його складових елементів, відповідають зовнішній біонічній формі.

2. Архітектурний простір побудований за індустріально-технологічними принципами – на тлі геометричної форми споруди функціонально-планувальна і об'ємно-просторова структури інтер'єру біонічні.

3. Архітектурний простір побудований за індустріально-технологічними принципами - створення в інтер'єрі окремих функціональних зон за біонічними принципами зі збереженням загальної геометричної структури.

4. Архітектурний простір побудований за індустріально-технологічними принципами - в інтер'єрах використовуються окремі біонічні елементи предметного середовища: меблі, світильники, перегородки.

Виявлено, що: характерна *функціонально-планувальна* структура офісів, що відповідають підходам 1, 2 - відкритий об'єднаний простір (офіс відкритого або змішаного типів), в *об'ємно-просторовій* структурі переважають плавні обтічні форми, вигини та перетікання, характерна відсутність кутів. В першому випадку *елементи інтер'єру* часто виглядають як конструктивна частина самої будівлі, форми обтічні, можуть повторювати плавні лінії архітектурних конструкцій. В якості біопрототипів для формоутворення офісного простору за підходами 1, 2, 3 часто виступають складові внутрішньої структури живих організмів аж до клітин. Елементи інтер'єру за четвертим підходом зазвичай наслідують зовнішню структуру живих організмів у тому числі рослинного походження. Для інтер'єрів з біонічною побудовою характерні монотонні *кольори*: білий, сірий, як акцент використовуються яскраві кольори.

Визначено, що науково-творчі **методи** відтворення природних форм в інтер'єрі офісу: асоціативний, інверсії, комбінаторики, комбінований (часткове включення до дизайн-розробки елементів біоформи), а також виділено основні способи впровадження властивостей біопрототипів в інтер'єр офісу: мімікрія, як розчинення окремих елементів інтер'єру в його просторі, використання природних структур, природних форм, природних кольорів, високотехнологічних матеріалів, модульного принципу.

На основі вищесказаного, розроблено методику проектування сучасного офісного інтер'єру на основі біонічних побудов:

1. Формулювання ідеї біонічного інтер'єру, на основі архітектурно-планувальної структури, отриманої інформації про діяльність компанії та процесів які відбуваються в офісному просторі Природні форми можуть бути застосовані як для вирішення планувального рішення в цілому, так і для виділення окремих функціональних зон.

2. Попередній відбір природних форм, які доцільно застосувати для конкретного приміщення.

3. Аналіз умов утворення й функціонування біоформ.

4. Замальовки всіх різновидів вибраного природного зразка.

5. Вибір методів відтворення природної форми та способів моделювання.
6. Розробка функціонально-планувального рішення на основі вибраної природної форми: вона може бути накладена на план.
7. Підбір або розробка елементів інтер'єру - меблів, світильників, перегородок і т.д. (в разі розробки повторюються кроки 2-5). Дизайнер може створити елемент інтер'єру в будь-якому графічному редакторі та роздрукувати модель на 3d принтері, або вирізати на лазерному верстаті.
8. Підбір необхідних матеріалів, таких як: штучний акриловий камінь, різні види пластиків, дерево, скловолокно та метал, вуглецеве волокно, алюміній.
9. При виборі кольорової гами для біонічного інтер'єру необхідно дотримуватися природного співвідношення кольорів: яскраві вкраплення припустимі в контексті переважання відтінків ґрунту, рослинності, води і неба.

Сучасні комп'ютерні технології дозволяють створювати біонічні побудови за допомогою використання спеціалізованого програмного та технічного забезпечення, що значно полегшує процес проектування. Можливі такі основні етапи біодизайну з використанням комп'ютерного моделювання:

- вибір природного зразка;
- введення і отримання інформації;
- впорядкування і оптимізація проектних варіантів;
- документування і тиражування даних

Вихідна графічна інформація може бути введена методами 2D або 3D сканування або фотометрії, далі отримана оцифрована інформація впорядковується: виділяється визначальна форма (каркас), усуваються другорядні деталі і проводиться збагачення проектних варіантів - інтерактивний пошук оптимальної форми за рахунок різних її модифікацій, додавання відсутніх елементів, розробки складових деталей. Комп'ютерна візуалізація отриманих моделей дозволяє оцінити естетичні якості розробки. В процесі моделювання використовується програмне та технічне забезпечення, яке може вирішити задачі конкретного етапу. Наприклад, для введення і отримання інформації доцільно використовувати такі програми: Cadscan, 3-Sweep, D-sculptor, Imodeller, Canoma; для впорядкування інформації та збагачення варіантів, аналізу і оцінки отриманих рішень: ArchiCad, RevitAD, AllPlan, Rhino 3D, Maya, 3DMax; документування і тиражування даних: ArchiCad, RevitAD, AllPlan, Rhino 3D.

