

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІСНИК

**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

Серія «Технічні науки»

№ 5 (114), 2017

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

Київ 2017

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

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

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

**№5 (114)
2017**

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, Google Scholar

Засновник і видавець:

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

Головний редактор:

Грищенко І.М., д.е.н., професор, академік НАПН України

Заступник

головного редактора:

Каплун В.В., д.т.н., професор

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

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

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченко, 2, корп. 1, к. 1-0252

тел./факс: +38 (044) 256-29-86

e-mail: vistnuk@knutd.com.ua

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

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну, протокол № 2 від 25.10.2017 р.

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

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

BULLETIN

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

Technical Science Series
№5 (114), 2017

Scientific Specialized Edition

Issued: 6 times a year

Founded: December, 1999

Kyiv 2017

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

KYIV NATIONAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

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

**№5 (114)
2017** The state registration of print media is KB № 19330-9130 ПП, originating date 08.08.2012

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITORIAL OFFICE:

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

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

e-mail: vistnuk@knutd.com.ua

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

Recommendations from Science Council of Kyiv National University of Technologies and Design, Protocol № 2, originating date 25.10.2017

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

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

ЗМІСТ

**МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ.
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ**

1.	АЛЕКСІЄВСЬКИЙ Д.Г. Синтез моделей у змінних стану для багатоканальних вітроелектрогенеруючих систем	11
2.	БЕРЕЗІН Л.М. До розрахунку ударного навантаження стержньових елементів в гольниці в'язального механізму панчішного автомату	17
3.	КАПЛУН В.В., БОБРОВНИК В.М., АРТЕМЕНКО М.Ю., ПОЛЩУК С.Й. Перспективи застосування паралельних активних фільтрів з накопичувачами енергії для підвищення енергоефективності трифазних чотирипровідних систем електропостачання	24
4.	ВАНЬКО В.М., КЛЕПАЧ Н.М. Дослідження якості електроенергії у мережах на основі контролю струмів споживання різноманітного устаткування	32
5.	KUZNETSOVA O.O. Energy retrofits of school buildings	37
6.	КАПЛУН В.В., ШТЕПА В.М., КОТ Р.Є. Удосконалення процесів функціонування систем промислової електротехнологічної водоочистки на основі критерію енергоефективності	43
7.	ДВОРЖАК В.М. Аналітичне дослідження динаміки типових двокривошипних механізмів технологічних машин легкої промисловості	54
8.	ПАНАСЮК І.В., ЗАЛЮБОВСЬКИЙ М.Г. Підвищення енергоефективності процесу фінішної обробки деталей в обертових ємкостях	65
9.	МАРТИНЮК В.В., БОЙКО Ю.М. Енергоефективна університетська сонячна електростанція	72
10.	ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Є.О. Зниження динамічних навантажень товароприйомного механізму, зумовлених гальмуванням круглов'язальної машини	81
11.	ЧУПРИНКА В.І., ЗЕЛІНСЬКИЙ Г.Ю., ЧУПРИНКА Н.В. Удосконалення методів інтерактивного проектування та коригування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів	88
12.	ДЕНИСЮК С.П., ВАСИЛЕНКО В.І. Оптимальне керування енергоспоживанням бюджетних організацій та установ як об'єктів техноценозу	97
13.	ШАВЬОЛКІН О.О., ЖИЛА О.В. Однофазний інвертор комбінованої системи електроживлення з прямим підключенням фотоелектричної сонячної батареї	106
14.	ПЛЕШКО С.А., КОВАЛЬОВ Ю.А. Привід в'язальної машини з пружною запобіжною муфтою і регульованим моментом	117

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО, ШВЕЙНЕ ТА ТЕКСТИЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО. МЕТРОЛОГІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ

15. АСАУЛЮК Т.С., СЕМЕШКО О.Я., САРІБЄКОВА Ю.Г. Застосування електророзрядної обробки у процесі вибілювання грубої пігментованої вовни 122
16. BOBROVA S., HALAVSKA L., VANMACH D, STUPAK I Criteria for evaluating the effective use of ultra-strong textiles in personal armor protection 128
17. ГОРАЧ О.О., БОГДАНОВА О.Ф., ТЕРНОВА Т.І. Одержання лляної целюлози з метою виготовлення виробів технічного призначення 137
18. ЧЕРТЕНКО Л.П., КЕРНЕС В.П., ГАРКАВЕНКО С.С. Розробка способу проектування колодок для комфортного взуття з використанням 3D САПР та прогресивного обладнання 143
19. РОМАНЮК Є.О., КУРГАНСЬКИЙ А.В. Розробка поліфункціональних плетених матеріалів нової конструкції 152
20. СКРИПЧЕНКО А.Г. Разработка комфортной одежды для пациентов с ограниченной двигательной возможностью 159
21. СОЛТИК І.Т., ДОМБРОВСЬКИЙ А.Б. Розрахунок та автоматизоване проектування колодок для дітей віком 4,5-10 років з плоско-вальгусною деформацією стоп 166
22. БОЙКО Г.А., ЧУРСИНА Л.А., КУЗЬМІНА Т.О. Виробництво екологічних, безпечних взуттєвих та текстильних товарів з конопляних волокон 173
23. ФЕДОРЧЕНКО О.В., ЗАКОРА О.В., ТАЧДЖАНОВ Ш. Удосконалення методики проектування тканин за рахунок корегування діаметрів ниток 179
24. BATRAK O., HALAVSKA L. The ways to provide textile materials with antimicrobial properties analysis 186

ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

25. РОМАНЮК О.О., ДАНИЛКОВИЧ А.Г. Вплив електрохімічно активованої води на відмочування сировини та фізико-механічні властивості шкіряного матеріалу 196
26. БЕРЕЗНЕНКО С.М., БЕРЕЗНЕНКО Н.М., МАЛБОРСЬКИЙ О. Створення модифікованих ниток для виготовлення одягу профілактично-оздоровчого призначення 203
27. ЛИСІН В.І., МАКЄЄВА І.С., КОВАЛЕНКО І.В., РАДЧУК Ю.В. Фізико-хімічні властивості сольових та олігомерних електролітних композицій 209

ДИЗАЙН ТА МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

28. НІКОЛАЄВА Т.В., НІКОЛАЄВА Т.І., ДЯЧЕНКО Ю.В. Визначення прийомів та принципів параметричного дизайну в проектуванні колекцій молодіжного одягу 216
29. КРОТЕВИЧ О.В. Культурологічні аспекти визначення особливостей трансформації мистецтва татуювання в первісному суспільстві 224
30. ГОНЧАРУК О.О., ДОВЖЕНКО І.Б., ОВЧАРЕК В.Є. Паралакс і множинність смислів: до проблеми адаптації інноваційних технологій у сфері фотовідеодизайну 235

УДК 621.311.24

АЛЕКСІЄВСЬКИЙ Д.Г.

Запорізька державна інженерна академія

СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ У ЗМІННИХ СТАНУ ДЛЯ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВІТРОЕЛЕКТРОГЕНЕРУЮЧИХ СИСТЕМ

Мета. Розробка методики синтезу моделей у змінних стану для багатоканальних вітроелектрогенеруючих систем на базі представлення структур цих систем у вигляді схем енергетичних трактів.

Методика. Методика синтезу моделей у змінних стану для багатоканальної вітроелектрогенеруючої системи базується на представленні її роботи у формі структури енергетичного тракту. Самі схеми енергетичних трактів реалізують певний спосіб декомпозиції системи, який базується на використанні замкнутого набору елементів, що відображають фази та стадії перетворення, накопичення та перерозподілу енергії у системі. Запропонований алгоритм використовує табличне представлення інформації про властивості елементів та структуру системи. Сам же алгоритм реалізовано у формі ітераційних обчислень.

Результати. Розроблено алгоритм перетворення візуально-блочної моделі багатоканальної вітроелектрогенеруючої системи у модель у змінних стану.

Наукова новизна. Методика синтезу моделей у змінних стану для багатоканальних вітроелектрогенеруючих систем на базі представлення структур цих систем у вигляді схем енергетичних трактів запропонована вперше.

Практична значимість. Дана методика може бути використана як складова у процедурі синтезу оптимальних регуляторів для електромеханічних систем багатоканальних ВЕУ.

Ключові слова: вітроенергетична установка, математична модель у змінних стану, багатоканальні вітроелектрогенеруючі систем, схеми енергетичних трактів.

Вступ. На теперішній час зусилля розробників ВЕУ спрямовані на пошук технічних рішень, що сприяють підвищенню їх ефективності. На цьому шляху з'являється ряд конструктивних рішень які відрізняються від класичної концепції ВЕУ, серед яких можна виділити групу багатоканальних ВЕУ. У цих системах потужність піддається перетворенню не в послідовному одноканальному тракті перетворення, як у класичних ВЕУ, а в розгалуженій системі перетворення потужності. Поява таких конструкцій обумовлене наявністю ряду технічних проблем, до яких можна віднести [1]:

- необхідність узгодження кутових швидкостей вітротурбіни та генератора;
- нерівномірність розподілу значення вітрового потоку по висоті;
- прагнення спростити монтаж та обслуговування ВЕУ;
- необхідність зниження механічних навантажень на конструктивні елементи ВЕУ.

Одним з аспектів застосування цих систем є проблема розробки систем керування для них. Першим етапом процедури синтезу системи керування деякими засобами сучасної теорії управління є представлення об'єкту управління у формі моделі у змінних стану. Трудомісткість синтезу моделі об'єкту управління, може досягати від 80 до 90% від загальної трудомісткості усієї процедури синтезу системи керування [2]. У зв'язку з цим стає актуальним створення умов для скорочення часу на синтез математичної моделі для багатоканальної ВЕУ, як об'єкту управління, враховуючи більш складну структуру та більший порядок таких систем в порівнянні з класичною концепцією побудови ВЕУ.

Постановка завдання. В роботі [1] було запропоновано методику побудови візуально-блочних моделей (ВБМ) багатоканальних вітроенергетичних установок, що базується на представленні ВЕУ у формі схеми енергетичних трактів. Даний підхід дозволяє

сформувати замкнену бібліотеку компонентів структури, що значно полегшує виконання синтезу, як на стадії створення так і на стадії налагодження імітаційної моделі.

Представлення математичного опису об'єкта управління у формі імітаційної моделі, в більшості випадків, непридатна для початку синтезу системи керування.

Подальший розвиток концепції представлення електромеханічної системи багатоканальної ВЕУ у формі енергетичного тракту породив ідею розробки алгоритму перетворення ВБМ, отриманої на попередньому етапі синтезу, у модель змінних стану для забезпечення наступного етапу - синтезу регулятора. Створенню цього алгоритму перетворення присвячена дана робота.

Результати. Модель у змінних стану має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= A \cdot x + B \cdot u \\ y &= C \cdot x + D \cdot u,\end{aligned}\tag{1}$$

де x - вектор змінних стану;

$\dot{x}$ - вектор похідних змінних стану;

u - вектор вхідних змінних;

y - вектор вихідних змінних;

A - матриця систем;

B - вхідна матриця;

C - вихідна матриця;

D - прохідна матриця.

Похідною інформацією для реалізації алгоритму формування матричної системи в змінних стану багатоканального електротехнічного комплексу ВЕУ є візуально-блочна модель цього комплексу. Алгоритм включає в себе наступні три етапи:

- перетворення ВБМ у пакет карт елементів (ПКЕ);
- формування карти системи;
- перетворення карти системи у матричну систему рівнянь змінних стану.

На етапі перетворення візуально-блочної моделі електротехнічного комплексу у пакет карт елементів кожному зв'язку ВБМ ставиться у відповідність індекс за наступною системою позначень:

x_{Ko}^o , - індекс, що відповідає змінній стану системи;

x_{K+}^+ - індекс, що відповідає вхідній змінній системи;

x_{K-}^- - індекс, що відповідає вихідній змінній системи;

$x_{K'}^{'}$ - індекс, що відповідає внутрішній змінній системи;

K^o, K^+, K^-, K' - наскрізні номери у межах відповідної групи.

Далі кожному елементу ВБМ ставиться у відповідність карта елемента з бібліотеки типів елементів, відповідно до його типу.

Типова карта елемента представляє собою заготовку для формування карти елемента моделі. Вона включає незаповнені комірки, що відповідають вхідним та вихідним змінним елементу. Комірки заповнюються елементами: x_{Ko}^o , x_{K+}^+ , x_{K-}^- , $x_{K'}^{'}$. В наслідок цього встановлюється зв'язок між змінними системи та типовими змінними елементу.

Таким чином заповнюються карти усіх елементів системи, в наслідок чого відбувається формування ПКЕ. Отриманий, таким чином, ПКЕ містить у собі повну

інформацію як про властивості елементів так і про структуру моделі. Карта елемента ВБМ являє собою прямокутну таблицю, що має чотири сектори (рисунок 1). Номер елемента ВБМ задається через наскрізну нумерацію елементів моделі.

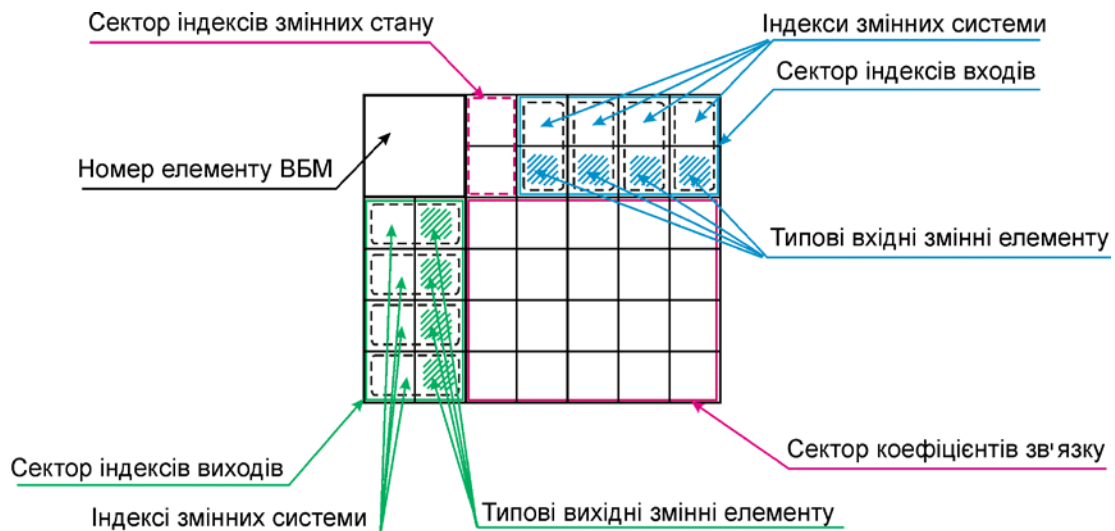


Рис. 1. Структура карти елемента

Сектор індексів входів має два рядки. Нижній рядок містить типові входні змінні елементу. Їх символічні значення задані заздалегідь та визначаються типом елемента моделі, що міститься у бібліотеці елементів. В процесі формування карти елемента їх значення не змінюється.

Верхній рядок сектора входів містить індекси системи, що пов'язаний з відповідною типовою змінною. Кожний індекс розташований над типовою змінною елемента, та ставиться їй у відповідність виходячи з структури ВБМ.

Сектор індексів виходів має два стовпчики. Правий стовпчик містить типові вихідні змінні елементу. Їх символічні значення задані заздалегідь та визначаються типом елемента моделі, що міститься у бібліотеці елементів. В процесі формування карти елемента їх значення не змінюється.

Лівий стовпчик сектора виходів містить індекси системи, що пов'язані з відповідними типовими змінними. Кожний індекс розташований навпроти типової змінної елемента, та ставиться їй у відповідність виходячи з структури ВБМ.

Сектор коефіцієнтів містить коефіцієнти системи рівнянь, що визначають властивості елемента моделі. При формуванні карти елемента до позначень коефіцієнтів елемента додається числовий індекс, що дорівнює номеру елемента у ВБМ. Таким чином кожен коефіцієнт моделі отримує унікальний ідентифікатор.

При наявності пакета карт елементів може бути сформована карта системи. Вона має вигляд прямокутної таблиці (рисунок 2). У її структурі можна виділити сектори: A, B, C, D, AB, AC, BD, CD та ABCD.

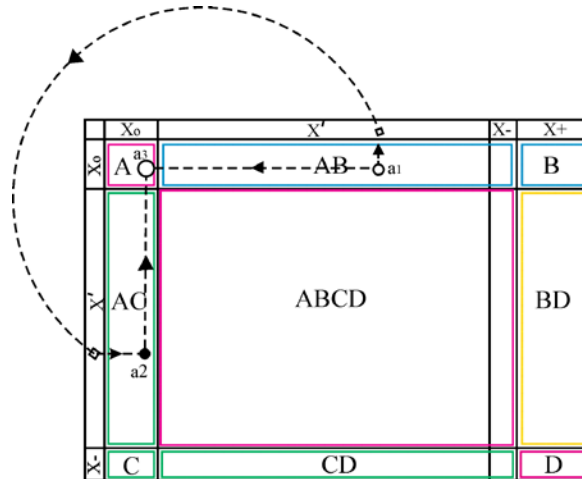


Рис. 2. Структура карти системи

Верхній рядок карти системи включає в себе сектори: X^0 , X' , X^- , X^+ , лівий стовпчик – сектори: X^0 , X' , X^- . В процесі реалізації алгоритму в секторах A, B, C, D будуть сформовані відповідні матриці змінних стану. В секторах X^0 , X' , X^- та X^+ розміщуються індекси змінних системи.

Карта системи формується з ПКЕ шляхом перенесення коефіцієнтів з кожної карти ПКЕ на перехресті рядка та стовпчика у відповідності з індексами.

В основі алгоритму перетворення карти системи у матриці системи змінних стану A, B, C, D знаходиться наступна послідовність дій (на рисунку 2 зображено варіант формування елемента матриці A):

- визначення в секторі AB і AC не пустого елемента (позначеного як a_1);
- визначення індексу стовпчика цього елемента у верхньому рядку карти системи;
- задавання рядка у карті системи з однойменним індексом;
- визначення непустого елемента у заданому рядку (позначеного як a_2).
- на перетині рядка з елементом a_1 та стовпці з елементом a_2 записати результат - a_3 ,

що відповідає наступному виразу:

$$a_3 = a_0 + a_1 \cdot a_2, \quad (2)$$

де a_0 - символічне значення обраної комірки до початку процедури.

Описана процедура може мати шість варіантів - сценаріїв, в залежності від місця розміщення не пустого елемента - a_2 . Схематично ці сценарії зображені на рисунку 3.

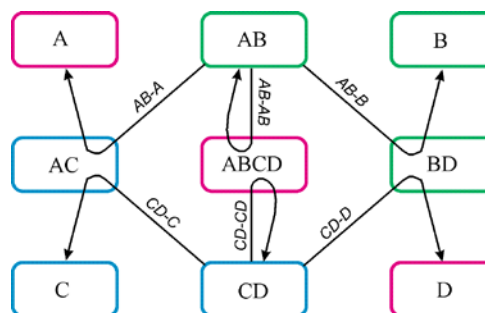


Рис. 3. Схема здійснення варіантів процедури перетворення матриці системи

Розглянута процедура проводиться як ітераційний процес послідовного перетворення початкової карти системи, у результаті якого формуються матриці А, В, С, D. Він завершується тоді, коли у секторах АВ та CD не залишається жодного невикористаного не пустого елементу.

Висновки. В межах єдиного підходу представлення електромеханічної системи багатоканальної ВЕУ розроблено ефективну технологію отримання її математичного опису у формі моделі змінних стану, що є відправною точкою для реалізації алгоритмів синтезу регуляторів для багатоканальної системи засобами сучасної теорії автоматичного управління [2, 3, 4].

Процедура формування матричної системи у змінних стану може, на перший погляд, здаватися складною. Але вона є повністю формалізованою и може бути легко реалізована програмними засобами.

Дана методика значно спрощує синтез математичної моделі багатоканального вітроенергетичного комплексу за рахунок залучення бібліотеки елементів. Вона має спадкоємність з представленням багатоканального електротехнічного комплексу у формі схеми енергетичних трактів та ВБМ, що дозволяє розглядати даний алгоритм як елемент наскрізної методології аналізу багатоканальних вітроелектрогенеруючих систем та синтезу систем керування на їх базі.

Література

1. Алексеевский Д.Г. Визуальное моделирование многоканальных ветроэлектрогенерирующих систем // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Спецвипуск: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. – Харків: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – 2017. – № 27(1249). – С. 332–336.
2. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. Перевод с английского Копылова Б.И. – Москва: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 616 с.
3. Dorf Р., Бишоп Р. Современные системы управления. Перевод с английского Копылова Б.И. – Москва: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.
4. Ивановский Р.И., Нестеров А.В. Синтез многомерных систем управления. Проблема устойчивости // Гироскопия и навигация. – 2011. – № 1 (72). – С. 90-94.

References

1. Alekseevskiy D.G. (2017), Vizual'noe modelirovanie mnogokanal'nykh vetroelektrogeneriruyushchikh sistem [Visual simulation of multilink wind electric generation system] *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut». Spetsvypusk: Problemy avtomatizirovannoho elektroprivoda. Teoriia i praktika.* – Kharkov.: Natsionalnyi tekhnichnyi universytet «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut» – Reporter of the National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute". Special: The problems of an automated electric drive. Theory and practice. - Kharkiv: National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 27(1249), 332–336 [in Russian].
2. Fillips, Ch., Kharbrr, R. (2001). *Sistemy upravleniya s obratnoy svyaz'yu* [Control systems with feedback]. Perevod s anhliiskoho Kopylova B.I. Moskva: Laboratoriia Bazovykh Znanii [in Russian].
3. Dorf, R., Bishop, R. (2002) *Sovremennyye sistemy upravleniya* [Modern control systems]. Perevod s anhliiskoho Kopylova B.I. Moskva: Laboratoriia Bazovykh Znanii [in Russian].
4. Ivanovskii, R.I., Nesterov, A.V. (2011). *Sintez mnogomernykh sistem upravleniya. Problema ustoychivosti* [Synthesis of multidimensional control systems. The problem of stability]. *Giroskopiya i navigatsiya – A gyroscopy and navigation*, 1(72), 90-94 [in Russian].

СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ В ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ СИСТЕМ

АЛЕКСЕЕВСКИЙ Д.Г.

Запорожская государственная инженерная академия

Цель. Разработка методики синтеза моделей в переменных состояниях для многоканальных ветроэлектрогенерирующих систем на базе представления их структур в виде схем энергетических трактов.

Методика. Методика синтеза моделей в переменных состояниях для многоканальной ветроэлектрогенерирующей системы базируется на представлении ее работы в форме структуры энергетического тракта. Сами схемы энергетических трактов реализуют определенный способ декомпозиции системы, основанный на использовании замкнутого набора элементов, отражающих фазы и стадии преобразования, накопления и перераспределения энергии в системе. Предложенный алгоритм использует табличное представление информации о свойствах элементов и структуре системы. Сам же алгоритм реализован в форме итерационных вычислений.

Результаты. Разработан алгоритм преобразования визуально-блочной модели многоканальной ветроэлектрогенерирующей системы в модель в переменных состояниях.

Научная новизна. Методика синтеза моделей в переменных состояниях для многоканальных ветроэлектрогенерирующих систем на базе представления структур этих систем в виде схем энергетических трактов предложена впервые.

Практическая значимость. Данная методика может быть использована как составляющая в процедуре синтеза оптимальных регуляторов для электромеханических систем многоканальных ВЭУ

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, математическая модель в переменных состояниях, многоканальные ветроэлектрогенерирующие системы, схемы энергетических трактов.

SYNTHESIS OF STATE VARIABLES MODELS FOR MULTILINK WIND POWER GENERATION SYSTEMS

ALEKSEEVSKIY D.G.

Zaporozhe State Engineering Academy

Purpose. Method development of state variable models synthesis for multilink wind power generation systems based on a concept of their structure in the form of energy chain schemes.

Methodology. The methods of state variable models synthesis for multilink wind power generation systems based on a concept of its operation in the form of energy chain structure. Energy chain schemes implement a use closed set of elements. They reflect phase and step of transformational, integration rearrangement of energy in a system. A proposed algorithm used a table representation of information about element ability and schemes structure. The algorithm itself is realized in the form of computation iterative.

Findings. The transformation algorithm of visually-block model of multilink wind power generation systems to state variable models developed.

Originality. Methods of state variable models synthesis for multilink wind power generation systems based on a concept of their structure in the form of energy chain schemes are first proposed.

Practical value. This method can be used as a component in the optimal controls synthesis process for electromechanical systems of multilink wind power plant.

Key words: wind power plant, wind turbine, mathematical model in variable state, multilink wind power generation systems, energy chain schemes.

УДК 677.055.548

БЕРЕЗІН Л.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

ДО РОЗРАХУНКУ УДАРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ СТЕРЖНЬОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ГОЛЬНИЦІ В'ЯЗАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ПАНЧІШНОГО АВТОМАТУ

Мета. Розвиток методології розв'язку прикладної задачі щодо визначення аналітичним методом приведеної жорсткості стержньових елементів гольниці з урахуванням їх поперечного прогину при взаємодії з клинами в'язальних систем та обмеженні пазом гольниці в панчішних автоматах.

Методика. Використано класичні положення опору матеріалів та узагальнення практичного досвіду проектування в умовах складної деформації стержньових елементів в пазах голкового циліндру панчішних автоматів.

Результати. Встановлено спільні закономірності ударної взаємодії стержньових елементів голкового циліндру різних за призначенням та умовами навантаження. Представлено основні положення аналітичного визначення жорсткості стержньових елементів, що доповнюють загальну методику визначення їх ударної взаємодії з урахуванням особливостей в'язальних системах панчішних автоматів.

Наукова новизна. Вперше запропонований комплексний підхід до розрахунку параметрів жорсткості в системі клин – стержньовий елемент – паз гольниці, який відмінний від загально прийнятого в практиці проектування з використанням вихідних емпіричних даних.

Практична значимість. Доповнюються положення, які сприяють математичній підтримці визначення параметрів жорсткості стержньових елементів шкарпеткових автоматів з урахуванням особливостей їх поперечної податливості, що дозволяє з достатньою для етапу проектування точністю замінити витратні стендові випробування. Представлені практичні рекомендації, що скорочують тривалість та підвищує якість проектування. Окреслено коло питань для подальших досліджень з даної тематики.

Ключові слова: проектування, шкарпетковий автомат, стержньові елементи, розрахунки, приведена жорсткість.

Вступ. Одним із перспективних напрямків удосконалення шкарпеткових автоматів є підвищення їх надійності та довговічності, передусім за рахунок зменшення відмов стержньових елементів (надалі - СЕ) в голковому циліндрі (в'язальних голок, селекторів та штовхачів) в'язального механізму. Динамічний аналіз ударної взаємодії СЕ з клинами в'язальної системи є складовою розрахунку на надійність та довговічність за домінуючим критерієм їх втомленісної міцності. Даній темі присвячена значна кількість робіт, ретроспективна бібліографія яких представлена в [1]. Відомо, що при складанні математичних моделей взаємодії СЕ з клинами, найбільш суттєві похибки вносяться при аналітичному визначенні параметрів жорсткості системи клин – СЕ – паз циліндру. Цьому зокрема перешкоджає ускладнення при урахуванні консольної дії удару на п'ятку СЕ по відношенню до вісі його стержня, що призводить до складної деформації. Окрім того, використання різноманітних СЕ в обладнанні відмінного за призначенням утруднює перехід до універсальних розрахункових моделей.

В [2, 3] представлено визначення приведеної жорсткості голок круглов'язальних машин аналітичним способом, в [1] - експериментальним за осцилограмою вільних затухаючих коливань голки після удару по клину в в'язальній системі панчішних автоматів. В першому випадку не враховується поперечний прогин стержнів СЕ панчішних автоматів, який створюють для перешкодження їх самовільному опусканню під дією ваги, в другому –

передбачається проведення експерименту для кожного з СЕ із зміною умов навантаження, що значно звужує можливість його використання, особливо на етапі проектування.

Постановка завдання. Об'єктом досліджень вибрано СЕ серійних одноциліндрових шкарпеткових автоматів, які приймаємо за ступінчастий стержень з певним поперечним прогином (голки, селектори) та без згину (штовхачі). Вертикальний рух СЕ відносно циліндричної гольниці забезпечує взаємодія їх п'яток з клинами відповідної замкової системи, що призводить до накопичення втомленісних пошкоджень в СЕ. Метою роботи є розвиток методології розв'язку прикладної задачі щодо визначення аналітичним методом приведеної жорсткості стержневих елементів гольниці з урахуванням їх поперечного прогину при взаємодії з клинами в'язальних систем та обмеженні пазом гольниці в панчішних автоматах.

Необхідно зазначити, що базовими вимогами до проектного розрахунку жорсткості є його універсальність, що не підпадає існуючому традиційному підходу.

Результати досліджень. Аналітично приведену жорсткість C_{np} СЕ підраховують як сумарну з наступних складових жорсткостей системи: жорсткість зминання СЕ та клину в зоні удару C_1 ; приведена жорсткість згину та скручування п'ятки СЕ C_2 ; приведені повздовжня та згинальна жорсткості стержня СЕ C_3 та C_4 відповідно; приведена жорсткість стінки пазів циліндру C_5 . З [2] відомо, що визначальними є жорсткості C_2 , C_3 та C_4 , а жорсткостями C_1 та C_5 можна нехтувати без впливу на точність визначення C_{np} . Визначення жорсткості C_2 представлено в [2] з урахуванням геометричних параметрів системи клин – п'ятка СЕ – паз циліндру та кута тертя п'ятки СЕ по клину.

Для обчислення приведеної повздовжньої жорсткості C_3 розглядаємо варіанти прямого удару стержня з горизонтальними обмежувальними клинами, які вводять в в'язальні системи панчішних автоматів для стабільності довжини петель. У випадку I для абсолютно прямого стержня СЕ на прикладі штовхача використовують закон Гука для стиску, оскільки деформація відбувається в лінійно-пружному стані. Тоді повздовжню деформацію Δl_I стержня довжиною l штовхача визначаємо за формулою [3]:

$$\Delta l_I = \frac{F \cdot l}{A \cdot E} = \frac{F}{\frac{A \cdot E}{l}} = \frac{F}{C_{3I}},$$

звідки маємо повздовжню жорсткість стержня штовхача виду:

$$C_{3I} = \frac{A \cdot E}{l}, \quad (1)$$

де $A = b \cdot h$ - площа поперечного перерізу стержня товщиною h та шириною b (штовхач відносять до одноступінчатих СЕ з сталим перерізом по довжині);

$E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності першого роду матеріалу СЕ.

Звичайно повинна виконуватися умова стійкості стержня $F < F_{kp}$, де F_{kp} - критична сила.

У випадках багатоступінчастих СЕ (голок та селекторів) доцільно використовувати формулу [3]:

$$C_{3I} = m \sum_{i=1}^n \frac{C_{np_i}}{m_i},$$

де m , m_i - маса СЕ та його i -ої ділянки з сталим поперечним перерізом;

$$C_{np_i} = \left(\sum_{k=1}^{i-1} \frac{1}{C_k} \right)^{-1} - \text{приведена жорсткість } i\text{-ої ділянки.}$$

В реальних умовах навантаження голок та селекторів маємо попередній поперечний прогин v_o для створення спеціальної сили опору руху СЕ в пазу голкового циліндру, яка б перешкождала їх самовільному опусканню. В цьому випадку наявність прогину v_o викликає поперечний згин v стержня (рис.1), який визначається за формулою [4]:

$$v = \frac{v_o}{1 - \frac{F}{F_E}} \quad (2)$$

де $F_E = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{\min}}{(\mu \cdot l)^2}$ - сила Ейлера;

μ - коефіцієнт приведення довжини стержня, який залежить від видів спирання стержнів (шарнірно-опертий стержень довжиною $\mu \cdot l$ має таке ж саме значення критичної сили, як і стержень за заданими умовами спирання);

$$J_{\min} = \frac{h \cdot b^3}{12} - \text{мінімальний осьовий момент інерції поперечного перерізу стержня при}$$

$b < h$.

При визначенні в цьому випадку повздовжньої деформації стержня $\Delta l_{II} = f(v)$ введемо деякі припущення. Оскільки величина прогину v в порівнянні з довжиною стержня l незрівнянно мала, приймаємо, що довжини дуги AL та її хорди наближено однакові. Тоді

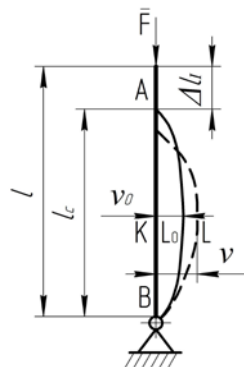


Рис. 1. Розрахункова схема повздовжньої деформації стержньового елемента при необмеженому поперечному прогину його стержня в момент торцевого удару по клину: l – початкова довжина стержня; l_c – проекційна довжина стержня після прогину; Δl_I – зміна положення кінця стержня; v_o , v – попередній та поточний прогини стержня; F – сила

довжину дуги AB прирівнюємо до початкової довжини стержня l , звідки маємо $AL \approx 0,5l$. З трикутника AKL визначаємо кут $\alpha = \angle LAK$:

$$\alpha = \arcsin \frac{KL}{AL} = \arcsin \left(\frac{2v}{l} \right).$$

Тоді повздовжня деформація стержня з урахуванням додаткового поперечного згину становить:

$$\Delta l_{4II} = l_C - 2AK = l_C - 2v \cdot \operatorname{ctg} \alpha = l_C - 2 \frac{v_0}{1 - \frac{F}{F_E}} \operatorname{ctg} \alpha \quad (3)$$

де l_C - проекційна довжина стержня селектора на вертикальну вісь вздовж пазу з урахуванням початкового поперечного прогину v_0 .

Аналогічно при $\alpha_0 = \arcsin\left(\frac{2v_0}{l}\right)$ маємо:

$$l_C = 2v_0 \cdot \operatorname{ctg} \alpha_0, \quad (4)$$

При підстановці (4) в (3) остаточно отримуємо:

$$\Delta l_{4II} = 2v_0 \left(\operatorname{ctg} \alpha_0 - \frac{1}{1 - \frac{F}{F_E}} \operatorname{ctg} \alpha \right) \quad (5)$$

Тоді жорсткість стержня селектора з урахуванням поперечного згину становить:

$$C_{4II} = \frac{F}{\Delta l_{4II}} \quad (6)$$

Розглядаємо випадок *III*, коли в реальних умовах торцевого повздовжнього удару СЕ з горизонтальним обмежувальним клином його стержень в точці L має обмеження від стінки пазу гольниці, що перешкоджає вільному поперечному прогину стержня (рис.2).

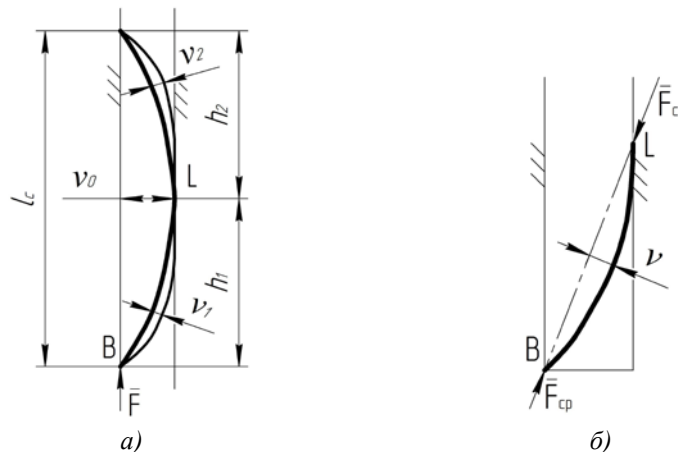


Рис. 2. Розрахункова схема повздовжньої деформації стержньового елемента при обмеженому стінкою пазу поперечному прогину його стержня в момент торцевого удару по клину: а) для стержня в цілому; б) для нижньої частини: h_1, h_2 – довжини, що визначають положення місця прогину стержня; F_{cp} – середня сила в точках дотику до стінок пазу; інші позначення – за рис. 1

Очевидно, що стержень матиме згинальні деформації окремо для верхньої CL та нижньої BL частин від точки контакту L . Розрахункові моделі стосовно верхньої та нижньої частин стержня СЕ відрізняються умовами навантаження. Представимо розподіл сили F вздовж стержня СЕ. При торцевому повздовжньому ударі СЕ сила F лінійно змінюється від

$F_{X\max}$ в точці B удару стержня з обмежувальним горизонтальним клином до $F_X=0$ в точці C верхньої, не зафіксованої його частини (рис.2). Враховуючи пропорційність зміни F_X вздовж нижньої частини стержня, за умовою подібності $\frac{F_{X\max}}{l_C} = \frac{F_{X1}}{l_C - h_1}$ маємо залежність для повздовжньої сили в точці контакту L виду:

$$F_{X1} = F_{X\max} \frac{l_C - h_1}{l_C} \quad (7)$$

Для зрівноваження нижньої частини стержня селектора в розрахунковій моделі (рис.2) розглядаємо середнє значення сили.

$$F_{cp1} = 0,5 \left(F_{X\max} + F_{X\max} \frac{l_C - h_1}{l_C} \right) = 0,5 F_{X\max} \frac{2l_C - h_1}{l_C} \quad (8)$$

Враховуючи припущення $l \approx l_C$, вибір положення точки L прогину $h_1 = 0,5l_C$ та поточні перетворення, рівняння (8) прийме вид:

$$F_{cp1} = 0,75 F_{X\max} \quad (9)$$

Виконуючи аналогічні дії стосовно верхньої CL частини стержня при діючих в точці контакту L та точці C силах $F_X = 0,5 F_{X\max}$ та $F_X = 0$ відповідно отримуємо:

$$F_{cp2} = 0,25 F_{X\max} \quad (10)$$

Величини деформацій для кожної з частин стержня визначаємо окремо аналогічно до випадку II з підігнутим стержнем за формулами (3)...(5). Для нижньої частини стержня BL (рис.2) маємо:

$$\nu_1 = \frac{\nu_o}{1 - \frac{0,75 F_{X\max}}{F_{E1}}}$$

$$\text{при } F_{E1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_y}{(\mu \cdot \frac{l}{2})^2} = \frac{4\pi^2 \cdot E \cdot J_y}{(\mu \cdot l)^2}, \quad \Delta l_1 = \frac{l_{C1}}{2} - 2\nu_1 \cdot \text{ctg} \alpha_1, \quad l_{C1} = 2\nu_o \cdot \text{ctg} \alpha_o;$$

$$\alpha_o = \arcsin\left(\frac{2\nu_o}{0,5l}\right) = \arcsin\left(\frac{4\nu_o}{l}\right) \quad \text{та} \quad \alpha_1 = \arcsin\left(\frac{4\nu_1}{l}\right).$$

Тоді,

$$\Delta l_1 = 2\nu_o (0,5 \text{ctg} \alpha_o - \frac{1}{1 - \frac{0,75 F_{X\max}}{F_{E1}}} \text{ctg} \alpha_1) \quad (11)$$

Для верхньої частини відповідно:

$$v_2 = \frac{v_o}{1 - \frac{0,25F_{X\max}}{F_{E2}}}$$

$$\text{при } \Delta l_2 = \frac{l_{C2}}{2} - 2v_2 \cdot \text{ctg} \alpha_2; \quad l_{C2} = l_{C1} \quad \text{та} \quad \alpha_2 = \arcsin\left(\frac{4v_2}{l}\right).$$

Остаточно, враховуючи, що $F_{E1} = F_{E2}$, маємо:

$$\Delta l_2 = 2v_o \left(0,5 \text{ctg} \alpha_o - \frac{1}{1 - \frac{0,25F_{X\max}}{F_{E1}}} \text{ctg} \alpha_2 \right) \quad (12)$$

Тоді жорсткості нижньої і верхньої частин стержня та СЕ в цілому мають приймуть вид:

$$C_H = \frac{0,75F_{X\max}}{\Delta l_1}; \quad C_B = \frac{0,25F_{X\max}}{\Delta l_2}; \quad C_{4III} = \frac{C_H \cdot C_B}{C_H + C_B}. \quad (13)$$

Виконавши розрахунки по залежностям (1), (3) та (13), можна оцінити ступінь впливу згинальної жорсткості C_4 стержня СЕ.

Висновки. Запропоновано комплексний підхід, який не передбачає на етапі проектування використання емпіричних даних при визначенні параметрів жорсткості стержньових елементів з урахуванням поперечного прогину стержня при їх взаємодії з клинами замкової системи та пазами гольниці. Представлені практичні рекомендації до аналітичного визначення жорсткості стержньових елементів, які забезпечують достатню для етапу проектування точність (похибка розрахункових значень в порівнянні з результатами експерименту не перевищує 12%). Це дозволяє уникати використання стендових випробувань, що відповідно скорочує витрати і тривалість проектування.

Література

1. Березін Л. М. Оцінка довговічності та надійності в'язальних механізмів панчішно-шкарпеткових автоматів: монографія [Текст] / Л. М. Березін. – К.: КНУТД, 2013. – 191 с.
2. Пипа Б. Ф. Эксплуатационная надежность машин трикотажного производства [Текст] / Б. Ф. Пипа, В. П. Волощенко, С. Т. Шипуков. – К.: Техніка, 1977. – 136 с.
3. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле [Текст] / С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У. Х. Уивер. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
4. Кочетов В. Т. Сопротивление материалов [Текст] / В. Т. Кочетов, М. В. Кочетов, А. Д. Павленко. – СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 544 с.

References

1. Berezin, L. M. (2013). *Otsinka dovhovichnosti ta nadiinosti v'iazalnykh mekhanizmiv panchishno-shkarpetkovykh avtomativ: monohrafiia* [Estimation of the longevity and reliability of knitting mechanisms of hosiery machines: monograph]. Kiev National university of technologies & design. Kyiv [in Ukraine].
2. Pyra, B. F., Voloshchenko, V. P., Shypukov, S. T. (1977). *Eksplyuatatsyonnaia nadezhnost mashyn trykotazhnoho proyzvodstva* [Operational reliability of knitting machines]. Kyiv: Tekhnika [in Ukraine].
3. Tymoshenko, S. P., Yanh, D. Kh., Uyver, U. Kh. (1985). *Kolebanyia v ynzherenom dele* [Fluctuations in Engineering]. Moskva: Mashynostroenie [in Russian].
4. Kochetov, V. T., Kochetov, M. V., Pavlenko, A. D. (2004). *Soprotivlenye materyalov* [Strength of materials]. S.-Peterburh: BKhV – Peterburh [in Russian].

**К РАСЧЕТУ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИГОЛЬНОМ
ЦИЛИНДРЕ ВЯЗАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА НОСОЧНОГО АВТОМАТА****БЕРЕЗИН Л. Н.***Киевский национальный университет технологий и дизайна*

Цель. Развитие методологии решения прикладной задачи касательно определения аналитическим способом приведенной жесткости стержневых элементов игольного цилиндра с учетом их поперечного прогиба при взаимодействии с клиньями вязальных систем и ограничении пазом игольного цилиндра в носочных автоматах.

Методика. Использованы классические положения сопротивления материалов и обобщение практического опыта проектирования в условиях сложной деформации стержневых элементов в пазах игольного цилиндра носочных автоматов.

Результаты. Установлены закономерности ударного взаимодействия стержневых элементов игольного цилиндра разных по назначению и условиям нагрузок. Представлены основные положения аналитического определения жесткости стержневых элементов, которые дополняют общую методику определения их ударного взаимодействия с учетом особенностей вязальных систем носочных автоматов.

Научная новизна. Впервые предложен комплексный подход к расчету параметров жесткости в системе клин – стержневой элемент – паз игольного цилиндра, который отличается от общепринятого в практике проектирования с использованием исходных эмпирических данных.

Практическая значимость. Дополняются положения, которые способствуют математической поддержке определения параметров жесткости стержневых элементов носочных автоматов с учетом особенностей их поперечной податливости. Это позволяет с достаточной для этапа проектирования точностью заменить затратные стендовые испытания. Представлены практические рекомендации, которые сокращают длительность и повышают качество проектирования. Очерчен круг вопросов для дальнейших исследований по данной тематике.

Ключевые слова: проектирование, носочный автомат, стержневые элементы, расчеты, приведенная жесткость.