**Висновки.** Біоніка в дизайні інтер'єру сучасних офісних приміщень це одночасно наука і мистецтво, це аналіз і синтез, пошук оригінального, нового. Наведені підходи та методи з використанням сучасного програмного та технічного забезпечення можуть бути використані в реальному та учбовому проектуванні.

#### Список використаних джерел

1. Архитектурная бионика / Ю.С- Лебедев, В.И. Рабинович, Е.Д. Положай и др.; Под ред. Ю.С. Лебедева. — М.: Стройиздат, 1990. — 269 с.
2. Ефимов А.В, Лазарева М.В., Шимко В.Т. Архитектурно-дизайнерское проектирование. Специальное оборудование интерьера. Учебное пособие. - М.: Архитектура-С, 2008. - 136 стр., ил.
3. Иконников А. В., Каган М. С., Пилипенко В. Р. и др. Эстетические ценности предметно-пространственной среды /: Под общ. ред. А. В. Иконникова; ВНИИ техн. эстетики.— М.:Стройиздат, 1990.— 335 с
4. Иттен И. Искусство цвета. — М.: Изд. Дом Аронов — 2001. — 306с.

5. Кузнецова І. О. Використання структури природних форм в об'єктах біодизайну / І. О. Кузнецова, В. Л. Захарчук // Теорія та практика дизайну . - 2013. - Вип. 4. - С. 82-90. - [Електронний ресурс] URL: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/tpd\\_2013\\_4\\_13.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/tpd_2013_4_13.pdf) (дата звернення 20.02.2015).
6. Михайленко В.Є, Кащенко О.В. Основи біодизайну: Навч. Посібник. - К.: Каравелла, 2011. - 224 с.
7. Михайленко В.Є., Прищенко С. В. Стилiзацiя природних форм у графiчному дизайнi та рекламi: формотворчi аспекти //Технiчна естетика i дизайн. – 2012. – №. 11. – С. 121-129.
8. Рунге В.Ф., Манусевич Ю.Л. Эргономика в дизайне среды. - М.: Архитектура-С, 2009. – С. 328

### ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ БИОДИЗАЙНА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНТЕРЬЕРОВ ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

САФРОНОВА Е. А., МАЛИК О.И.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Выявление основных подходов, методов и способов внедрения биодизайна в формирование современного офисного интерьера.

**Методика.** Использованы методы: литературно-системного анализа научных публикаций по теме исследования; функционального, морфологического и структурного анализов интерьеров помещений офисов, обобщение полученных результатов исследования.

**Результаты.** Обоснована целесообразность использования биодизайна в офисных помещениях, определены основные подходы и методы, отмечено способы использования бионических построений в интерьере офисных помещений, разработаны методики биодизайна офисного пространства.

**Научная новизна.** Определены основные подходы к внедрению бионических построений в офисное пространство.

**Практическая значимость.** Предложены методики проектирования офисного пространства, которые могут быть использованы в практической деятельности дизайнера.

**Ключевые слова:** дизайн, бионика, биодизайн, интерьер офиса.

### PECULIARITIES INTRODUCTION OF BIODESIGN AT FORMATION OF `INTERIOR OFFICE PREMISES

SAFRONOVA E. A., MALIK O. I.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Identification of main approaches, methods and means of biodesign implementation into creating modern office interior.

**Methodology.** Methods, which were used: literary systematic analysis of scientific publications on the topic of research; functional, morphological and structural analysis of the offices interior, summarizing of results of the research.

**Results.** The expediency of using biodesign in office environment was proved; the basic methods and approaches were defined. Ways of using bionic constructions in the interior of office environment and methods of biodesign were developed and set up in the process.

**Scientific innovation.** Main approaches of bionic construction implementation into office environment were set up.

**Practical significance.** Various techniques of office designing were offered for practical use of designer.

**Keywords:** design, bionics, biodesign, office interior