**TO THE CALCULATION OF THE IMPACT LOAD OF THE ROD ELEMENTS IN THE NEEDLE
CYLINDER OF THE KNITTING MECHANISM OF THE AUTOMATIC HALF-HOSE MACHINE****BEREZIN L. N.***Kiev National University of Technologies & Design*

Purpose. Development of methodology in decision an applied problem for determining by the analytical method the rigidity of the rod elements of the needle cylinder. Into account was taken their transverse flexure when interacting with the cams of knitting systems and the restriction of the groove of the needle cylinder in the automatic half-hose machine.

Methodology. Are used the classical positions of the materials resistance and the generalization of practical experience in designing under conditions of complex deformation of rod elements in the grooves of the needle cylinder of the automatic half-hose machine.

Findings. Are established regularities of impact interaction of rod elements of a needle cylinder, which of the different in their assignments and loading conditions. The main provisions of the analytical determination of the rigidity of the rod elements are presented, which supplement the general methodology for determining their impact interaction, taking into account the peculiarities of the knitting systems of the automatic half-hose machine.

Originality. Complex approach is first presented in the calculation of the rigidity parameters in the system of the cam, rod elements and groove of the needle cylinder, which differs from the generally accepted design practice using the initial empirical data.

Practical value. Were complements of the provisions that promote for mathematical support of determining of the rigidity parameters of rod elements in the automatic half-hose machine taking into account the peculiarities their transverse flexibility. This allows replacing the cost bench testing's with sufficient accuracy at the design stage. Practical recommendations are presented that shorten the duration and improve the design quality. Questions are listed for further research on this theme.

Keywords: design, hosiery machines, calculation, rod elements, calculation, rigidity.

УДК 621.314

**КАПЛУН В.В.*, БОБРОВНИК В.М. *, АРТЕМЕНКО М.Ю. *,
ПОЛЩУК С.Й.****

* Київський національний університет технологій та дизайну,

** Інститут електродинаміки НАН України

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ
АКТИВНИХ ФІЛЬТРІВ З НАКОПИЧУВАЧАМИ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТРИФАЗНИХ
ЧОТИРИПРОВІДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

Мета. Виведення розрахункових співвідношень для енерговитрат і ємності накопичувачів енергії (НЕ) та оцінювання перспектив економічної ефективності від застосування паралельних активних фільтрів (ПАФ) з НЕ на прикладі трифазної чотирипровідної системи електропостачання гуртожитку №7 КНУТД.

Методика. Економічна та енергетична ефективність електротехнічного комплексу «трифазна чотирипровідна система електропостачання – ПАФ з НЕ» оцінюється співвідношенням оплати за електроенергію за двотарифною системою та втратами енергії у силовому кабелі. Досліджуються аналітичні умови доцільності застосування ПАФ з НЕ за показником економії оплати за електроенергію.

Результати. У роботі обґрунтовано концепцію побудови трифазної системи енергопостачання з ПАФ та НЕ для можливості перерозподілу добового графіку енергоспоживання на інтервал дії пільгового тарифу та продемонстровані перспективні показники економічної ефективності на прикладі трифазної чотирипровідної системи електропостачання гуртожитку №7 КНУТД.

Наукова новизна. Встановлені нові аналітичні залежності відносного добового платежу та підвищення теплового навантаження ліній електропередачі від величини ємності накопичувача енергії при перерозподілу добового графіку енергоспоживання на інтервал дії пільгового тарифу.

Практична значимість. Ці залежності можуть бути використані для оптимізації співвідношення між капітальними та експлуатаційними витратами при розробці бізнес-плану модернізації системи електроживлення гуртожитку чи будь-якого іншого навчально-господарського об'єкту.

Ключові слова: потужність втрат, паралельний активний фільтр з накопичувачем енергії, трифазна чотирипровідна система електропостачання

Вступ. Застосування активних силових фільтрів в трифазних системах електропостачання забезпечує відновлення якості електроенергії на клемах потужних споживачів та є одним із перспективних технічних напрямів енергозбереження шляхом зниження теплових втрат в лінії передачі [1-3]. Найбільшого поширення набули паралельні активні фільтри (ПАФ) з можливістю формування оптимальних вхідних струмів в умовах нестабільності, нелінійності та несиметрії навантаження. Алгоритми керування ПАФ здебільшого ґрунтуються на сучасних теоріях миттєвої та інтегральної потужності. Перша використовує інформацію про миттєві значення струмів та напруг системи електропостачання для позбавлення від неактивної складової миттєвої потужності [1]. В другій теорії складові потужності визначаються інтегруванням добутоків струмів та напруг на періоді напруги електромережі, в результаті її застосування покращуються енергетичні показники системи електропостачання [2,3], але погіршується швидкодія ПАФ.

Постановка завдання. Незважаючи на наявність окремих публікацій [4,5], недостатня увага приділена побудові алгоритмів керування засобами активної фільтрації у випадку, коли період зміни навантаження перевищує період напруги електромережі. Найбільші економічні перспективи відкриваються при використанні ПАФ в комбінації з

сучасними накопичувачами енергії (НЕ) [6], здатними акумулювати десятки мегаватгодин електроенергії [7], оскільки з'являється можливість концентрувати добовий обсяг енергоспоживання з мережі на пільговий часовий інтервал двотарифної системи оплати. Метою даної роботи є виведення розрахункових співвідношень для втрат енергії і ємності НЕ та оцінювання перспектив економічної ефективності від застосування ПАФ та НЕ на прикладі трифазної чотирипровідної системи електропостачання гуртожитку №7 КНУТД.

Результати дослідження. На рис. 1 показана функціональна схема трифазного варіанту ПАФ з НЕ для чотирипровідної системи живлення, що відповідає поставленій меті. ПАФ складається з вихідних дроселів $L1...L3$, трифазного чотириплечового мостового інвертора, виконаного на повністю керованих вентилях з двосторонньою провідністю $S1 - S8$, та двоконденсаторного джерела реактивної енергії $C1, C2$ в ланці постійного струму [8]. Алгоритм роботи вентилів забезпечує позбавлення трифазного джерела від неактивних складових поточних струмів навантаження шляхом формування їх у вихідних дроселях інвертора [9]. Для цього оброблюється інформація, що надходить до системи керування (СК) від датчиків фазних напруг U_{ϕ} , струмів навантаження I_n та джерела $I_{дж}$. Наявність четвертого плеча інвертора дозволяє вирівнювання напруги на конденсаторах $C1, C2$, кожна з яких має перевищувати амплітуду фазної напруги мережі електропостачання.

Для обміну енергією з НЕ, представленого конденсатором C_n , в систему електропостачання включений імпульсний перетворювач постійної напруги (ППН), що містить два ключі з двосторонньою провідністю $Q1, Q2$ та дросель L_n . В режимі заряду НЕ ключ $Q2$ закритий, а на ключ $Q1$ подаються широтно-модульовані імпульси СК, в результаті чого ППН працює як знижувальний перетворювач постійної напруги, передаючи енергію від конденсаторів $C1, C2$ до НЕ. В режимі розряду НЕ ключ $Q1$ закритий, а на ключ $Q2$ подаються широтно-модульовані імпульси СК, в результаті чого ППН працює як підвищувальний перетворювач, передаючи енергію від НЕ до конденсаторів $C1, C2$. Напрямок перетоку енергії визначає прогнозна часова залежність потужності споживання $P_n(t)$ протягом інтервалу часу τ , що значно перевищує період мережної напруги.

Вимірювання параметрів якості електричної мережі проведено з використанням аналізатора C.A 8335 QUALISTAR PLUS виробництва компанії Chauvin-Arnoux Group (Франція) в режимі «Trend», схема підключення якого до системи електропостачання гуртожитку №7 КНУТД наведена на рис.2. Оскільки нейтраль в даній системі є заземленою, а фізичний принцип вимірювання струму базується на використанні поясу Роговського, що охоплює провідник з досліджуваним струмом, то струм нейтралі вимірювався шляхом обробки даних датчика, що охоплював усі три фазні проводи, штучно відтворюючи суму миттєвих значень струмів цих проводів.

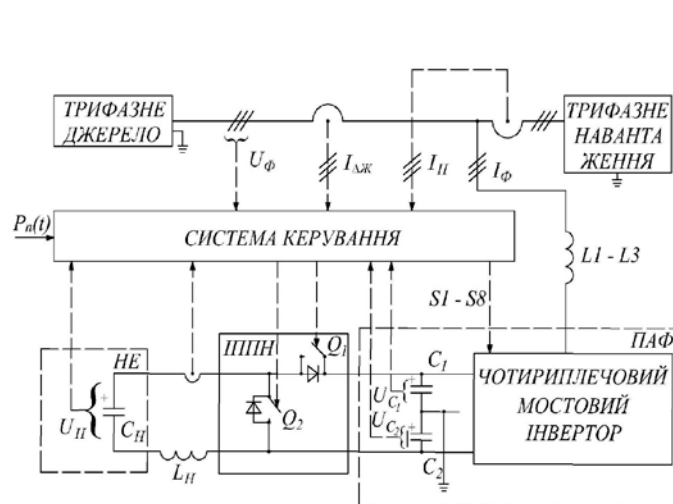


Рис. 1. Структурна схема фільтраційної системи з додатковою системою накопичення енергії та системою управління та регулювання

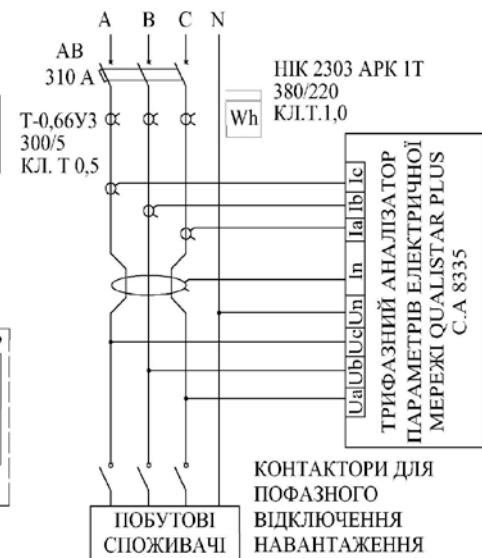


Рис. 2. Схема підключення аналізатора параметрів електричної мережі

Моніторинг проводився протягом семи діб з інтервалом відліку параметрів 16 хв. Вимірювались та записувались в оперативну пам'ять приладу діючі значення фазних струмів та напруг, струму нейтралі. Одночасно аналізатором обчислювались та фіксувались також і інші параметри системи електропостачання, а саме: активні та реактивні потужності фаз, загальне споживання енергії, зсув фаз та коефіцієнти потужності кожної фази, гармонічний склад струмів та напруг, тощо. На рис.3 представлений графік споживаної потужності протягом інтервалу моніторингу, накладений на графік зміни тарифу за двотарифною системою оплати.

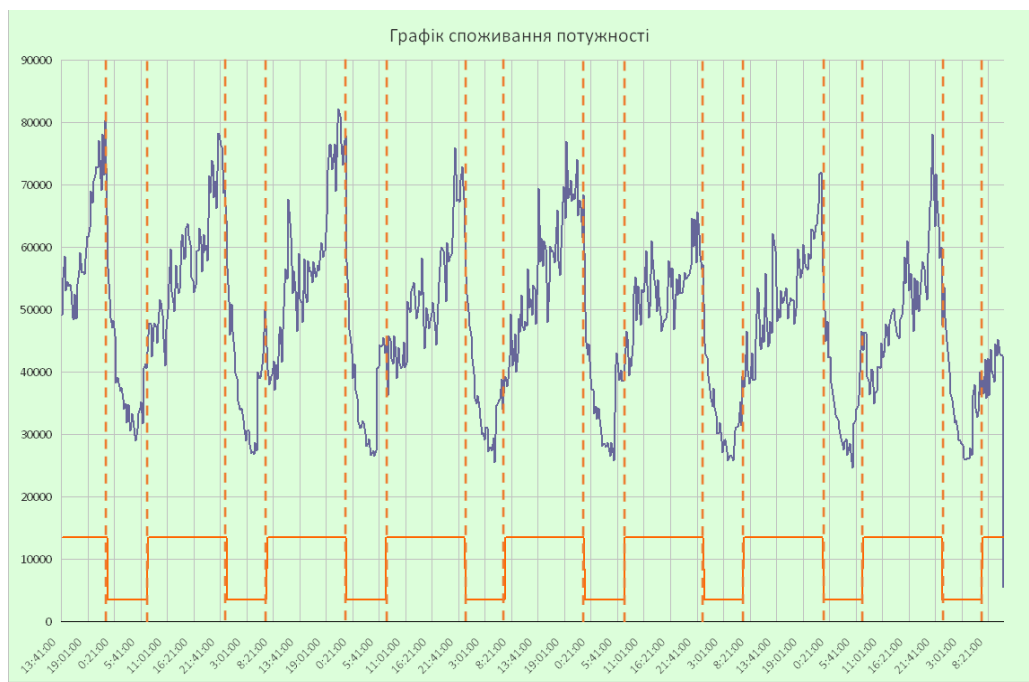


Рис. 3. Графіки зміни споживаної потужності гуртожитку №7 КНУТД та тарифів за двотарифною системою оплати

Аналіз цих графіків дозволяє застосувати для аналітичних розрахунків кусково - лінійну апроксимацію часової залежності добового енергоспоживання (рис. 4а), де $P_2=75$ кВт, $P_1=25$ кВт – осереднені максимальне та мінімальне значення споживаної потужності, що припадають на моменти зміни тарифів; $P_0=(P_2+P_1)/2=50$ кВт – середньодобове значення споживаної потужності; $\tau_1=16$ год, $\tau_2=8$ год – тривалості часових інтервалів дії тарифів.

Розглянемо доцільність використання двотарифної оплати за електроенергію для прийнятої моделі енергоспоживання за відсутності накопичувача.

При однотарифній оплаті величина добового платежу:

$$\Pi_1 = P_0(\tau_0 + \tau_1)\Pi_0 = 24P_0\Pi_0, \quad (1)$$

де Π_0 – вартість базового тарифу.

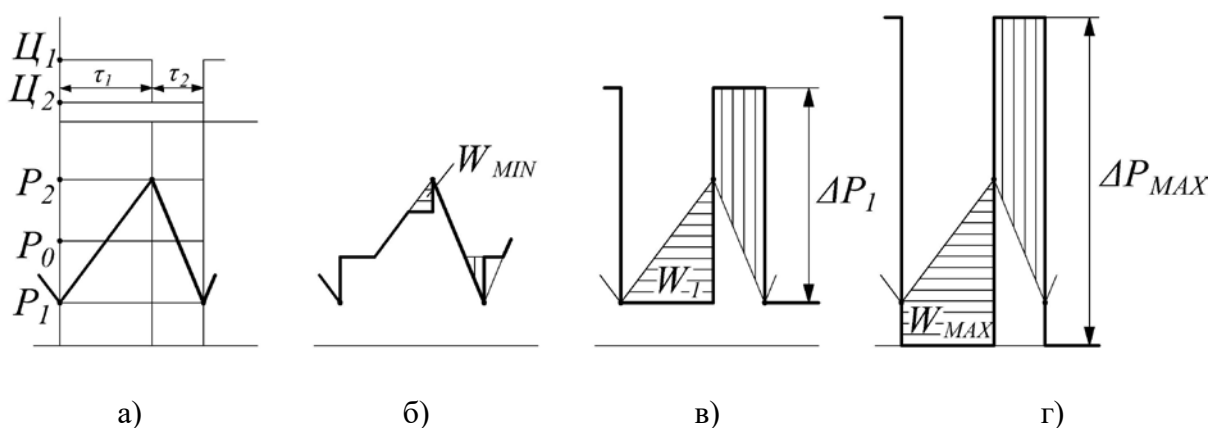


Рис. 4. Ідеалізовані добові графіки споживаних з мережі потужностей при застосуванні ПАФ з НЕ

При двотарифній оплаті величина добового платежу

$$\Pi_2 = P_0\tau_1\Pi_1 + P_0\tau_2\Pi_2 = P_0\tau_1k_1\Pi_0 + P_0\tau_2k_2\Pi_0 = P_0\Pi_0(\tau_1k_1 + \tau_2k_2) = 24.4P_0\Pi_0, \quad (2)$$

де $k_1 = \Pi_1 / \Pi_0 = 1.35$; $k_2 = \Pi_2 / \Pi_0 = 0.35$ – тарифні коефіцієнти, затверджені в [11].

Таким чином, за відсутності накопичувача $\Pi_2 / \Pi_1 = 24.4 / 24 = 1.01666$, тобто двотарифна оплата коштує на 1.666% дорожче однотарифної.

Розрахуємо максимальну електричну ємність накопичувача $C_{\max}$, за якої вся добова енергія постачається джерелом протягом інтервалу τ_2 пільгового тарифу (рис. 4г), тобто відтермінованим є споживання максимального значення енергії $W_{\max} = P_0\tau_1$, що припадає на інтервал τ_1 дії підвищеного тарифу. Величина цієї ємності розраховується з рівняння балансу енергій для випадку, що розглядається:

$$W_{\max} = C_{\max}(U_2^2 - U_1^2) / 2, \quad (3)$$

звідки, прийнявши середнє значення напруги конденсатора накопичувача $U_0 = (U_1 + U_2) / 2 = 800$ В та величину пульсацій $U_2 - U_1 = 0.1U_0$, отримаємо вираз для максимального номіналу ємності

$$C_{\max} = \frac{W_{\max}}{0.1 \times U_0^2} = \frac{\tau_1(P_1 + P_2)}{2 \times 0.1 \times U_0^2} = \frac{5 \times 16 \times 3600 \times (25 + 75) \times 10^3}{800^2} = 45 \times 10^3 \text{ Ф}. \quad (4)$$

Таким чином, при прийнятих формі графіку енергоспоживання, напрузі та пульсаціях НЕ задана мета споживання енергії під час дії пільгового тарифу супроводжується необхідністю встановлення суперконденсатора ємністю 1Φ на кожний ват середньодобового споживання.

Знайдемо мінімальне доцільне значення конденсатора накопичувача $C_{\min}$, за якої внаслідок відтермінованого мінімального енергоспоживання $W_{\min}$ протягом дії пільгового тарифу (рис. 4в) зрівняються платежі за обома системами розрахунку:

$$P_{2C\min} = (P_0\tau_1 - W_{\min})k_1U_0 + (P_0\tau_2 + W_{\min})k_2U_0 = (\tau_1 + \tau_2)P_0U_0 = P_1,$$

звідки після перетворень

$$W_{\min} = P_0 \frac{(\tau_1 k_1 + \tau_2 k_2) - (\tau_1 + \tau_2)}{k_1 - k_2} = P_0 \frac{24.4 - 24}{1.35 - 0.35} = 0.4P_0. \quad (5)$$

Оскільки величина ємності конденсатора лінійно залежить від величини накопиченої енергії відповідно до формули (3),

$$C_{\min} = C_{\max} \frac{\Delta W_{\min}}{\Delta W_{\max}} = C_{\max} \frac{0.4P_0}{\tau_1 P_0} = \frac{C_{\max}}{40} = 1.125 \times 10^3 \Phi. \quad (6)$$

Величина добового платежу за наявності накопичувача ємністю $C_{\max}$, коли вся добова енергія постачається джерелом протягом інтервалу τ_2 пільгового тарифу, складає 35% добового платежу при однотарифній оплаті. Графік залежності відносного добового платежу P_{2C}/P_1 від величини ємності накопичувального конденсатора є лінійним та представлений на рис. 5.

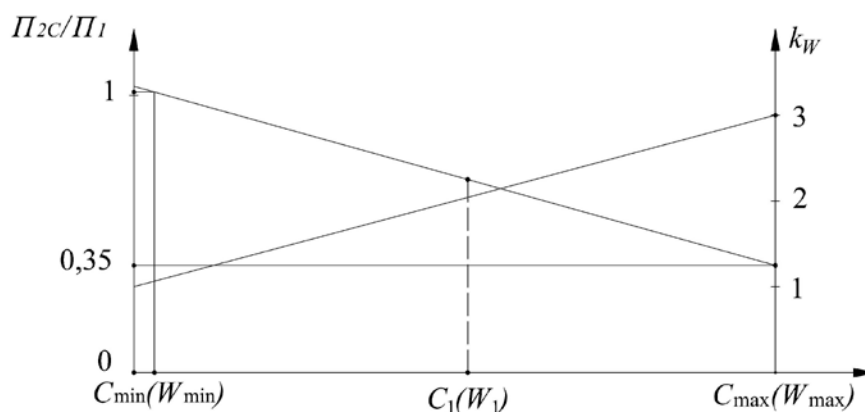


Рис. 5. Графіки залежності відносного добового платежу P_{2C}/P_1 та коефіцієнта нерівномірності споживання енергії k_W від величини ємності НЕ

Він може бути використаний для оптимізації співвідношення між капітальними та експлуатаційними витратами при розробці бізнес-плану модернізації системи електроживлення гуртожитку чи будь-якого іншого навчально-господарського об'єкту.

Певним негативним фактором інтенсивного енергоспоживання протягом пільгового інтервалу є підвищення теплового навантаження ліній електропередачі, яке може бути охарактеризовано коефіцієнтом нерівномірності споживання енергії [10]

$$k_W = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} [\tilde{p}(t) + P_0]^2 dt / P_0^2 = 1 + \frac{P_{\sim}^2}{P_0^2},$$

де $P_{\sim} = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \tilde{p}^2(t) dt}$ – середньоквадратичне значення змінної складової активної

потужності $\tilde{p}(t) = p(t) - P_0$ за період її зміни $\tau = \tau_1 + \tau_2$.

Початкове значення цього коефіцієнта при кусково-лінійному законі зміни графіка активної потужності (рис. 4а) дорівнює

$$k_{W0} = 1 + D^2 / 3 = 13 / 12,$$

де $D = (P_2 - P_1) / 2P_0 = 0.5$ – коефіцієнт приросту [10].

Графік споживаної активної потужності стає прямокутним (рис. 4в) за величини перерозподіленої енергії $W_1 = (P_2 - P_1)\tau_1 / 2 = P_0 D \tau_1$. При цьому різниця рівнів дорівнює $\Delta P_1 = 3(P_2 - P_1) / 2 = 3DP_0$, а величина коефіцієнта нерівномірності споживання енергії для такої форми [10]

$$k_{W1} = 1 + 4\gamma(1 - \gamma) \times (1.5D)^2 = 1 + 9\gamma(1 - \gamma)D^2 = 1 + 2 \times 1.5^2 / 4 = 2.125,$$

де $\gamma = \tau_1 / \tau = 2 / 3$.

Нарешті, за величини перерозподіленої енергії $W_{\max}$ різниця рівнів дорівнює $\Delta P_{\max} = 3(P_2 - P_1) = 6DP_0$, а величина коефіцієнта нерівномірності споживання енергії

$$k_{W\max} = 1 + 4\gamma(1 - \gamma) \times (3D)^2 = 1 + 36\gamma(1 - \gamma)D^2 = 3.$$

Графік залежності коефіцієнта нерівномірності споживання енергії від величини перерозподіленої енергії при $D = (P_2 - P_1) / 2P_0 = 1/2$ наведений на рис. 5. Його аналіз свідчить, що при зміні величини перерозподіленої енергії від 0 до $W_{\max}$ величина коефіцієнта

нерівномірності збільшується в $\frac{k_{W\max}}{k_{W0}} = \frac{3}{12/13} = 3.25$ разів.

Висновки.

1. Запропоновано концепцію побудови трифазної системи енергопостачання з паралельним активним фільтром та накопичувачем енергії для можливості перерозподілу добового графіку енергоспоживання на інтервал дії пільгового тарифу.

2. Встановлені аналітичні залежності відносного добового платежу та підвищення теплового навантаження ліній електропередачі від величини ємності накопичувача енергії, які можуть бути використані для оптимізації співвідношення між капітальними та експлуатаційними витратами при розробці бізнес-плану модернізації системи електроживлення гуртожитку чи будь-якого іншого навчально-господарського об'єкту.

Література

1. Akagi H., Watanable E.H., Aredes M. Instantaneous power theory and applications to power conditioning. – Piscataway, NJ: IEEE Press. – 2007. – 379p. ISBN:978-0-470-10761-4
2. Patricio Salmerón Revuelta, Salvador Pérez Litrán, Jaime Prieto Thomas. Active Power Line

References

1. Akagi H., Watanable E. H., Aredes M. (2007) Instantaneous power theory and applications to power conditioning, Piscataway, NJ: IEEE Press, p. 379. ISBN: 978-0-470-10761-4.
2. Patricio S. R., Jaime P. T., Salvador P. L. (2016) Active power line conditioners: design, simulation and implementation for improving power quality, London;

- Conditioners Design, Simulation and Implementation for Improving Power Quality.– Elsevier Inc., Academic Press – 2016. – 436 p. ISBN:978-0128032169
3. Артеменко М.Ю. Потужність систем електроживлення та енергоефективність силових фільтрів [Монографія]. – Київ : Аверс, 2016. – 216 с. ISBN: 978-966-8777-09-7.
4. Жемеров Г.Г. Расчет параметров емкостного накопителя энергии / Жемеров Г.Г., Ильина О.В. // Электричество. – 2008. – №1. – С. 54-59.
5. Дрехслер Р. Измерение и оценка качества электроэнергии при несимметричной и нелинейной нагрузке: Пер. с чешск. А. Окина. / Дрехслер Р.//М.: Энергоатомиздат, 1985. –112 с.
6. Sowa, K. Baszyński, M. Piróg, S. Jednofazowy energetyczny filtr aktywny z zasobnikiem energii do kompensacji wahań mocy czynnej w linii zasilającej - badania symulacyjne // Przegląd Elektrotechniczny. – 2017. – №3. – Pp. 260 – 266.
7. POWERPACK Utility and Business Energy Storage. Available at: <https://www.tesla.com/powerpack>.
8. Quinn C. A. A four-wire, current-controlled converter provides harmonic neutralization in three-phase, four-wire systems // Quinn C. A., Mohan N., Mehta H. // Proc. IEEE APEC'93. – 1993. – Pp. 841 – 846.
9. Артеменко М.Ю. Енергоефективність паралельних активних силових фільтрів трифазних систем електроживлення/ Артеменко М.Ю., Каплун В.В. // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну «Технічні науки». - 2016. - № 5 (102). – С. 11 – 19.
10. Каплун В.В. Розрахунок енергозберігаючого ефекту від застосування паралельних активних фільтрів в трифазній чотирипровідній системі електропостачання при збільшенні інтервалу осереднення вимірюваних величин/ Каплун В. В., Артеменко М. Ю., Поліщук С. Й., Бобровник В. М. // «Електроніка та зв'язок». – 2017. – №4 (22). – С. 18-24.
11. ПОСТАНОВА 26.02.2015 № 221 «Про внесення зміни до Порядку застосування тарифів на електроенергію» Офіційний веб-портал «Верховна рада України» [Електронний ресурс].- режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0236-15>.
- San Diego: Academic Press. p. 421. ISBN: 978-0128032169
3. Artemenko M. Yu. (2016) *Potuzhnist' system elektrozhivlennya ta enerhoefektyvnist' sylovykh fil'triv* [Power of supply systems and energy efficiency of power filters], Kyiv: Avers, p. 216. ISBN: 978-966-8777-09-7[in Ukrainian].
4. Zhemerov G.G., Il'ina O.V. (2008) *Raschet parametrov emkostnogo nakopitelya energii* / Zhemerov G.G., Elektrichestvo. no. 1. P. 54-59.
5. Dreksler R. (1985) *Yzmerenye y otsenka kachestva elektroenerhiy pry nesymmetrychnoy y nelyneynoy nahruzke* [Measurement and estimation of electric power quality with asymmetric and nonlinear load] Per. s cheshsk. A. Okyna. Dreksler R. M.: Enerhoatomyzdat, 112 p.
6. Sowa, K. Baszyński, M. Piróg, S. (2017) *Jednofazowy energetyczny filtr aktywny z zasobnikiem energii do kompensacji wahań mocy czynnej w linii zasilającej - badania symulacyjne*. Przegląd Elektrotechniczny. no. 3. Pp. 260 – 266.
7. POWERPACK Utility and Business Energy Storage. Available at: <https://www.tesla.com/powerpack>.
8. Quinn C. A. (1993) A four-wire, current-controlled converter provides harmonic neutralization in three-phase, four-wire systems. Quinn C. A., Mohan N., Mehta H. Proc. IEEE APEC'93. Pp. 841 – 846.
9. Artemenko M.Yu., Kaplun V.V. (2016) *Enerhoefektyvnist' paralel'nykh aktyvnykh sylovykh fil'triv tryfaznykh system elektrozhivlennya*. : Kyiv National University of Technologies and Design«Technical Science Series» no. 5 (102). P. 11 – 19.
10. Kaplun V.V., Artemenko M. Yu., Polishchuk S. Y., Bobrovnyk V. M. (2017) *Rozrakhunok enerhozberihayuchoho efektu vid zastosuvannya paralel'nykh aktyvnykh fil'triv v tryfazniy chotyryprovodniy systemi elektropostachannya pry zbil'shenni intervalu oserednennya vymiryuvanykh velychyn* [Calculation of the energy-saving effect from the use of parallel active filters in a three-phase four-wire power supply system with increasing interval of averaging of measured values] «Elektronika ta zvyazok». no.4 (22). P. 18-24.
11. Resolution 26.02.2015 № 221 *Pro vnesennya zminy do Poryadku zastosuvannya taryfiv na elektroenerhiyu* [On Amendments to the Electricity Tariff Application] Ofitsiynyy veb-portal «Verkhovna rada Ukrayiny» [Elektronnyy resurs].- rezhym dostupu: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0236-15>.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ С НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕХФАЗНОЙ ЧЕТЫРЕХПРОВОДНОЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

КАПЛУН В.В.^{*}, БОБРОВНИК В.М.^{*}, АРТЕМЕНКО М.Е.^{*}, ПОЛИЩУК С.И.^{**}

^{*}Киевский национальный университет технологий и дизайна,

^{**}Институт электродинамики НАН Украины

Цель. Вывод расчетных соотношений для энергозатрат и емкости накопителей энергии (НЭ) и оценки перспектив экономической эффективности от применения параллельных активных фильтров (ПАФ) с НЭ на примере трехфазной четырехпроводной системы электроснабжения общежития №7 КНУТД.

Методика. Экономическая и энергетическая эффективность электротехнического комплекса «трехфазная четырехпроводная система электроснабжения - ПАФ с НЭ» оценивается соотношением оплаты за электроэнергию по двутарифной системой и потерями энергии в силовом кабеле. Исследуются аналитические условия целесообразности применения ПАФ с НЭ по показателю экономии оплаты за электроэнергию.

Результаты. В работе обоснована концепция построения трехфазной системы энергоснабжения с ПАФ и НЭ для возможности перераспределения суточного графика энергопотребления на интервал действия льготного тарифа и продемонстрированы перспективные показатели экономической эффективности на примере трехфазной четырехпроводной системы электроснабжения общежития №7 КНУТД.

Научная новизна. Установлены новые аналитические зависимости относительного суточного платежа и повышение тепловой нагрузки линий электропередачи от величины емкости накопителя энергии при перераспределении суточного графика энергопотребления на интервал действия льготного тарифа.

Практическая значимость. Эти зависимости могут быть использованы для оптимизации соотношения между капитальными и эксплуатационными затратами при разработке бизнес-плана модернизации системы электропитания общежития или любого другого учебно-хозяйственного объекта.

Ключевые слова: мощность потерь, параллельный активный фильтр с накопителем энергии, трехфазная четырехпроводная система электроснабжения

APPLICATION PROSPECTS OF SHUNT ACTIVE FILTERS WITH ENERGY STORAGE ELEMENTS TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF THREE-PHASE FOUR-WIRE ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS

KAPLUN V. V.^{*}, ARTEMENKO M. YU.^{*}, BOBROVNYK V. M.^{*}, POLISHCHUK S. Y.^{**}

^{*}Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

^{**}The National Academy of Sciences of Ukraine The Institute of Electrodynamics
Kyiv, Ukraine

Purpose. Derivation of the calculated ratios for energy inputs and capacity of energy storage (AE) and estimation of economic efficiency prospects from the use of parallel active filters (PAF) with AE on the example of a three-phase four-wire power supply system for hostel No. 7 KNUITD.

Methodology. The economic and energy efficiency of the electrotechnical complex "three-phase four-wire power supply system - PAF with AE" is estimated by the ratio of payment for electricity through a two-tariff system and energy losses in the power cable. The analytical conditions of the expediency of applying the PAF with AE on the indicator of saving payment for electricity are investigated.

Findings. The paper substantiates the concept of constructing a three-phase power supply system with the PAF and AE for the possibility of redistributing the daily energy consumption schedule for the interval of the preferential tariff and demonstrating the prospective economic efficiency indicators using the example of a three-phase four-wire power supply system for hostel No. 7 KNUITD.

Originality. New analytical dependences of the relative daily payment and increase of the heat load of the transmission lines on the value of the energy storage capacity are redistributed during the redistribution of the daily energy consumption schedule for the interval of the preferential tariff.

Practical value. These dependencies can be used to optimize the relationship between capital and operating costs when developing a business plan for upgrading the power supply system of a hostel or any other educational facility.

Keywords: loss power, parallel active filter with energy storage, three-phase four-wire power supply system

УДК 621.311.13

ВАНЬКО В. М., КЛЕПАЧ Н. М.

Національний університет «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЮ СТРУМІВ СПОЖИВАННЯ РІЗНОМАНІТНОГО УСТАТКУВАННЯ

Мета. В даній статті зосереджено увагу на проблемі контролю рівня якості електроенергії із застосуванням контролю струмів споживання різноманітного устаткування.

Методика. В даній роботі описаний вдосконалений алгоритм контролю показників якості електроенергії, необхідних для нормальної роботи енергопостачальних організацій.

Результати. Розглянуто алгоритм моделювання що допомагає аналізувати весь інтервал часу контролю якості електроенергії розподіляється на однакові інтервали, протягом яких визначаються вектори-рядки контролю якості.

Наукова новизна. Теоретичну цінність в даній праці представляють дослідження повільних коливань напруги мережі.

Практична цінність. Прикладне значення роботи полягає у тому, що визначається достовірність інформації моніторингу якості електроенергії у випадках проходження в мережі випадкових процесів, що призводять до порушення періодичності і стаціонарності сигналів. Авторами запропоновано новий алгоритм обчислення, котрий ґрунтується на опрацюванні власне даної вимірювальної інформації.

Ключові слова: пульсації, витрати, стабілізація потоку, демпфери, електроенергія, вейвлет перетворення.

Вступ. Під час експлуатації різноманітного устаткування в електричних мережах загального призначення часто виникають погіршення якості електроенергії (ЕЕ), причиною появи яких є ввімкнення користувачами специфічних або недозволених технічних пристроїв. Оскільки мережу живлення можна представити у вигляді певної електричної схеми, то її активні і реактивні складові сприятимуть утворенню спадків напруги, котрі додаватимуться до сигналу напруги мережі. Як відомо, це слугує однією із причин зниження якості ЕЕ.

Постановка завдання. Слід брати до уваги ту обставину, що інколи через специфічний режим експлуатації характер споживання ЕЕ різними навантаженнями є нерівномірним та із суттєвою випадковою складовою. Як правило, сьогодні для вимірювання електричних сигналів застосовують цифрове опрацювання такої інформації. Але через особливості зміни таких сигналів необхідно використовувати відповідний метод опрацювання подібних даних. На нашу думку таким інструментарієм є дискретне вейвлет-перетворення (ДВП) [1-3]. Особливістю ДВП є той факт, що його коефіцієнти характеризують зміну у часі спектру вейвлет функції.

Результати дослідження. Для фіксації та можливості структуровано зчитувати вимірювальні дані, запропоновано використання вимірювального перетворювача струмів споживання. Пропонується структура що складається з формувального блоку, перетворювача даних, блоку управління та персонального комп'ютера. Вхідний струм після нормування у вхідний нормуючий блок трансформується у перетворювач даних та за допомогою аналого-цифрового перетворювача в послідовність цифрових кодів. Ці дані через інтерфейсний блок, що представляє собою буферну схему, наприклад типу USB, пересилаються на персональний комп'ютер. Блок управління забезпечує синхронізацію та функціонування всієї структури вимірювального перетворювача.

З метою гарантування достовірності результатів ДВП було сформовано тестовий сигнал у вигляді синусоїди з частотою повторення, близькою до промислової.

На підставі класифікації електричного і електронного устаткування, проведеної у [4], для подальших досліджень, з використанням описаної вище структури було вибрано чотири навантаження. Для кожного з них було отримано виборки $\{f_I(k)\}$, аналогічні до організованої для тестового сигналу. Єдине, що для тестового сигналу амплітуда вибиралась пропорційною граничному значенню I_{ex} . А при дослідженні даних чотирьох навантажень матимуть місце інші значення амплітуд струмів споживання.

Першим досліджувався портативний обігрівач з вентилятором типу WIMDOM (Китай), для якого осцилограма струму споживання $I_{ex}(t)$ матиме вигляд на рис. 1. Застосовуючи до такого дискретного сигналу ДВП з базовою функцією $dmeu$, отримаємо аналіз розподілу його енергії.

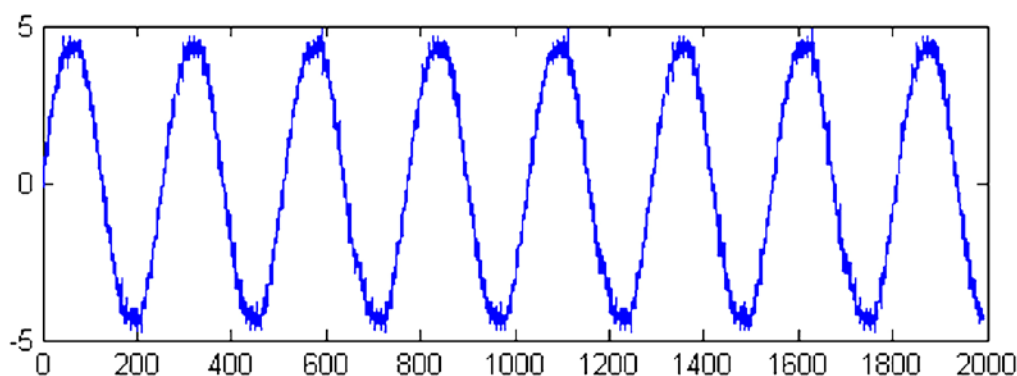


Рис. 1. Осцилограма струму споживання $I_{ex}(t)$ портативного обігрівача з вентилятором

Щодо спектральних спотворень, то центральна частота $5355,2 \text{ Гц}$ отримали діюче значення $I_1 = 0,28 \text{ А}$, а при $167,4 \text{ Гц}$ $I_6 = 0,25 \text{ А}$, що складає $k_{I,1} = 8,9\%$ та $k_{I,6} = 7,9\%$. А це перевищує гранично допустимі норми згідно [5]. Крім того, тут помітна деяка низькочастотна складова (частота $20,9 \text{ Гц}$), котра може бути викликана швидкими коливаннями напруги живлення. Її внесок складає $I_9 = 0,23 \text{ А}$ або $k_{I,9} = 7,4\%$, що також є істотним.

Далі контролювався струм споживання побутового холодильника САРАТОВ моделі 1408. Графіки розподілу енергії ДВП його $I_{ex}(t)$ з амплітудами $\pm 5,90 \text{ А}$ показано на рис. 2.

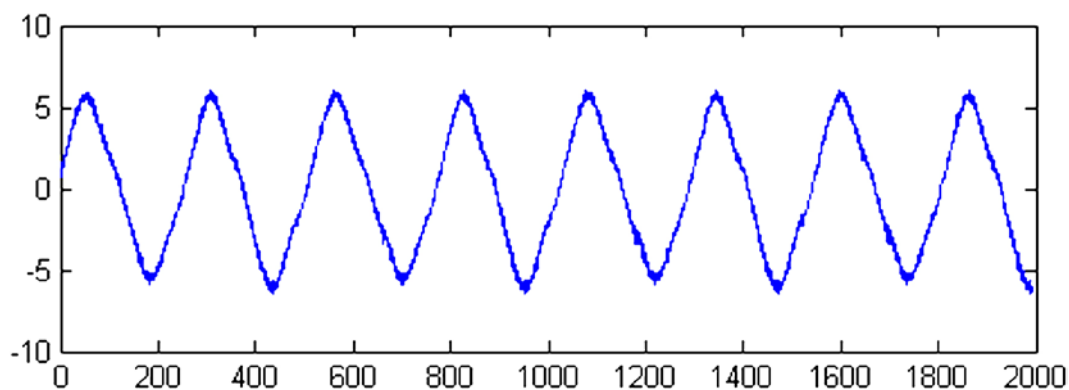


Рис. 2. Осцилограма струму споживання $I_{ex}(t)$ побутового холодильника

Високочастотні спотворення I_{ex} виявлено при центральній частоті 334,7 Гц: $I_5 = 0,22$ А ($k_{I,5} = 6,0\%$) та $I_6 = 0,46$ А ($k_{I,6} = 12,5\%$), відповідно. При цьому остання складова є неприпустимо великою і може бути причиною появи у напрузі живлення нелінійної складової, що погіршуватиме якість ЕЕ у мережі [6].

В якості наступного об'єкта аналізу розглядалась мікрохвильова піч ARDO типу AMW-17M (Росія). Осцилограма її струму споживання $I_{\text{ex}}(t)$ наведена на рис. 3

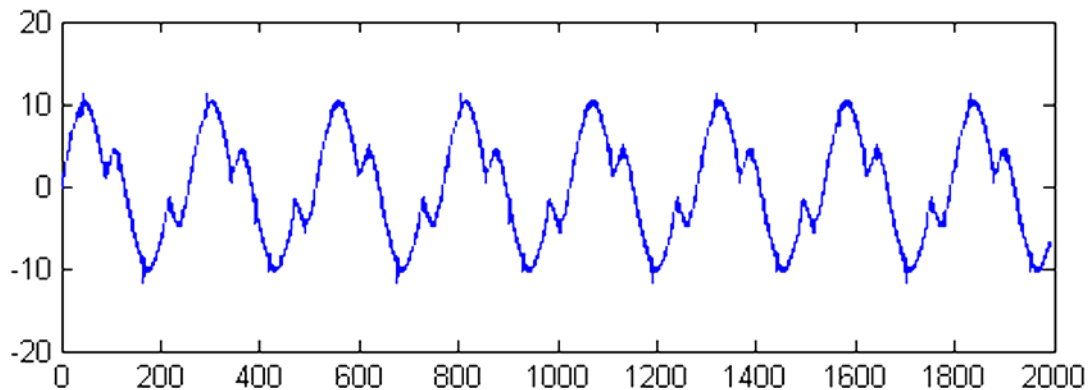


Рис. 3. Осцилограма струму споживання $I_{\text{ex}}(t)$ мікрохвильової печі

Якщо частка промислової частоти складає $I \cong I_{\text{cn}} = 5,99$ А, то серед високочастотних складових можна перерахувати: найвищу по частотах ($I_1 = 0,50$ А або $k_{I,1} = 8,3\%$); (центральна частота 669,4 Гц), 5 – відповідно, $I_4 = 0,50$ А або $k_{I,4} = 4,3\%$, $I_5 = 0,76$ А або $k_{I,5} = 12,7\%$ та $I_6 = 1,86$ А або $k_{I,6} = 31,0\%$. Крім того, наявна низькочастотна складова ДВП – $I_9 = 0,51$ А або $k_{I,9} = 8,5\%$.

Під час дослідження четвертого навантаження – стаціонарного персонального комп'ютера – можна говорити про специфічну форму осцилограми $I_{\text{ex}}(t)$ (рис. 4).

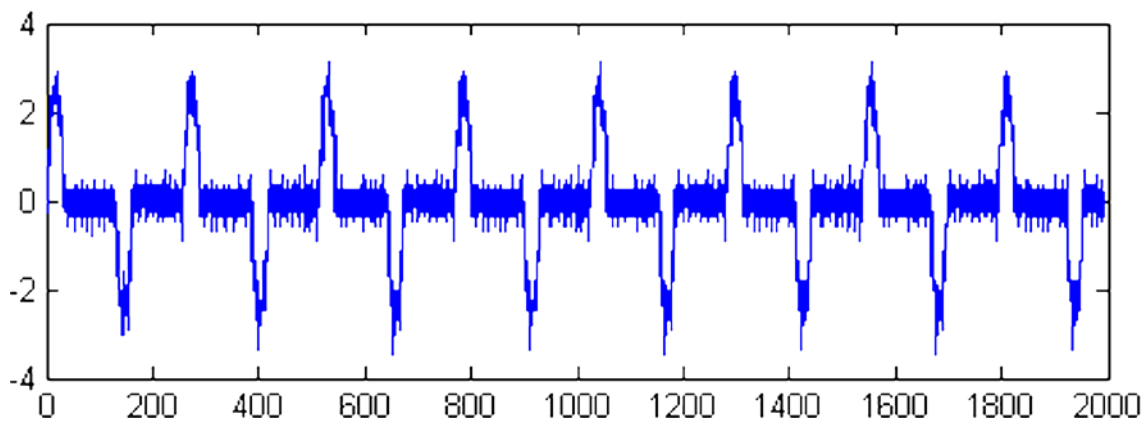


Рис. 4. Осцилограма струму споживання $I_{\text{ex}}(t)$ стаціонарного персонального комп'ютера

Через особливості роботи імпульсного блока живлення комп'ютера має місце дещо незвичний розподіл енергії $I_{\text{ex}}(t)$ по частотному діапазону. Так частка промислової частоти складає $I \cong I_{\text{cn}} = 0,61$ А, ДВП отримуємо $I_1 = 0,37$ А, на 5-у – $I_5 = 0,49$ А та $I_6 = 0,53$ А. Причому, зовсім відсутні низькочастотні спотворення кривої $I_{\text{ex}}(t)$.

Висновки. Завдяки застосуванню ефективного методу діагностування якості електроенергії – шляхом контролю струмів споживання у різних точках мережі – можна

з'ясовувати які підключення навантаження могли спричинити дані спотворення напруги мережі.

Розроблено структуру вимірювального перетворювача струмів споживання електричних та електронних пристроїв, у якому використано дискретне вейвлет-перетворення для опрацювання вимірювальних даних. Це дозволило отримати повнішу картину розподілу енергії струмів споживання пристроїв по частотним діапазонам та встановити причини погіршення якості електроенергії у мережах загального призначення.

Використання даної методики та запропонованого вимірювального перетворювача в подальшому дасть змогу детальніше аналізувати завади в електромережі та, відповідно, вплинути на їх усунення.

Література

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: введ. 01.07.2014. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 19 с.
2. Ванько, В.М. Проблеми контролю якості електроенергії в електричних мережах [Опис основних методів контролю якості електроенергії в мережі] / В. М. Ванько, П. Г. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – 58. – С. 47-56.
3. Ванько В.М. Метод оцінки збурень напруги в електричних мережах [Основні методи контролю якості електроенергії в мережі] / В. М. Ванько // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2005. – 544. – С. 19-25.
4. Сегеда М.С. Электричні мережі та системи [Загальний опис методи контролю якості електроенергії в мережі] / М. С. Сегеда. – К.: Каменяр, 2006. – 296 с.
5. Ванько В.М. Організація вимірювання, аналізу та поліпшення якості електроенергії в мережах [Основні методи контролю якості електроенергії в мережі] / В. М. Ванько // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація». – 2009. – 659. – С. 101-108.;
6. ГОСТ 8.010-99. Методики выполнения измерений. Основные положения: введ. 01.01.2000. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 25с.

References

1. GOST 32144-2013. (2014). Electrical power. Electromagnetic compatibility of technical assets. Norms quality of electrical energy in electric power systems, general purpose. Standartynform , Moscow, - 19 p.
2. Vanko, V., Stolyarchuk, P. (2001). Problems of quality control in the power grids [Quality control in the power grids]. Measuring equipment and metrology, 58, 47-56.
3. Vanko, V. (2005). Valuation disturbances voltage in electrical networks [Quality control in the power grids]. Herald "Lviv Polytechnic" "Electricity and electromechanical systems", 544, 19-25.
4. Seged, M. (1999). Electrical networks and systems.331.
5. Vanko, V. (2009). Organization measurement, analysis and improvement of quality of electricity networks [Analysis of quality of electricity networks]. Bisnyk National University "Lviv Polytechnic".659. 101-108.
6. GOST 8.010-99. (1999). Methods perform measurements. Basic situation. - Enter. Publishing standartov, - 25 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ ТОКОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ВАНЬКО В. М., КЛЕПАЧ Н. М.

Национальный университет «Львовская политехника»

Цель. В данной статье сосредоточено на проблеме контроля уровня качества электроэнергии с применением контроля токов потребления разнообразного оборудования.

Методика. В данной работе описан усовершенствованный алгоритм контроля показателей качества электроэнергии, необходимых для нормальной работы энергоснабжающих организаций.

Результаты. Рассмотрены алгоритм моделирования что помогает анализировать весь интервал времени контроля качества электроэнергии распределяется на одинаковые интервалы, в течение которых определяются векторы-строки контроля качества.

Научная новизна. Теоретическую ценность в данной работе представляют исследования медленных колебаний напряжения сети.

Практическая ценность. Прикладное значение работы состоит в том, что определяется достоверность мониторинга качества электроэнергии в случаях прохождения в сети случайных процессов, приводящих к нарушению периодичности и стационарности сигналов. Авторами предложен новый алгоритм вычисления, который основывается на разработке собственно данной измерительной информации.

Ключевые слова: пульсации, расходы, стабилизация потока, демпферы, электроэнергия, вейвлет преобразование.

RESEARCH OF QUALITY OF ELECTRICITY IN NETS ON THE BASIS OF CURRENT CONTROL CONSUMPTION OF DISTINCTIVE EQUIPMENT

VANKO V. M., KLEPACH N. M.

National University "Lviv Polytechnic"

Purpose. In this article attention is focused on the problem of monitoring the level of quality of electricity with the use of control of consumption currents of various equipment.

Methods. In this paper, an improved algorithm for controlling electricity quality indices, necessary for the normal operation of energy supplying organizations, is described.

Results. The algorithm of modeling that helps to analyze the whole time interval of the quality control of the electric power is considered at the same intervals during which the vectors-lines of quality control are determined.

Originality. Scientific novelty and theoretical value in this paper are studies of the slow fluctuations of network voltage.

The practical significance. The applied value of the work lies in the fact that the accuracy of the information is monitored for the quality of electricity in cases of random processes in the network, which leads to violation of the frequency and stationary signals. The author proposed a new algorithm for calculation, which is based on the processing of this particular measurement information.

Key words: pulsation, flow rate, flow stabilization, damper, electric power, wavelet transform.

UDK 620.9:725

KUZNETSOVA O.O.

Kyiv National University of Technologies and Design

ENERGY RETROFITS OF SCHOOL BUILDINGS

Purpose. The evaluation of the structure of heat losses through the thermal envelope as well as ventilation heat losses of a typical low energy performance school building and the selection of the most effective energy retrofitting measures.

Methodology. The annual method according to ISO 13790 was used to determine the space heating demand of the building.

Findings. The research defines and virtually implements an intervention strategy, which incorporates modification of ventilation system as well as upgrade of windows for the school building.

Scientific novelty. The structure of heat losses of the existing low energy performance school building was determined and analyzed. On the basis of the analysis the relative energy retrofitting approaches were proposed.

Practical value. The proposed energy retrofitting measures may be applied as the first retrofitting steps in thermal modernization of school buildings stock in Ukraine.

Key words: energy retrofit; very low-energy houses; energy balance; school buildings.

Introduction. Sustainability in the building sector is a concept that considers the impact of the building with respect to the environment and energy generation and usage, but also considers the well-being of the people living inside the building and the economic aspects.

According to the International Energy Agency, buildings are responsible for 32% of the total final energy consumption and around 40% of the primary energy consumption in most of its member countries.

The importance of these issues increases further when referred to school buildings, in which the occupants are students/children pursuing a learning activity.

The issue of energy performance and energy management in public buildings has been the subject of several significant publications. Many authors have carried out research addressing the different aspects of improving energy efficiency in existing school buildings, considering also issues related to the internal air quality: Butala and Novak [1], Santamouris *et al.* [2], Dimoudi and Kosteralá [3], Theodosiou and Ordoumpozanis [4], Becker, Goldberger and Paciuk [5], Butala, Gričar, and Novak [6].

The problem of conservation of energy in existing buildings is of great importance for Ukraine as well. The most part of the building stock is outdated [7]. A lot of school buildings, especially located in rural areas, have very low thermal performance. The acuteness of the energy supply problem for school buildings is related to such issues: 1) the low energy efficiency of the most existing buildings and (2) insufficient budget financing of expenses.

So, it is important to evaluate the influence of heat losses through various building thermal envelope components as well as ventilation heat losses on total heat losses and then select the most efficient energy retrofitting measures.

The objectives of this study are as follows: 1) to evaluate the current thermal performance of a typical school building with high energy consumption; 2) to assess the impact of the thermal upgrade of windows and ventilation system on space heating energy consumption.

Research results. The building under study is a 3-storey school building, located in Kyiv (Ukraine) and built in 1960. The projected building footprint is 1453 m² (Fig. 1). The heated area is 3780 m², and the heated volume is 13130 m³.



Fig. 1. The 3-storey school building constructed in 1960

The external walls of the building consist of interior plaster (20 mm) and brickwork (510 mm) with their corresponding U-value of 1,15 W/(m²K). The top floor ceiling is composed by a concrete slab (220 mm) as well as a bed of gravel and its relative U-value is 0,544 W/m²K. The floor on grade consists of such components: linoleum, sand-cement screed (40 mm), concrete slab (300 mm). The corresponding U-value of it is 2,02 W/(m²K). The windows have double glazing in timber frames (Fig. 2). The U-value of the existing windows is 2,78 W/(m²K). The building includes 7 exterior doors. The U-value of the doors is 2,65 W/(m²K). The ventilation type of the school building foresees only window ventilation.



Fig. 2. The low energy windows of the school building

Based on the above reported materials, the next phase of the study was the calculation of the building energy losses and gains with the Passive House Planning Package (PHPP), the Excel spreadsheet-based design tool. It calculates building components' U-values, heating, cooling and primary energy demand, ventilation rates for comfort as well as the risk of overheating in the warmer season. Moreover, it compiles climate data from many locations worldwide, including Kyiv (Ukraine).

For this study, the new PHPP 9 was used, which allows the direct comparison of different variants, together with their economic evaluation.

As a first step, the thermal performance of the original school building was studied. The annual heating demand of the existing school building determined with PHPP9 calculation tool is $139 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$.

The magnitudes of heat losses and heat gains of the existing school building are shown in Table 1.

Table 1.

Heat losses and heat gains of the existing school building (before retrofitting)

The type of heat losses	Heat losses and heat gains	
	Annual values, kWh/a	Annual values per m^2 of treated floor area $\text{kWh/a} \cdot \text{m}^2$
Transmission heat losses through the building thermal envelope:		
External walls	61279	16,21
Roof	68090	18,01
Floor slab	51288	15,57
Windows	240144	63,53
Exterior doors	17481	4,62
Ventilation heat losses	210528	55,7
Total heat losses	686914	181,7
Available solar heat gains	109342	28,9
Internal heat gains	53665	14,2
Total heat gains	162913	43,1
Annual heating demand	524001	139

The results of calculation showed in Table 1 indicate that the most significant heat losses are that through windows as well as ventilation ones. So, it was decided to implement such innovative technologies: to install mechanical ventilation system with heat recovery units (Fig. 3) as well as modify windows using double low-E glazing in PH-frames with good thermal quality.

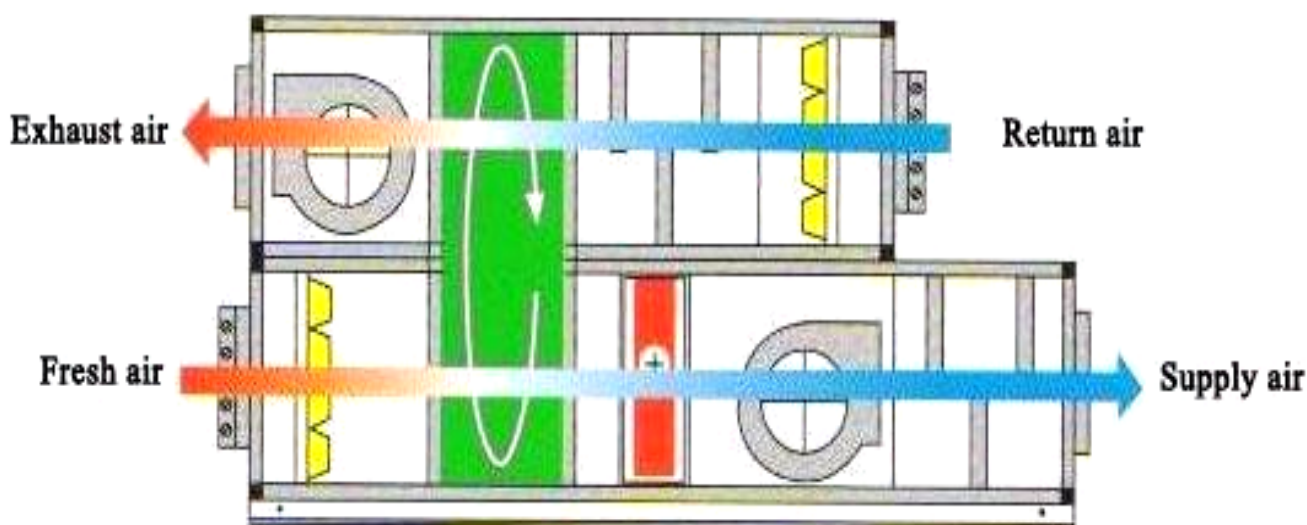


Fig. 3. Heat recovery ventilation unit

The heat losses and heat gains of the retrofitted school building were evaluated using energy balance calculation tool PHPP9.

The results of calculation are shown in Table 2.

Table 2.

Heat losses and heat gains of the school building (after retrofiting)

The type of heat losses Transmission heat losses through building thermal envelope	Heat losses and heat gains	
	Annual values, kWh/a	Annual values per m ² of treated floor area, kWh/a·m ²
External walls	61279	16,21
Roof	68090	18,01
Floor slab	51288	15,57
Windows	110230	29,6
Exterior doors	17481	4,62
Ventilation heat losses	75189	19,9
Total heat losses	421661	111,6
Available solar heat gains	90881	24
Internal heat gains	53665	14,2
Total heat gains	144096	38,1
Annual heating demand	277569	73

The results of energy balance calculation shown in Table 2 demonstrate that replacement windows by more efficient ones and installing mechanical ventilation system with heat recovery units allow to reduce the specific annual energy heating demand almost twice (from 139 to 73 kWh/a·m²).

Finally, a complete assessment should be made on the expenses of the upgrades and a cost-benefit analysis of the investments over a long-term period.

Conclusions.

1. The evaluation of the structure of heat losses through the thermal envelope as well as ventilation heat losses of a typical low energy performance school building was carried out. It is shown that the heat losses through windows as well as ventilation losses are the most significant ones.

2. It was decided to implement such innovative technologies: to install mechanical ventilation system with heat recovery units as well as modify windows using double low-E glazing in PH-frames with good thermal quality.

4. The two energy retrofit measures allow to decrease the school building space heating demand from 139 to 73 kWh/a·m² and may be used as the initial retrofitting steps in thermal modernization of school buildings stock in Ukraine.

Література

1. Butala, V.; Novak, P. (1999). Energy consumption and potential energy savings in old school buildings. *Energy Build.*, 29, 241–246.
2. Santamouris, M.; Balaras, C.A.; Dascalaki, E.; Argiriou, A.; Gaglia, A. (1994). Energy consumption and the potential for energy conservation in school buildings in Hellas. *Energy*, 19, 653–660.
3. Dimoudi, A.; Kostarela, P. (2009). Energy monitoring and conservation potential in school buildings in the C' climatic zone of Greece. *Renew. Energy*, 34, 289–296.
4. Theodosiou, T.G.; Ordoumpozanis, K.T. (2008). Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece. *Energy Build.*, 40, 2207–2214.
5. Becker, R.; Goldberger, I.; Paciuk, M. (2007). Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation. *Build. Environ.*, 42, 3261–3276.
6. Butala, V.; Gričar, P.; Novak, P. (1996). Can We Have Indoor Air Quality and Energy Conservation in Old School Buildings? In *Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Nagoya, Japan, 21–26 July 1996; Volume 2, pp. 271–277.
7. Kuznetsova, E.A. (2015). Evaluation of heat energy savings after renovation of a standard 5-storey residential building. *Metallurgical and Mining Industry*, 11, 238 – 243.

References

1. Butala, V.; Novak, P. (1999). Energy consumption and potential energy savings in old school buildings. *Energy Build.*, 29, 241–246.
2. Santamouris, M.; Balaras, C.A.; Dascalaki, E.; Argiriou, A.; Gaglia, A. (1994). Energy consumption and the potential for energy conservation in school buildings in Hellas. *Energy*, 19, 653–660.
3. Dimoudi, A.; Kostarela, P. (2009). Energy monitoring and conservation potential in school buildings in the C' climatic zone of Greece. *Renew. Energy*, 34, 289–296.
4. Theodosiou, T.G.; Ordoumpozanis, K.T. (2008). Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece. *Energy Build.*, 40, 2207–2214.
5. Becker, R.; Goldberger, I.; Paciuk, M. (2007). Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation. *Build. Environ.*, 42, 3261–3276.
6. Butala, V.; Gričar, P.; Novak, P. (1996). Can We Have Indoor Air Quality and Energy Conservation in Old School Buildings? In *Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Nagoya, Japan, 21–26 July 1996; Volume 2, pp. 271–277.
7. Kuznetsova, E.A. (2015). Evaluation of heat energy savings after renovation of a standard 5-storey residential building. *Metallurgical and Mining Industry*, 11, 238 – 243.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ ШКОЛ КУЗНЕЦОВА Е.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Оценить структуру тепловых потерь через внешние ограждающие конструкции, а также вентиляционные тепловые потери типового здания школы, имеющего низкую энергетическую эффективность, а также выбрать наиболее эффективные меры для термомодернизации школы.

Методика. Для определения потребностей в тепловой энергии на отопление здания была использована методика, изложенная в ИСО 13790.

Результаты. В исследовании предложен и виртуально реализован подход, который состоит в модификации системы вентиляции и замене окон на новые со стеклопакетами с низкоэмиссионным покрытием.

Научная новизна. Была определена и проанализирована структура тепловых потерь здания школы низкой тепловой эффективности. На основе этого анализа были предложены соответствующие варианты энергомодернизации.

Практическая значимость. Предложенные варианты могут быть использованы в качестве начального этапа в проведении энергомодернизации зданий школ Украины.

Ключевые слова: энергетическая модернизация; здания с низким потреблением энергии; энергетический баланс; здания школ.

ЕНЕРГЕТИЧНА МОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ШКІЛ КУЗНЕЦОВА О.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Оцінити структуру теплових втрат через зовнішні огорожувальні конструкції, а також вентиляційні теплові втрати типового будівлі школи, що має низьку енергетичну ефективність, а також вибрати найбільш ефективні заходи для енергетичної модернізації школи.

Методика. Для визначення потреб у тепловій енергії на опалення будівлі була використана методика, викладена в ІСО 13790.

Результати. У дослідженні запропоновано і віртуально реалізований підхід, який полягає в модифікації системи вентиляції та заміні вікон на нові зі склопакетами з низькоемісійним покриттям.

Наукова новизна. Була визначена і проаналізована структура теплових втрат будівлі школи з низькою тепловою ефективністю. На основі цього аналізу були запропоновані відповідні варіанти енергомодернізації.

Практична значимість. Запропоновані варіанти можуть бути використані в якості початкового етапу в проведенні енергомодернізації будівель шкіл України.

Ключові слова: енергетична модернізація; будівлі з низьким споживанням енергії; енергетичний баланс; будівлі шкіл.

УДК 628.3:621.3

КАПЛУН В.В., ШТЕПА В.М., КОТ Р.Є.

Київський національний університет технологій та дизайну

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВОДООЧИСТКИ НА ОСНОВІ КРИТЕРІЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Мета. Удосконалення процесів функціонування електротехнологічних систем очистки стічних вод промислових об'єктів у відповідності до вимог екологічної безпеки та раціонального використання енергетичних ресурсів.

Методика. На основі сучасних методів водоочистки промислових об'єктів запропоноване інтелектуальне управління видаленням забруднювачів із стоків шляхом синтезу алгоритмів управління та реалізації об'єктно-орієнтованих технологічних регламентів функціонування комбінованих електротехнологічних систем водоочистки з урахуванням вимог екологічної безпеки та зменшення рівнів енергоспоживання.

Результати. У роботі обґрунтовано та практично реалізовані об'єктно-орієнтовані технологічні регламенти комбінованих електротехнологічних систем водоочистки промислових об'єктів.

Наукова новизна. Набув подальшого розвитку метод синтезу алгоритмів керування та розроблення об'єктно-орієнтованих технологічних регламентів комбінованих електротехнологічних систем водоочистки промислових об'єктів підвищеної енергоефективності із врахуванням дії нештатних ситуацій техногенного і природного походження.

Практична значимість. На основі спеціалізованого програмного забезпечення розроблені алгоритми керування електротехнологічними установками водочистки, запропоновані об'єктно-орієнтовані технологічні регламенти управління функціонуванням комбінованими електротехнологічними системами очистки стічних вод промислових об'єктів для зменшення електроспоживання.

Ключові слова: водоочистка промислових об'єктів, екологічна безпека, об'єктно-орієнтовані технологічні регламенти, алгоритми управління, енергоефективність.

Вступ. Експлуатаційний контроль технологічних параметрів, обслуговування та ремонт очисних споруд на реальних промислових об'єктах проводиться у відповідності до чинних галузевих та внутрішніх нормативних документів та СНіП 2.04.03 – 85. Очевидно, що при створенні споруд водоочистки на кожному конкретному підприємстві розробляються технологічні регламенти (ТР), які базуються на виконанні проектних норм і вимог. При цьому використання техніко-технологічних рішень для забезпечення процесів водоочистки повинно забезпечувати конкретні обґрунтовані технологічні режими функціонування таких систем і відповідати вимогам екологічної безпеки та якості водоочистки [1, 2]. Окремим завданням при формуванні ресурсного забезпечення функціонування систем промислової водоочистки є встановлення взаємозв'язку між рівнями енергоспоживання та якістю очистки води.

Постановка завдання. Розроблення ТР відповідного водоочисного обладнання базується на чинному водному паспортів підприємства [3]. Розроблення регламентних документів, як універсальних рішень, повинно враховувати постійні, тимчасові, разові ТР та особливості функціонування конкретного обладнання, яке встановлюється на підприємствах. Варто зауважити, що людино-машинна система поєднує в собі групи фахівців: розробники ТР, технічний персонал з експлуатації, керівник підприємства, державні контролюючі органи. Крім них є відповідні «зовнішні системи»: інформаційно-функціональні моделі (ІФМ) та інформаційно-вимірювальний комплекс робочої міри комбінованої електротехнологічної водоочистки (РМКЕВ).

Варто зазначити, що нештатні ситуації (НС) в контексті функціонування промислових систем водоочистки визначаються як технологічний процес чи стан обладнання, які виходять за рамки паспортних режимів функціонування, що, в свою чергу, може призвести до перевищення допустимих концентрацій забруднювачів чи припинення водоочистки, або нерационального використання енергоносіїв. Створення енергоефективних систем водоочистки можливе шляхом використання базового обладнання комбінованих електротехнологій водоочистки та інтелектуального управління із врахуванням дії нештатних ситуацій техногенного чи природного походження.

Результати досліджень. Розроблення ТР комбінованої електротехнологічної очистки стічних вод промислових об'єктів базується на використанні відомих базових методів [3] з урахуванням технологічної схеми та режимів усунення дії потенційних нештатних ситуацій природного і техногенного характеру, номенклатури та режимів функціонування водоочисного обладнання на основі комплексного врахування ефективності інвестицій, зокрема і рівнів енергоефективності (рис. 1).

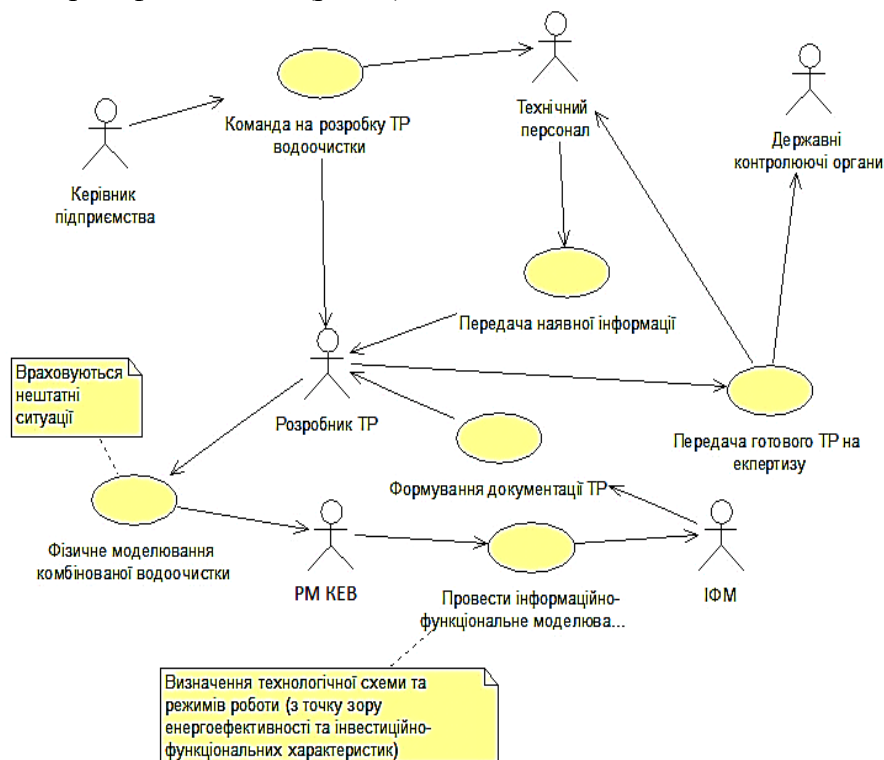


Рис. 1. Структурно-логічна схема створення ТР комбінованої електротехнологічної очистки стічних вод промислових об'єктів (нотації UML)

При цьому таке врахування НС повинно виконуватись об'єктно-орієнтовно. Для забезпечення подальшої адекватності функціонування реальних систем, дію нештатних ситуацій пропонується імітувати під час налаштування обладнання водоочистки, а саме:

- при створенні модельних розчинів перед опрацюванням води із використанням РМКЕВ – шляхом додавання забруднювачів із перевищенням показників, котрі зафіксовано у водному паспорті конкретного підприємства;
- при формуванні бази знань для синтезу нейромережі імітаційного моделювання (МЗМКЕВ).

Тоді об'єктно-орієнтована логічна послідовність удосконаленого методу синтезу ТР матиме вигляд (рис. 2).

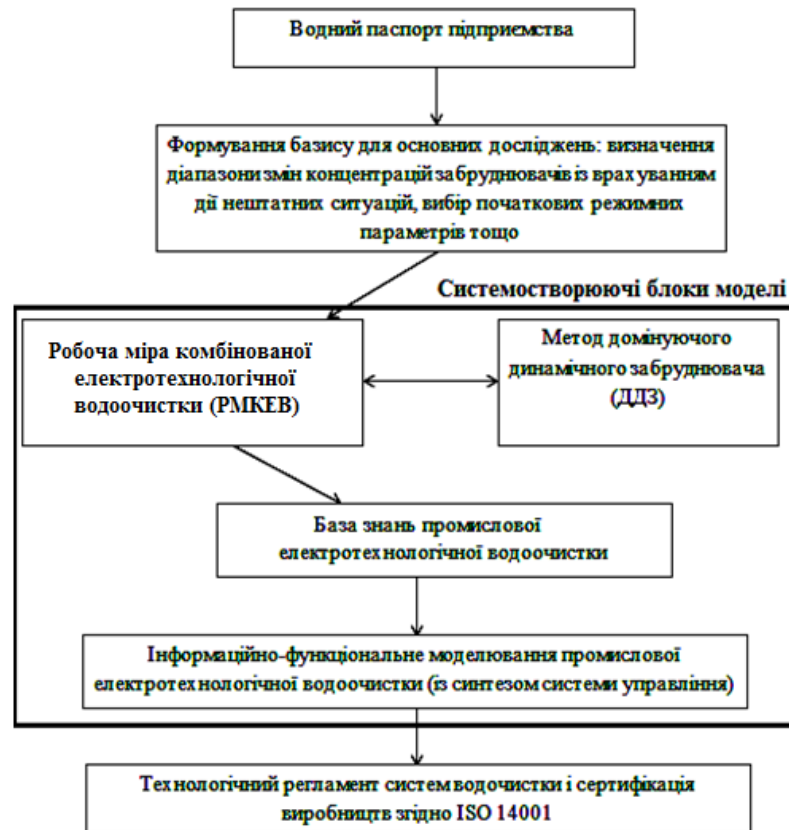


Рис. 2. Логічна модель синтезу ТР промислової електротехнологічної водоочистки на основі вимірювальної інформації із врахуванням дії нештатних ситуацій

Аналіз логічної моделі (рис. 2) вказує, що ключовим для створення ТР є розробка комплексного критерію для оцінювання ефективності функціонування електротехнологічних засобів водоочистки, як одного з найбільш ресурсовитратного процесу [4].

Згідно положень СНіП 2.04.03 – 85, технічну ефективність (Р) розраховують за формулою:

$$P = \frac{(C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}})}{C_{\text{вх}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

$C_{\text{вх}}$ – значення показника якості води, яка надходить на очистку, $C_{\text{вих}}$ – концентрація забруднювачів після очистки.

Однак, такий підхід щодо визначення ефективності враховує тільки екологічну складову. Експлуатаційні чинники, які характеризують функціонування технологічного обладнання, не враховуються. З огляду на міркування, викладені в [4], стає очевидним, що забезпечення заданого рівня очистки води може бути реалізоване з різними витратами енергоресурсів. Тільки комплексне оцінювання ефективності функціонування технологічного обладнання очистки води дозволить знайти границі ефективного використання енергоресурсів. На основі проведених теоретичних досліджень та експериментальних випробувань [2,3,4], запропонований вираз для визначення базового критерію енергоефективності:

$$EF_y = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вих} - L1_{зад}}{L1_{зад}} \cdot 100\% \right) + \dots + \left(\frac{LN_{вих} - LN_{зад}}{LN_{зад}} \cdot 100\% \right) \right] \cdot \sum_{i=1}^N Q_i}{\sum_{i=1}^N W_i}, \%/\text{кВт}, \quad (2)$$

де $L_{вих}$ – фактичне значення відповідного параметра оцінки якості водоочистки; $L_{зад}$ – задане (нормативне) значення відповідного параметра оцінки якості водоочистки; Q – час роботи обладнання, год; W – кількість електроенергії, спожитої електротехнологічним обладнанням водоочистки, кВт·год; N – кількість параметрів оцінювання якості водоочистки (як правило, відповідають кількості установок, які використовуються діяні у процесі водоочистки).

Технологічно завдання управління комбінованою системою водоочистки полягає у підтриманні значення критерію енергоефективності (2) близьким до нуля: якщо $EF_y > 0$, то очистка неякісна, якщо $EF_y < 0$ – то використання енергетичних ресурсів не ефективне.

Розроблено архітектуру системи управління із адаптивним корегуванням стратегій управління у режимі реального часу з можливістю прийняття рішень в умовах дії збурень природного та техногенного походження з урахуванням критерію енергоефективності (2). До узагальненої системи входять: локальна система управління; підсистема прийняття рішень з блоком фільтрації вхідного сигналу (підсистема прийняття рішень містить блок адаптивного формування стратегій управління у режимі реального часу на основі самоорганізованих карт Кохонена).

Система управління електротехнологічним обладнанням для водоочистки та водопідготовки складається із: підсистеми прийняття рішень 1, яка включає блок фільтрації вхідного сигналу 2, блок нейромережевого коригування концептів нечітких когнітивних карт (НKK) 3; блок прийняття рішень 4, блок адаптивного формування у режимі реального часу стратегій управління 5, блок управління 6; локальної системи управління 7, що складається з локального автоматичного управляючого пристрою 8, виконавчих елементів 9 (електролізери, насоси, вакуум-насоси, клапана, нагрівачі, компресори тощо), об'єкта управління 10 (рис. 3). У якості керуючих пристроїв для реалізації інструментального інформаційно-вимірювального комплексу комбінованої електротехнологічної водоочистки обрані мікроконтролер класу ПЛК ICP DAS i-8417 (верхній рівень), мікроконтролер ATmega128-16AU (нижній рівень) [6]. Для таких технічних засобів автоматики розроблено програмне забезпечення на мові програмування C++ з використанням бібліотеки QT в середовищі програмування Qt Creator.

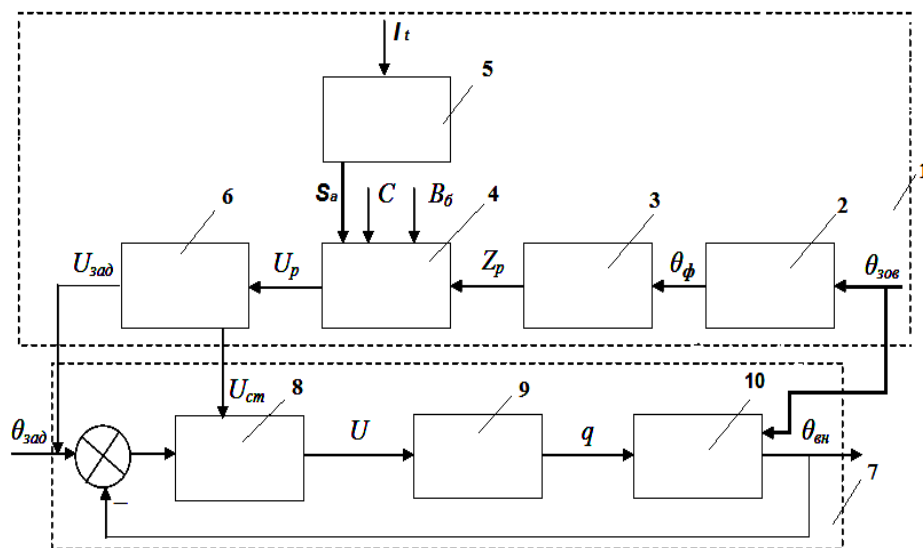


Рис. 3. Архітектура інтелектуальної системи енергоефективного управління комбінованою електротехнологічною водоочисткою: $\theta_{зов}$ – сигнал із сприймаючих елементів; θ_{ϕ} – очищені інформаційні сигнали; Z_p – збурення; B_{ϕ} – можливі варіанти дій управління і показники якості; C – дані вартості складових електротехнологічного процесу; U_p – вибір стратегії управління; U – діюча стратегія управління; I_t – інформація, яку вводять технологи-оператори; S_a – оновлений набір стратегій; $U_{зад}$ – зміна управління; $U_{ст}$ – нові образи стратегії управління; $\theta_{зад}$ – задане значення для управління; $\theta_{вн}$ – сформоване значення управління; q – вплив на засоби водоочистки

Виробнича апробація системи управління відбулась на підприємствах м'ясопереробного профілю та малої металургії. Попередньо для таких підприємств були розроблені водні паспорти та об'єктно-орієнтовані ТР.

На основі використання обладнання РМКЕВ для м'ясопереробного підприємства були виявлені добові дози забруднювачів (ДДЗ) – жири (добові витрати – $1500 \text{ м}^3/\text{добу}$ ($\pm 300 \text{ м}^3/\text{доба}$ [3])). Однак, жири відносяться до органічних забруднювачів і їх повне видалення не забезпечує очистку стоків від азоту амонійного, фосфору та хлоридів. Саме тому виникає необхідність введення ДДЗ для неорганічного забруднювача, виходячи із попередніх досліджень [1, 4]. Таким забруднювачем прийнято концентрацію хлоридів, як найскладніший для видалення.

Виникнення нештатних ситуацій у системах водоочистки в умовах м'ясопереробного підприємства обумовлюється наступними чинниками:

- понаднормовий забій (призводить до значних перевищень концентрації жирів, фосфору, азоту амонійного та підвищеної каламутності стоків);
- додаткове миття технологічного обладнання (відбувається періодично і призводить до значних перевищень концентрацій синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) та каламутності стоків);
- опорожнення ванн засолювання шкір (відбувається періодично і призводить до значних перевищень концентрацій хлоридів).

Впровадження розроблених ТР для функціонування електротехнологічної системи водоочистки, яка включає електрофлотокоагуляцію, електролізну деструкцію, сорбційну

фільтрацію, седиментацію та гідроциклонування дало змогу повністю виконати вимоги щодо гранично-допустимих концентрацій забруднювачів у стічних водах підприємства (рис. 4).

Налаштування алгоритмів управління електротехнологічним обладнанням дозволило виконати вимоги щодо забезпечення якості водоочистки при мінімальному енергоспоживанні з використанням критерію енергоефективності (2): протягом календарного місяця він мав незначні відхилення від нуля $EF_y = \pm 9,6\%$, включаючи роботу в умовах невизначеності, викликаній дією нештатних ситуацій (рис. 5).

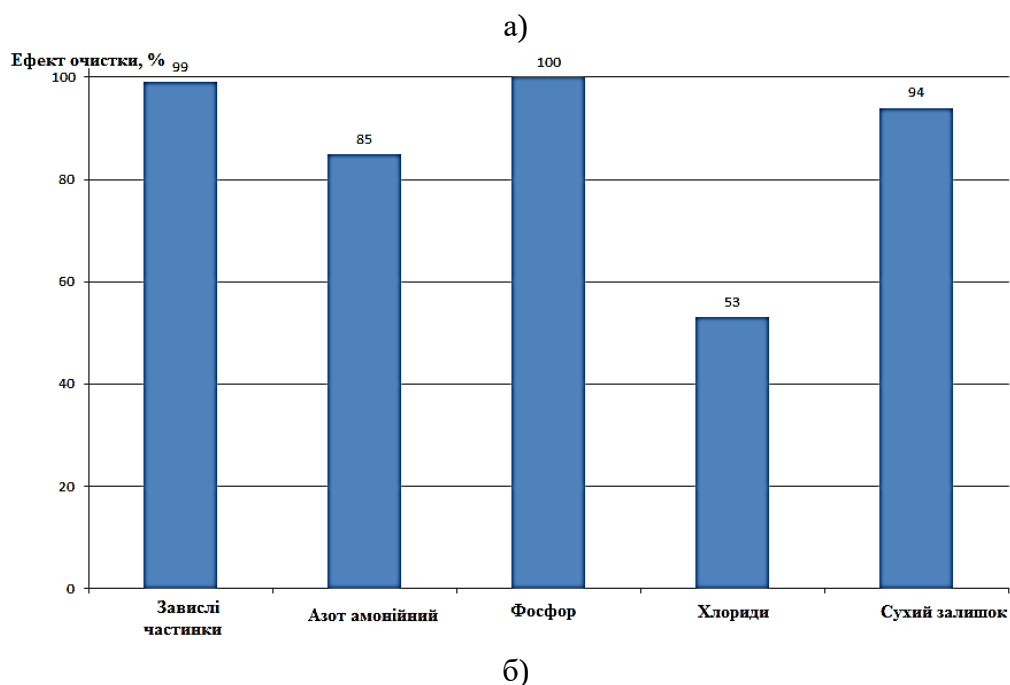


Рис. 4. Промислова електротехнологічна водоочистка на підприємстві м'ясопереробки: А – зовнішній вигляд системи водоочистки, Б – ефективність комбінованої електротехнологічної очистки стічних (на прикладі м'ясопереробного підприємства)

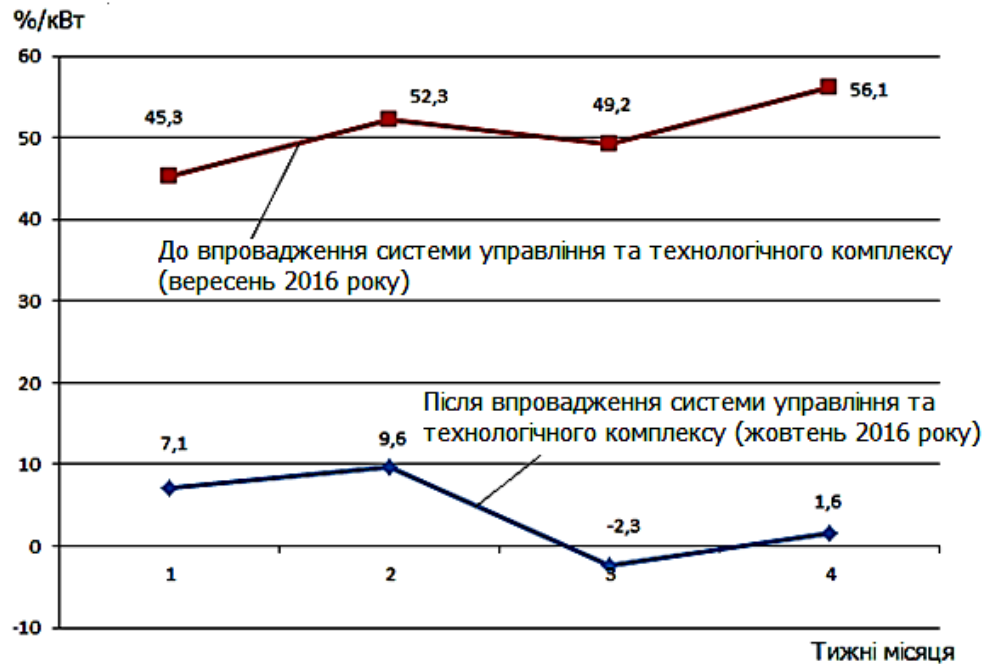
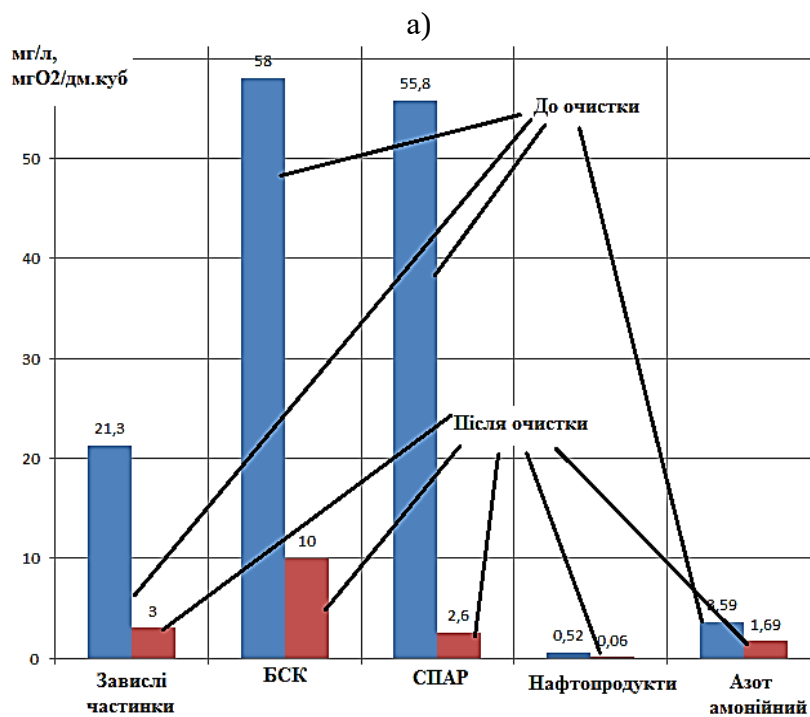
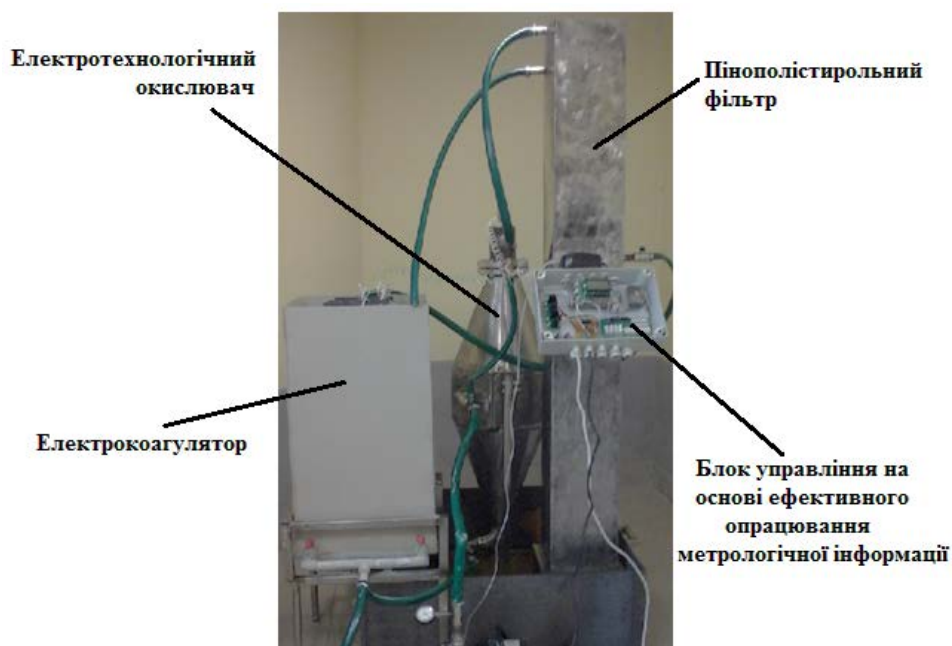


Рис. 5. Порівняння енергоефективності електротехнологічної промислової водоочистки (на прикладі м'ясопереробного підприємства)

Добові витрати стічних вод підприємства малої металургії, які потребують очистки – $18 \text{ м}^3/\text{добу}$ ($\pm 2 \text{ м}^3/\text{добу}$). На основі використання обладнання РМКЕВ виявили ДДЗ для стоків підприємства малої металургії СПАР. Експериментально встановлені умови для видалення азоту амонійного і нафтопродуктів.

Нештатні ситуації можуть бути викликані потраплянням у стічні води непередбачуваних забруднювачів. Саме тому у склад комбінованої електротехнологічної системи водоочистки включено електрокоагулятор із функцією рН-корекції лужних розчинів з подальшою нейтралізацією стоків та сорбційний фільтр, деаератор із електролізною деструкцією, гідродинамічні інтенсифікатори.

Налаштування функціонування електротехнологічного обладнання з урахуванням критерію енергоефективності дозволило виконати вимоги щодо забезпечення якості водоочистки при найменших витратах електроенергії (рис. 6). Виробничі спостереження за процесами водоочистки з визначенням рівня енерговитрат протягом календарного місяця дозволили одержати відхилення $EF_y = \pm 3,4\%$ (рис. 7).



б)

Рис. 6. Комбінована система електротехнологічної водоочистки (на прикладі підприємства малої металургії): А – зовнішній вигляд системи водоочистки,
Б – ефективність функціонування комбінованої електротехнологічної
очистки стічних вод

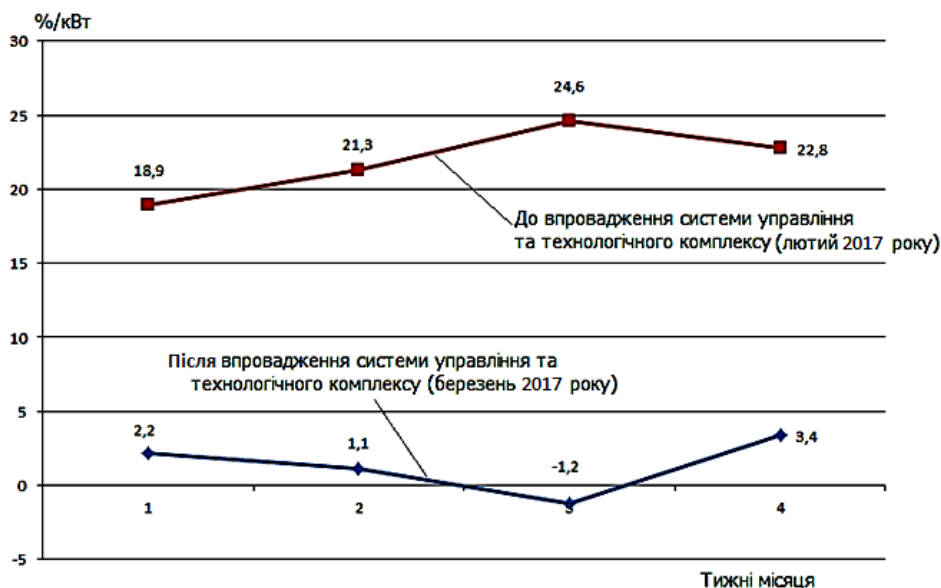


Рис. 7. Порівняння енергоефективності функціонування електротехнологічної промислової водоочистки (на прикладі підприємства малої металургії)

Аналізуючи результати виробничого впровадження промислових електротехнологічних систем водоочистки підвищеної енергоефективності на підприємствах м'ясопереробки та малої металургії, можна констатувати, що використання інтелектуального управління видаленням забруднювачів із стоків на основі синтезу алгоритмів управління та реалізації об'єктно-орієнтованих технологічних регламентів функціонування комбінованих електротехнологічних систем водоочистки дозволили виконати екологічні вимоги щодо якості водоскиду та підвищити енергоефективність. Крім того, на таких промислових об'єктах стало можливим повторне використання очищеної води у технологічних процесах (миття обладнання та полив території).

Підтверджено, що удосконалення підходів створення об'єктно-орієнтованих ТР комбінованих електротехнологічних систем водоочистки базується на використанні РМКЕВ та методі допустимих добових доз забруднювачів, системному оцінюванні об'єктів водоскиду з урахуванням водного паспорту підприємства.

Висновок. Виробниче впровадження об'єктно-орієнтованих ТР систем водоочистки на підприємствах м'ясопереробки та малої металургії дозволили виконати екологічні вимоги щодо якості очистки стічних вод з дотриманням граничних допустимих концентрацій забруднювачів та реалізувати ресурсозберігаючі схеми водоскиду з повторним використанням води у технологічних процесах. Експлуатаційні випробування електротехнологічного комплексу водоочистки на промислових об'єктах з удосконаленими алгоритмами функціонування на основі критерію енергоефективності дозволили на 15-18% знизити загальне енергоспоживання та забезпечити якість очистки багатокомпонентних стоків. Відхилення критерію енергоефективності для підприємства м'ясопереробки та малої металургії склали $\pm 9,6\%$ та $\pm 3,4\%$ відповідно.

Аналіз отриманих на промислових об'єктах результатів функціонування створених систем водоочистки показав, що використання об'єктно-орієнтованих технологічних регламентів розширяє можливості налаштування базового електротехнологічного

обладнання комбінованих систем водоочистки дозволяє суттєво зменшити негативну дію нештатних ситуацій техногенного і природного походження.

Література

1. Гончаров Ф.И. Исследование механизма накопления осадка на стенках труб в сети водоканала / Ф.И. Гончаров // Сб. научных трудов "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании" Одесса: ОНТУ - 2007, Том 20 – С.58-67.
2. Clark, N.A. The inactivation of purified coxsackie virus in water by chlorine / N.A. Clark, P.W. Kabler // Am. J. Hyg. USA. – 1954 – № 59. – P. 119–127.
3. Kuchta, J.M. Enhanced chlorine resistance in tap water-adapted *Legionella pneumophila* as compared with agar medium-passaged strains / J.M. Kuchta, S.J. States, J.E. McGlaughlin // Applied Environmental Microbiology – 1985 – Vol. 50 – P. 21–26.
4. Гончаров Ф. І. Енерго- та ресурсозберігаюча схема системи водопостачання населених пунктів / Ф.І. Гончаров, В.М. Штепа // Наукові нотатки Луцького національного технічного університету: міжвузівський збірник. – Луцьк: ЛНТУ, 2009. – № 21. – С. 49-54.
5. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2005. – 864 с.
6. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер с англ / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.
7. Штепа В. Н. Концептуальные основы энергоэффективной системы управления комбинированными системами водоочистки / В. Н. Штепа // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика: научно-технический журнал. – 2016. – № 5. – С. 479 – 487.

References

1. Гончаров Ф.И. (2007) *Issledovanie mexanizma nakopleniya osadka na stenках trub v seti vodokanala* [Investigation of the mechanism of accumulation of sediments on the water pipes in the network of water pipes] Sat scientific works "Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education" Odessa. T. 20, p.58-67. [in Russian].
2. Clark, N.A. (1954) The inactivation of purified coxsackie virus in water by chlorine. Am. J. Hyg. USA. no. 59. P. 119–127.
3. Kuchta, J.M. (1985) Enhanced chlorine resistance in tap water-adapted *Legionella pneumophila* as compared with agar medium-passaged strains. Applied Environmental Microbiology. Vol. 50. P. 21–26.
4. Goncharov F. I. (2009) *Energo- ta resursozberigayucha sxema sistemi vodopostachannya naselenix punktiv* [Energy and resource-saving scheme of the water supply system of settlements] Scientific notes of Lutsk National Technical University: Intercollegiate collection. Lutsk: no. 21. P. 49-54.
5. Lyuger Dzh.F. (2005) *Iskusstvennyj intellekt: strategii i metody resheniya slozhnykh problem* [Artificial intelligence: strategies and methods for solving complex problems] Translation - M:Williams, 864 p. [in Russian].
6. Rassel S., Norvig P. (2006) *Iskusstvennyj intellekt: sovremennyy podxod* [Artificial intelligence: a modern approach] Translation - M:Williams, 1408 p. [in Russian].
7. Shtepa V.N. (2016) *Konceptualnye osnovy energoeffektivnoj sistemy upravleniya kombinirovannymi sistemami vodoochistki* [Conceptual bases of the energy-efficient control system of combined water purification systems]. News of higher educational institutions and energy associations of the CIS. Power engineering: Scientific and Technical Journal. no. 5. P. 479 – 487. [in Russian].

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДООЧИСТКИ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

КАПЛУН В.В., ШТЕПА В.М., КОТ Р.Е.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Совершенствование подходов создания и процессов функционирования электротехнологических систем очистки сточных вод промышленных объектов в соответствии с требованиями экологической безопасности и рационального использования энергетических ресурсов.

Методика. Путем анализа современных методов водоочистки промышленных объектов предложено интеллектуальное управление удалением загрязнителей стоков на основе синтеза

алгоритмов управления и реализации объектно-ориентированных технологических регламентов функционирования комбинированных электротехнологических систем водоочистки с учетом требований экологической безопасности и уменьшения уровней энергопотребления.

Результаты. В работе обосновано и практически реализовано подходы для разработки объектно-ориентированных технологических регламентов комбинированных электротехнологических систем водоочистки промышленных объектов.

Научная новизна. Получил дальнейшее развитие метод синтеза алгоритмов управления и разработки объектно-ориентированных технологических регламентов комбинированных электротехнологических систем водоочистки промышленных объектов повышенной энергоэффективности с учетом действия нештатных ситуаций техногенного и природного происхождения.

Практическая значимость. На основе специализированного программного обеспечения разработаны алгоритмы управления электротехнологической установкой водоочистки, предложены объектно-ориентированные технологические регламенты управления функционированием комбинированными электротехнологическими системами очистки сточных вод промышленных объектов для уменьшения электропотребления.

Ключевые слова: водоочистка промышленных объектов, экологическая безопасность, объектно-ориентированные технологические регламенты, алгоритмы управления, энергоэффективность.

IMPROVEMENT OF THE PROCESSES OF THE FUNCTIONING OF SYSTEMS OF INDUSTRIAL ELECTROTECHNOLOGICAL WATER PURIFICATION BASED ON ENERGY EFFICIENCY CRITERIA

KAPLUN V.V., SHTEPA V.M., KOT R.E.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Improvement of the approaches to the creation and processes of the functioning of electrotechnological sewage treatment systems for industrial facilities in accordance with the requirements of environmental safety and rational use of energy resources.

Method. By means of the analysis of modern methods of water purification of industrial facilities, intelligent control over the removal of pollutants of effluents is proposed on the basis of the synthesis of control algorithms and the implementation of object-oriented technological regulations for the operation of combined electrotechnical water treatment systems, taking into account the requirements of ecological safety and reducing energy consumption levels.

Results. The work substantiates and practically realizes the approaches for the development of object-oriented technological regulations of combined electrotechnical water treatment systems for industrial facilities.

Originality. The method of synthesis of algorithms for control and development of object-oriented technological regulations of combined electrotechnological systems for water purification of industrial facilities with increased energy efficiency was developed, taking into account the operation of abnormal situations of technogenic and natural origin.

The practical significance. On the basis of specialized software, algorithms for managing the electrotechnological plant for water treatment have been developed, and object-oriented technological regulations for managing the operation of combined electrotechnological sewage treatment systems for industrial facilities have been developed to reduce power consumption.

Keywords: water treatment of industrial facilities, environmental safety, object-oriented technological regulations, control algorithms, energy efficiency.

УДК 687.053.64,
687.053.668

ДВОРЖАК В. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТИПОВИХ ДВОКРИВОШИПНИХ МЕХАНІЗМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

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

Методика. Використані аналітичний метод векторного перетворення координат для розрахунку типових механізмів технологічних машин та чисельний метод розв'язку диференціальних рівнянь.

Результати. Отримані математичні моделі, що описують функції положення рухомих ланок та характерних точок чотириланкового двокривошипного механізму ниткопритягача для швейної машини та динаміку його роботи. Виконано схематехнічне моделювання механізму в програмі Mathcad. Побудовані графіки залежності кутових швидкості та прискорення від часу та від кута повороту ведучого кривошипа механізму.

Наукова новизна. Запропонований алгоритм чисельно-аналітичного дослідження динаміки роботи плоского чотириланкового двокривошипного шарнірно-важільного механізму на основі чисельного розв'язку диференціального рівняння руху механізму та проведено комп'ютерне моделювання механізму ниткопритягача швейної машини в програмі Mathcad.

Практична значимість роботи полягає у використанні одержаних результатів досліджень при кінематичному та динамічному дослідженні цільових механізмів швейних машин.

Ключові слова: кінематика і динаміка механізмів, двокривошипний механізм, механізм ниткопритягача, швейна машина.

Вступ. У сучасних технологічних машинах легкої промисловості застосовуються цільові механізми, які забезпечують при умовно сталому обертальному русі ведучої ланки нерівномірний обертальний рух веденої ланки. До таких механізмів належать плоскі двокривошипні чотириланкові механізми петельника швейного напіваавтомата для пришивання фурнітури конструктивно-уніфікованого ряду КУР-1095 кл. та його модифікації [1]. Крім цього, на базі двокривошипних чотириланкових механізмів створюються цільові функціонально-адекватні механізми ниткопритягувача човникових швейних машин [2].

Грунтовне знання кінематичних та динамічних характеристик подібних механізмів дозволить спроектувати технологічну машину з раціональними параметрами, які впливають на надійність та довговічність роботи машини.

Для дослідження кінематики та динаміки шарнірно-важільних механізмів технологічних машин використовуються переважним чином аналітичні методи розрахунку, які характеризуються високою точністю результатів та можливістю автоматизації розрахунків з використанням сучасних прикладних комп'ютерних програм. Ці методи засновані на отриманні формальних математичних виразів, що описують функції положення, у вигляді функцій кутів повороту рухомих ланок або у вигляді функцій переміщення характерних точок механізму, які застосовуються і в математичних моделях для дослідження динаміки механізмів.

Недоліком існуючих аналітичних методів є складність складання та розв'язку математичних моделей відповідно до структури конкретного механізму та в більшості випадків неможливість отримання аналітичного розв'язку. Крім того, при дослідженні двокривошипних чотириланкових механізмів деякі з аналітичних методів не забезпечують

стабільності обчислення функцій положення рухомих ланок та характерних точок механізму, що не дозволяє виконати динамічний аналіз механізму.

Інструментом для дослідження кінематики та динаміки плоских двокривошипних механізмів може бути аналітичний метод векторного перетворення координат, на базі якого виконується приведення диференціального рівняння руху механізму до системи диференціальних рівнянь з початковими умовами та чисельним розв'язком задачі Коші методом Рунге-Кутти [3] з використанням прикладних комп'ютерних програм.

Постановка завдання. У теперішній час глобальної інформатизації постійно вдосконалюється прикладне програмне забезпечення, яке активно використовується для дослідження механізмів технологічних машин – це Maple, MATLAB, Mathcad, CreoParametric, SolidWorks [4]. Необхідність застосування інформаційних технологій для проектування та дослідження пояснюється вимогами до скорочення термінів проектування та дослідження функціонально-досконалих механізмів технологічних машин та підвищення ефективності праці дослідників. Тому розробка методів комп'ютерного моделювання механізмів технологічних машин та застосування для цього сучасних прикладних комп'ютерних програм є своєчасним завданням.

Завданням цього дослідження є створення математичних моделей, які описують динаміку роботи плоского двокривошипного чотириланкового механізму на прикладі механізму ниткопритягача швейної машини човникового стібка, на основі векторних рівнянь кінематики та диференціальних рівнянь динаміки методом Рунге-Кутти; створення програмного коду на основі вказаних математичних залежностей; проведення схемотехнічного моделювання механізму з побудовою графіків візуалізації та анімації в прикладній програмі Mathcad.

Результати дослідження. Для дослідження механізму введемо праву систему координат (далі ПСК) з початком в точці O (рис. 1); механізм розташуємо в площині XOY ; приймемо, що ця площина є вертикальною. Структуру механізму приймемо отриману в роботі [2]. Механізм представимо в довільному положенні з прикладеними до його ланок силами ваги G_1, G_2, G_3 у відповідних точках центрів мас ланок S_1, S_2, S_3 , прикладеним до ведучої ланки рушійним моментом M_1 та прикладеною в точці P_5 активною силою F_5 (сила корисного опору з боку голкової нитки). Механізм за класифікацією Ассура [5] є механізмом 2-го класу 2-го порядку 1-го виду з однією ведучою ланкою у вигляді механізму 1-го класу 1-го виду. Таким чином, механізм розглядається як механічна система з одним ступенем вільності ($s=1$). Узагальненою координатою механізму q_1 виступатиме кут повороту ведучого кривошипа $q_1 = \varphi_1$.

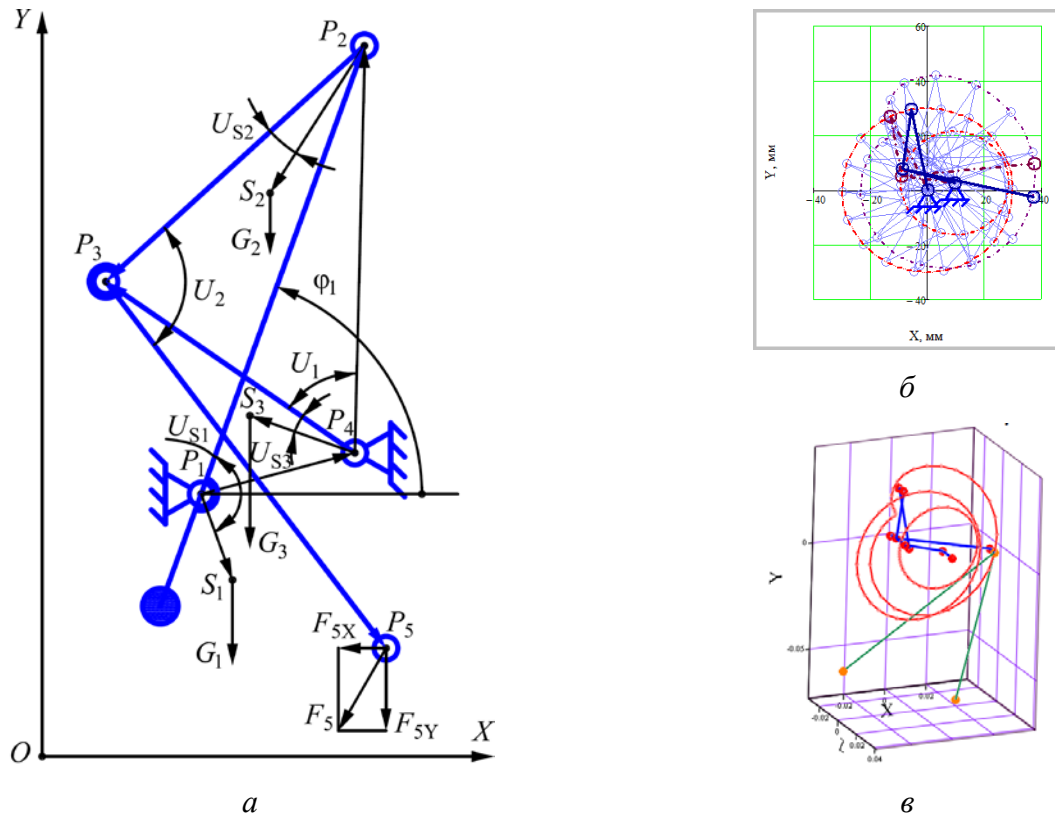


Рис. 1. Схеми двокривошипного чотириланкового механізму ниткопритягувача швейної машини: *а* – розрахункова; *б* – 2D візуалізації в Mathcad, суміщена з 24 положеннями механізму; *в* – 3D візуалізації в Mathcad, суміщена з контуром голкової нитки

Для розрахунку механізму скористаємося векторним методом перетворення координат [6, 7], який дозволяє явно виразити функції кутів повороту рухомих ланок та функції положення характерних точок механізму через узагальнену координату φ_1 .

Дослідження проводитимемо за такою послідовністю: складання математичних моделей, що описують функції положення та передаточні функції рухомих ланок та характерних точок механізму; складання виразу для визначення приведенного моменту інерції механізму J_Σ та його похідної по куту повороту ведучого кривошипа J'_Σ ; складання виразу для визначення узагальненої сили механізму Q_1 ; складання диференціального рівняння руху механізму з початковими умовами та чисельним розв'язком задачі Коші методом Рунге-Кутти; представлення результатів дослідження у вигляді схемотехнічного моделювання та візуалізації кінематичної схеми механізму в Mathcad, графіків закону руху ведучого кривошипа $\varphi_1(t)$, його кутової швидкості $\omega_1(t)$ та кутового прискорення $\varepsilon_1(t)$.

За методом векторного перетворення координат визначимо радіус-вектори характерних точок механізму – центрів кінематичних пар ланок P_2, P_3, P_5 та центрів мас ланок S_1, S_2, S_3 в проекціях на осі ПСК залежно від кута повороту ведучого кривошипа φ_1 . Заданими є такі параметри: довжини ланок $l_{i,j}$, координати стояків $P_1 := (P_{1X} \ P_{1Y} \ 0)^T$, $P_4 := (P_{4X} \ P_{4Y} \ 0)^T$, відстані до центрів мас ланок l_{i,S_j} , кути, що визначають положення центрів мас ланок U_{Si} , та кут нахилу важеля ниткопритягувача до лінії шатуна U_2 .

$$P_{2X}(\varphi_1) := P_{1X} + l_{1-2} \cdot \cos(\varphi_1); \quad P_{2Y}(\varphi_1) := P_{1Y} + l_{1-2} \cdot \sin(\varphi_1); \quad (1)$$

$$P_{4_2X}(\varphi_1) := P_{2X}(\varphi_1) - P_{4X}; \quad P_{4_2Y}(\varphi_1) := P_{2Y}(\varphi_1) - P_{4Y}. \quad (2)$$

Визначаємо змінну довжину вектора P_{4_2} :

$$l_{4_2}(\varphi_1) := \sqrt{(P_{4_2X}(\varphi_1))^2 + (P_{4_2Y}(\varphi_1))^2}. \quad (3)$$

Визначаємо змінний кут U_1 між векторами P_{4_2} та P_{2_3} :

$$U_1(\varphi_1) := \arccos \left(\frac{(l_{4_2}(\varphi_1))^2 + l_{4_3}^2 - l_{2_3}^2}{2 \cdot l_{4_2}(\varphi_1) \cdot l_{4_3}} \right). \quad (4)$$

$$P_{3X}(\varphi_1) := P_{4X} + [P_{4_2X}(\varphi_1) \cdot \cos(W_1 \cdot U_1(\varphi_1)) - P_{4_2Y}(\varphi_1) \cdot \sin(W_1 \cdot U_1(\varphi_1))] \cdot \frac{l_{4_3}}{l_{4_2}(\varphi_1)}; \quad (5)$$

$$P_{3Y}(\varphi_1) := P_{4Y} + [P_{4_2X}(\varphi_1) \cdot \sin(W_1 \cdot U_1(\varphi_1)) + P_{4_2Y}(\varphi_1) \cdot \cos(W_1 \cdot U_1(\varphi_1))] \cdot \frac{l_{4_3}}{l_{4_2}(\varphi_1)}. \quad (6)$$

У виразах (5) та (6) параметр W_1 визначає варіант складання механізму (прийmemo, що при обході діади з точки P_2 послідовно через точки P_3 та P_4 знову до точки P_2 за годинниковою стрілкою $W_1 = 1$, проти – $W_1 = -1$).

$$P_{2_3X}(\varphi_1) := P_{3X}(\varphi_1) - P_{2X}(\varphi_1); \quad P_{2_3Y}(\varphi_1) := P_{3Y}(\varphi_1) - P_{2Y}(\varphi_1); \quad (7)$$

$$P_{5X}(\varphi_1) := P_{3X}(\varphi_1) + [-P_{2_3X}(\varphi_1) \cdot \cos(U_2) + P_{2_3Y}(\varphi_1) \cdot \sin(U_2)] \cdot \frac{l_{3_5}}{l_{2_3}}; \quad (8)$$

$$P_{5Y}(\varphi_1) := P_{3Y}(\varphi_1) + [-P_{2_3X}(\varphi_1) \cdot \sin(U_2) - P_{2_3Y}(\varphi_1) \cdot \cos(U_2)] \cdot \frac{l_{3_5}}{l_{2_3}}; \quad (9)$$

$$S_{1X}(\varphi_1) := P_{1X} + l_{1_S1} \cdot \cos(\varphi_1); \quad S_{1Y}(\varphi_1) := P_{1Y} + l_{1_S1} \cdot \sin(\varphi_1); \quad (10)$$

$$S_{2X}(\varphi_1) := P_{2X}(\varphi_1) + [P_{2_3X}(\varphi_1) \cdot \cos(U_{S2}) - P_{2_3Y}(\varphi_1) \cdot \sin(U_{S2})] \cdot \frac{l_{2_S2}}{l_{2_3}}; \quad (11)$$

$$S_{2Y}(\varphi_1) := P_{2Y}(\varphi_1) + [P_{2_3X}(\varphi_1) \cdot \sin(U_{S2}) + P_{2_3Y}(\varphi_1) \cdot \cos(U_{S2})] \cdot \frac{l_{2_S2}}{l_{2_3}}; \quad (12)$$

$$S_{3X}(\varphi_1) := P_{4X} + [P_{4_3X}(\varphi_1) \cdot \cos(U_{S3}) - P_{4_3Y}(\varphi_1) \cdot \sin(U_{S3})] \cdot \frac{l_{4_S3}}{l_{4_3}}; \quad (13)$$

$$S_{3Y}(\varphi_1) := P_{4Y} + [P_{4_3X}(\varphi_1) \cdot \sin(U_{S3}) + P_{4_3Y}(\varphi_1) \cdot \cos(U_{S3})] \cdot \frac{l_{4_S3}}{l_{4_3}}. \quad (14)$$

Диференціальне рівняння руху механізму з одним ступенем вільності запишемо у формі рівняння Лагранжа II роду [5]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_1} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_1} = Q_1; \quad q_1 = \varphi_1. \quad (15)$$

Кінетична енергія T механізму у випадку використання ведучого кривошипа в якості ланки приведення записується у вигляді [5]:

$$T = \frac{1}{2} \cdot J_{\Sigma} \cdot \dot{\varphi}_1^2; \quad (16)$$

де J_{Σ} – приведений момент інерції механізму; $\dot{\varphi}_1$ – кутова швидкість ланки

приведення; Q_1 – узагальнена сила механізму.

Тоді з урахуванням виразу (16), вираз (15) представляється у вигляді [5, 8]:

$$J_{\Sigma} \cdot \ddot{\varphi}_1 + \frac{1}{2} \cdot J'_{\Sigma} \cdot \dot{\varphi}_1^2 = Q_1. \quad (17)$$

Приведений момент інерції механізму J_{Σ} визначається за виразом [5, 8]:

$$J_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \left[J_{S_i} \cdot (\varphi'_i)^2 + m_i \cdot (S'_i)^2 \right]; \quad (18)$$

де J_{S_i} – моменти інерції ланок відносно осей, які походять через точки центрів мас ланок перпендикулярно до площини їхнього руху; m_i – маси ланок; $|\varphi'_i|$ та $|S'_i|$ модулі векторів перших передаточних функцій, які визначаються як похідні від функцій кутів положення ланок φ_i та функцій радіус-векторів точок центрів мас ланок S_i по куту φ_1 ; прийемо, якщо в позначенні імені функції використовується штрих у верхньому індексі, то це означатиме диференціювання по куту φ_1 , якщо крапка над іменем функції – диференціювання по часу t , тобто:

$$\varphi'_i = \frac{d\varphi_i}{d\varphi_1}; \quad S'_i = \frac{dS_i}{d\varphi_1}; \quad \dot{\varphi}_1 = \frac{d\varphi_1}{dt}; \quad \dot{\varphi}_1 = \frac{d\dot{\varphi}_1}{dt}; \quad J'_{\Sigma} = \frac{dJ_{\Sigma}}{d\varphi_1}. \quad (19)$$

Для механізму, що досліджується, запишемо вираз приведенного моменту інерції згідно з виразом (18) та з урахуванням позначень (19):

$$J_{\Sigma}(\varphi_1) := \left[J_{S1} + m_1 \cdot (S'_1(\varphi_1))^2 \right] + \left[J_{S2} \cdot (\varphi'_{2-3Z}(\varphi_1))^2 + m_2 \cdot (S'_2(\varphi_1))^2 \right] + \dots \\ \dots + \left[J_{S3} \cdot (\varphi'_{4-3Z}(\varphi_1))^2 + m_3 \cdot (S'_3(\varphi_1))^2 \right] \quad (20)$$

Для визначення узагальненої сили механізму Q_1 будемо користуватися виразом [8]:

$$Q_1 = \sum_{j=1}^f (F_j \cdot P'_j) + \sum_{k=1}^m (M_k \cdot \varphi'_k); \quad (21)$$

де F_j – вектори сил, що діють на ланки механізму; P'_j – вектори перших передаточних функцій радіус-векторів точок прикладання сил; M_k – вектори моментів, що діють на ланки механізму; φ'_k – вектори перших передаточних функцій кутів повороту ланок механізму.

Для механізму, що досліджується, запишемо вираз узагальненої сили згідно з виразом (21):

$$Q_1(\varphi_1) := G_{1Y} \cdot S'_{1Y}(\varphi_1) + G_{2Y} \cdot S'_{2Y}(\varphi_1) + G_{3Y} \cdot S'_{3Y}(\varphi_1) + \dots; \\ \dots + F_{5X}(\varphi_1) \cdot P'_{5X}(\varphi_1) + F_{5Y}(\varphi_1) \cdot P'_{5Y}(\varphi_1) + M_{1Z} \quad (22)$$

Для визначення похідних від функцій по куту φ_1 у виразах (20) та (22) в Mathcad будемо користуватися функцією користувача для чисельного диференціювання:

$$r'(r, \varphi_1, \Delta) := \frac{r(\varphi_1 + \Delta) - r(\varphi_1)}{\Delta}; \quad (23)$$

де r – будь-яка вектор-функція; Δ – заданий приріст аргументу вектор-функції r , наприклад $\Delta = 10^{-6}$ рад.

Вектор перших передаточних функцій кутів повороту ланок по куту φ_1 визначатимемо в Mathcad з використанням функції користувача (24):

$$\varphi'(r, r') := \frac{r \times r'}{|r|^2}. \quad (24)$$

З використанням виразів (23) та (24) визначаємо складові виразу для розрахунку узагальненої сили (22):

$$P_{4_3X}(\varphi_1) := P_{3X}(\varphi_1) - P_{4X}; \quad P_{4_3Y}(\varphi_1) := P_{3Y}(\varphi_1) - P_{4Y} \quad (25)$$

$$\varphi'_{2_3Z}(\varphi_1) := \frac{1}{l_{2_3}^2} \cdot [P_{2_3X}(\varphi_1) \cdot r'(P_{2_3Y}, \varphi_1, \Delta) - P_{2_3Y}(\varphi_1) \cdot r'(P_{2_3X}, \varphi_1, \Delta)]; \quad (26)$$

$$\varphi'_{4_3Z}(\varphi_1) := \frac{1}{l_{4_3}^2} \cdot [P_{4_3X}(\varphi_1) \cdot r'(P_{4_3Y}, \varphi_1, \Delta) - P_{4_3Y}(\varphi_1) \cdot r'(P_{4_3X}, \varphi_1, \Delta)]; \quad (27)$$

$$S'_{1X}(\varphi_1) := r'(S_{1X}, \varphi_1, \Delta); \quad S'_{1Y}(\varphi_1) := r'(S_{1Y}, \varphi_1, \Delta); \quad S'_1(\varphi_1) := \sqrt{S'_{1X}(\varphi_1)^2 + S'_{1Y}(\varphi_1)^2}; \quad (28)$$

$$S'_{2X}(\varphi_1) := r'(S_{2X}, \varphi_1, \Delta); \quad S'_{2Y}(\varphi_1) := r'(S_{2Y}, \varphi_1, \Delta); \quad S'_2(\varphi_1) := \sqrt{S'_{2X}(\varphi_1)^2 + S'_{2Y}(\varphi_1)^2}; \quad (29)$$

$$S'_{3X}(\varphi_1) := r'(S_{3X}, \varphi_1, \Delta); \quad S'_{3Y}(\varphi_1) := r'(S_{3Y}, \varphi_1, \Delta); \quad S'_3(\varphi_1) := \sqrt{S'_{3X}(\varphi_1)^2 + S'_{3Y}(\varphi_1)^2}; \quad (30)$$

$$P'_{5X}(\varphi_1) := r'(P_{5X}, \varphi_1, \Delta); \quad P'_{5Y}(\varphi_1) := r'(P_{5Y}, \varphi_1, \Delta); \quad (31)$$

Також, використовуючи функцію користувача (23), визначимо похідну по узагальненій координаті φ_1 від приведенного моменту інерції J'_Σ :

$$J'_\Sigma(\varphi_1) := r'(J_\Sigma, \varphi_1, \Delta). \quad (32)$$

Для врахування дисипативної складової до рівняння (17) введемо доданок, який враховує вплив непружних сил на механічну систему (наприклад, моменту сил тертя в кінематичних парах, коли саме тертя наближене до рідинного) та дорівнює добутку коефіцієнта дисипації b на кутову швидкість ланки приведення $\dot{\varphi}_1$ [9]:

$$J_\Sigma \cdot \ddot{\varphi}_1 + \frac{1}{2} \cdot J'_\Sigma \cdot \dot{\varphi}_1^2 + b \cdot \dot{\varphi}_1 = Q_1. \quad (33)$$

Для розв'язку в Mathcad диференціального рівняння другого порядку (33) скористаємося чисельним методом Рунге-Кутти [10], застосовуючи вбудовану до Mathcad функцію «rkfixed» [10]. Для цього понизимо порядок диференціального рівняння (33), виконавши заміну параметрів відповідно до виразів (34), і з використанням нових параметрів запишемо систему з двох диференціальних рівнянь першого порядку (35):

$$Y_1 = \varphi_1; \quad Y_2 = \dot{\varphi}_1; \quad (34)$$

$$\begin{cases} \dot{Y}_1 = Y_2 \\ J_\Sigma \cdot \dot{Y}_2 + \frac{1}{2} \cdot J'_\Sigma \cdot Y_2^2 + b \cdot Y_2 = Q_1 \end{cases}; \quad (35)$$

З урахуванням семантики Mathcad функція «rkfixed» вимагає введення аргументів, якими виступають: вектор початкових значень параметрів системи диференціальних рівнянь I , а саме кута $\varphi_1 = f_0$ та його похідної по часу $\dot{\varphi}_1 = df_0$ (36); початкові та кінцеві значення інтервалу розрахунку відповідно t_0 та $t_{\max}$; кількість кроків розрахунку $n_{\max}$ (38); вектор $D(t, Y)$ перших похідних $\dot{Y}_1$ та $\dot{Y}_2$ (37). Значення початкового кута f_0 вибиралося таким

чином, щоб воно відповідало положенню «рівноваги» механізму, тобто такому положенню, коли на рухомі ланки механізму діяли б тільки сили ваги G_1 , G_2 , G_3 , прикладені у відповідних точках центрів мас ланок S_1 , S_2 , S_3 .

Запишемо обчислювальний блок в Mathcad для розв'язку диференціального рівняння руху (33):

$$I := \begin{pmatrix} f_0 \\ df_0 \end{pmatrix}; \quad (36)$$

$$D(t, Y) := \begin{pmatrix} Y_2 \\ \frac{1}{J_\Sigma(Y_1)} \cdot \left[Q_1(Y_1) - \left(\frac{1}{2} \cdot J'_\Sigma(Y_1) \cdot Y_2^2 + b \cdot Y_2 \right) \right] \end{pmatrix}; \quad (37)$$

$$t_0 := 0; \quad t_{\max} := 1; \quad n_{\max} := 10^3; \quad (38)$$

$$B := \text{rkfixed}(I, t_0, t_{\max}, n_{\max}, D). \quad (39)$$

Результатом обчислення функції B у Mathcad за виразом (39) є таблиця (рис. 2), першим стовпчиком якої є значення часу t , другим – кут $\varphi_1(t)$, третім – кутова швидкість $\omega_1(t)$:

	1	2	3
1	0	2.985	0
2	$5 \cdot 10^{-4}$	2.986	5.378
3	$1 \cdot 10^{-3}$	2.99	10.724
4	$1.5 \cdot 10^{-3}$	2.997	16.006
5	$2 \cdot 10^{-3}$	3.006	21.193
6	$2.5 \cdot 10^{-3}$	3.018	26.254
7	$3 \cdot 10^{-3}$	3.032	31.156
8	$3.5 \cdot 10^{-3}$	3.049	35.868
9	$4 \cdot 10^{-3}$	3.068	40.361
10	$4.5 \cdot 10^{-3}$	3.089	44.603
11	$5 \cdot 10^{-3}$	3.112	48.566
12	$5.5 \cdot 10^{-3}$	3.138	52.226
13	$6 \cdot 10^{-3}$	3.165	55.556
14	$6.5 \cdot 10^{-3}$	3.193	58.536
15	$7 \cdot 10^{-3}$	3.223	61.147
16	$7.5 \cdot 10^{-3}$	3.254	...

Рис. 2. Таблиця результатів обчислення в Mathcad функції B за виразом (39)

Для визначення кутового прискорення $\varepsilon_1(t)$ та представлення результатів дослідження у вигляді графіків введемо в розгляд дискретну змінну i , початкове значення якої дорівнюватиме одиниці, а кінцеве значення – номеру останнього рядка таблиці результатів B .

$$i := 1..rows(B). \quad (40)$$

За допомогою дискретної змінної i сформуємо в Mathcad таблиці значень часу t_i , кута f_{1i} , кутової швидкості ω_{1i} :

$$t_i := \left(B^{(1)} \right)_i; \quad f_{1i} := \left(B^{(2)} \right)_i; \quad \omega_{1i} := \left(B^{(3)} \right)_i. \quad (41)$$

З рівняння (33) з використанням виразів (41) визначаємо кутове прискорення ε_{1i} :

$$\varepsilon_{1i} := \frac{1}{J_{\Sigma}(f_{1i})} \cdot \left[Q_1(f_{1i}) - \left(\frac{1}{2} \cdot J'_{\Sigma}(f_{1i}) \cdot (\omega_{1i})^2 + b \cdot \omega_{1i} \right) \right]. \quad (42)$$

Аналізуючи отримані результати, представлені на рис. 3 та рис. 4, можна зробити висновок про характер зміни амплітуди кутової швидкості ведучого кривошипа та градієнта його кутового прискорення при заданих (синтезованих) розмірах та маса-інерційних параметрах ланок механізму, що досліджується, а отже, і про нерівномірність усталеного руху механізму. Для дослідження були прийняті такі геометричні параметри механізму (в мм): координати стояків $P_1 := (0 \ 0 \ 0)^T$; $P_4 := (9,66 \ 2,59 \ 0)^T$; довжини ланок (в мм): $l_{1_2} := 30$; $l_{2_3} := 22$; $l_{4_3} := 19$; $l_{3_5} := 47$; відстані до центрів мас (в мм): $l_{1_S1} := 5$; $l_{2_S2} := 5$; $l_{4_S3} := 15$; кутові параметри (в град.): $U_2 := -95$; $U_{S1} := 180$; $U_{S2} := -30$; $U_{S3} := 0$; моменти інерції ланок (в кг·м²): $J_{S1} := 35 \times 10^{-6}$; $J_{S2} := 25 \times 10^{-6}$; $J_{S3} := 8,5 \times 10^{-6}$; маси ланок (в г): $m_1 := 10$; $m_2 := 6,5$; $m_3 := 8,5$; рушійний момент (в Н·м): $M_1 := 0,05$; коефіцієнт опору (в Н·м·с): $b := 10 \times 10^{-6}$; початковий кут кривошипа (в град.): $\varphi_0 := 101$.

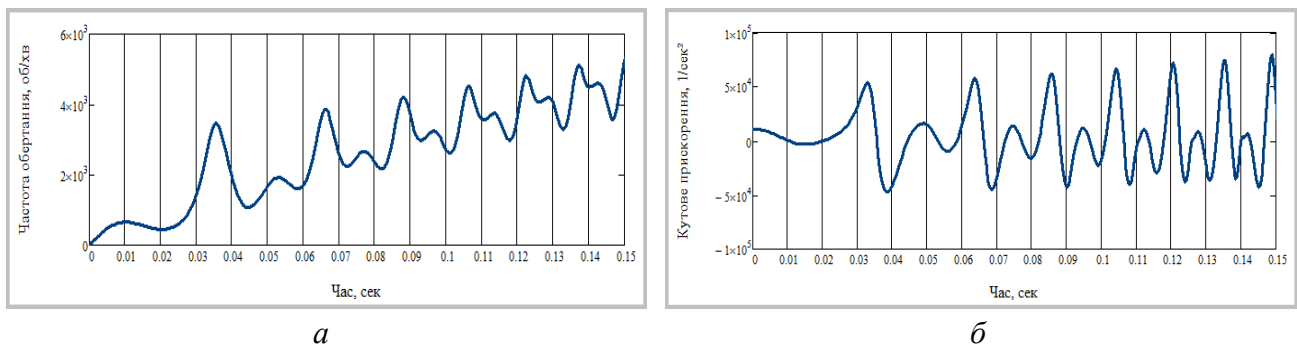


Рис. 3. Графіки залежності від часу t : а – частоти обертання кривошипа $n_1 = \omega_{1i} \cdot 30 / \pi$; б – кутового прискорення ε_{1i}

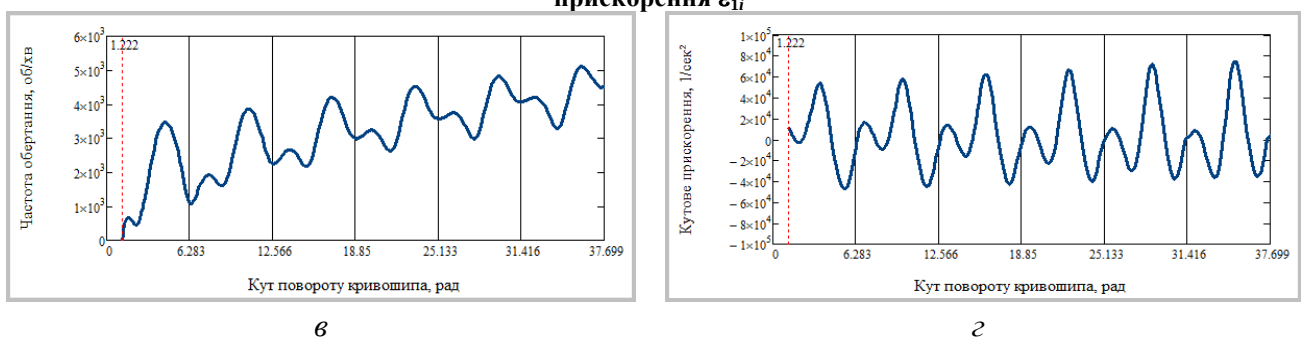


Рис. 4. Графіки залежності від кута повороту f_1 : в – частоти обертання кривошипа $n_1 = \omega_{1i} \cdot 30 / \pi$; г – кутового прискорення ε_{1i}

Зміною конструктивних та масових параметрів механізму можна досягти зменшення нерівномірності усталеного руху механізму. Подальші дослідження будуть спрямовані на отримання раціональної конструкції чотириланкового двокривошипного механізму ниткопритягача з використанням отриманих динамічних моделей в програмі Matcad.

Висновки. Отримані математичні вирази за методом векторного перетворення

координат, що в явному вигляді виражають функції кутів повороту рухомих ланок та функції положення характерних точок чотириланкового двокривошипного механізму ниткопритягача через узагальнену координату φ_1 . Для вказаного механізму складено диференціальне рівняння руху, розв'язок якого виконаний чисельним методом Рунге-Кутти із застосуванням програми Mathcad. Побудовані графіки залежності частоти обертання кривошипа від часу $n_1(t)$ та від кута повороту $n_1(\varphi_1)$, графіки залежності кутового прискорення кривошипа від часу $\varepsilon_1(t)$ та від кута повороту $\varepsilon_1(\varphi_1)$, за допомогою яких можна зробити висновок про характер зміни амплітуд кутових швидкості та прискорення ведучого кривошипа та дослідити нерівномірність усталеного руху механізму при синтезованих геометричних та прийнятих конструктивних параметрах механізму. Результати можуть бути використані для дослідження кінематики та динаміки подібних механізмів із застосуванням методу векторного перетворення координат із застосуванням програми Mathcad.

Результати досліджень впроваджені в навчальні дисципліни «Схемотехнічне проектування машин» та «Розрахунок та конструювання типових машин» кафедри прикладної механіки та машин КНУТД.

Література

1. Франц В. Я. Оборудование швейного производства / В. Я. Франц – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 448 с.
2. Семин А. Г. Двухкривошипный четырехзвенный нитепритягиватель швейной машины / А. Г. Семин, Д. В. Корнеев, А. Г. Кириллов, Н. И. Михеева // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2013. – № 5. – С. 33-37.
3. Иванов А. Б. Метод расчета рычажных механизмов: [Электронный ресурс] / Иванов А. Б., Селицкий Ф. И. Режим доступа: <http://old.exponenta.ru/educat/systemat/selitskiy-ivanov/index.asp>
4. Кіницький Я. Т. Аналітичне дослідження кінематики механізмів III класу з використанням системи Mathcad / Я. Т. Кіницький, М. В. Марченко, В. О. Харжевський // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 6. – С. 7-10.
5. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
6. Орловський Б. В. Метричний синтез оберненого кулісного механізму ниткопритягача швейної машини. Повідомлення 1 [електронний ресурс] / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, Є. С. Радченко // Технології та дизайн. – 2011. – № 1. – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2011_1/2011-1.html.

References

1. Frants, V. Ya. (2010). *Oborudovanie shveyного proizvodstva. [Sewing production equipment]*. Moscow: Akademiya [in Russian].
2. Semin, A. G., Korneenko, D. V., Kirillov, A. G. & Miheeva, N. I. (2013). *Dvuhkrivoshipnyi chetyrehzvennyi niteprityagivatel shveyной mashinyi. [Two-cranked four-part sewing machine thread take-up machine]*. Kyiv: KNUTD, 5, 33-37 [in Russian].
3. Ivanov, A. B., Selitskiy, F. I. (2013). *Metod rascheta ryichazhnyih mehanizmov. [Method of calculating linkage mechanisms]*. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Patp_2013_1_7 [in Russian].
4. Kinytsky, Ya. T., Marchenko, M. V. & Kharzhevskyy, V. O. (2013). *Analitichne doslidzhennya kinematyky mekhanizmiv III klasu z vykorystanniam systemy Mathcad. [Analytical study of kinematics of mechanisms of the III class using the system Mathcad]*. Khmelnytsky: KhNU. Tekhnichni nauky, 6, 7-10 [in Ukrainian].
5. Artobolevskiy, I. I. (1988). *Teoriya mehanizmov i mashin [Theory of mechanisms and machines]*. Moscow: Nauka [in Russian].
6. Orlovskyy, B. V., Dvorzhak, V. M. & Radchenko, Ye. S. (2011). *Metrichnyy syntezy obrnenoho kulisnoho mekhanizmu nytkoprytyahuvacha shveyной mashyny. Povidomlennya 1 [Metric synthesis is wrapped in a wedge-shaped manner to the mechanism of the sewing machine. Priority 1]*. Kyiv: Tekhnolohiyi ta dyzayn, 1. Retrieved from: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2011_1/2011-1.html.

7. Орловський Б. В. Метричний синтез оберненого кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини. Повідомлення 2 [електронний ресурс] / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, Є. С. Радченко // Технології та дизайн. – 2012. – № 1. – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2012_1/2012-1.html
8. Sherban V. Yu. Software components of the system for the kinematic and dynamic analysis of machines for sewing, textile and shoe industries / V. Yu. Sherban // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, 15 червня 2017 р. – Київ : КНУТД, 2017. – С. 28-29.
9. Левитский Н. И. Теория механизмов и машин / Н. И. Левитский – М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 576 с.
10. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD. / Е. Г. Макаров – СПб. : Питер, 2005. – 448 с. – ISBN 5-94723-530-7.
11. Владимир Дворжак. (2017). Двухкривошипный четырехзвенный механизм [відеокліп] / YouTube. 18 червня (https://youtu.be/RNd_rQ5bk8A).
- journals/td/2011_1/2011-1.html [in Ukrainian].
7. Orlovskyy, B. V., Dvorzhak, V. M. & Radchenko, Ye. S. (2011). *Metrichnyy syntez obrnenoho kulisnoho mekhanizmu nytkoprytyahuvacha shveyanoi mashyny. Povidomlennya 2* [Metric synthesis is wrapped in a wedge-shaped manner to the mechanism of the sewing machine. Priority 2]. Kyiv: Tekhnolohiyi ta dyzayn, 1. Retrieved from: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2012_1/2012-1.html [in Ukrainian].
8. Sherban, V. Yu. (2017). *Software components of the system for the kinematic and dynamic analysis of machines for sewing, textile and shoe industries. Abstracts of the International Scientific and Practical Conference* (June 15, 2017, pp. 28-29). Kyiv: KNUTD.
9. Levitskij, N. I. (1979). *Teorija mehanizmov i mashin* [Theory mechanisms and machines]. Moscow: Nauka [in Russian].
10. Makarov, E. G. (2005). *Inzhenernye raschety v MathCAD*. [Engineering calculations in MathCAD]. St. Petersburg: Piter [in Russian].
11. Vladimir Dvorzhak. (2015). *Two-cranked four-link mechanism* [video] / YouTube. June 18 (https://youtu.be/RNd_rQ5bk8A).

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТИПОВЫХ ДВУХКРИВОШИПНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ДВОРЖАК В. М.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

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

Методика. Использованы аналитический метод векторного преобразования координат для расчета типовых механизмов технологических машин и численный метод решения дифференциальных уравнений.

Результаты. Получены математические модели, описывающие функции положения подвижных звеньев и характерных точек четырехзвенного двухкривошипного механизма нитепритягивателя для швейной машины и динамику его работы. Выполнено схематическое моделирование механизма в программе Mathcad. Построены графики зависимости угловых скорости и ускорения от времени и от угла поворота ведущего кривошипа механизма.

Научная новизна. Предложен алгоритм численно-аналитического исследования динамики работы плоского четырехзвенного двухкривошипного шарнирно-рычажного механизма на основе численного решения дифференциального уравнения движения механизма и проведено компьютерное моделирование механизма нитепритягивателя швейной машины в программе Mathcad.

Практическая значимость работы заключается в использовании полученных результатов исследований при кинематическом и динамическом исследовании целевых механизмов швейных машин.

Ключевые слова: кинематика и динамика механизмов, двухкривошипный механизм, механизм нитепритягивателя, швейная машина.

**ANALYTICAL RESEARCH OF THE DYNAMICS OF TYPICAL TWO-CRANK
MECHANISMS OF TECHNOLOGICAL MACHINES OF LIGHT INDUSTRY****DVORZHAK V. M.***Kyiv National University of Technologies and Design*

Purpose. Improving methods of designing technological machines mechanisms of light industry in CAD-programs.

Methodology. The analytical method of vector transformation of coordinates for calculation of typical mechanisms of technological machines and a numerical method for solving differential equations are used.

Findings. Mathematical models are obtained that describe the functions of the position of the moving links and the characteristic points of the four-link two-crank mechanism of the thread take-up mechanism for the sewing machine and the dynamics of its operation. Schematic modeling of the mechanism in the Mathcad program was performed. The graphs of the dependence of the angular velocity and acceleration on time and on the angle of rotation of the leading crank of the mechanism are constructed.

Originality. An algorithm for numerical and analytical study of the dynamics of the flat four-link two-link articulated mechanism on the basis of the numerical solution of the differential equation of motion of the mechanism is proposed, and a computer simulation of the sewing machine thread take-up mechanism in the Mathcad program is carried out.

Practical Value is to use the results of research in kinematic and dynamic study of the target sewing machine mechanisms.

Keywords: kinematics and dynamics of mechanisms, two-crank mechanism, thread take-up mechanism, sewing machine.

УДК 621.9

ПАНАСЮК І.В., ЗАЛЮБОВСЬКИЙ М.Г.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФІНІШНОЇ
ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ В ОБЕРТОВИХ ЄМКОСТЯХ**

Мета. Розробити енергоефективні машини зі складним рухом робочих ємкостей для фінішної обробки деталей та отримати залежності для визначення потужності, що ними споживається.

Методика. Розробка й дослідження конструктивних та кінематичних параметрів машини виконувалася з використанням системи автоматизованого проектування SolidWorks 2012, експериментальні дослідження проводилися на спеціально розробленій експериментальній установці зі складним просторовим рухом робочої ємкості.

Результати. Розроблено конструкції машин зі складним просторовим рухом робочих ємкостей, які забезпечують високопродуктивну фінішну обробку деталей в масі. Проведено аналітичне дослідження потужності, що споживається на ведучому валу машини зі складним просторовим рухом робочих ємкостей. Отримано рівняння, що дозволяє розраховувати максимальне значення потужності, що споживається на ведучому валу машини. Показано, що запропоновані устаткування і методи обробки більш енергоефективні (в 2 – 3 рази) ніж традиційні.

Наукова новизна. Встановлено взаємозв'язок між кутовою швидкістю ведучого валу, розмірами робочої ємкості, масою ланок машини та робочого середовища завантаженого до ємкості та потужністю, що споживається на ведучому валу машини для обробки деталей в масі.

Практична значимість. Отримано рівняння, що дозволяє розраховувати максимальне значення потужності, що споживається на ведучому валу машини, а також розроблено нові конструкції машин зі складним просторовим рухом в яких застосовуються приводи, що дозволяють реалізувати необхідний закон зміни кутової швидкості.

Ключові слова: потужність, що споживається, робоча ємкість, енергоефективність.

Вступ. При виготовленні дрібних типових деталей легкої промисловості, в яких якість поверхні можна оцінити органолептичним методом, застосовують обробку технологічним середовищем в робочих ємкостях, що виконують переміщення з різним характером руху. Підвищення продуктивності та одночасне зменшення енерговитрат при виготовленні таких деталей значною мірою залежить від скорочення часу підготовчих та фінішних оздоблювально-зачищувальних операцій. На ці операції витрачається до 80% технологічного часу.

Постановка проблеми. У легкій промисловості невеликі типові деталі та вироби (фурнітура, гудзики, застібки) виготовляються механічною обробкою або литтям. Ці деталі потребують проведення дуже трудомісткої подальшої фінішної оздоблювально-зачищувальної обробки, яка здебільшого виконується із застосуванням галтувальних барабанів з обертальним рухом робочих ємкостей та вібраційних машин. Однак, ці машини мають низьку продуктивність при значних енергозатратах. Так для обробки відповідних деталей необхідна безперервна робота таких машин упродовж 30 – 40 годин. Тому необхідно забезпечити обробку деталей при зменшенні енерговитрат. Одним зі шляхів розв'язання проблеми є застосування обладнання зі складним просторовим рухом робочих ємкостей. При такому способі обробки деталей робоче середовище рухатиметься значно інтенсивніше при меншому споживанні енергоресурсів машиною.

Актуальність проблеми. Скорочення часу фінішної обробки невеликих типових деталей (фурнітура, гудзики, застібки, машинобудівні деталі, що дозволяють проводити безрозмірну обробку) в масі, зменшення енерговитрат дозволить значно підвищити продуктивність процесу виготовлення та знизити собівартість таких деталей. Враховуючи масштаби виробництва цих деталей задача дослідження досить актуальна.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз опублікованих робіт щодо скорочення енерговитрат при обробці деталей в масі показав, що відомі методи розрахунку потужності [1], що споживається гальтувальними машинами з обертальними робочими ємкостями та вібраційними машинами. Практично відсутня інформація, щодо визначення енергетичних характеристик устаткування для обробки деталей в робочих ємкостях зі складним просторовим рухом, а також уніфікованих принципів визначення потужності, що споживається такими машинами у процесі роботи.

Основні результати дослідження. У роботі [2] встановлено, що для отримання сприятливих умов для високопродуктивної обробки дрібних деталей абразивом у вигляді вільних гранул в середині робочої ємкості зі складним просторовим рухом необхідно забезпечити реалізацію закону зміни кутової швидкості на ведучому валу машини $\omega^{ведуч}$:

$$\omega^{ведуч} = \omega_{сер} - \omega_{ампл} \sin\left(2\varphi + \frac{\pi}{2}\right), \quad (1)$$

де φ – кут повороту ведучого валу машини, [рад]; $\omega_{ампл}$ – це різниця по модулю між екстремумами кутової швидкості та її середнім значенням, [рад/с].

Реалізувати необхідний закон зміни кутової швидкості (1) можна за рахунок спеціальних розроблених конструкцій приводів, а саме: кривошипно-кулісного приводу [3], приводу зі шарніром Гука [4] та приводу з двома ведучими валами та двома шарнірами Гука [5].

На рис. 1 представлено машину, в конструкції якої використовується приводу зі шарніром Гука та приводу з двома ведучими валами та двома шарнірами Гука.

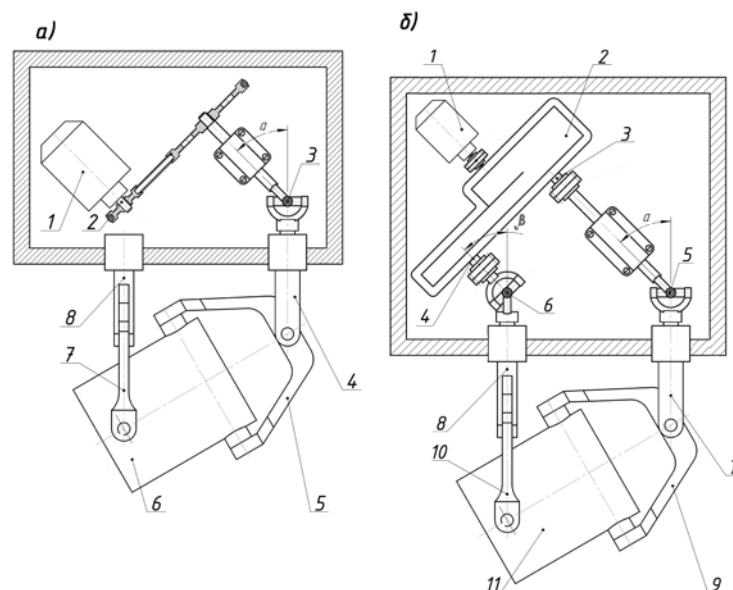


Рис. 1. Машини зі складним рухом робочих ємкостей із застосуванням: а) приводу з шарніром Гука, б) з двома ведучими валами та двома шарнірами Гука

Для (рис. 1.а) 1 – електродвигун, 2 – пасова передача, 3 – шарнір Гука, 4 – ведучий вал, 5 – ведуча вилка, 6 – робоча ємкість, 7 – ведена вилка, 8 – ведений вал. Для (рис 1.б) 1 – електродвигун, 3 та 4 – швидкохідні вали двохпоточного редуктора 2, 5 та 6 – шарніри Гука, 7 та 8 – ведучі вали, 9 та 10 – ведучі вилки, 11 – робоча ємкість. Кути α між осями шарнірів Гука становлять 45° .

Максимальну потужність, що споживається запропонованою машиною на її ведучому валу P_{MAX} [Вт] визначали на основі максимального моменту опору:

$$P_{MAX} = M_{OP}^{MAX} \omega^{ведуч}, \quad (2)$$

де M_{OP}^{MAX} , [Нм] – максимально можливий момент опору, який виникає на ведучому валу машини; $\omega^{ведуч}$, [рад/с] – максимальне значення кутової швидкості з яким можливе обертання ведучого валу машини під час її експлуатації.

Встановлено, що при роботі машини зі складним рухом робочої ємкості момент опору на ведучому валу змінюватиметься декілька разів за один його оберт і може мати від'ємні значення. Для зручності процес аналітичного дослідження моменту опору на ведучому валу машини був розділений на декілька етапів: на 1-му етапі досліджувався статичний момент опору створений масою ланок машини, на 2-му етапі досліджувався статичний момент опору створений масою робочого середовища завантаженого до ємкості, на 3-му етапі – динамічний момент опору, що утворюється від переміщення робочого середовища в середині ємкості та просторового руху ланок машини.

Були встановлені умовні центри рівноваги машини відносно яких визначатимуться відповідні моменти сил, а також положення машини при яких будуть виникати максимальні значення моменту опору на ведучому валу. Таким положенням відповідають кути повороту ведучого валу в 54° , 126° , 234° та 306° . За кут повороту ведучого валу рівного 0° прийнято таке положення машини, при якому вісь кріплення ведучої вилки з робочою ємкістю займатиме вертикальне положення.

Отримані рівняння для визначення статичного моменту опору $\overline{M}_{OP}$ створеного масою ланок машини для наступних кутів повороту φ ведучого валу:

$$1. \varphi = (306^\circ \div 54^\circ) \text{ та } \varphi = (126^\circ \div 234^\circ).$$

$$\overline{M}_{OP} = \overline{G}_E \left(\frac{2}{3} l_{QO} - |0,5 l_{QO} \cos \varphi| \right) - \overline{G}_F \left(\frac{1}{3} l_{QO} - (0,25 l_{QO} - 0,25 l_{QO} \cos 2\varphi) \right), \quad (3)$$

де $\overline{G}_F$ та $\overline{G}_E$ – сили тяжіння створені масою ланок машини, які діятимуть у точках F та E відповідно, [н], l_{QO} – відстань між осями ведучого та веденого валів, [м].

$$2. \varphi = (54^\circ \div 126^\circ) \text{ та } \varphi = (234^\circ \div 306^\circ).$$

$$\overline{M}_{OP} = \overline{G}_F \left(\frac{2}{3} l_{QO} - (0,25 l_{QO} - 0,25 l_{QO} \cos 2\varphi) \right) - \overline{G}_E \left(\frac{1}{3} l_{QO} - |0,5 l_{QO} \cos \varphi| \right). \quad (4)$$

Максимальні значення статичного моменту опору ведучого валу машини можна визначити за рівнянням:

$$\overline{M}_{OP} = \frac{1}{3} \overline{G}_E l_{QO} = \frac{1}{3} \overline{G}_F l_{QO}. \quad (5)$$

Отримано рівняння для визначення максимального значення статичного моменту опору

$M_{OP.Gm}$, створеного силою тяжіння, що діє на робоче середовище:
 $M_{OP.Gm} = 2zm_C g l_{QO}$,

де g – прискорення вільного падіння, $[м/с^2]$; m_C – маса робочого середовища завантаженого до ємкості, $[кг]$; z – безрозмірний коефіцієнт, що характеризує співвідношення розмірів робочої ємкості.

Отримано рівняння для визначення максимального значення динамічного моменту опору $\overline{M}_{OP.Fin}$, створеного переміщенням робочого середовища в середині ємкості та просторовим рухом ланок машини:

$$\overline{M}_{OP.Fin} = (\omega^{ведуч})^2 \cdot l_{QO}^2 (0,42m_\Sigma + 0,08m_E), \quad (6)$$

де $\omega^{ведуч}$ – кутова швидкість ведучого валу машини, $[рад/с]$; m_Σ – маса робочого середовища завантаженого до ємкості та половина маси ланок машини m_E , які виконують просторовий рух, $[кг]$.

Встановлено, що повний максимальний момент опору на ведучому валу машини визначається, як векторна сума максимальних моментів усіх сил, що діють на завантажене робоче середовище до ємкості та на рухомі ланки машини, які виконують просторовий рух відносно відповідного центру рівноваги машини:

$$\overline{M}_{OP}^{MAX} = \sum \overline{M}_{F_i}^{O'(Q')} \quad \text{або} \quad \overline{M}_{OP}^{MAX} = \overline{M}_{OP} + \overline{M}_{OP.Gm} + \overline{M}_{OP.Fin}. \quad (7)$$

З урахування рівняння (2) та (7) отримано загальний вираз для визначення максимальної потужності, що споживається машиною зі складним рухом робочої ємкості на її ведучому валу:

$$P_{MAX} = l_{QO} \left(0,33m_F g + \sigma_{x\%} m_C g + (\omega^{ведуч})^2 l_{QO} (0,42m_\Sigma + 0,08m_E) \right) \omega^{ведуч}, \quad (8)$$

де $\sigma_{x\%}$ – коефіцієнт, що характеризує габаритні параметри машини; m_F, m_E – половина сумарної маси ланок машини, які виконують просторовий рух, $[кг]$;

При аналітичному дослідженні нехтували втратами потужності на тертя в кінематичних парах машини, в опорах валів та на нагрів обмоток електродвигуна.

На основі визначеної за рівнянням (8) максимальної потужності, що споживається на ведучому валу машини виникає можливість підібрати електродвигун.

З метою оцінки енергоефективності розроблених конструкцій порівнюємо потужність, що споживається машиною зі складним просторовим рухом робочої ємкості та машиною з обертальною робочою ємкістю для конкретного випадку.

Нехай для обох типів машин була використана циліндрична робоча ємкість з об'ємом $V=0,1 \text{ м}^3$ (діаметр ємкості – $d=0,4 \text{ м}$, висота ємкості – $h=0,8 \text{ м}$), що була заповнена робочим середовищем (деталі, абразив та буферний розчин) сумарною масою $m_C=60 \text{ кг}$ на 50% від загального об'єму ємкості.

Інші дані для визначення потужності, що споживається машиною зі складним рухом робочої ємкості: $l_{QO}=1,1 \text{ м}$, $m_F=m_E=20 \text{ кг}$, $m_\Sigma=80 \text{ кг}$, $\sigma_{x\%}=0,2$, $\omega^{ведуч}=2,1 \text{ рад/с}$ (кутова

швидкість ведучого валу машини, що забезпечує реалізацію змішаного режиму руху робочого середовища [6]).

Після підстановки усіх вище представлених даних у рівняння (8), отримали максимальне значення потужності, що споживатиметься на ведучому валу машини зі складних просторовим рухом робочої ємкості під час виконання технологічної операції обробки деталей легкої промисловості: $P_{MAX} = 816 \text{ Вт}$.

У свою чергу, у роботі [1] наведено вираз для визначення максимального значення потужності, що споживається машиною з обертальною робочою ємкістю:

$$P_{MAX.оберт.} = R_{Ц} mg \omega_{кр}, \quad (9)$$

де $R_{Ц}$ – відстань від центру тяжіння завантаженого матеріалу до осі обертання при 50%-му завантаженні робочої ємкості, [м]; m – сумарна маса робочого середовища m_c та робочої ємкості m_{PC} , [кг]; g – прискорення вільного падіння, [м/с²], $\omega_{кр}$ – критична кутова швидкість обертання робочої ємкості, [рад/с], визначається як:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R_{Ц}}}. \quad (10)$$

Запишемо необхідні дані для визначення потужності, що споживатиметься машиною з обертальною робочою ємкістю: $R_{Ц} \approx 0,1 \text{ м}$, $m = m_c + m_{PC} = 60 + 20 = 80 \text{ кг}$, визначена за виразом (10) критична кутова швидкість обертання барабану $\omega_{кр.} \approx 9,9 \text{ рад/с}$.

Після підстановки усіх вищепредставлених даних у вираз (9), отримаємо максимальне значення потужності, що споживатиметься машиною з обертальною робочою ємкістю під час виконання технологічної операції обробки деталей: $P_{MAX.оберт} = 776 \text{ Вт}$.

Окрім цього, проведені авторами порівняльні експерименти показали що обробка деталей в машині зі складним просторовим рухом робочої ємкості потребує в 2,5 – 3 рази менше часу, ніж аналогічна обробка в галтувальних машинах з обертальним барабаном чи вібраційних машинах. Таким чином, розрахуємо кількість енергії, що споживатиметься для кожного типу машин за повний цикл обробки деталей, приймаючи час обробки деталей у машині з обертальною робочою ємкістю $t_{оброб} = 40 \text{ год}$. Відповідно, час обробки у машині зі складним просторовим рухом робочої ємкості складатиме: $t_{оброб} = 16 \text{ год}$.

Кількість енергії спожита за повний цикл обробки в машині з обертальною робочою ємкістю становитиме приблизно 31 кВт·год, в той час, як кількість енергії спожита за повний цикл обробки в машині зі складним просторовим рухом складатиме приблизно 13,1 кВт год.

Висновки. Розроблено машини зі складним просторовим рухом робочих ємкостей, в конструкціях яких застосовуються приводи, що здатні реалізувати необхідний закон зміни кутової швидкості на ведучому валу. Отримано вираз (8) для розрахунку максимального значення потужності, що споживається на ведучому валу машини зі складним просторовим рухом робочої ємкості. Аналітично та експериментально підтверджено, що обробка деталей в машині, робоча ємкість якої виконує складний просторовий рух є значно енергоефективнішою за аналогічну обробку деталей в машинах з обертальними робочими ємкостями.

Подальша оптимізація конструкцій машин зі складним рухом робочої ємкості та параметрів технологічного процесу забезпечить подальше підвищення енергоефективності фінішної обробки дрібних деталей.

Література

1. Модестов В.Б. Смесители сыпучих и пастообразных материалов: монография / В. Б. Модестов; МОНМС Украины, Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля, Технол. ин-т. - Луганск, 2011. - 353 с;
2. Панасюк І.В. Визначення закону зміни кутової швидкості ведучого валу машини для обробки деталей зі складним рухом робочої ємкості / І.В. Панасюк, М.Г.Залюбовський // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2015. – №5. – С. 40-46;
3. Патент №105556, МПК B01F 11/00. Машина для обробки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну - №u201509212; заяв. 25.09.2015, опуб. 25.03.2016, бюл. № 6;
4. Патент №109083, МПК B01F 11/00, B24B 31/00. Машина для обробки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну - №u201601467; заяв. 18.02.2016, опуб. 10.08.2016, бюл. № 15;
5. Патент №110417, МПК B01F 11/00. Машина для обробки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну - №u201603277; заяв. 30.03.2016, опуб. 10.10.2016, бюл. № 19.
6. Панасюк І.В. Визначення залежності режиму руху робочого середовища у ємкості зі складним рухом від кутової швидкості ведучого валу / І.В.Панасюк, М.Г.Залюбовський // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2015. – №1. – С. 43-52.

References

1. Modestov V. (2011) *Smesyately syypuchykh y pastoobraznykh materyalov: monohrafiya* [Mixers for loose and pasty materials: monograph]. Luhansk [in Ukraine].
2. Panasiuk I.V., Zaliubovskyi M.H. (2015). *Vyznachennia zakonu zminy kutovoi shvydkosti veduchoho valu mashyny dlia obrobky detalei zi skladnym rukhom robochoi yemkosti* [The determination of the law of changing the angular velocity of the driving shaft of the machine for the processing of parts with a complex motion of the working tank] *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu – Bulletin of the Kiev National University of Technology and Design*, 5, 40–46 [in Ukraine].
3. Zaliubovskyi MH, Panasiuk IV inventors (2015). *Mashyna dlia obrobky detalei* [Machine for details processing]. Ukrainian patent, no.105556.
4. Zaliubovskyi MH, Panasiuk IV inventors (2016). *Mashyna dlia obrobky detalei* [Machine for details processing]. Ukrainian patent, no.109083.
5. Zaliubovskyi MH, Panasiuk IV inventors (2016). *Mashyna dlia obrobky detalei* [Machine for details processing]. Ukrainian patent, no.110417.
6. Panasiuk I.V., Zaliubovskyi M.H. (2015). *Vyznachennia zalezhnosti rezhymu rukhu robochoho seredovyshcha u yemkosti zi skladnym rukhom vid kutovoi shvydkosti veduchoho valu* [The determination of the dependence of the mode of movement of the working medium in a container with a complex movement from the angular velocity of the drive shaft] *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu – Bulletin of the Kiev National University of Technology and Design*, 1, 43–52 [in Ukraine].

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ ЕМКОСТЯХ

ПАНАСЮК И.В., ЗАЛЮБОВСКИЙ М.Г.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработать энергоэффективные машинами со сложным движением рабочих емкостей для финишной обработки деталей и получить зависимости для определения мощности, что ими потребляется.

Методика. Разработка и исследование конструктивных и кинематических параметров машины выполнялась с использованием системы автоматизированного проектирования SolidWorks 2012, экспериментальные исследования проводились на специально разработанной экспериментальной установке со сложным пространственным движением рабочей емкости.

Результаты. Разработаны конструкции машин со сложным пространственным движением рабочих емкостей, которые обеспечивают высокопроизводительную финишную обработку деталей в массе. Проведено аналитическое исследование мощности, потребляемой на ведущем валу машины со сложным пространственным движением рабочих емкостей. Получено уравнение, позволяющее рассчитывать максимальное значение потребляемой мощности на ведущем валу машины. Показано, что предлагаемое оборудование и методы обработки более энергоэффективны (в 2 – 3 раза), чем традиционные.

Научная новизна. Установлена взаимосвязь между угловой скоростью ведущего вала, размерами рабочей емкости, массой звеньев машины и рабочей средой загруженной в емкость и мощностью, потребляемой на ведущем валу машины для обработки деталей в массе.

Практическая значимость. Получено уравнение, позволяющее рассчитывать максимальное значение потребляемой мощности на ведущем валу машины, а также разработаны новые конструкции машин со сложным пространственным движением в которых применяются приводы, которые позволяют реализовать требуемый закон изменения угловой скорости.

Ключевые слова: потребляемая мощность, рабочая емкость, энергоэффективность.

ENHANCEMENT OF THE ENERGY EFFICIENCY OF THE PROCESS OF FINE PROCESSING OF DETAILS IN RELIABLE COSTS

PANASJUK I.V., ZALJUBOVSKIY M.G.

Kiev National University of Technology and Design

Goal. Develop energy-efficient machines with a complex movement of working tanks for the finishing of parts and obtain dependencies to determine the power they consume.

Method. The development and research of constructive and kinematic parameters of the machine was carried out using the SolidWorks 2012 automated design system, and experimental research was carried out on a specially designed experimental installation with a complex spatial movement of the working capacity.

Results. The designs of machines with complex spatial movement of working tanks are developed, which provide high-performance finishing of parts in mass. The analytical study of the power consumed on the driving shaft of the machine with the complex spatial movement of the working tanks has been carried out. An equation is obtained which allows to calculate the maximum value of the power consumed on the driving shaft of the machine. It is shown that the proposed equipment and methods of processing are more energy efficient (in 2 - 3 times) than traditional ones.

Scientific novelty. An interconnection between the angular speed of the drive shaft, the dimensions of the working tank, the mass of the machine links and the working medium loaded to the capacity and the power consumed on the driving shaft of the machine for machining parts in mass are established.

Practical significance. An equation is obtained which allows to calculate the maximum value of the power consumed on the driving shaft of the machine, and also new designs of machines with complex spatial motion are developed in which drives are used that allow to realize the necessary law of change of angular velocity.

Key words: power consumption, working capacity, energy efficiency.

УДК 658.260

МАРТИНЮК В.В., БОЙКО Ю.М
Хмельницький національний університет

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА УНІВЕРСИТЕТСЬКА СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ

Мета. Метою даної статті є дослідження основних аспектів підвищення ефективності роботи фотоелектричних модулів сонячної електростанції.

Методика. Методика дослідження передбачає використання методів збурення і спостережень, метод на основі порівняння трьох точок потужності, метод напруги холостого ходу, метод струму короткого замикання, метод контролю кореляції коливань, метод інкрементальної провідності.

Результати. Запропоновано метод підвищення ефективності роботи фотоелектричних модулів сонячної електростанції.

Наукова новизна. Запропоновано метод, який дозволяє збільшити ефективність використання фотоелектричних модулів, що забезпечить збільшення кількості генерованої електричної енергії для підвищення ефективності роботи фотоелектричних модулів сонячної електростанції.

Практична значимість. Результати дослідження можуть бути використані при створенні системи ефективності енергозабезпечення навчальних корпусів університетських закладів.

Ключові слова: фотоелектричний модуль, енергозабезпечення, університетська сонячна електростанція, електрохімічний конденсатор, акумулятор.

Вступ. Основні втрати енергії фотоелектричних модулів (ФМ) пов'язані з неоптимальним режимом їх роботи, зокрема для стаціонарно зафіксованих ФМ кут падіння сонячних променів більшості часу не дорівнює 90° [1], а існуючі методи відслідковування точки максимальної потужності (ТМП) на рівні стрінгу не вирішують проблеми оптимальної роботи кожного окремого ФМ. Для забезпечення відбору максимальної потужності від ФМ, враховуючи їхню вольт-амперну характеристику (ВАХ) і залежність потужності від напруги, використовують спеціальні засоби для відслідковування ТМП. Існує декілька основних методів пошуку ТМП [2], які відрізняються складністю, швидкістю, ефективністю, вартістю тощо і кожен з них має свої недоліки. ФМ мають складний взаємозв'язок між умовами навколишнього середовища і максимальної виробленої потужністю.

Одним з найбільш поширених є метод збурення і спостережень (Perturbation & Observation, P&O) [3], що полягає у періодичній зміні з певним кроком вихідної напруги і вимірюванні потужності. Якщо потужність збільшується - контролер продовжує змінювати напругу в цьому ж напрямку поки потужність не перестане збільшуватися. Цей метод ефективно працює тільки у повільно змінних метеорологічних умовах і має достатньо тривалий пошук оптимуму; Подальшим розвитком P&O став метод на основі порівняння трьох точок потужності (Three Point Weight Comparison) [4]. Його перевагами над методом P&O є менші коливання вихідної потужності. У сучасних приладах широко застосовуються наближені методи пошуку ТМП метод напруги холостого ходу (Fractional Open-Circuit Voltage) [5] і метод струму короткого замикання (Fractional Short-Circuit Current) [6], у яких відбувається регулярне відімкнення навантаження для вимірювання напруги холостого ходу чи струму короткого замикання, що спричиняє втрати потужності під час вимірювання і втрати, пов'язані з неточним визначенням ТМП. Існує багато методів, які базуються на використанні похідних струму, напруги і потужності. Зокрема метод контролю кореляції коливань (Ripple Correlation Control – RCC) [6], та інкрементальної провідності (Incremental

Conductance) [7-9] характеризуються високою швидкістю та застосовуються для керування широтно-імпульсним перетворювачем. Однак у всіх цих методах з дискретною системою пошуку виникають осциляції робочої точки навколо точки максимуму i , відповідно, коливання потужності.

Типові системи сонячної енергетики сьогодні можуть об'єднувати багато ФМ включених послідовно у стрінги, щоб забезпечити високі вихідні напруги (понад 600 В), для мінімізації втрат провідності між ФМ і перетворювачів. До таких стрінгів застосовують пристрій стеження за ТМП, який оптимізує потужність на глобальній основі для всієї установки, незалежно від кількості використовуваних сонячних панелей.

Однак, відслідковування ТМП навіть на рівні одного стрінгу змушує працювати ФМ за однакового струму, який обмежений модулем, що генерує найнижчий струм. Зокрема нерівномірність параметрів різних ФМ, можливість затінення окремих модулів сторонніми предметами, їх забруднення чи пошкодження, нерівномірна деградація з плином часу, та інші фактори зумовлюють розбіжність параметрів ТМП окремих ФМ і призводять до втрат генерації енергії всього стрінгу. Все це вимагає нових високоефективних підходів, методів і пристроїв для оптимізації роботи ФМ і сонячних електростанцій в цілому.

Постановка завдання. Завданням даної статті є аналіз та дослідження основних факторів та напрямків забезпечення ефективної роботи фотоелектричних модулів і сонячних електростанцій в цілому завдяки впровадженню розроблених алгоритмів та пристроїв для відслідковування точки максимальної потужності ФМ в умовах зміни температури навколишнього середовища та в широкому інтервалі рівня інсоляції.

Основний матеріал. Пропонується ідея використання електрохімічного конденсатора (ЕК) у пристрої відбору електричної енергії від ФМ, яка ґрунтується на передумовах, що в електричному колі з паралельно увімкненими ФМ і ЕК струм у кожний момент часу залежить від відповідної миттєвої напруги на ЕК, і відповідно потужність ФМ в кожний момент часу залежить від відповідної миттєвої напруги ЕК. Тому потужність, яку генерує ФМ можна змінювати змінюючи напругу ЕК.

Низький опір ЕК забезпечує ефект підсилення генерованої потужності та дозволяє одержувати великі миттєві вихідні струми. Для збільшення інтенсивності світлового потоку, що падає на робочу поверхню ФМ пропонується розробити пристрій високоточного динамічного позиціонування ФМ перпендикулярно до сонячного випромінювання.

Звідси можна зробити висновок, що розробка нового двох-координатного високоточного пристрою стеження за траєкторією сонця, а також розроблення високоефективного пристрою відслідковування ТМП на основі ЕК, що працює в широкому інтервалі рівня освітлення в сумі можуть покращити ефективність використання ФМ більш ніж на 40 %.

Нові методи відбору електричної енергії від ФМ дозволять знизити втрати завдяки підвищенню ефективності та узгодженню роботи систем автоматизованого відслідковування положення сонця та орієнтації ФМ, нових накопичувачів енергії на базі ЕК, що дає можливість вивільнити кошти на їх технічну експлуатацію і ремонт. Це обумовлює важливість запропонованого проекту для розвитку соціально-економічної системи України.

Промисловість індустріально розвинутих країн базується на інтегрованих комп'ютерних технологіях, в основі яких покладено ідею поєднання в часі комп'ютерного моделювання процесів відбору електричної енергії, виконання інженерних розрахунків та

технологічної підготовки їх монтажу при розробці автономних сонячних станцій. Потрібно враховувати стохастичний характер процесів генерування електричної енергії ФМ, можливість використання наявних експериментальних даних про системи накопичення електроенергії, буде реалізовано більш досконалий алгоритм керування процесом відбору електричної енергії від ФМ.

Запропоновану концепцію можна застосовувати для автономних систем різних потужностей: портативні прилади та обладнання, системи автономного енергозабезпечення будинків та інших об'єктів (в тому числі і військових) що не мають доступу до електромережі.

Для підвищення ефективності алгоритму керування при різних зарядних і розрядних струмах розроблено нестационарну частотнозалежну нелінійну математичну модель системи ФМ-ЕК та АБ, що містить показники дробових порядків, які враховують вплив перехідних процесів у пристроях відбору та накопичення енергії.

Нелінійна математична модель ЕК побудована на основі частотнозалежних нелінійних елементів пропонується використовувати в еквівалентній схемі заміщення ЕК еквівалентний нелінійний частотнозалежний активний опір втрат та еквівалентну нелінійну частотнозалежну ємність (рис. 1).

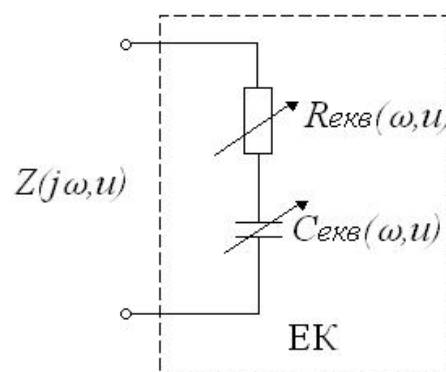


Рис. 1. Еквівалентна схема заміщення ЕК із еквівалентними нелінійними частотнозалежними елементами

Можна записати нелінійну математичну модель ЕК із частотною дисперсією в аналітичному вигляді [10], яка базується на основі частотнозалежних нелінійних елементів та має вигляд виразу вхідного комплексного опору (1) еквівалентної схеми заміщення ЕК із використання степеневі функції частоти

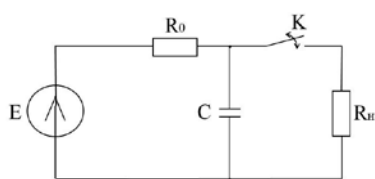
$$Z(j\omega, u) = \left(R_{\min} + \frac{R_{\max} - R_{\min}}{\omega^a + 1} \right) \cdot (1 + K_R u) + \frac{1}{j\omega \left(C_{\min} + \frac{C_{\max} - C_{\min}}{\omega^{1-a} + 1} \right) \cdot (1 + K_C u)}. \quad (1)$$

Проаналізуємо імпульсний режим роботи ФМ при під'єднанні до нього ЕК та опору навантаження за допомогою ключа К із певним періодом комутації Т [11], як показано на схемі рис. 2, а.

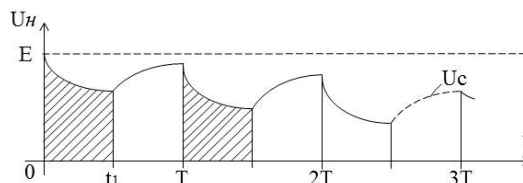
Розглянемо узгоджений режим, коли $R_H = R_0$. У першому циклі ключ К замикається при $u_c(0) = E$:

$$u_H = u_c = \frac{E}{2} + A \cdot e^{-t/\tau_1} = \frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t/\tau_1}, \quad (2)$$

$$\text{де } \tau_1 = \frac{R_0 C}{2}.$$



а)



б)

а) схема під'єднання активного навантаження R_n до ФМ E та ЕК C ;

б) залежність від часу напруги $U_n = f(t)$ на активному навантаженні R_n та ЕК C

Рис. 2. Імпульсний режим роботи ФМ із ЕК та опором навантаження

В кінці імпульсу $t = t_1$, а отже $u_c = \frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t/\tau_1}$.

При розмиканні ключа K відбувається процес заряду ЕК:

$$u_c = E + A \cdot e^{-t/\tau_2}, \quad (3)$$

де $\tau_2 = R_0 C$.

При $t = 0$ можна визначити постійну інтегрування A із рівняння $\frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t_1/\tau_1} = E + A$ за виразом:

$$A = -\frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t_1/\tau_1}. \quad (4)$$

В кінці циклу $t_2 = T - t_1$ напруга на ЕК дорівнює $u_c = E + \left(-\frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t_1/\tau_1}\right) e^{-t_2/\tau_2}$. Цей вираз є початковою умовою для наступного циклу, коли ключ K замикається і напруга $u_c = \frac{E}{2} + A e^{-t/\tau}$.

При $t_2 = T - t_1$ постійна процесу розряду $A = \frac{E}{2} + \left(-\frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t_1/\tau_1}\right) e^{-t_2/\tau_2}$ і напруга на ЕК при розряді визначається виразом:

$$u_c = \frac{E}{2} + \left[\frac{E}{2} + \left(-\frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t_1/\tau_1}\right) e^{-t_2/\tau_2} \right] e^{-t/\tau_1}. \quad (5)$$

Початкова умова для процесу заряду визначається виразом:

$$u_{c=t_1} = \frac{E}{2} + \left[\frac{E}{2} + \left(-\frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t_1/\tau_1}\right) e^{-t_2/\tau_2} \right] e^{-t_1/\tau_1}. \quad (6)$$

Тоді постійна нового процесу заряду $A = -\frac{E}{2} + \left[\frac{E}{2} + \left(-\frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t_1/\tau_1}\right) e^{-t_2/\tau_2} \right] e^{-t_1/\tau_1}$, а напруга на ЕК в кінці заряду дорівнює:

$$u_{c=t_1} = E + A e^{-t_2/\tau_2} = E + \left\{ -\frac{E}{2} + \left[\frac{E}{2} + \left(-\frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t_1/\tau_1}\right) e^{-t_2/\tau_2} \right] e^{-t_1/\tau_1} \right\} e^{-t_2/\tau_2}. \quad (7)$$

Для нового циклу розряду постійна $A = \frac{E}{2} + \left\{ -\frac{E}{2} + \left[\frac{E}{2} + \left(-\frac{E}{2} + \frac{E}{2} e^{-t_1/\tau_1}\right) e^{-t_2/\tau_2} \right] e^{-t_1/\tau_1} \right\} e^{-t_2/\tau_2}$.

Цього достатньо, щоб встановити загальні закономірності зміни $u_n = u_c$ в кожному циклі приймемо для спрощення $t_1 = t_2 = T/2$ і врахуємо, що $\tau_2 = 2\tau_1$.

В загальній формулі напруги $u_{n(k)} = u_{c(k)} = \frac{E}{2} + A_k e^{-t/\tau_1}$ постійні будуть:

$$A_1 = \frac{E}{2}; A_2 = \frac{E}{2} - \frac{E}{2} e^{-T/4\tau_1} + \frac{E}{2} e^{-3T/4\tau_1}; A_3 = \frac{E}{2} - \frac{E}{2} e^{-T/4\tau_1} + \frac{E}{2} e^{-3T/4\tau_1} - \frac{E}{2} e^{-5T/4\tau_1} + \frac{E}{2} e^{-7T/4\tau_1};$$

$$A_4 = \frac{E}{2} - \frac{E}{2} e^{-T/4\tau_1} + \frac{E}{2} e^{-3T/4\tau_1} - \frac{E}{2} e^{-5T/4\tau_1} + \frac{E}{2} e^{-7T/4\tau_1} - \frac{E}{2} e^{-9T/4\tau_1} + \frac{E}{2} e^{-11T/4\tau_1}. \quad (8)$$

Бачимо, що, за виключенням A_1 , всі постійні містять експоненти з непарними степенями, причому, кожна наступна постійна відрізняється від попередньої двома експонентами, перед першою з них стоїть знак мінус, а перед другою знак плюс. Кількість експонент визначається формулою $2(k-1)-1$. Степінь останньої експоненти для довільного A_k визначається числом $4(k-1)-1$.

Особливість схеми рис. 2, а є те, що до початку кожного нового циклу ЕК не встигає за час $T-t_1$ зарядитися до початкового значення напруги в попередньому циклі, але через достатню кількість періодів (циклів) схема прийде до якогось сталого режиму. Якщо позначити $e^{-T/4\tau_1} = a$, то для A_k можна записати:

$$A_k = \frac{E}{2} \left(1 - a^1 + a^3 - a^5 + a^7 - a^9 + a^{11} - \dots + a^{4(k-1)-1} \right) = \frac{E}{2} C_k. \quad (9)$$

Важливо визначити, яким стане A_k після завершення перехідного процесу (процесів розряду-заряду) в сталому режимі. Тоді розглянемо два степеневих ряди:

$$-(a^1 + a^5 + a^9 + a^{13} + a^{17} + \dots). \quad (10)$$

$$+(a^3 + a^7 + a^{11} + a^{15} + a^{19} + \dots). \quad (11)$$

В геометричній прогресії (10) $b_1 = a^1$ і $q = a^4$, тоді сума членів ряду при $n \rightarrow \infty$

$$S_1 = \frac{b_1}{1-q} = \frac{a^1}{1-a^4}.$$

В геометричній прогресії (11) $b_1 = a^3$ і $q = a^4$, тоді сума членів ряду при $n \rightarrow \infty$

$$S_2 = \frac{b_1}{1-q} = \frac{a^3}{1-a^4}.$$

Отже:

$$A_{n=\infty} = \frac{E}{2} \left(1 - \frac{a^1}{1-a^4} + \frac{a^3}{1-a^4} \right). \quad (12)$$

Взявши у виразі для $a = e^{T/4\tau_1}$, в якості прикладу $T = \frac{\tau_1}{5}$; $T = \frac{\tau_1}{10}$; $T = \frac{\tau_1}{25}$, ми для всіх випадків отримали $A_{n=\infty} = \frac{E}{2} \cdot 0,5 = 0,25E$, тобто $C_n = 0,5$. Порівняємо енергії в навантаженні за один цикл ($\Delta t = T$) для двох схем. Для схеми без ЕК:

$$W = \frac{1}{R_H} \left(\frac{E}{2} \right)^2 T = 0,25 \frac{E^2 T}{R_H}. \quad (13)$$

Для схеми з ЕК, взявши $A_k = c_k \frac{E}{2}$, отримаємо $U_{CK} = \frac{E}{2} + c_k \frac{E}{2} e^{-t/\tau_1}$, а енергія дорівнює:

$$W_2 = \frac{1}{R_H} \int_0^{T/2} \left(\frac{E}{2} + c_k \frac{E}{2} e^{-t/\tau_1} \right)^2 dt = \frac{1}{R_H} \left[\frac{E^2 T}{4} + \frac{c_k E^2}{2} \tau_1 (1 - e^{-T/2\tau_1}) + \frac{c_k^2 E^2}{4} \frac{\tau_1}{2} (1 - e^{-T/\tau_1}) \right]. \quad (14)$$

Виберемо $\tau_1 = 5T$, тоді енергія $W_2 = \frac{E^2 T}{8R_H} (1 + 2c_k + 0,9c_k^2)$, а враховуючи, що для сталого режиму встановлено $c_k \approx 0,5$, тоді отримаємо вираз для розрахунку енергії $W_2 = 0,278 \frac{E^2 T}{R_H}$. Збільшення енергії становить близько 11%. Зрозуміло, що в перехідному процесі енергія в схемі з ЕК буде значно перевищувати W_1 . Так в першому циклі $K=1$ і $W_{2(1)} = 0,48 \frac{E^2 T}{R_H}$, а

другому циклі $K=0,91$ і $w_{2(2)}=0,44\frac{E^2T}{R_H}$, тому за перших 5 циклів сумарна енергія перевищує w_1 в 1,66 разів. Якщо $R_H < R_0$, то в сталому режимі перевага другої схеми буде більша, а при $R_H > R_0$ результат може бути негативним тому, що збільшується $U_H = \frac{R_H}{R_H + R_0}$ і менша різниця між $u_c(0)$ та U_H для кожного нового циклу. На енергію впливає наявність «паузи» напруги в навантаженні другої схеми.

Наприклад, при $R_H = 3R_0$ для першої схеми $U_H = \frac{3}{4}E$, а для другої схеми $\tau_1 = \frac{3}{4}R_0C$ та $\tau_2 = R_0C$. Аналіз показує наступний результат, наприклад, для 6-го циклу при $t_1 = t_2 = \frac{T}{2}$:

$$A_6 = \frac{E}{4} \left(1 - e^{-3T/8\tau_1} + e^{-7T/8\tau_1} - e^{-10T/8\tau_1} + e^{-14T/8\tau_1} - e^{-17T/8\tau_1} + e^{-21T/8\tau_1} - e^{-24T/8\tau_1} + e^{-28T/8\tau_1} - e^{-31T/8\tau_1} + e^{-35T/8\tau_1} \right). \quad (15)$$

Отже для $A_{n \rightarrow \infty}$ можна записати:

$$A_{n \rightarrow \infty} = \frac{1}{4}E - \frac{1}{4}E \left(e^{-3T/8\tau_1} + e^{-10T/8\tau_1} + e^{-17T/8\tau_1} + \dots \right) + \frac{1}{4}E \left(e^{-7T/8\tau_1} + e^{-14T/8\tau_1} + e^{-21T/8\tau_1} + \dots \right) = \frac{1}{4}E - \frac{1}{4}ES_1 + \frac{1}{4}ES_2; \quad (16)$$

Якщо $a = e^{-T/8\tau_1}$, то при $\tau_1 = 5T$ та $a = e^{-1/40} = 0,9753$ матимемо:

$$A_n = \frac{1}{4}E - \frac{1}{4}E \left(a^3 + a^{10} + a^{17} + a^{24} + \dots \right) + \frac{1}{4}E \left(a^7 + a^{14} + a^{21} + a^{28} + \dots \right) = \frac{1}{4}E - \frac{1}{4}E \frac{a^3}{1-a^7} + \frac{1}{4}E \frac{a^7}{1-a^7} = 0,1125E. \quad (17)$$

Тоді в сталому режимі для $0 \leq t \leq t_1$ напруга на навантаженні дорівнює $u_H = u_c = \frac{3}{4}E + 0,1125Ee^{-t/\tau_1}$. Порівняння енергії для двох схем за один цикл показує, що для другої схеми енергія в опорі навантаження буде в 1,53 рази менша, ніж для першої схеми.

При $R_H = 0,5R_0$ для схеми без ЕК напруга $U_H = \frac{1}{3}E$, а енергія $w_1 = \frac{U_H^2}{R_H}T = \frac{1}{9}\frac{E^2T}{R_H}$. Для схеми із ЕК $U_{Cnp} = \frac{1}{3}E$, тоді формула u_c для розряду буде мати вигляд:

$$u_{c(n)} = \frac{1}{3}E + C_n \frac{2}{3}Ee^{-t/\tau_1}, \quad (18)$$

де $\tau_1 = \frac{R_0C}{3}$;

$$C_n = 1 - e^{-T/6\tau_1} + e^{-4T/6\tau_1} - e^{-5T/6\tau_1} + e^{-8T/6\tau_1} - e^{-9T/6\tau_1} + e^{-12T/6\tau_1} - \dots = 1 - \left(a^1 + a^5 + a^9 + a^{13} + \dots \right) + \left(a^4 + a^8 + a^{12} + a^{16} + \dots \right); \quad a = e^{-T/6\tau_1}.$$

Для нескінченної кількості циклів $C_{n \rightarrow \infty} = 1 - \frac{a^1}{1-a^4} + \frac{a^4}{1-a^4}$ та $T = 5\tau_1$, отримаємо

$$C_{n \rightarrow \infty} = 0,1763. \text{ Тоді енергія } w_2 = \frac{1}{R_H} \int_0^{T/2} \left(\frac{1}{3}E + C_n \frac{2}{3}Ee^{-t/\tau_1} \right)^2 dt = \dots = 0,136\frac{E^2T}{R_H}, \text{ а збільшення енергії становить}$$

$w_2 / w_1 = 1,22$ рази.

Використовуючи еквівалентну схему заміщення ЕК із еквівалентними нелінійними частотнозалежними елементами у Хмельницькому національному університеті розроблено прототип енергоефективної університетської сонячної електростанції, яка складається із вузла ФМ (рис. 3), вузла зарядження-розрядження акумуляторних батарей (рис. 4) та вузла відслідковування точки максимальної потужності ФМ на основі ЕК (рис. 5).



Рис. 3. Вузол ФМ енергоефективної університетської сонячної електростанції



Рис. 4. Вузол зарядження-розрядження акумуляторних батарей



Рис. 5. Вузол відслідковування точки максимальної потужності ФМ на основі ЕК

Висновки.

1. Таким чином, в результаті проведених досліджень розроблено новий високоефективний та високоточний метод відслідковування ТМП з використанням ЕК, зарядження-розрядження АБ, що забезпечать роботу ФМ в точці максимальної потужності при різних погодних умовах. Для реалізації алгоритмів використано нові методи теорії дробового числення та нелінійної динаміки, що дають можливість підвищення точності і адекватності методів та моделей. Створено програмне забезпечення для керування основними вузлами системи з використанням мікроконтролерів.

2. Імпульсний режим роботи ФМ із конденсатором є більш ефективним для передачі енергії в активний опір навантаження, але його доцільно застосовувати лише при $R_H \leq R_0$.

3. Максимальне збільшення енергії, яка виділяється на активному опорі навантаження (для $R_H = 0,5R_0$) при імпульсному режимі роботи ФМ із конденсатором, становить

$W_2 / W_1 = 1,22$ рази по відношенню до режиму роботи джерела постійної напруги із активним навантаженням без конденсатора.

Література

References

1. Tiwari G.N. *Handbook of Solar Energy.Theory, Analysis and Applications*. Shyam, Energy Systems in Electrical Engineering: Springer, 2016, pp. 764
2. Subudhi B., Pradhan R.. “A Comparative Study on Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic Power Systems”. *The IEEE Transactions on Sustainable Energy archival journal*, vol. 4, pp. 1249-1252, Jan. 2013.
3. Zhang Q., Hu C., Chen L., Amirah A., Kutkut N., John Shen Z., Bartarseh I. “A Center Point Iteration MPPT Method With Application on the Frequency-Modulated LLC Microinverter”. *The IEEE Transactions on Power Electronics journal*, vol. 29, pp.1262 – 1274, March 2014.
4. Roy C.P., Naick B.K.and Shankar G. “Comparative Study of Photovoltaic MPPT Algorithms”. *International Journal on Recent Trends in Engineering & Technology*, vol. 11, pp. 191- 201, July 2014.
5. Zhang F., Thanapalan K., Procter A., Carr S., and Maddy J. “Adaptive Hybrid Maximum Power Point Tracking”. *IEEE Transactions on energy conversion journal*, vol. 28, pp. 353- 360, July 2014.
6. Bazzi A. and Krein P. “Ripple correlation control: An extremum seeking control perspective for real-time optimization.” *IEEE Trans. Power Electron. journal*, vol. 29, no. 2, pp. 988–995, Feb. 2014.
7. Chafle S.R., Vaidya U.B. “Incremental Conductance MPPT Technique for PV System.” *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 2, pp. 2719 – 2726, June 2013.
8. Martynyuk V., Vdovin O., Boyko J. and. Vlasenko N. “Super-high capacitor analyzer with compensation of common-mode error,” in *Proc. IMECO TC-4*, 2001, pp. 340-343.
9. Martynyuk V., Makaryshkin D., Boyko J. “Frequency Domain Analysis for Electrochemical Supercapacitors” in *Proc. IMEKO TC-4*, 2007, pp. 357-361.
10. Мартинюк В. В. Нелінійна математична модель електрохімічного конденсатора / В. В. Мартинюк // Технічна електродинаміка. – 2011. – № 6. – С. 78 – 82.
11. Косенков В. Д., Мартинюк В. В., винахідники. Спосіб збільшення енергії в опорі
1. Tiwari G.N. *Handbook of Solar Energy.Theory, Analysis and Applications*. Shyam, Energy Systems in Electrical Engineering: Springer, 2016, pp. 764.
2. Subudhi B., Pradhan R. “A Comparative Study on Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic Power Systems”. *The IEEE Transactions on Sustainable Energy archival journal*, vol. 4, pp. 1249-1252, Jan. 2013.
3. Zhang Q., Hu C., Chen L., Amirah A., Kutkut N., John Shen Z., Bartarseh I. “A Center Point Iteration MPPT Method With Application on the Frequency-Modulated LLC Microinverter”. *The IEEE Transactions on Power Electronics journal*, vol. 29, pp.1262 – 1274, March 2014.
4. Roy C.P., Naick B.K. and Shankar G. “Comparative Study of Photovoltaic MPPT Algorithms”. *International Journal on Recent Trends in Engineering & Technology*, vol. 11, pp. 191- 201, July 2014.
5. Zhang F., Thanapalan K., Procter A., Carr S., and Maddy J. “Adaptive Hybrid Maximum Power Point Tracking”. *IEEE Transactions on energy conversion journal*, vol. 28, pp. 353- 360, July 2014.
6. Bazzi A. and Krein P. “Ripple correlation control: An extremum seeking control perspective for real-time optimization.” *IEEE Trans. Power Electron. journal*, vol. 29, no. 2, pp. 988–995, Feb. 2014.
7. Chafle S.R., Vaidya U.B. “Incremental Conductance MPPT Technique for PV System.” *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 2, pp. 2719 – 2726, June 2013.
8. Martynyuk V., Vdovin O., Boyko J. and. Vlasenko N. “Super-high capacitor analyzer with compensation of common-mode error,” in *Proc. IMECO TC-4*, 2001, pp. 340-343.
9. Martynyuk V., Makaryshkin D., Boyko J. “Frequency Domain Analysis for Electrochemical Supercapacitors” in *Proc. IMEKO TC-4*, 2007, pp. 357-361.
10. Martynyuk, V. V. (2011). Nelineiina matematychna model elektrokhimichnoho kondensatora [Nonlinear mathematical model of electrochemical capacitor] *Tekhnichna elektrodynamika –Technical Electrodynamics*. Vol. 6, 78 – 82 [in Ukraine].
11. Kosenkov VD, Martynyuk VV, inventors (2017).

навантаження в електричному колі з постійною електрорушійною силою. Український патент, № 116473, 2017.

Sposib zbilshennia enerhii v opori navantazhennia v elektrychnomu koli z postiinoiu elektrorushiinoiu syloiu [A method for increasing energy in a load-bearing load in an electric circuit with a constant electromotive force]. Ukrainian patent no 116473, 21.11.2016, 25.05.2017.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ УНИВЕРСИТЕТСКАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

МАРТЫНЮК В.В., БОЙКО Ю.Н.

Хмельницький національний університет

Цель. Целью данной статьи является исследование основных аспектов повышения эффективности работы фотоэлектрических модулей солнечной электростанции.

Методика. Методика исследования предусматривает использование методов возмущения и наблюдений, метод на основе сравнения трех точек мощности, метод напряжения холостого хода, метод тока короткого замыкания, метод контроля корреляции колебаний, метод инкрементальной проводимости.

Результаты. Предложен метод повышения эффективности работы фотоэлектрических модулей солнечной электростанции.

Научная новизна. Предложен метод, который позволяет увеличить эффективность использования фотоэлектрических модулей, что обеспечит увеличение количества генерируемой электрической энергии для повышения эффективности работы фотоэлектрических модулей солнечной электростанции.

Практическая значимость. Результаты исследования могут быть использованы при создании системы эффективного энергообеспечения учебных корпусов учебных заведений.

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль, энергообеспечение, университетская солнечная электростанция, электрохимический конденсатор, аккумулятор.

ENERGY EFFICIENT UNIVERSITY SOLAR POWER STATION

MARTYNYUK V.V., BOIKO J.M.

Khmelnytskyi National University

Goal. The purpose of this article is to study the main aspects of increasing the efficiency of the photovoltaic modules of the solar power station.

Methods. The research methodology involves the use of perturbation and observation methods, the method based on the comparison of three power points, the method of idle voltage, the method of short-circuit current, the method of control of the correlation of oscillations, the method of incremental conductivity.

Results. The method of increasing the efficiency of the photovoltaic modules of the solar power station is proposed.

Scientific novelty. A method is proposed which allows to increase the efficiency of the use of photovoltaic modules, which will provide an increase in the amount of generated electric energy to increase the efficiency of the operation of the photovoltaic modules solar power station.

Practical significance. The results of the research can be used to create an effective energy supply system for the educational buildings of educational institutions.

Keywords: photoelectric module, power supply, university solar power station, electrochemical capacitor, battery.

УДК 677.055

ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Є.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТОВАРОПРИЙОМНОГО МЕХАНІЗМУ, ЗУМОВЛЕНИХ ГАЛЬМУВАННЯМ КРУГЛОВ'ЯЗальної МАШИНИ

Мета. Дослідження впливу конструкції приводу круглов'язальної машини на зниження динамічних навантажень товароприйомного механізму, що виникають при гальмуванні.

Методика. Використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії динаміки механічних систем з пружними в'язями.

Результати. Розроблено нову конструкцію приводу круглов'язальної машини, здатного відключати основні обертові маси від механізмів машини при гальмуванні, та метод дослідження динаміки гальмування круглов'язальної машини з таким приводом. Встановлено, що використання запропонованого приводу в складі круглов'язальної машини КО-2 дозволяє більш ніж в 2 рази знизити динамічні навантаження, які виникають у товароприйомному механізмі при гальмуванні.

Наукова новизна. Розроблено метод визначення динаміки гальмування круглов'язальної машини з приводом, здатним відключати основні обертові маси від механізмів машини при гальмуванні.

Практична значимість. Розроблено інженерну методiku знаходження максимальних динамічних навантажень, що виникають в товароприйомному механізмі під час гальмування круглов'язальної машини з приводом, здатним відключати основні обертові маси від механізмів машини при гальмуванні.

Ключові слова: круглов'язальна машина, товароприйомний механізм, привід круглов'язальної машини, динаміка товароприйомного механізму, динамічні навантаження, зумовлені гальмуванням.

Вступ. Динамічні навантаження товароприйомного механізму негативно впливають на ефективність роботи круглов'язальних машин – зниження продуктивності машин та якості полотна [1-4]. Підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин не може бути вирішено без розвитку теорії їх проектування і, зокрема, товароприйомних механізмів. Тому розробка методу досліджень динаміки гальмування круглов'язальної машини з метою оцінки впливу конструкції приводу машини на динамічні навантаження товароприйомного механізму є своєчасним та актуальним.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи товароприйомних механізмів круглов'язальних машин, завданням стала розробка методу дослідження динаміки гальмування круглов'язальної машини з приводом, здатним відключати основні обертові маси від механізмів машини при гальмуванні, та створення на його основі алгоритму та інженерного методу знаходження максимальних динамічних навантажень, що виникають в товароприйомному механізмі під час гальмування круглов'язальної машини з таким приводом.

Результати дослідження. Відомі конструкції приводів круглов'язальних машин [5] мають спільний недолік - велику кількість обертових мас, які знаходяться в кінематичному взаємозв'язку в момент гальмування машини, що обумовлює значні динамічні навантаження товароприйомного механізму і, як наслідок, зниження якості трикотажного полотна [2, 3] та довговічності і надійності роботи механізму.

Для усунення зазначеного недоліку автори пропонують використання приводу круглов'язальної машини з фрикційною зчійною муфтою, здатного при зупинці відключати від механізмів в'язання і товароприйому більшість обертових мас приводу.

Принцип роботи запропонованого приводу (рис. 1) наступний (електрична схема

управління приводом виконана таким чином, що при включенні електродвигуна муфта включається, а гальмо відключається і навпаки - при вимиканні електродвигуна муфта відключається, а гальмо включається). При вмиканні електродвигуна 1 обертання його вала передається ведучому шківу 2 клинопасової передачі і за допомогою клинових пасів 4 веденому шківу 3, жорстко з'єднаному з ним валу 6 і ведучій шестерні 5 зубчастої передачі. Обертальний рух шестерні 5 передається зубчастому колесу 7, напівмуфтам 8, 9 фрикційної зчпної муфти і вертикальному приводному валу 11 з жорстко з'єднаними з ним шестернями 12, 13, обертання яких за допомогою зубчастих коліс 14, 16 передається голковому циліндру 15 механізму в'язання і механізму товароприйому 17, що необхідно для роботи машини.

При зупинці машини, коли відключаються електродвигун і зчпна муфта та включається гальмо, основна частина обертових мас привода (ротор електродвигуна, клинопасова передача, зубчаста передача та напівмуфта 8) від'єднується від вертикального приводного валу, що призводить до скорочення часу гальмування голкового циліндра - необхідної умови зниження наробітку бракованого трикотажного полотна та зниження динамічних навантажень товароприйомного механізму. Процес гальмування машини здійснюється за допомогою гальма.

Аналіз конструкції круглов'язальної машини з модернізованим приводом показує, що при розгляді динамічного процесу гальмування її можна представити у вигляді тримасової динамічної моделі із середньою ведучою масою (рис. 2).

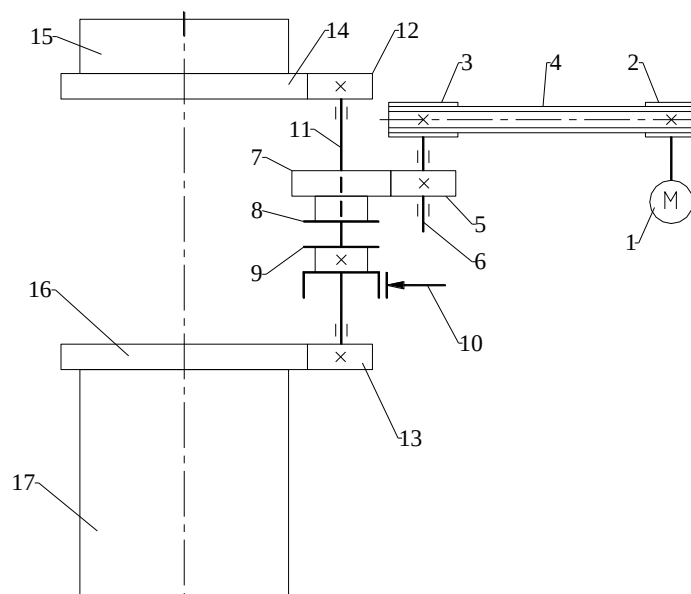


Рис. 1. Кінематична схема круглов'язальної машини з приводом з фрикційною зчпною муфтою:
1 - електродвигун; 2 - ведучий шків; 3 - ведений шків; 4 - клинові паси; 5 - шестерня; 6 - вал; 7 - зубчасте колесо; 8, 9 - напівмуфти; 10 - гальмо; 11 - вертикальний приводний вал; 12, 13 - шестерні; 14 - зубчасте колесо; 15 - голковий циліндр; 16 - зубчасте колесо; 17 - механізм товароприйому.

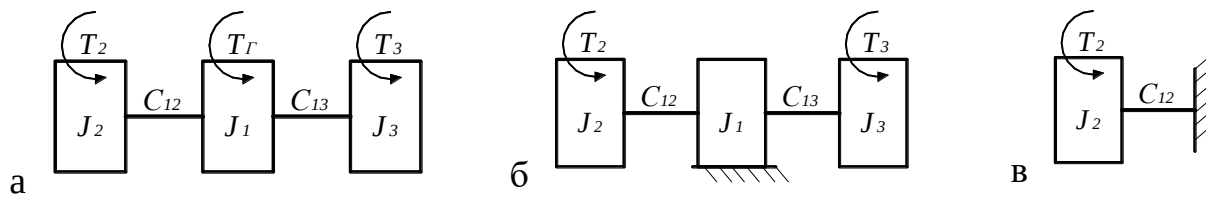


Рис. 2. Динамічна модель круглов'язальної машини з приводом з фрикційною зчпною муфтою: а - перший етап гальмування; б - другий етап гальмування; в - третій етап гальмування; J_1 - момент інерції (тут і далі приведені значення) обертових мас муфти (гальма); J_2 - момент інерції обертових мас механізму товароприйому; J_3 - момент інерції обертових мас механізму в'язання; T_g - момент гальма; T_2 - момент сил опору механізму товароприйому; T_3 - момент сил опору механізму в'язання; C_{12} - жорсткість ділянки вертикального приводного вала між гальмом і шестернею привода механізму товароприйому; C_{13} - жорсткість ділянки вертикального приводного вала між гальмом і шестернею привода механізму в'язання

Критерієм черговості зупинки мас приводу є параметр λ (першою зупиняється та маса, для якої параметр λ менший) [3]:
$$\lambda = \frac{J_i}{T_i}, \quad (1)$$

де J_i - момент інерції i -ої обертової маси;

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

З огляду на те, що для круглов'язальних машин характерним є $\lambda_1 < \lambda_3 < \lambda_2$ [2, 3] процес гальмувань буде відбуватися в три етапи: перший етап: обертаються всі три маси (рис. 2, а); другий етап: перша (середня) маса нерухома, крайні маси продовжують обертатися (рис. 2, б); третій етап: перша і третя маси нерухомі, друга маса продовжує обертатися до повної зупинки (рис. 2, в).

Оскільки максимальні динамічні навантаження при гальмуванні виникають на першому етапі гальмування [6], в подальшому будемо розглядати динаміку лише цього етапу гальмування.

Рівняння руху мас системи (рис. 2, а) мають вид:

$$J_1 \ddot{\varphi}_1 = T_g + T_{12} + T_{13}; \quad J_2 \ddot{\varphi}_2 = T_2 - T_{12}; \quad J_3 \ddot{\varphi}_3 = T_3 - T_{13}. \quad (2)$$

Визначивши $\ddot{\varphi}_1$, $\ddot{\varphi}_2$, $\ddot{\varphi}_3$ з рівнянь (2) і підставивши їх у вирази

$$\ddot{T}_{12} = C_{12}(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2); \quad \ddot{T}_{13} = C_{13}(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_3), \quad (3)$$

$$\text{одержуємо:} \quad \begin{cases} \ddot{T}_{12} = \frac{C_{12}}{J_1 J_2} [(J_1 + J_2) T_{12} + J_2 T_{13} + J_2 T_t - J_1 T_2]; \\ \ddot{T}_{13} = \frac{C_{13}}{J_1 J_3} [J_3 T_{12} + (J_1 + J_3) T_{13} + J_3 T_T - J_1 T_3]. \end{cases} \quad (4)$$

Моменти сил пружності T_{12} , T_{13} , які виникають у пружних в'язях C_{12} і C_{13} при гальмуванні машини, знаходимо, розв'язуючи систему диференціальних рівнянь (4). При цьому рішення можна представити у вигляді [6]:

$$T_{ij} = Y_{ij} + a_{ij}, \quad (5)$$

де Y_{ij} - загальне рішення однорідного рівняння,

$$Y_{ij} = A_{ij} \cos \beta t + B_{ij} \sin \beta t;$$

A , B - постійні інтегрування;

β - частота коливання системи;

a_{ij} - частинне рішення неоднорідного рівняння (постійна складова).

Постійні складові моментів сил пружності визначаються шляхом рішення системи

$$\text{рівнянь:} \quad \begin{cases} (J_1 + J_2)a_{12} - J_2a_{13} = J_1T_2 - J_2T_T; \\ J_3a_{12} + (J_2 + J_3)a_{13} = J_1T_3 - J_3T, \end{cases} \quad (6)$$

отриманої на основі рівнянь (4):

$$a_{12} = \frac{\Delta a_{12}}{\Delta a}; \quad a_{13} = \frac{\Delta a_{13}}{\Delta a}, \quad (7)$$

$$\Delta a = \begin{vmatrix} J_1 + J_2 & J_2 \\ J_3 & J_1 + J_3 \end{vmatrix} = (J_1 + J_2)(J_1 + J_3) - J_2J_3; \quad (8)$$

$$\Delta a_{12} = \begin{vmatrix} J_1T_2 - J_2T_T & J_2 \\ J_1T_3 - J_3T_T & J_1 + J_3 \end{vmatrix} = (J_1T_2 - J_2T_T)(J_1 + J_3) - J_2(J_1T_3 - J_3T_T); \quad (9)$$

$$\Delta a_{13} = \begin{vmatrix} J_1 + J_2 & J_1T_2 - J_2T_T \\ J_3 & J_1T_3 - J_3T_T \end{vmatrix} = (J_1 + J_2)(J_1T_3 - J_3T_T) - J_3(J_1T_2 - J_2T_T). \quad (10)$$

Частотне рівняння коливань мас системи має вид [6]:

$$\beta^4 - (C_{12} \frac{J_1 + J_2}{J_1J_2} + C_{13} \frac{J_1 + J_3}{J_1J_3} +)\beta^2 + C_{12}C_{13} \frac{J_1 + J_2 + J_3}{J_1J_2J_3} = 0. \quad (11)$$

Розв'язуючи рівняння (11), знаходимо:

$$\beta_{1,2}^2 = \frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{2J_1J_2} + \frac{C_{13}(J_1 + J_3)}{2J_1J_3} \pm \sqrt{\left[\frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{2J_1J_2} + \frac{C_{13}(J_1 + J_3)}{2J_1J_3} \right]^2 - C_{12}C_{13} \frac{J_1 + J_2 + J_3}{J_1J_2J_3}}. \quad (12)$$

З огляду на початкові умови гальмування: при $t = 0$ $T_{(12)0} = T_2$; $\dot{T}_{(12)0} = 0$; $T_{(13)0} = T_3$; $\dot{T}_{(13)0} = 0$, приходимо до висновку, що постійні інтегрування B дорівнюють нулю. Тоді рішення системи рівнянь (4) можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} T_{12} &= A_{(12)1} \cos \beta_1 t + A_{(12)2} \cos \beta_2 t + a_{12}; \\ T_{13} &= A_{(13)1} \cos \beta_1 t + A_{(13)2} \cos \beta_2 t + a_{13}. \end{aligned} \quad (13)$$

Постійні інтегрування $A_{(12)1}$, $A_{(12)2}$ знаходимо, використовуючи систему рівнянь (4), (13) і початкові умови:

$$\begin{cases} A_{(12)1} + A_{(12)2} = T_{(12)0} - a_{12}; \\ -\beta_1^2 A_{(12)1} - \beta_2^2 A_{(12)2} = \beta_1^2 T_{(12)0} - C_{12} \left(\frac{T_{(23)0}}{J_2} + \frac{T_2}{J_2} + \frac{T_T}{J_1} \right). \end{cases} \quad (14)$$

Для знаходження постійних інтегрування $A_{(13)1}$, $A_{(13)2}$ алогічно можна одержати:

$$\begin{cases} A_{(13)1} + A_{(13)2} = T_{(13)0} - a_{13}; \\ -\beta_1^2 A_{(13)1} - \beta_2^2 A_{(13)2} = \beta_1^2 T_{(13)0} + C_{13} \left(\frac{T_{(12)0}}{J_1} + \frac{T_T}{J_1} - \frac{T_3}{J_3} \right). \end{cases} \quad (15)$$

У системі рівнянь (14), (15) прийнято:

$$\beta_{12}^2 = \frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{J_1J_2}; \quad \beta_{13}^2 = \frac{C_{13}(J_1 + J_3)}{J_1J_3}. \quad (16)$$

Використовуємо наступну заміну в рівняннях (14), (15):

$$\begin{aligned}
A_1 &= \beta_{12}^2 T_{(12)0} + C_{12} \left(\frac{T_{(13)0}}{J_1} + \frac{T_T}{J_1} - \frac{T_2}{J_2} \right); \\
A_2 &= \beta_{13}^2 T_{(13)0} - C_{13} \left(\frac{T_{(12)0}}{J_1} + \frac{T_T}{J_1} - \frac{T_3}{J_3} \right).
\end{aligned} \quad (17)$$

З огляду на (16) і початкові умови ($T_{(12)0} = T_2$, $T_{(13)0} = T_3$), знаходимо:

$$A_1 = \frac{C_{12}}{J_1} (T_2 + T_3 + T_T); \quad A_2 = \frac{C_{13}}{J_1} (T_2 + T_3 + T_T). \quad (18)$$

Тоді розв'язок системи рівнянь (14), (15) можна представити у вигляді:

$$A_{(12)1} = \frac{\Delta A_{(12)1}}{\Delta A_{12}}; \quad A_{(12)2} = \frac{\Delta A_{(12)2}}{\Delta A_{12}}; \quad (19)$$

$$A_{(13)1} = \frac{\Delta A_{(13)1}}{\Delta A_{13}}; \quad A_{(13)2} = \frac{\Delta A_{(13)2}}{\Delta A_{13}}; \quad (20)$$

$$\text{де} \quad \Delta A_{12} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ -\beta_1^2 & -\beta_2^2 \end{vmatrix} = \beta_1^2 - \beta_2^2; \quad (21)$$

$$\Delta A_{(12)1} = \begin{vmatrix} T_2 - a_{12} & 1 \\ A_1 & -\beta_2^2 \end{vmatrix} = -(T_2 - a_{12})\beta_2^2 - A_1; \quad (22)$$

$$\Delta A_{(12)2} = \begin{vmatrix} 1 & T_2 - a_{12} \\ -\beta_1^2 & A_1 \end{vmatrix} = A_1 + (T_2 - a_{12})\beta_1^2; \quad (23)$$

$$\Delta A_{13} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ -\beta_1^2 & -\beta_2^2 \end{vmatrix} = \beta_1^2 - \beta_2^2; \quad (24)$$

$$\Delta A_{(13)1} = \begin{vmatrix} T_3 - a_{13} & 1 \\ A_2 & -\beta_2^2 \end{vmatrix} = -(T_3 - a_{13})\beta_2^2 - A_2; \quad (25)$$

$$\Delta A_{(13)2} = \begin{vmatrix} 1 & T_3 - a_{13} \\ -\beta_1^2 & A_2 \end{vmatrix} = A_2 + (T_3 - a_{13})\beta_1^2. \quad (26)$$

Максимальні величини моментів сил пружності T_{12max} , T_{13max} , що виникають у механізмах круглов'язальної машини при гальмуванні, визначаються із умов [6]:

$$T_{12max} = |A_{(12)1}| + |A_{(12)2}| + |a_{12}|; \quad T_{13max} = |A_{(13)1}| + |A_{(13)2}| + |a_{13}|. \quad (27)$$

Коефіцієнти динамічних перевантажень механізмів машини при гальмуванні визначаються з рівнянь:

$$K_{12} = \frac{T_{12max}}{T_2}; \quad K_{13} = \frac{T_{13max}}{T_3}, \quad (28)$$

де K_{12} - коефіцієнт динамічних перевантажень товароприйомного механізму;

K_{13} - коефіцієнт динамічних перевантажень механізму в'язання.

Оцінимо вплив привода з фрикційною зчіпною муфтою (рис. 1) на динамічні навантаження товароприйомного механізму, що виникають при гальмування круглов'язальної машини КО-2, вихідними параметрами (приведені до вертикального приводного валу) якої є [3]: $T_T = 5,85$ Нм; $T_2 = 7,48$ Нм; $T_3 = 30,09$ Нм; $J_1 = 0,014$ кгм²; $J_2 = 0,075$ кгм²; $J_3 = 0,061$ кгм²; $C_{12} = 44246$ Нм/рад; $C_{13} = 8849$ Нм/рад.

Виконавши розрахунки згідно з приведеним вище методом одержуємо:
 $T_{12max} = 35,97 \text{ Нм}$; $T_{13max} = 30,9 \text{ Нм}$. При цьому динамічні перевантаження механізмів машини становлять: $K_{12} = 4,8$; $K_{13} = 1,03$.

Як видно з отриманих результатів, використання запропонованого привода в складі круглов'язальної машини КО-2 дозволяє в 2,2 рази знизити динамічні навантаження, які виникають у товароприйомному механізмі при гальмуванні [3].

Висновки. Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- конструкція приводу круглов'язальної машини суттєво впливає на динамічні навантаження товароприйомного механізму, що виникають в процесі гальмування;
- використання приводу круглов'язальної машини КО-2 з фрикційною зчіпною муфтою дозволяє більш ніж в 2 рази знизити динамічні навантаження, що виникають у товароприйомному механізмі при гальмуванні;
- проблему зниження динамічних навантажень товароприйомного механізму, зумовлених гальмуванням, можна і доцільно вирішувати шляхом удосконалення приводів круглов'язальних машин.

Література

1. Хомяк О.Н. Повышение эффективности работы вязальных машин /О.Н. Хомяк, Б.Ф. Пипа. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 208 с.
2. Піпа Б.Ф. Механізми відтяжки та накатування полотна круглов'язальних машин /Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, О.Ю. Олійник. – К: КНУТД, 2009. – 234 с.
3. Піпа Б.Ф. Наукові основи проектування та удосконалення систем гальмування круглов'язальних машин /Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, Г.І. Павленко. – К: КНУТД, 2003. – 208 с.
4. Піпа Б.Ф. Динаміка круглов'язальних машин /Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, Г.І. Павленко. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.
5. Піпа Б.Ф. Приводи круглов'язальних машин (нові розробки та елементи розрахунку) /Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, А.І. Марченко. – К: КНУТД, 2007. – 400 с.
6. Кожевников С.Н. Динамика машин с упругими звеньями. – К.: Изд-во АН УССР, 1961. – 190 с.

References

1. Khomyak O.N. & Pipa B.F. (1990). *Povyshenie effektivnosti raboty vyazal'nykh mashin* [Increase the efficiency of knitting machines]. Moscow: Legprombytizdat
2. Pipa B.F., Khomiak O.M. & Oliinyk O. Yu. (2009). *Mekhanizmy vidtiazhky ta nakatuvannia polotna kruhlov'iazal'nykh mashyn* [Mechanisms of drawing and rolling of canvases of circular knitting machines]. Kiev: KNUTD [in Ukraine].
3. Pipa B.F., Khomiak O.M. & H.I. Pavlenko (2003). *Naukovi osnovy proektuvannia ta udoskonallennia sistem halmuvannia kruhlov'iazal'nykh mashyn* [Scientific fundamentals of designing and improving braking systems of circular knitting machines]. Kiev: KNUTD [in Ukraine].
4. Pipa B.F., Khomiak O.M. & H.I. Pavlenko (2005). *Dynamika kruhlov'iazal'nykh mashyn* [Dynamics of circular knitting machines]. Kiev: KNUTD [in Ukraine].
5. Pipa B.F., Khomiak O.M. & Marchenko A.I. (2007). *Pryvody kruhlov'iazal'nykh mashyn (novi rozrobky ta elementy rozrakhunku)* [Circular knife drives (new developments and calculation elements)] . Kiev: KNUTD [in Ukraine].
6. Kozhevnikov S.N. (1961). *Dinamika mashin s uprugimi zven'yami* [Dynamics of machines with elastic links]. Kiev: Izd-vo AN USSR

**СНИЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ТОВАРОПРИЙОМНОГО
МЕХАНИЗМА, ВЫЗВАННЫХ ТОРМОЖЕНИЕМ КРУГЛОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ**
ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Е.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование влияния конструкции привода кругловязальной машины на снижение динамических нагрузок товароприёмного механизма, возникающих при торможении.

Методика. Использованы современные методы теоретических исследований, основанные на теории динамики механических систем с упругими связями.

Результаты. Разработана новая конструкция привода кругловязальной машины, способного отключать основные вращающиеся массы от механизмов машины при торможении, и метод исследования динамики торможения кругловязальной машины с таким приводом. Установлено, что использование предложенного привода в составе кругловязальной машины КО-2 позволяет более чем в 2 раза снизить динамические нагрузки, возникающие в товароприёмном механизме при торможении.

Научная новизна. Разработан метод определения динамики торможения кругловязальной машины с приводом, способным отключать основные вращающиеся массы от механизмов машины при торможении.

Практическая значимость. Разработан алгоритм и инженерный метод нахождения максимальных динамических нагрузок, возникающих в товароприёмном механизме при торможении кругловязальной машины с приводом, способным отключать основные вращающиеся массы от механизмов машины при торможении.

Ключевые слова: кругловязальная машина, товароприёмный механизм, привод кругловязальной машины, динамика товароприёмного механизма, динамические нагрузки, вызванные торможением.

**REDUCTION FOSTER THE MECHANISM DYNAMIC LOADS, DUE TO THE
DECELERATION CIRCULAR KNITTING MACHINES**

CHABAN V.V., KOROBCHENKO E.A.

Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. Research of influence of design drive the circular machine to reduce dynamic loads foster the mechanism occurring during braking.

Methodology. The use of modern methods of theoretical research, based on the theory of the dynamics of mechanical systems with elastic connections.

Findings. A new drive design circular knitting machine that can turn off the main rotating mass of the mechanisms of the machine under braking and braking dynamics research method circular knitting machine with a drive. It was found that the use of the proposed drive as a part of the circular machine KO-2 allows for more than 2 times to reduce the dynamic loads arising foster the mechanism braking.

Originality. A study of the dynamics of braking method circular knitting machine with a drive that can turn off the main rotating mass of the machine under braking mechanisms.

Practical value. The algorithm and the engineering method for finding the maximum dynamic loads occurring in braking foster the mechanism circular knitting machine with a drive that can turn off the main rotating mass of the machine under braking mechanisms.

Key words: knitting machine, foster the mechanism, drive the circular machine, the dynamics foster the mechanism, the dynamic loads caused by braking.

УДК 685.34.01

ЧУПРИНКА В.І., ЗЕЛІНСЬКИЙ Г.Ю., ЧУПРИНКА Н.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОВ ІНТЕРАКТИВНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТА КОРИГУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ ЩІЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ПЛОСКИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Мета. Удосконалити метод інтерактивного проектування та коригування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області.

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

Результати. При аналізі методів інтерактивного проектування та коригування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області було виявлено деякі недоліки цих методів. В роботі був запропонований удосконалений метод інтерактивного проектування та коригування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області.

Наукова новизна. Запропоновано метод інтерактивного проектування та коригування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області, який більш ефективний за існуючі.

Практична значимість. Результати теоретичних досліджень були реалізовані в програмний модуль для інтерактивного проектування та коригування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області.

Ключові слова: щільне розміщення, структурні компоненти, функція цілі, оптимізація, схема розкрою, метод променя, метод відрізків, програмне забезпечення.

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

При розкрої матеріалів прямокутної форми заданих розмірів на плоскі геометричні об'єкти часто доводиться застосовувати несистемне розміщення деталей. Тому побудувати ефективні решітчасті (системні) схеми розкрою[1] в автоматичному режимі не завжди вдається. Крім того бажано мати можливість коригувати побудовані розкрійні схеми в інтерактивному режимі.

Постановка завдання. Провести аналіз існуючих методів інтерактивного проектування та коригування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області та розробити удосконалений метод інтерактивного проектування та коригування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області.

Результати досліджень. При інтерактивній побудові раціональних схем розміщення нам потрібно контролювати взаємне положення активного плоского геометричного об'єкта з уже розміщеними об'єктами. Алгоритм контролю взаємного положення плоских геометричних об'єктів повинен забезпечувати: не перетин плоского геометричного об'єкта, що розміщується, з уже розміщеними плоскими геометричними об'єктами. У роботах [2-3]

розглядається алгоритм інтерактивної побудови схем розміщення з використанням методу трасування променю та методу кутів[5]. Ці алгоритми мають істотний недолік при визначенні взаємного розміщення плоских геометричних об'єктів. Вони ґрунтуються на наступному твердженні: два багатокутники не перетинаються, якщо жодна вершина першого багатокутника не знаходиться всередині другого багатокутника і жодна вершина другого багатокутника не знаходиться всередині першого багатокутника. Це твердження справедливо в більшості випадків, але можуть бути винятки (рис.1).

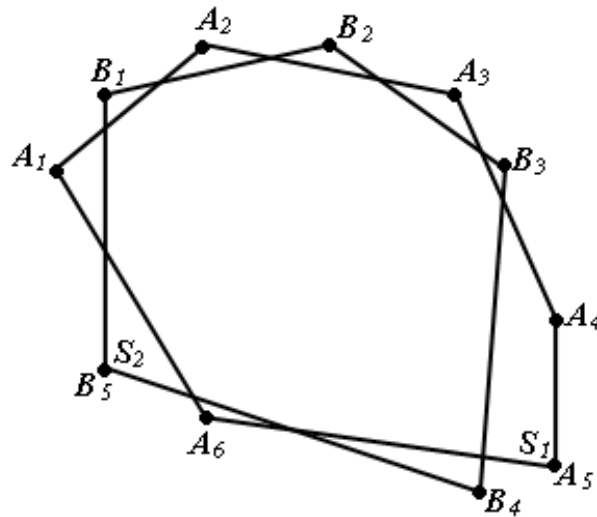


Рис.1. Положення вершин зовнішніх контурів плоских геометричних об'єктів не завжди визначає їх взаємне розташування

В роботі [4] запропоновано для визначення взаємного не перетину двох плоских геометричних об'єктів використовувати метод відрізків. Він ґрунтується на наступному припущенні: якщо жодна сторона зовнішньої границі одного багатокутника не має точок перетину зі сторонами другого багатокутника, то ці багатокутники не перетинаються. Але є випадки, коли метод відрізків не працює. Деякі з них представлені на рис. 2, хоча метод трасування променю в цих випадках добре працює. У випадках, коли не працює метод трасування променю (рис. 1) добре працює метод відрізків.

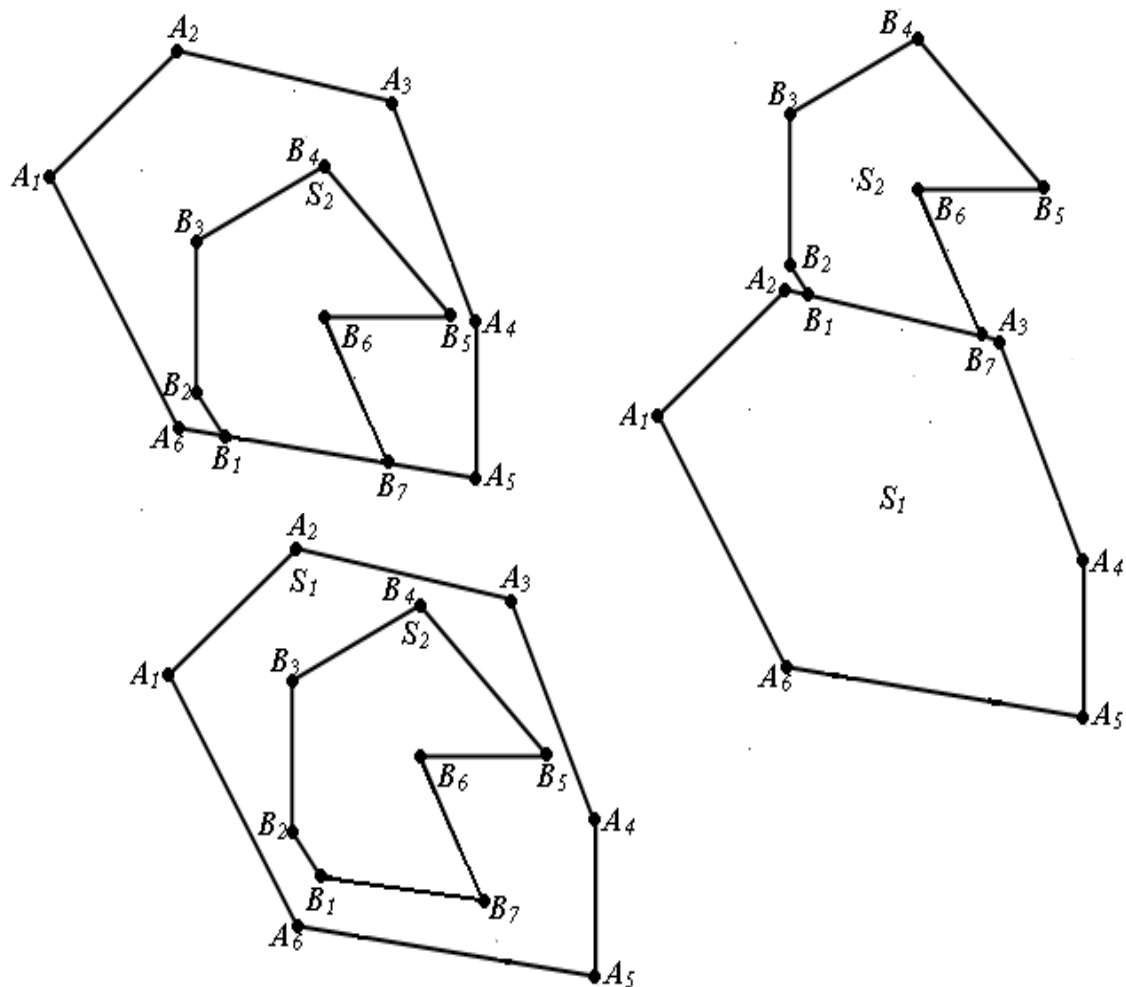


Рис. 2. Деякі випадки, коли метод відрізків не працює

Для виходу з ситуації, що склалася, пропонується наступний триступеневий алгоритм визначення взаємного розташування двох плоских геометричних об'єктів. На першому етапі розглядається взаємне розташування прямокутників зі сторонами паралельними осям системи координат, з прямокутною областю (рис.3) і описаних навколо цих плоских геометричних об'єктів. З малюнка очевидно:

- що плоскі геометричні об'єкти не перетинаються, якщо прямокутники, описані навколо їх, не перетинаються (рис.3.а);
- для перетину плоских геометричних об'єктів необхідно, щоб прямокутники, описані навколо цих об'єктів, перетиналися (рис. 3.б). Але це не є достатньою умовою (рис.3.в).

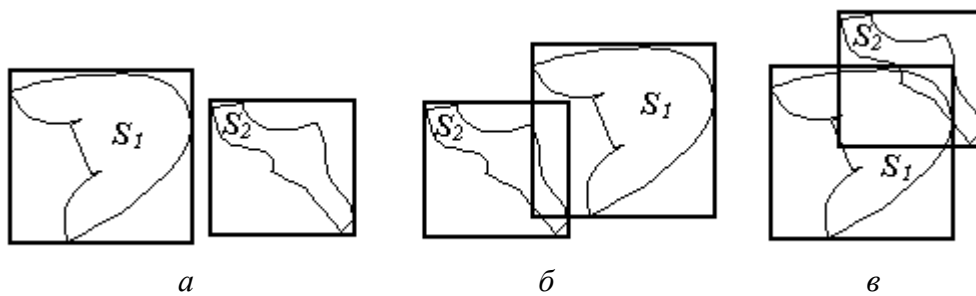


Рис.3. Взаємне розташування плоских геометричних об'єктів S_1 , S_2 і прямокутників, описаних в них

Визначимо умови перетину прямокутників, описаних навколо двох плоских геометричних об'єктів S_i і S_a , взаємне розташування котрих нам потрібно визначити (рис. 4).

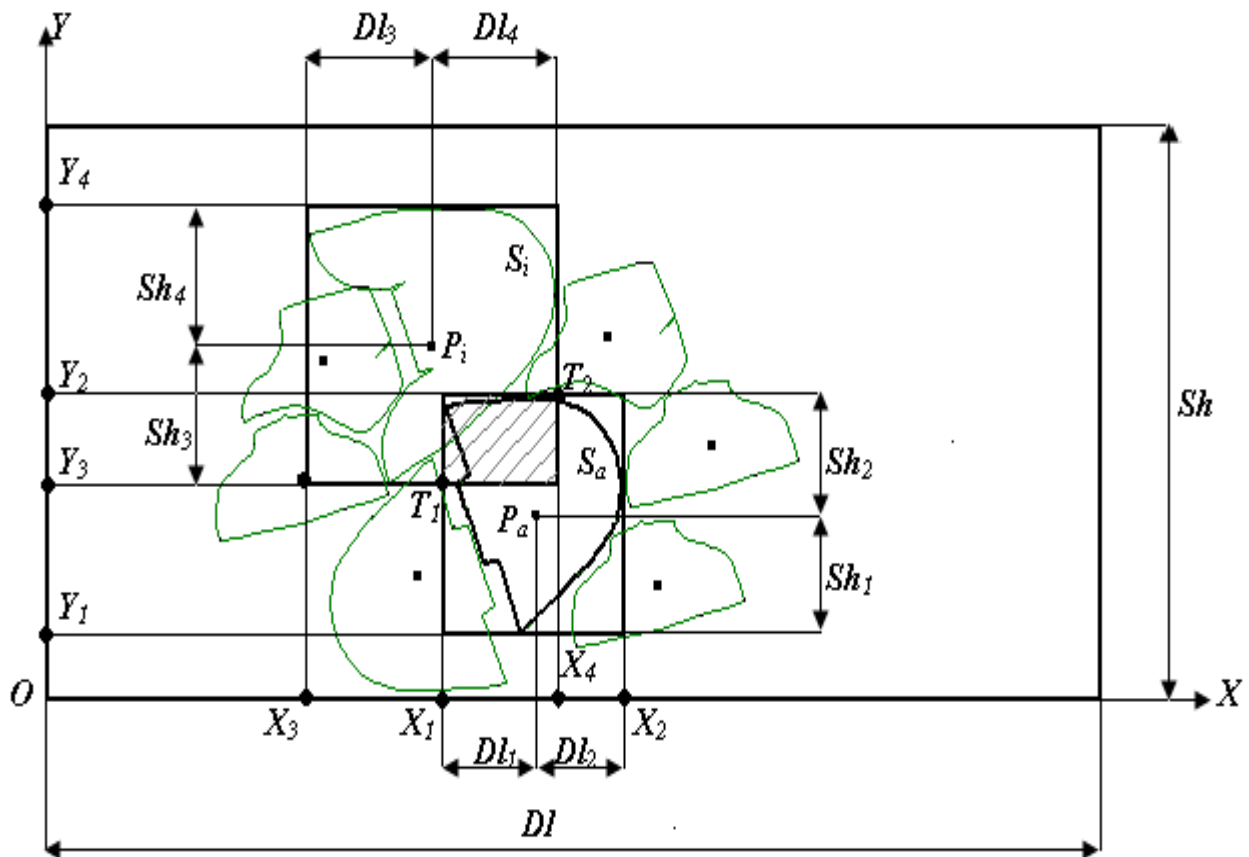


Рис. 4. Визначення взаємного розташування прямокутників, описаних навколо плоских геометричних об'єктів S_i і S_a

Як видно з рис. 4 прямокутники, описані навколо плоских геометричних об'єктів S_i і S_a перетинаються, утворюючи спільний заштрихований прямокутник з нижнім лівим кутом в вершині $T_1(X_1, Y_3)$ і верхнім правим кутом в вершині $T_2(X_4, Y_2)$. Очевидно, цей прямокутник існує тоді і тільки тоді, коли виконуються наступні умови:

$$\begin{cases} X_1 < X_4 \\ Y_3 < Y_2 \end{cases} \text{ або } \begin{cases} X_{p_a} - Dl_1 < X_{p_i} + Dl_4 \\ Y_{p_i} - Sh_3 < Y_{p_a} + Sh_{24} \end{cases}, \text{ де } Pa(X_{p_a}, Y_{p_a}) \text{ и } P_i(X_{p_i}, Y_{p_i}). \quad (1)$$

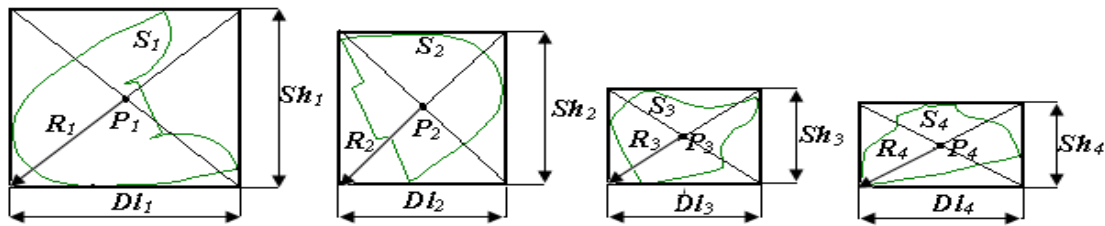


Рис. 5. Визначення радіуса описаного кола навколо плоского геометричного об'єкта

Нехай плоскі геометричні об'єкти S_i і S_a представляються координатами вершин апроксимуючих багатокутників відповідно наступним чином $S_i(X_{ij}, Y_{ij})$, $j=1, 2, \dots, N_i$ і $S_a(Xa_k, Ya_k)$, $k=1, 2, \dots, Na$. Тоді

$$\begin{aligned} X_1 &= \min\{Xa_k\} + Xp_a & Y_1 &= \min\{Ya_k\} + Yp_a \\ X_2 &= \max\{Xa_k\} + Xp_a & Y_2 &= \max\{Ya_k\} + Yp_a \\ X_3 &= \min\{X_{ij}\} + Xp_i & Y_3 &= \min\{Y_{ij}\} + Yp_i \\ X_4 &= \max\{X_{ij}\} + Xp_i & Y_4 &= \max\{Y_{ij}\} + Yp_i \end{aligned}, \text{ де } k=1, 2, \dots, Na \text{ і } j=1, 2, \dots, N_i$$

$$\begin{aligned} X_1 &= \max\{\min\{Xa_k\} + Xp_a, \min\{X_{ij}\} + Xp_i\} \\ X_4 &= \min\{\max\{Xa_k\} + Xp_a, \max\{X_{ij}\} + Xp_i\} \\ Y_3 &= \max\{\min\{Ya_k\} + Yp_a, \min\{Y_{ij}\} + Yp_i\} \\ Y_2 &= \min\{\max\{Ya_k\} + Yp_a, \max\{Y_{ij}\} + Yp_i\} \end{aligned}$$

Так як , то умова (1) перетину двох описаних

прямокутників навколо плоских геометричних об'єктів можна представити таким чином:

$$\begin{aligned} \max\{\min\{Xa_k\} + Xp_a, \min\{X_{ij}\} + Xp_i\} &< \min\{\max\{Xa_k\} + Xp_a, \max\{X_{ij}\} + Xp_i\} \\ \max\{\min\{Ya_k\} + Yp_a, \min\{Y_{ij}\} + Yp_i\} &< \min\{\max\{Ya_k\} + Yp_a, \max\{Y_{ij}\} + Yp_i\} \end{aligned} \quad (2)$$

У разі, якщо умова (2) виконана, то можливо що плоскі геометричні об'єкти S_i і S_a перетинаються. Для перевірки перетину ми використовуємо метод трасування променю. Якщо метод трасування променю не підтвердив перетин плоских геометричних об'єктів S_i і S_a , то для уникнення випадку, представленого на рис.1, перевіримо перетин цих об'єктів за допомогою методу відрізків.

Для того, щоб не перевіряти, чи перетинається активний плоский геометричний об'єкт S_a з усіма вже розміщеними в прямокутній області Ω плоскими геометричними об'єктами S_i , виділимо область навколо полюса активного плоского геометричного об'єкта S_a у вигляді кола радіуса R , в яку потрапляють полюси всіх підозрілих на перетин плоских геометричних об'єктів S_i з активним плоским геометричним об'єктом S_a (рис. 5). Плоскі геометричні об'єкти, полюси яких потрапили в коло радіуса R і з центром в полюсі активного плоского геометричного об'єкта S_a , будуть підозрілими на перетин з активним плоским геометричним об'єктом S_a . Для визначення величини радіуса визначимо радіус описаного кола навколо кожного з допустимих плоских геометричних об'єктів (рис. 6) та знайдемо найбільший із них.

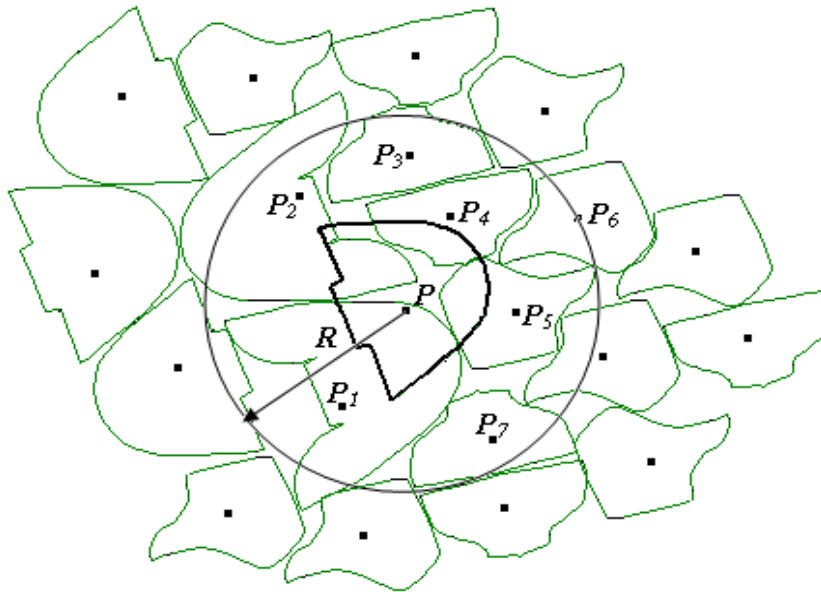


Рис. 6. Визначення зони, де можливі перетини вже розміщених плоских геометричних об'єктів з активним плоским геометричним об'єктом S_a

Очевидно, що він дорівнює:

$$R_i = \frac{\sqrt{Dl_i^2 + Sh_i^2}}{2} = \frac{\sqrt{(\max\{X_{ij}\} - \min\{X_{ij}\})^2 + (\max\{Y_{ij}\} - \min\{Y_{ij}\})^2}}{2},$$

де $i=1,2..q$ и $j=1,2..N_i$. Тоді $R = \max\{R_i\}$.

Аналітичний опис умов взаємного не перетину плоских геометричних об'єктів з границею прямокутної області Ω . Прямокутну область Ω можна описати наступною системою нерівностей:

$$\Omega: \begin{cases} 0 \leq X \leq Dl \\ 0 \leq Y \leq Sh \end{cases}.$$

Очевидно, що якщо полюс P_a активного плоского геометричного об'єкта S_m знаходиться всередині заштрихованого прямокутника (рис. 7), то цей об'єкт не буде виходити за межі прямокутної області. Нехай координати полюса P_a визначаються як $P_a(Xp, Yp)$. Тоді умови взаємного не перетину активного плоского геометричного об'єкта S_m з границею прямокутної області можна представити в такий спосіб (рис.7):

$$\begin{cases} Dl_1^m \leq Xp_a \leq Dl - Dl_2^m \\ Sh_1^m \leq Yp_a \leq Sh - Sh_2^m \end{cases}, \quad \text{або} \quad \begin{cases} \min\{X_{mj}\} \leq Xp_a \leq Dl - \max\{X_{mj}\} \\ \min\{Y_{mj}\} \leq Yp_a \leq Sh - \max\{Y_{mj}\} \end{cases}$$

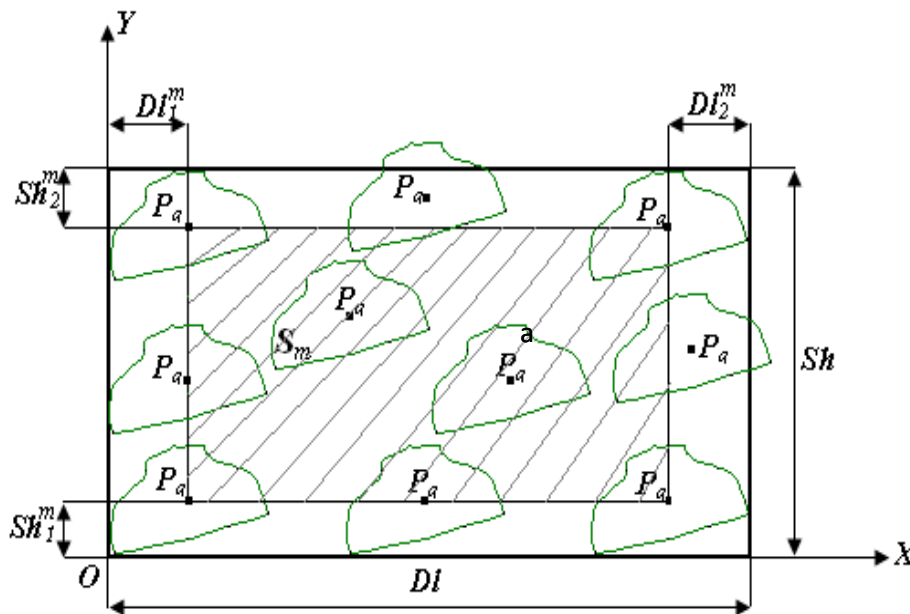


Рис. 7. Визначення розташування плоского геометричного об'єкта щодо прямокутної області Ω

Запропонований метод інтерактивного проектування і коригування схем щільних суміщень плоских геометричних об'єктів був реалізований в програмний продукт. Програмний продукт, реалізований в середовищі програмування C++ Bullder для операційної системи Windows. Приклад спроектованої в автоматичному режимі схеми щільних суміщень плоских геометричних об'єктів у прямокутній області . після її інтерактивного коригування представлено на рис. 8.

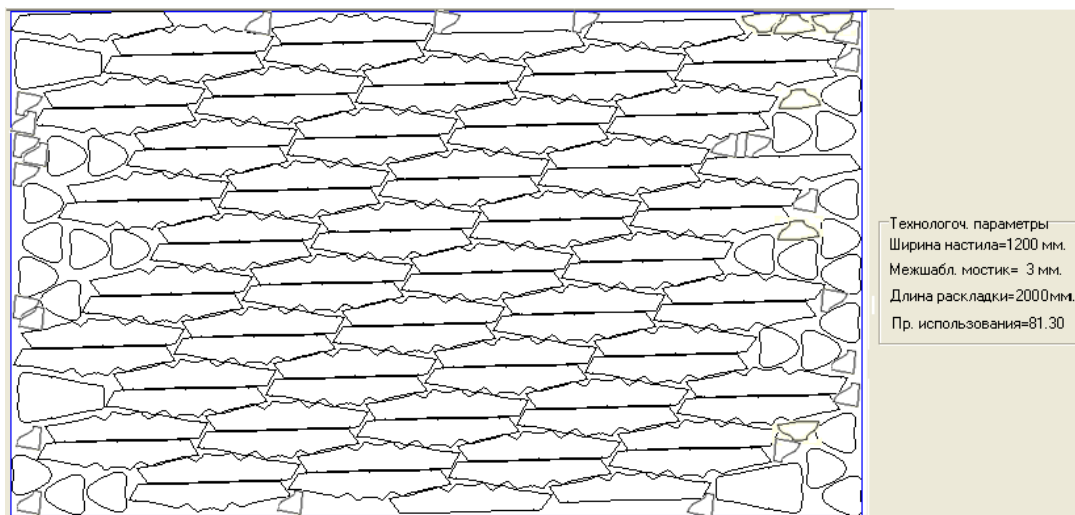


Рис. 8. Спроектована в автоматичному режимі схема щільного суміщення плоских геометричних об'єктів після її інтерактивного коригування

Врахування міжшаблонного містка Δ між плоского геометричного об'єктами при інтерактивному проектуванні схеми їх щільних суміщень у прямокутній області відбувається за рахунок того, що замість плоских геометричних об'єктів ми розглядаємо образи цих

об'єктів. Образ плоского геометричного об'єкту представляє собою зовнішню еквідистанту до плоского геометричного об'єкту на відстані $\Delta/2$ [6].

Аналіз отриманих результатів розрахунків параметрів щільних суміщень плоских геометричних об'єктів в прямокутній області Ω довів ефективність інтерактивного коригування схем щільного суміщення, спроектованих в автоматичному режимі.

Висновки. В результаті аналізу недоліків алгоритмів інтерактивного проектування і коригування схем щільних суміщень плоских геометричних об'єктів був запропонований удосконалений метод інтерактивного проектування і коригування схем щільних суміщень плоских геометричних об'єктів. Це дозволило розробити програмне забезпечення для метод інтерактивного проектування і коригування схем щільних суміщень плоских геометричних об'єктів.

Література

1. Chuprynka V.I. Method of construction of lattice pilings of two plane geometric object with different configurations of outer contours/ V.I. Chuprynka, G.Y. Zelinsky, N.V. Chuprynka // The scientific heritage – 2017, – №8, Vol. 1, P. 100-109
2. Чупринка В.І. Інтерактивна побудова схем розкрою / В.І. Чупринка, О.Т. Волошин, О.В. Комарницька // Вісник ДАЛПУ. – №1. – 2000. – С. 86-89.
3. Чупринка В.І. Інтерактивне коригування розкрійних схем, що побудовані в автоматичному режимі / В.І. Чупринка, О.З. Колиско // Вісник Хмельницького національного університету – 2006. – №1, Ч1. – С. 76-79.
4. Чупринка В.І. Алгоритм інтерактивної побудови та коригування схем розкрою / В.І. Чупринка, О.В. Чебанюк // Вісник КНУТД. – 2007. – №1. – С. 31-35.
5. Майк Ласло. Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++ / Ласло Майк. – М.: Бином. –1997. – 302 с.
6. Чупринка В.І. Удосконалення методу побудови еквідистанти для плоского геометричного об'єкту довільної форми /В.І. Чупринка, Г.Ю. Зелінський, Н. В. Чупринка // Вісник КНУТД «Технічні науки», – 2016. №4. – С. 34-41.

References

1. Chuprynka V.I., Zelinsky G.Y., Chuprynka N.V. (2017) Method of construction of lattice pilings of two plane geometric object with different configurations of outer contours. The scientific heritage no.8, Vol. 1, P. 100-109
2. Chuprynka V.I., Voloshyn T., Komarnytska O.V. (2000) *Interaktyvna pobudova skhem rozkroiu* [Interactive construction cutting plans] Visnyk DALPU. No.1. p. 86-89.
3. Chuprynka V.I., Kolysko O.Z. (2006) *Interaktyvne koryhuvannya rozkriynykh skhem, shcho pobudovani v avtomatychnomu rezhymi* [Interactive correction of cutting schemes built in automatic mode] Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu no.1, P. 76-79.
4. Chuprynka V.I., Chebaniuk O.V. (2007) *Alhorytm interaktyvnoi pobudovy ta koryhuvannya skhem rozkroiu* [The algorithm of interactive construction and adjustment of schemes of cutting] Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series» no.1. P. 31-35.
5. Laslo M. (1997) *Vychislitel'naya geometriya i komp'yuternaya grafika na* [Computational geometry and computer graphics on C++] M.: Binom. 302 p.
6. Chuprinka V.I., Zelinskiy G.Yu., . Zelinskiy N. V. (2016) *Udoskonalennya metodu pobudovi ekvidistanti dlya ploskogo geometrichnogo ob'iektu dovilnoi formi* [Improvement of the method of construction of the equidistant constant for a flat geometric object of arbitrary shape] Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series» no.4. P. 34-41.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕРАКТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОРРЕКТИРОВКИ РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ПЛОТНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПЛОСКИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

ЧУПРИНКА В.И., ЗЕЛИНСКИЙ Г.Ю., ЧУПРИНКА Н.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Усовершенствовать методы интерактивного проектирования и корректировки рациональных схем плотного размещения плоских геометрических объектов в прямоугольной области.

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

Результаты. При анализе методы интерактивного проектирования и корректировки рациональных схем плотного размещения плоских геометрических объектов в прямоугольной области были выявлены некоторые недостатки этих методов. В работе был предложен усовершенствованный метод интерактивного проектирования и корректировки рациональных схем плотного размещения плоских геометрических объектов в прямоугольной области.

Научная новизна. Предложен метод интерактивного проектирования и корректировки рациональных схем плотного размещения плоских геометрических объектов в прямоугольной области, который более эффективен, чем существующие.

Практическая значимость. Результаты теоретических исследований были реализованы в программный модуль для интерактивного проектирования и корректировки рациональных схем плотного размещения плоских геометрических объектов в прямоугольной области.

Ключевые слова: плотное размещение, структурные компоненты, функция цели, оптимизация, схема раскроя, метод лучу, метод отрезков, программное обеспечение.

IMPROVEMENT OF METHODS FOR THE INTERACTIVE DESIGN AND CORRECTION OF RATIONAL SCHEMES FOR THE DENSE PLACEMENT OF FLAT GEOMETRIC OBJECTS

CHUPRYNKA V.I., ZELINSKY G.U., CHUPRYNKA N.V.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. To improve methods of interactive design and correction of rational schemes for the dense placement of flat geometric objects in a rectangular area.

Methodology. Applied methods of analytical geometry and mathematics for designing and correcting rational schemes for the dense placement of flat geometric objects in a rectangular area.

Findings. In the process of analyzing methods for interactive design and correction rational schemes for the dense placement of flat geometric objects in a rectangular area were revealed some disadvantages of these methods. This work proposed an improved method for interactive design and correction of rational schemes for the dense placement of flat geometric objects in a rectangular area.

Originality. Proposed a method for interactive design and correction of rational schemes for the dense placement of flat geometric objects in a rectangular area, which is more efficient than existing ones.

Practical significance. The results of theoretical research were implemented in a software module for interactive design and correction of rational schemes for the dense placement of flat geometric objects in a rectangular area.

Key words: dense placement, structural components, objective function, optimization, cutting scheme, beam method, segment method, software.

УДК 621.31

ДЕНИСЮК С.П., ВАСИЛЕНКО В.І.

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

ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ БЮДЖЕТНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ ТА УСТАНОВ ЯК ОБ'ЄКТІВ ТЕХНОЦЕНОЗУ

Мета. В статті розглянуто проблеми ефективного використання енергетичних ресурсів. Визначені переваги створення інтелектуальних мереж з технологією Smart Grid, застосування відновлюваних джерел.

Методика. Розглянуто основні положення техноценологічної теорії. Проаналізовано необхідність та особливості реалізації системного підходу до задач оптимізації енергетичної системи.

Результати. Наведено аналіз статистичних даних по енергоспоживанню бюджетних організацій та установ Солом'янського району м. Києва з використанням теорії техноценозу.

Наукова новизна. Представлено алгоритм проведення рангового аналізу для прогнозу енергоспоживання бюджетних організацій та установ.

Практична значимість. Розглянуті питання управління енергоспоживання з використанням методів оцінки потенціалу енергозбереження бюджетних організацій та установ Солом'янського району м. Києва з використанням теорії техноценозу.

Ключові слова: підвищення енергетичної ефективності, Smart Grid, системний підхід, техноценоз, ценологічний підхід, ранговий аналіз.

Вступ. Підвищення ефективності енергопостачання, реалізація концепції сталої «зеленої» енергетики вимагає розробки методичного забезпечення, заснованого на нових підходах проектування та експлуатації систем енергопостачання з використанням рангового розподілу і практичної реалізації використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії (НВДЕ). Моделі і практика розвитку систем генерації на основі НВДЕ обмежуються більшою вартістю обсягів генерації електричної енергії, більшою тривалістю узгодження технологічного приєднання і тривалістю процесу введення в експлуатацію електроустановок для споживачів, особливостями споживання електроенергії під час доби, особливості виду відновлюваної ресурсу [1 – 3].

В результаті зміни технічних систем виник ряд важливих питань, пов'язаних з їх організацією та управлінням. Системний підхід як метод дослідження для вирішення проблем, що виникають при створенні, побудові, формуванні сучасних технічних систем, дозволяє нетривіальним чином описати їх і може дати великі практичні результати: можливість управління формуванням технічних систем на основі пізнаних об'єктивних закономірностей [4].

Розробка системного підходу – це необхідність, зумовлена суттєвим ускладненням задач структурної організації та управління в енергетиці в умовах реформування, зростаючого попиту на енергетичні послуги в їх кількісному і якісному вигляді, статусом споживача, який став активним суб'єктом організаційно-господарських відносин, новими вимогами, що висувуються суспільством до концепції інтелектуалізації енергетики – концепції Smart Grid [2, 5].

Основу енергозбереження в енергетиці становить планомірна реалізація комплексу технічних і технологічних заходів, яким повинна передувати оптимізація енергоспоживання інфраструктури на системному рівні. Її метою є впорядкування споживання енергоресурсів

об'єктами інфраструктури, економія спрямованих на оплату за спожиту електроенергію коштів, отримана за рахунок організаційних заходів, а також створення науково обґрунтованих передумов для проведення цілеспрямованих енергетичних обстежень з подальшою реалізацією технічних і технологічних заходів з енергозбереження [6].

Разом із сформованими системними дослідженнями технічних систем доцільно їх вивчення як спільнот виробів – техноценозів, що передбачає застосування ряду понять, які використовуються об'єктивною закономірністю, що має загальний характер [4].

Постановка завдання. Термін «техноценоз» і ценологічний підхід до дослідження складних технічних систем запропонований професором Б.І. Кудріним, де техноценоз визначається як штучна система, спільнота виробів зі слабкими зв'язками і єдиними цілями, обмежена в часі і просторі. Універсальність ценологічного підходу і сформульованого на його основі закону оптимальної побудови техноценозу дозволяє застосовувати їх для бюджетних організацій та установ [7 – 9].

Дослідження техноценозу – це дослідження цілого, конкретного об'єкта, що має інтегративні властивості, дослідження, що припускає рух від цілого до частин при вивченні дуже складних імовірнісних технічних систем [4, 9].

Однак слід зазначити, що техноценоз, безумовно, система техногенного походження, і підприємства (міста) можна досліджувати як системи певного типу, сам ценоз не є системою. Ценологічні уявлення спираються на третю наукову картину світу, а системний підхід, системний аналіз, системні дослідження, системотехніка – на детерміновані уявлення першої і ймовірнісні – другої наукової картини світу.

Для проведення оптимізації техноценозу відповідно з побудованими графіками розподілу необхідно визначити оптимальний розподіл. Багаторічний досвід дослідження техноценозів в різних областях людської діяльності показує що, оптимальною є така конфігурація системи, яка аналітично описується двопараметричним апроксимуючим виразом рангового розподілу. Енергоспоживання об'єкта $W(x)$ у якості основи для побудови рангового параметричного H -розподілу визначається, як:

$$W(x) = \frac{W_1}{r^\beta}, \quad (1)$$

де r – ранг об'єкту; β – показник, який визначає ступінь крутизни кривої розподілу; $W_1 = W_{\max}(1)$ – константа, за яку приймається максимальне значення найбільш крупного споживача.

$$\beta = \log_r \frac{W_1}{W(x)}. \quad (2)$$

Найкращим вважається такий стан техноценозу, при якому параметр знаходиться в межах $0,5 \leq \beta \leq 1,5$. Відповідно до зазначеного виразу можна визначити деякий діапазон оптимальних станів системи і графічно відобразити його у вигляді якоїсь смуги на графіку рангового розподілу [10].

Таблиця 1.

Параметри апроксимуючих кривих бюджетних організацій та установ Солом'янського району за 2016 рік

Вид енергетичного ресурсу	Параметри розподілу		Аналітична залежність
	$W_{\max}(1)$	β	
По споживанню електричної енергії	231854	0,711	$\frac{231854}{r^{0,711}}$
По споживанню теплової енергії	1297,65	0,625	$\frac{1297,65}{r^{0,625}}$

Поширюючи на бюджетні організації поняття великі системи (і не відділяючи його від поняття складні), можна стверджувати, що вони характеризуються: великими розмірами – по кількості частин і виконуваних функцій; складністю поведінки як наслідком великого числа взаємозв'язків елементів; наявністю спільної мети; статистичним розподілом надходження зовнішніх впливів; конкуруючим, змагальним характером підсистем; автоматизацією та інформатизацією процесу функціонування; великими термінами створення; входженням в якості елемента в системи більш високого порядку; можливістю розбиття на системи нижчого порядку. Багато що з теорії систем можна застосувати до теорії техноценоз. Техноценоз взагалі не ділиться на частини, а утворюється, і не частинами, а неподільними елементами, кожен з яких виконує одиничну кількість функцій, і ці функції слабо визначаються іншими (існує статистична незначимість зв'язків і взаємодій). Для ценоза відсутні (непридатні) ключові поняття теорії систем: вхід, вихід, зворотний зв'язок, коли, наприклад, технологічні процеси і агрегати представляються як множинні об'єкти управління, для яких характерне використання декількох регулюючих впливів для підтримання необхідного значення однієї вихідної змінної [11].

Результати дослідження. Дослідження ценозів як цілісності зводять до їх системного опису ієрархічною системою показників (що обов'язково для ідентифікації ценоза) і до структурного ценологічного опису.

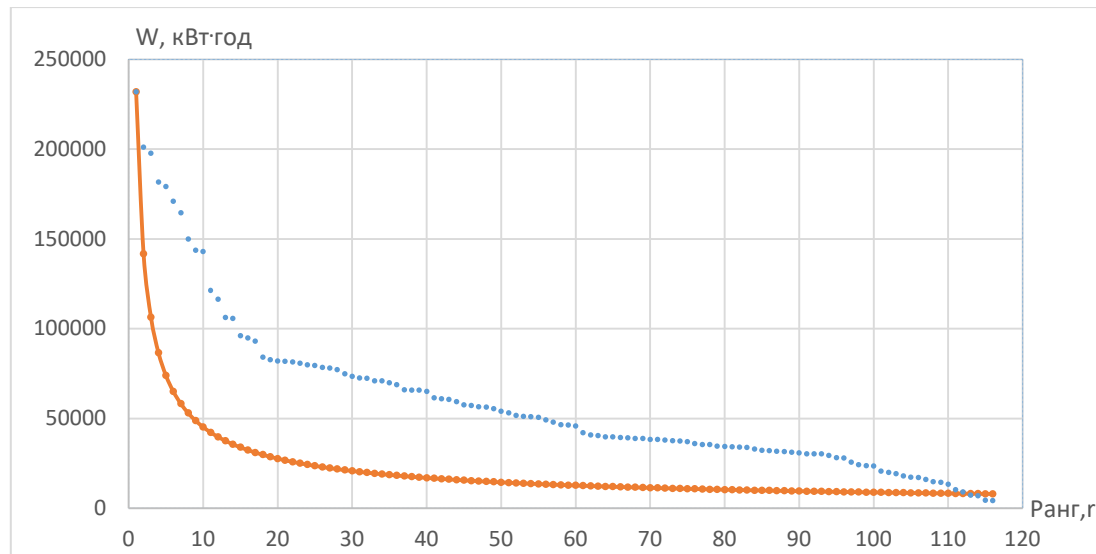


Рис. 1. Ранговий параметричний розподіл техноценозу по споживанню електричної енергії бюджетними організаціями та установами Солом'янського району за 2016 рік, точки – емпіричні дані, суцільна лінія – апроксимальна крива

На етапі статистичного аналізу і побудови емпіричної моделі процесу енергоспоживання здійснюється повномасштабна статистична обробка даних по споживанню енергетичних ресурсів, яка включає в себе інтервальне оцінювання, а також ранговий та кластерний аналіз. Рангові аналіз дозволяє упорядкувати інформацію, здійснити прогнозування енергоспоживання окремими об'єктами і інфраструктурою в цілому, інтервальне оцінювання виявляє в динаміці і наочно представляє об'єкти з аномальним енергоспоживанням. Кластерний аналіз дозволяє розбити об'єкти по групах і здійснити нормування енергоспоживання об'єктів в кожній групі з детальним статистичним описом отриманих норм [6].

Таблиця 2.

Табульований ранговий розподіл по електроспоживанню бюджетними організаціями та установами Солом'янського району за 2016 рік

Ранг	Назва особин	Споживання електричної енергії кВт/год
1	НБК, вул. Курська 15-А	231854
2	СЗШ №178, просп. Повітрофлотський 22	200994
3	СЗШ №177, вул. Курська 12	197557
4	СЗШ №318 вул. І. Пулюя 3-б	181647
5	СЗШ №115, вул. Кавказька 10	179149
...		...
...		...
...		...
112	ДНЗ №55, вул. Освіти 18-А	9003
113	ЦТТ «Юність», вул. В. Гетьмана 22-Б	7149
114	РМК, вул. Антонова 3	6928
115	ВСШ №20, вул. Металістів 19	4450
116	Технічний ліцей НТУУ "КПІ", вул. Міцкевича 7	4210

Побудова рангового-параметричного розподілу здійснюється на основі даних по енергоспоживанню для 116 об'єктів бюджетних організацій та установ Солом'янського району за період з 01.01.2016 року по 01.01.2017 року. Спочатку кожний розподіл техноценозу в аналітичній або графічній формі являє собою сукупність точок, які одержують за емпіричними даними:

$$(x_1, y_1); (x_2, y_2); \dots; (x_n, y_n), \quad (3)$$

де i – формальний індекс; n – загальна кількість точок.

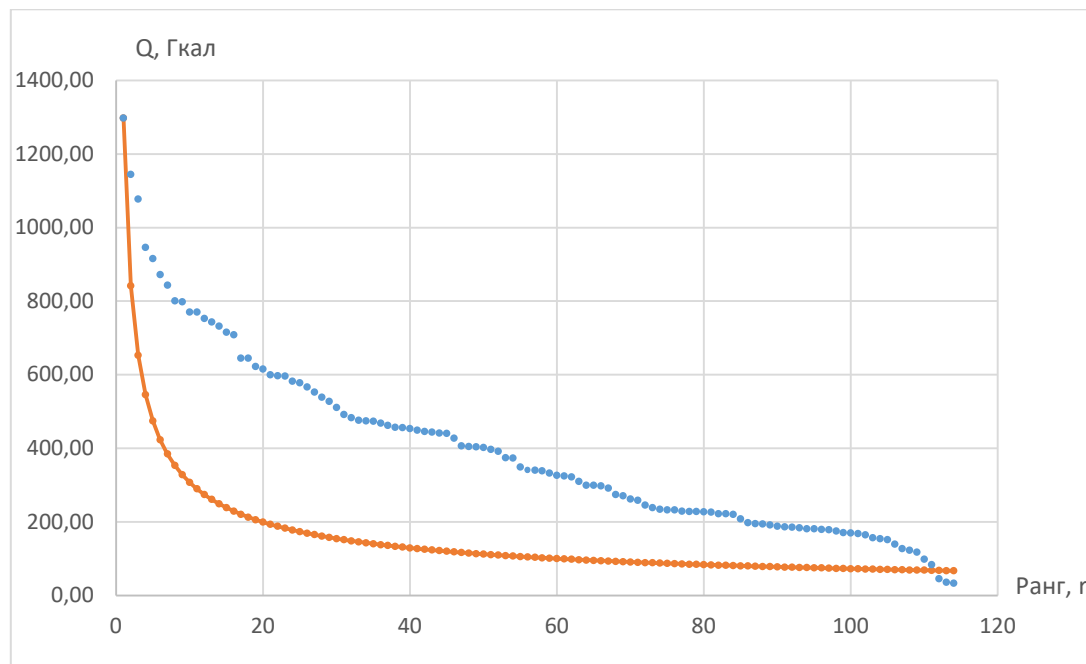


Рис.2. Ранговий параметричний розподіл техноценозу по споживанню теплової енергії бюджетними організаціями та установами Солом'янського району за 2016 рік, точки – емпіричні дані, суцільна лінія – апроксимальна крива

Точки – результат аналізу табульованого рангового розподілу техноценозу, який об'єднує всю статистику техноценозу і являє собою таблицю, яка формується в результаті процедури ранжування об'єктів по досліджуваному параметру. Перший ранг присвоюється об'єкту, що має найбільше значення параметру, другий – об'єкту, котрий має найбільше значення параметру серед об'єктів, крім першого і т.д., останній ранг присвоюється об'єкту з найменшим параметром [12].

Ранговий видовий розподіл зручно зображувати в графічній формі. Він представляє собою сукупність точок, вісь абсцис відповідає рангу виду, а вісь ординат – числу особин, яким цей вид представлений (рисунк 1, 2).

З графіків (рисунк 1 – 2 емпіричні дані) видно, що споживання електричної та теплової енергії бюджетними організаціями та установами Солом'янського району досить не оптимальне і потребує значного покращення. Параметр Н-розподілу β входить в діапазон $0,5 \leq \beta \leq 1,5$ (таблиця 1), однак крива споживання енергетичних ресурсів значно віддалена від оптимальної апроксимальної кривої, що свідчить про недостатню ефективність роботи системи в цілому. При наявності відхилення необхідна додаткова робота з техноценозом:

номенклатурна оптимізація; цілеспрямоване видалення аномальних особин; параметрична оптимізація; покращення параметрів аномальних особин тощо.

Таблиця 3.

Табульований ранговий розподіл по споживанню теплової енергії бюджетними організаціями та установами Солом'янського району за 2016 рік

Ранг	Назва особин	Споживання теплової енергії, Гкал
1	СЗШ №318 вул. І. Пулюя 3-б	1297,65
2	СЗШ № 144, просп. В. Лобановського 6	1144,09
3	Школа-інтернат № 13, вул. Новополюова 106	1077,22
4	СЗШ №115, вул. Кавказька 10	946,43
5	СЗШ №69, вул. Донецька 25	915,43
...		...
...		...
...		...
110	МПА, вул. Кавказька 13-А	98,74
111	ПНЗ "НВО "Перлина", вул. Ушинського, 20	83,69
112	РМК, вул. Антонова 3	46,04
113	ЦБ, вул. Єреванська 7	36,32
114	ЦТТ «Юність», вул. В. Гетьмана 22-Б	33,77

Основним змістом рангового аналізу вважається методика побудови рангових розподілів і їх подальше використання з метою оптимізації ценозу. Для виконання оптимізації системи виконується порівняння ідеальної кривої з реальною, після вивчення співвідношення кривих можна зробити висновок: що необхідно змінити в ценозі, щоб точки реальної кривої прагнули потрапити на ідеальну криву. Для цього визначаються способи, засоби, механізми поліпшення ценозу з метою усунення аномальних відхилень. При наближенні експериментальної кривої розподілу до ідеальної кривої виду, тим стабільніше система.

Метою техноценологічного дослідження аналізу є статистичний аналіз, крім того оптимізація техноценозу. Рангові аналіз включає процедури інтервального оцінювання, параметричного нормування, прогнозування та нормування споживання ресурсів. Поглиблений аналіз рангових параметричних розподілів дає можливість значно підвищити ефективність рангового аналізу. Зазначимо, що він здійснюється в таких процедурах як дифлекс-аналіз, GZ-аналіз, ZP-аналіз і ASR-аналіз [7].

Алгоритм проведення рангового аналізу для прогнозу енергоспоживання бюджетних організацій та установ:

1. Виділення ценозу.

Виділення техноценоз супроводжується його описом. Для цього задають спеціальну базу даних, що включає систематизовану і стандартизовану, досить повну і в той же час без зайвих подробиць інформацію по видах і особинах техноценозу.

2. Завдання видоутворюючих параметрів.

Елементи техноценозу виділяються на основі бази даних. Для кожного елемента повинна бути певна документація в базі даних. Якщо розглядати випадок з бюджетними

організаціями та установами, то в базі даних повинні знаходитися даними про щомісячне споживання енергоресурсів.

3. Рангово – параметричний опис ценозу.

Перший ранг присвоюється об'єкту з найбільшим споживання енергетичних ресурсів, далі за зменшенням енергоспоживання.

4. Побудова табульованого рангового розподілу та графічного рангового параметричного розподілу існуючого техноценозу.

5. Розрахунок ступеня крутизни кривої гіперболічного H -розподілу. Апроксимація розподілів.

6. Оптимізація ценозу.

Після проведення даного аналізу можна приступати до прогнозування енергоспоживання на основі техноценологічного підходу.

Висновки. Перевагою методу є оптимальне відображення процесу функціонування об'єктів техноценозу в майбутньому з урахуванням можливих змін технології, інфраструктури, а також використання ресурсів. При використанні методу облік факторів виконується, спочатку введенням в алгоритм моделі управляючих впливів, далі, реалізацією стохастичних зворотних зв'язків, і як наслідок одночасною розробкою кількох можливих варіантів розвитку техноценозу, а в подальшому при роботі з моделлю, постійним дослідженням адекватності результатів моделювання.

Недоліком слід зазначити, що метод, який заснований на статистичній моделі, як і подібні методи, з високою точністю розраховують значення короткострокового прогнозування (згідно з дослідженнями точний прогноз можна отримати на 1 – 2 роки, після цього помилка різко зростає). Другим недоліком є неможливість реалізації критеріїв, які засновані на порівнянні варіантів управління енергоспоживання. Ці недоліки можливо усунути. Для цього необхідне створення динамічної адаптивної моделі, що відбиває процес електроспоживання на глибину від 5 до 7 років і більше.

Література

1. Денисюк С.П. Техноценологічний підхід як метод дослідження електроспоживання об'єктів. / Денисюк С.П., Василенко В.І. // Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті. Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції. – 2017. – С. 50 – 55.
2. И.О. Волкова, В.Р. Окоороков, Р.В. Окоороков, Б.Б. Кобец. Концепция интеллектуальных энергосистем и возможности ее реализации в российской электроэнергетике. Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса», Москва, 2011. – 65 с.
3. Леонов А. П. Образовательный модуль «Информационные кабельные системы в SMART GRID» / Леонов А. П., Сидоренко А. А. // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2014. № 2. Режим доступа: <http://publ.naukovedenie.ru>
4. Б. И. Кудрин. Исследование технических

References

1. Denysyuk S.P., Vasylenko V.I. (2017) Tekhnotsenologichnyy pidkhd yak metod doslidzhennya elektrospozhyvannya ob'yektiv. [Technocenological approach as a method of studying the electrical consumption of objects.] Vidnovlyuval'na enerhetyka ta enerhoefektyvnist' u XXI stolitti. Materialy XVIII mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. 2017, pp. 50 – 55 [in Ukraine].
2. I.O. Volkova, V.R. Okorokov, R.V. Okorokov, B.B. Kobets. (2011). Kontseptsiya intellektual'nykh energosistem i vozmozhnosti ee realizatsii v rossiyskoy elektroenergetike. [Concept of intellectual power systems and possibilities of its realization in the Russian power industry.] Otkrytyy seminar «Ekonomicheskie problemy energeticheskogo kompleksa», Moskva. [in Russian].
3. Leonov A. P. Sidorenko A. A. (2014) Obrazovatel'nyy modul' «Informatsionnye kabel'nye sistemy v SMART GRID». [Educational module "Information cable systems in SMART GRID"]. Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE».2014, Vol. 2. Retrieved from: <http://publ.naukovedenie.ru> [in Russian].

- систем как сообществ изделий-техноценозов. / Б. И. Кудрин // Системные исследования. – 1981. – С. 236 – 254.
5. Василенко В. И. Системна ефективність функціонування енергетичної системи з керованими навантаженнями / В. И. Василенко // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2015. – № 1. – С. 70 – 81.
6. В. И. Гнатюк, А.А. Шейнин. Нормирование электропотребление регионального электротехнического комплекса. Издательство ИНИИ Москва – 2012. – 102 с.
7. Гнатюк В. И. Закон оптимального построения техноценозов. Ценологические исследования. Вып. 29-М.; Томский гос. ун-т: Центр системных исследований, 2005. – 384 с.
8. Кудрин Б. И. Введение в технетику. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 552 с.
9. Гнатюк В.И. Оптимальное построение техноценозов. Теория и практика // Вып. 9. «Ценологические исследования». – М.: Центр системных исследований. – 1999. – 272 с.
10. Абельдаев А. Р. Оптимизация региональных электрогенерирующих мощностей при помощи ценологического подхода (на примере Астраханской области). / Абельдаев А. Р // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2008. – № 6. – С. 42 – 47.
11. Кудрин Б. И. Математика ценозов: видовое, ранговидовое, ранговое по параметру гиперболические Н-распределения и законы Лотки, Ципфа, Парето, Мандельброта // Техногенная самоорганизация. Вып. 25 : Ценологические исследования. М.: Центр системных исследований, 2004. 248 с. Режим доступа: <http://mens.by/style/shine/470-mustache-sideburns>
12. Зайнутдинов Р.А. Техноценологический подход к анализу электропотребления муниципальными образованиями Астраханской области. Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии. – 2012. – № 2. – С. 140 – 145.
4. Б. И. Kudrin. (1981) Issledovanie tekhnicheskikh sistem kak soobshchestv izdeliy-tekhnotsenozov. [Investigation of technical systems as a community of products-technocenoses]. Sistemnye issledovaniya. 1981, pp. 236 – 254. [in Russian].
5. Vasylenko V. I. (2015) Systemna efektyvnist' funktsionuvannya enerhetychnoyi systemy z kerovanyymi navantazhennyamy/ [System efficiency of functioning of the power system with controlled loads]. Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohiyi, ekolohiya. 2015, Vol. 1, pp. 70 – 81. [in Ukraine].
6. V. I. Gnatyuk, A.A. Sheynin. (2012). Normirovanie elektropotreblenie regional'nogo elektrotekhnicheskogo kompleksa. [Standardization of electric power consumption of the regional electrotechnical complex]. Izdatel'stvo INP Moskva. [in Russian].
7. Gnatyuk V. I. (2005) Zakon optimal'nogo postroeniya tekhnotsenozov. Tsenologicheskie issledovaniya.[The law of optimal construction of technocenoses. Centological studies] Tomsk. [in Russian].
8. Kudrin B. I. (1993). Vvedenie v tekhnnetiku. [Introduction to the technetium]. Tomsk. [in Russian].
9. Gnatyuk V.I. (1999). Optimal'noe postroenie tekhnotsenozov. [Optimal construction of technocenoses]. Moscow. [in Russian].
10. Abel'daev A. R. (2008). Optimizatsiya regional'nykh elektrogeneriruyushchikh moshchnostey pri pomoshchi tsenologicheskogo podkhoda (na primere Astrakhanskoy oblasti).[Optimization of regional power generating capacities with the help of the cenological approach (on the example of the Astrakhan region).]. Vesnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2008. – Vol. 6. – pp. 42 – 47. [in Russian].
11. Kudrin B. I. (2004) Matematika tsenozov: vidovoe, rangovidovoe, rangovoe po parametru giperbolicheskije N-raspredeleniya i zakony Lotki, Tsipfa, Pareto, Mandel'brot [Mathematics of cenoze: species, rank-type, rank-by-parameter hyperbolic H-distributions and the laws of Lotka, Tsipfa, Pareto, Mandelbrot]. Retrieved from: <http://mens.by/style/shine/470-mustache-sideburns> [in Russian].
12. Zaynutdinov P.A. (2012) Tekhnotsenologicheskij podkhod k analizu elektripotrebleniya munitsipal'nyimi obrazovaniyami Astrakhanskoy oblasti. [Technocenological approach to the analysis of electric consumption by the municipal entities of the Astrakhan region.]. Prikaspiyskiy zhurnal: Upravlenie i vysokie tekhnologii. 2012. Vol. 2, pp. 140 – 145. [in Russian].

**ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ БЮДЖЕТНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ И УЧРЕЖДЕНИЙ КАК ОБЪЕКТОВ ТЕХНОЦЕНОЗА****ДЕНИСЮК С.П., ВАСИЛЕНКО В.И.***Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени
Игоря Сикорского»*

Цель. В статье рассмотрены проблемы эффективного использования энергетических ресурсов. Определенные преимущества создания интеллектуальных сетей с технологией Smart Grid, использование возобновляемых источников.

Методика. Рассмотрены основные положения техноценологической теории. Проанализирована необходимость и особенности реализации системного подхода к задачам оптимизации энергетической системы.

Результаты. Приведен анализ статистических данных по энергопотреблению бюджетных организаций и учреждений Соломенского района г. Киева с использованием теории техноценоза.

Научная новизна. Представлен алгоритм проведения рангового анализа для прогноза энергопотребления бюджетных организаций и учреждений.

Практическая значимость. Рассмотрены вопросы управления энергопотребления с использованием методов оценки потенциала энергосбережения бюджетных организаций и учреждений Соломенского района г. Киева с использованием теории техноценоза.

Ключевые слова: повышение энергетической эффективности, Smart Grid, системный подход, техноценоз, ценологический подход, ранговый анализ.

**OPTIMAL MANAGEMENT OF ENERGY CONSUMPTION IN THE BUDGET
ORGANIZATIONS AND INSTITUTIONS AS OBJECTS OF TECHNOCENOSIS****DENISYUK S.P., VASILENKO V.I.***National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Purpose. The article deals with the problems of efficient use of energy resources. The advantages of creating Smart Grids with the use of renewable sources are determined.

Methodology. The main provisions of the Technocenological theory are considered. The necessity and features of realization of the system approach to the problems of optimization of the power system are analyzed.

Findings. The analysis of statistical data on energy consumption of budgetary organizations and institutions of Solomyansky district of Kyiv using the Technocenological theory is given.

Originality. The algorithm of rank analysis for forecasting energy consumption of budget organizations and institutions is presented.

Practical value. The issues of energy consumption management are considered using the methods for estimating the energy saving potential of budgetary organizations and institutions in the Solomensky district of Kiev using the Technocenological theory.

Keywords: increase of energy efficiency, Smart Grid, system approach, technocenosis, Technocenological theory, cenological approach, rank analysis.

УДК 621.314.26

ШАВЬОЛКІН О.О., ЖИЛА О.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ОДНОФАЗНИЙ ІНВЕРТОР КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ З ПРЯМИМ ПІДКЛЮЧЕННЯМ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ

Мета. Підвищення ефективності однофазних перетворювачів для комбінованих систем електроживлення з прямим підключенням фотоелектричної сонячної батареї.

Методика. Синтез структури і параметрів перетворювача на базі аналізу процесів у електричних колах з урахуванням зміни напруги сонячної батареї, втрат енергії в напівпровідникових ключах та з використанням комп'ютерного моделювання.

Результати. Структура системи керування перетворювача за цілодобовим його використанням із забезпеченням близького до одиниці коефіцієнту потужності за паралельної роботи з централізованою мережею та роботи у автономному режимі; обґрунтовано визначення параметрів схеми з урахуванням забезпечення функції активного фільтра та змінювання напруги батареї від її температури; модель сонячної батареї з урахуванням зовнішніх факторів у відповідності до паспортних даних і загальна комп'ютерна модель системи: перетворювач з сонячною батареєю, мережа і навантаження.

Наукова новизна. Запропоновано: структуру системи керування з регулятором струму сонячної батареї за наявності генерації енергії та регулятором напруги за відсутності генерації; регулювання частоти модуляції та заданого значення відхилення струму згідно напрузі сонячної батареї.

Практична значимість. Отримані рішення є основою для проектування однофазних перетворювачів комбінованих систем електроживлення з суміщенням функції активного фільтра та цілодобовим використанням.

Ключові слова: комбінована система електроживлення, інвертор напруги в режимі джерела струму, відхилення струму, модулююча напруга, втрати енергії в ключах, регулятор струму, регулятор напруги, моделювання.

Вступ. Зараз в енергетиці з розподіленими поновлювальними джерелами електроенергії (ПДЕ) широко використовуються комбіновані системи електроживлення (КСЕ) локальних об'єктів (котедж, мале підприємство, торговий центр, міні-отель і тп.) з підключенням до централізованої мережі змінного струму (ЦМ). Особливість КСЕ з фотоелектричними сонячними батареями (СБ) в тому, що потужність СБ і, відповідно, перетворювального агрегату (ПА) обирається більше максимального значення навантаження (в межах дозволеного законом значення), щоб продавати надлишок енергії за зеленим тарифом. За цього маємо достатньо потужну і дорогу установку, що працює не більше восьми годин у день (години генерації енергії СБ). Підвищення ефективності з можливістю цілодобового використання ПА пов'язують з суміщенням їм функції силового активного фільтра (САФ) для підтримання близького до одиниці коефіцієнту потужності у точці підключення локального об'єкта або групи об'єктів [1÷6]. Важливим є і забезпечення автономного режиму роботи системи у разі відключення ЦМ. За наявності двох джерел енергії використання акумуляторної батареї в КСЕ є «розкішшю», тоді відпадає потреба у використанні в ПА проміжних перетворювачів напруги, що робить можливим пряме підключення СБ до мережевого автономного інвертора напруги (АІН) і сприяє підвищенню ККД. Отже питання створення багатфункціонального ПА з СБ для КСЕ є актуальним.

Постановка задачі. Реалізація функції САФ зазвичай реалізується у разі використання АІН в режимі джерела струму [1÷6]. Переважним за цього є використання

замкнutoї системи з відпрацюванням миттєвого значення вихідного струму згідно відхиленню від заданого значення ($\Delta i = i - i_{\text{зад}}$), що забезпечує максимальну швидкодiю i нечутливiсть до пульсацiй напруги постійного струму на входi АІН. Робота ПА в автономному режимi передбачає регулювання потужностi, що генерується СБ, вiдповiдно до споживання (при роботi паралельно з мережею вирiшується завдання вiдбору максимально можливої потужностi). Пряме пiдключення СБ до входу АІН без промiжних перетворювачiв розглянуто в [2, 3], але при цьому не враховується змiна напруги СБ вiд температури фотоелектричного модуля, що можливо лише за певних клiматичних умов, але не пiдходить для України. Формування струму мережi у разi сумiщення ПА функцiї САФ, як рiзницi струмiв ПА i навантаження передбачає пiдвищенi вимоги щодо якостi вихiдного струму ПА. Важливим для аналізу роботи системи за прямого пiдключення СБ до АІН є питання математичного моделювання. За цього є потреба у розробцi математичної моделi СБ, яка базується на технiчних характеристиках, що надаються у каталогах стандартних сонячних панелей. Таким чином, питання реалiзацiї i моделювання однофазних ПА для КСЕ при ефективному цiлодобовому використаннi обладнання незалежно вiд генерацiї енергiї СБ вивченi недостатньо, що i є предметом розгляду даної роботи.

Результати дослiджень. Запропонована структура ПА з пiдключенням до мережi (G) з напругою $U_1=220$ В та навантаження (H) наведена на рис.1. Вважаємо, що СБ iзолювана i не має з'єднання з заземленням, питання безпеки вирiшуються системою захисту. АІН виконано за однофазною мостовою схемою з вихiдним реактором L1 i RC – фiльтром. АІН i навантаження пiдключаються до мережi через автоматичнi вимикачi QF1, QF2, у автономному режимi ЦМ вiдключається контактором K1. СБ пiдключається через контактор K2. Для вимiрювання струмiв та напруги передбаченi датчики струму ДС i напруги ДН.

Визначення параметрiв СБ. СБ складається зi стандартних сонячних панелей (СП),

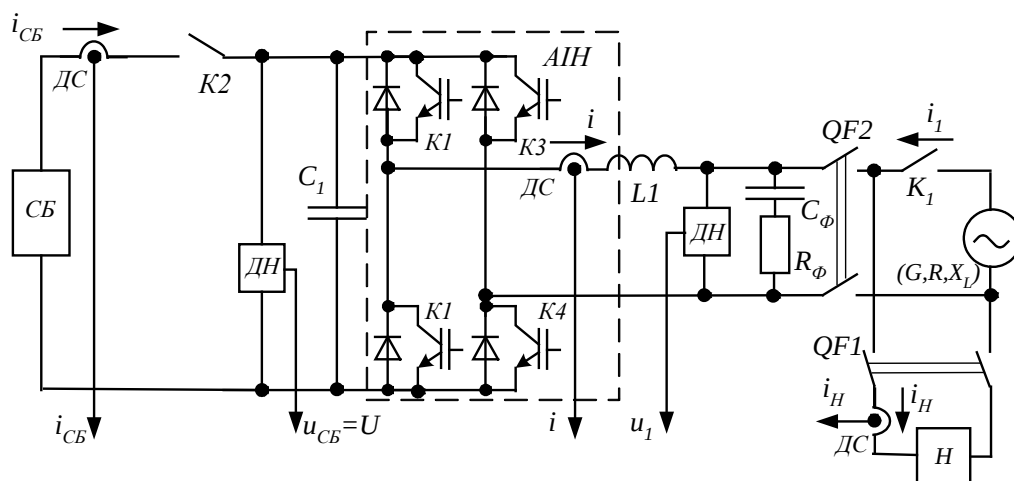


Рис.1. Структура силових кiл ПА

кiлькiсть яких визначається потужностю установки. Найбiльш розповсюдженi СП мають 36, 60 и 72 елементiв i напругу 21÷60 В. Найбiльш суттєвий вплив на напругу СП має температура фотоелектричного модуля (для LDK 250P-20 коефiцiєнт $K_V = -0.33$ %/°C, за потужностю $K_P = -0.45$ %/°C). Це визначає, що напруга за максимальної потужностi U_M в робочому дiапазонi температур (-40÷85°C) може змiнюватися, вiдповiдно, вiд 1.28 до 0.868

відносно значення при температурі 45°C (в 1.47 рази). В табл.1 наведені характеристики низки СП близької потужності.

Таблиця 1.

Характеристики СП близької потужності

Модель	ALM-250P	LDK 250P-20	Bosch M245 black	Panasonic
Максимальна потужність P_M , Вт	250	250	245	245
Напруга за максимальної потужності U_M , В	31,73	30,3	30,1	44,3
Напруга холостого ходу $U_{ХХ}$, В	37,58	37,7	37,7	53,0

Отже кількість n послідовно з'єднаних СП у сонячній батареї

$$0,868nU_M \geq aU_{1m}, \quad (1)$$

де $a > 1$, U_{1m} – амплітуда напруги мережі U_1 .

Для визначення параметрів розглянемо конкретний приклад АІН із максимальним значенням струму $I_{MAX}=25$ А ($I_{MAXm}=35.35$ А), що за одиничного коефіцієнту потужності відповідає потужності $P=5.5$ кВт. Оскільки АІН використовується в режимі джерела струму для забезпечення можливості відпрацювання заданого синусоїдального струму i_{3AD} швидкість змінювання струму АІН i повинна перевищувати максимальне значення $di_{3AD}/dt = \omega I_{MAXm}$ (ω – кутова частота). За цього напруга на реакторі для випадку, коли напруга ЦМ дорівнює амплітуді, $U_L = U - U_{1m} = L\omega I_{MAXm}$ ($U = U_{CB} = aU_{1m}$ – напруга на вході АІН). Звідки з урахуванням допустимого відхилення напруги мережі $\pm 10\%$

$$a = 1.1 + \frac{L \cdot \omega \cdot I_{MAXm}}{U_{1m}}. \quad (2)$$

Для локальних об'єктів типовим нелінійним навантаженням є некерований однофазний випрямляч з вихідним ємнісним фільтром у складі побутових пристроїв та оргтехніки. Розглянемо узагальнений випрямляч, що живиться безпосередньо від мережі і потужність якого дорівнює сумі потужностей всіх випрямлячів. Нехтуємо індуктивностями вхідних кіл (опір діода за прямого падіння напруги 1 В при струмі 1 А становить 1 Ом, а опір мережі $X=0.01 \div 0.03$ Ом, до того ж в мостовій схемі випрямляча струм проводять два діоди). За цього струм з мережі споживається на інтервалах заряджання конденсатора, коли $u_1 > U_C$ (відкриті діоди випрямляча) і за припущенням, що випрямлена напруга є ідеально згладженою, визначається виразом [7]

$$i_B = (u_1 - U_C)/R = U_{1m}(\cos\omega t - \cos\theta)/R, \quad (3)$$

де R – опір вхідного кола випрямляча, $u_1 = U_{1m}\cos\omega t$ – напруга мережі у разі суміщення вісі ординат із максимальним значенням, $U_C = U_{1m}\cos\theta$ – випрямлена напруга, кут відсічення θ – половина інтервалу часу, протягом якого через діоди протікає струм.

Згідно (3) швидкість змінювання струму $\frac{di_B}{dt} = -\omega \frac{U_{1m}}{R} \sin\omega t$, максимальне значення

$(\frac{di_B}{dt})_{max} = -\omega \frac{U_{1m}}{R} \sin\theta$. За потужності випрямляча близько 1 кВт згідно методики

розрахунку [7] отримуємо $(\frac{di_B}{dt})_{max} = 20000 \div 25000$ А/с. Із зменшенням потужності зменшується і швидкість змінювання струму. Для струму з $I_{MAXm}=35.35$ А значення

$(\frac{di}{dt})_{max}=11100$ А/с і має місце у разі переходу струму через нуль. У той же час, максимальна швидкість струму випрямляча має місце, коли значення основної гармоніки наближається до максимуму і, відповідно, швидкість змінювання струму зменшується. Отже, для даного випадку можна прийняти $(\frac{di}{dt})_{max}=2\omega I_{MAXm}$ тоді

$$a = 1.1 + 2 \frac{L}{U_{1m}} \omega \cdot I_{MAXm} . \quad (4)$$

Індуктивність реактора АІН виходячи з відносного значення падіння напруги (за 1-ю гармонікою) для максимального струму I_{MAX} $b = \frac{U_L}{U_{1\Phi}} = \frac{\omega L \cdot I_{MAX}}{U_{1\Phi}}$ визначимо як

$$L = \frac{b U_{1m}}{\omega \sqrt{2} I_{MAX}} . \quad (5)$$

У разі формування синусоїдального вихідного струму і використання біполярної ШІМ з постійною частотою модуляції f_M її значення [5, 9]

$$f_M \geq \frac{a\omega}{4bc} , \quad (6)$$

де $c = \frac{\Delta I_m}{I_{mMAX}}$ - відносне значення амплітуди пульсацій струму до амплітуди I_{MAX} .

Використання однополярної модуляції дозволяє за тих же умов зменшити частоту модуляції вдвічі і її реалізація має певні особливості.

Амплітуда пульсацій струму ΔI_m визначається коефіцієнтом заповнення імпульсів і не залежить від значення струму. Для забезпечення якості струму у всьому діапазоні його змінювання, слід значення ΔI_m регулювати згідно амплітуді струму.

Зменшення f_M можливо збільшенням значення L тобто (b), що однак, згідно з (4) приводить до збільшення a . Стандартні СП, з яких складається СБ, мають фіксовані значення напруги (табл.1). Можливі варіанти, виходячи з напруги у режимі максимальної потужності (за максимальної температури): 15 послідовно з'єднаних СП типу ALM250 мають напругу $U_{CB}=15 \cdot U_M \cdot 0.868=413.1$ В, відповідно, $a=1.324$, для 16 СП типу LDK 250 $U_{CB}=420.8$ В, $a=1.348$, для 11 СП типу Panasonic $U_{CB}=422.97$ В, $a=1.356$. Отже можна прийняти $a=1.35$ за $U_{CB}=421.2$ В, відповідно, $c=0.125$, чому відповідає $L=3.5$ мГн. За температури -40°C напруга збільшиться в 1.47 рази і становить 618.9 В.

За умови, що ККД АІН (з максимальною потужністю 5.5 кВт) $\eta \geq 0.96$, втрати потужності в ключах не перевищуватимуть 229 Вт, втрати на один ключ, відповідно, $P_{K/I}^*=57.25$ Вт. Розглянемо використання модуля IGBT (однофазний міст) типу SK 50GH12T4T [8] з $U_{CE}=1.2$ кВ, $I_{C25^\circ(80^\circ)}=75(60)$ А, $U_{CE(TO)}=0.9$ В, $R_{CE}=25$ мОм, $E_{tot}=(8.3+5)=13.3$ мДж (при $U_{CE}=600$ В, $I_C=50$ А), зворотний діод $U_{F(TO)}=1.3$ В, $R_T=20$ мОм, $E_{rr}=2.15$ мДж. Виконаємо оцінку втрат енергії в ключах АІН (без урахування температури модуля).

Втрати провідності транзистора IGBT і діода

$$P_{VTCOND} = U_{CE(TO)} I_{VTCP} + I_{VT}^2 R_{CE} , P_{VDCOND} = U_{F(TO)} I_{VDCP} + I_{VD}^2 R_T . \quad (7)$$

За розрахунком згідно [7] загальні втрати провідності для ключа АІН за максимального струму $P_{COND}=18.2$ Вт. Втрати перемикання IGBT, діода [7]

$$P_{SW} = f_M \cdot E_{tot} \cdot \left(\frac{I_{CP}}{I_{CT}}\right)^{K_I} \left(\frac{U}{U_{CT}}\right)^{K_V}, \quad (8)$$

де I_{CT} , U_{CT} – значення струму та напруги, за яких задані значення енергії втрат E_{tot} , для IGBT $K_I=1$, $K_V=1.4$, для діода $K_I=K_V=0.6$, середнє значення напівхвилі струму за синусоїдальної форми $I_{CP} = \frac{I_{Im}}{\pi}$.

У разі $U_{CB}=421.2$ В для ключа $P_{SW}=0.00262f_M \leq (P_{*KL} - P_{COND})$. Отже $f_M \leq (P_{*KL} - P_{COND})/0.00262=14904.6$ Гц, приймаємо 14500 Гц, за цього згідно (6) $c=0.0292$ ($\Delta I_m=1.033$ А при $I_{MAXm}=35.35$ А). За підвищенням напруги СБ у разі зниження температури значення f_M слід пропорційно збільшити. Отже, за збільшенням напруги в 1.47 рази значення частоти збільшується в 1.47 рази (із збереженням значення $c=0.0292$) і становить $f_M=1.47 \cdot 14500=21300$ Гц, відповідно, значення $P_{SW}=0.0038f_M$ і ККД знижується до значення $\eta=0.932$. За температури 45°C $f_M=16700$ Гц і $\eta=0.95$. Щодо реалізації є два варіанти: з плавним регулюванням значення f_M згідно U_{CB} (за постійним значенням c); з дискретним регулюванням, коли діапазон від мінімального до максимального значень U_{CB} розподіляється на ряд інтервалів, в межах яких частота f_M є постійною, а значення c регулюється згідно (6).

Кращі можливості щодо зменшення втрат енергії в ключах без погіршення ККД за підвищенням якості струму має трирівневий напівмостовий АІН (що потребує окремого дослідження). Так, для модуля IGBT (трирівневий напівміст) типа SK 35ML112T4p [8], $U_{CE}=1.2$ кВ, $I_{C25^\circ(70^\circ)}=43(25)$ А, $U_{CE(TO)}=0.8$ В, $R_{CE}=30$ мОм, $E_{tot}=(1.6+3.27)=4.87$ мДж (при $U_{CE}=600$ В, $I_C=35$ А), зворотний і фіксувальний діод $U_{F(TO)}=1.3$ В, $R_T=29$ мОм, $E_{rr}=1.73$ мДж. За близьких параметрів, що визначають втрати провідності, значення E_{tot} в 2.73 рази менше. До того ж другий та третій ключі плеча перемикаються з частотою мережі (50 Гц).

Забезпечення якості струму мережі. Його значення визначається різницею потужностей (різницею струмів АІН і навантаження), що генерується СБ P_{CB} і споживається навантаженням P_H локального об'єкту. Основна проблема виникає, коли ці потужності є близькими за значенням і струм мережі є малим, хоча струм АІН достатньо великий. Отже, визначальним є співвідношення P_{CBMAX} (потужність мережевого АІН) і максимальної потужності P_{HMAX} . Доцільним в межах «зелених» тарифів виглядає співвідношення $P_{CB} \geq (2 \div 2.5)P_{HMAX}$. Отже відхилення струму АІН за його значенням $I_m=(0.4 \div 0.5)I_{mMAX}$ повинно бути мінімальним.

Реалізація однополярної модуляції у процесі формування струму має певні особливості. Імпульси керування формуються компаратором, що здійснює порівняння за рівнем Δi та модулюючої напруги u_M трикутної форми симетричної відносно нуля з амплітудою U_{TPM} . Вихідний сигнал компаратора приймає значення

$$K=1, \text{ якщо } \Delta i \geq u_M \text{ і } K=0, \text{ якщо } \Delta i < u_M.$$

Амплітуда пульсацій струму з частотою f_M змінюється від ΔI_m за коефіцієнтом заповнення імпульсів $\gamma=0.5$ до $\Delta I_m \rightarrow 0$ за $\gamma \rightarrow 1$ або $\gamma \rightarrow 0$, коли середнє за період значення відхилення становить $\Delta I_{CP} \approx U_{TPM}$ [4, 9]. Отже поряд з високочастотними складовими відхилення струму має низькочастотну складову, яка і визначає похибку відпрацьовування струму. Покращення відпрацьовування струму можливо у разі компенсації похибки шляхом корегування модулюючої напруги згідно виразу

$$u_M = u_{TP}^1 \Delta I_m,$$

де $u_{TP}^1 = (u_{TP} - u_K) = [u_{TP} - 2(u_{*1} - 0.5\text{sign}(u_{*1})) + ku_{*1}]$, u_K – корегуюча напруга, $u_{*1} = \sin(\omega t + \theta)$ – відповідає першій гармоніці вихідної напруги АІН, $k=f(U_{CB})$, u_{TP} – модулююча напруга трикутної форми, що є симетричною відносно нуля і має одиничну амплітуду, θ – кут зсуву u_{*1} відносно напруги мережі.

За наявності генерації енергії СБ ($P_{CB}>0$) і підтримання на вході одиничного коефіцієнта потужності значення $\theta = \arctg(\omega \cdot L \cdot I_{m(1)} / U_1)$ і $\theta=0$, якщо $P_{CB}=0$ ($I_{m(1)}$ – значення першої гармоніки струму АІН, яке можна визначити через перетворення Фур'є або наближено через середнє значення).

Імпульси керування ключами мостового АІН формуються згідно рівнянням

$$g_3=0, g_1=1, \text{ якщо } K1 \geq 0 \quad \text{і} \quad g_3=1, g_1=0, \text{ якщо } K1 < 0, \quad g_2 = \bar{g}_1, \quad g_4 = \bar{g}_3,$$

де $K1=K - N$ ($N=1$, якщо $u_{*1}<0$ і $N=0$, якщо $u_{*1}\geq 0$).

Задане значення вихідного струму інвертору i_{3AD} визначається з урахуванням струму навантаження i_H і струму мережі i_1 як $i_{3AD}=i_1 - i_H$. Наявність ємнісного струму фільтру в точці підключення до мережі i_C за цього враховується у значенні струму

$$i_1 = I_{1m} \sin \omega t - I_p \cos \omega t,$$

де I_{1m} – амплітуда струму мережі (активна складова), яка визначається згідно балансу потужності, що генерується ПДЕ і активної потужності навантаження, I_p – реактивна складова, що визначається амплітудою струму i_C .

Запропонована структурна схема системи керування наведена на рис.2 і містить: пропорційно-інтегральні (ПІ) регулятори струму РС і напруги РН, РН1, вузол обмеження ВО, синхронізований з мережею генератор синусоїдальних функцій (ГСФ) з частотою 50 Гц (формує сигнали $\sin \omega t$, $\cos \omega t$, $I_{m(1)}$ і u_{*1}), множники М1÷М2, підсумкові пристрої П1÷П3, компаратор К, блок корекції (БК), генератор модулюючої напруги (ГМН), формувач імпульсів керування ключами інвертора (ФІ), контролер максимальної потужності СБ (MPPT).

Робота паралельно з мережею. Завдання відбору максимальної потужності СБ вирішує MPPT контролер, який визначає завдання на струм I_{CB3AD} , що відпрацьовується РС.

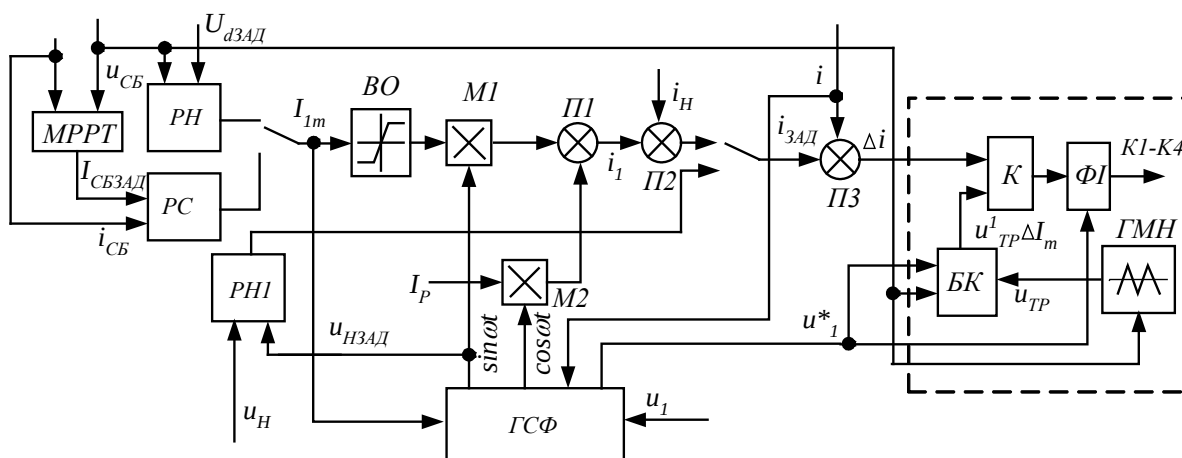


Рис. 2. Структура системи керування ПА

РС є зовнішнім (задаючим), контур формування вихідного струму АІН підпорядкований РС. Регулятор струму задає значення амплітуди струму мережі I_{1m} забезпечуючи баланс

потужності в колі між потужністю, яка генерується СБ, споживається навантаженням і віддається до ЦМ (споживається з ЦМ). Значення I_{1m} надходить на вхід М1, завдання реактивної складової I_p – на вхід М2. Результуюче значення струму з виходу П1 надходить до П2, що формує завдання струму АІН як різницю значення струму навантаження і заданого значення струму мережі. Відхилення Δi визначається ПЗ і надходить на компаратор К, де здійснюється порівняння за рівнем з $\Delta I_m u^{I_{TP}}$. Розподіл імпульсів керування ключами АІН і функції драйвера виконує ФІ.

За відсутності генерації енергії СБ («нічний режим») використовується «класичний» варіант з підтриманням напруги на вході АІН постійною за мінімального припустимого значення для зменшення втрат енергії в ключах. СБ відключається контактором К2. Замість РС використовується регулятор РН, що забезпечує тільки функцію САФ по відношенню до навантаження.

Автономний режим роботи. Виходимо з того, що потужність, яка генерується СБ, перевищує потужність навантаження. В іншому випадку (за відсутності АКБ) частина споживачів відключається. Структура системи керування змінюється, і завдання вихідної напруги u_{H3AD} забезпечує ГСФ. Відпрацювання заданого значення напруги здійснюється регулятором напруги РН1, який задає значення i_{3AD} .

Моделювання сонячної батареї. В роботі [10] запропоновано рівняння ВАХ СБ при заданій температурі і освітленості, що має вигляд

$$I = I_{K3} \left[1 - \left(1 - \frac{I_M}{I_{K3}} \right)^{\frac{U - U_{XX}}{U_M - U_{XX}}} \right].$$

Приведемо рівняння до вигляду $U(I)$ для використання СБ в якості джерела напруги

$$U = \frac{\ln\left(1 - \frac{I}{I_{K3}}\right)}{\ln\left(1 - \frac{I_M}{I_{K3}}\right)} (U_M - U_{XX}) + U_{XX},$$

де I_{K3} і I_M – струми, що відповідають значенням $U=0$ і U_M .

Струм є пропорційним освітленості W , тобто значення I_{K3} і I_M визначаються згідно паспортним даним ($I_{K3П}$, $I_{МП}$), як $I_{K3} = W I_{K3П}$, $I_M = W I_{МП}$. Значення напруги U_{XX} та U_M від освітленості практично не залежать і дорівнюють паспортним значенням.

Вплив температури відносно робочої температури (t_p) визначається температурним коефіцієнтом для струму K_I і для напруги K_V : $I_{K3} = W I_{K3П} [1 - K_I(t - t_p)]$, $I_M = W I_{МП} [1 - K_I(t - t_p)]$, $U_{XX} = U_{XXП} [1 - K_V(t - t_p)]$, $U_M = U_{МП} [1 - K_V(t - t_p)]$.

Модель СБ має три входи: I (вихідний струм), освітленості W , температури t і один вихід U (вихідна напруга). Паспортні значення струмів, напруги і робочої температури задаються у вигляді констант. Модель СБ доповнена керованим джерелом напруги, до якого підключено модель АІН з конденсатором на вході.

Результати моделювання. Для імітаційного моделювання використовувався програмний пакет Matlab. Моделювання системи «ЦМ - мережевий перетворювач з СБ - навантаження» здійснено для структури на рис.1 і рис.2 за нелінійного навантаження, що містить випрямляч з вихідним ємнісним фільтром і RL навантаження з $\cos\varphi=0.8$. Модель ЦМ (220 В) містить опір мережі $R=0.02$ Ом, $X_L=0.02$ Ом, параметри фільтра на вході $R_\phi=0.3$ Ом, $C=60$ мкФ. СБ містить дві гілки з 16 СП типу LDK 250P-20. Дослідження виконані для

автономного режиму за відсутності напруги ЦМ і у разі роботи перетворювача паралельно з мережею.

У табл.2 наведені значення коефіцієнта гармонік (THDi) струму мережі, $I_{m(1)}$ та I_{1m} (знак – для I_{1m} відповідає генерації енергії у мережу) за постійного навантаження $I_{Hm(1)}=14$ А (містить випрямляч потужністю близько 0.5 кВт) у разі $L=3.5$ мГн ($\phi=0.125$), $a=1.35$, $U_{CB}=421$ В. Введення корекції щодо формування вихідного струму дозволяє за малих амплітуд струму зменшити його коефіцієнт гармонік більш ніж у двічі. У табл.2 також наведені аналогічні залежності для температури СБ 45°C і 0°C. Погіршення якості струму мережі I_{1m} має місце коли значення $I_{m(1)}$ наближається до $I_{Hm(1)}$.

Таблиця 2.

Показники схеми за різної температури СБ

Завдання	$U_{CB}=421$ В, $f_M=14.5$ кГц, $\Delta I_m=1.03$ А (85°C)										
I_{1m} , А	-22	-9	-7	-4	-3	-2	2	3	4	7	9
THDi, %	1,3	3,2	4,2	6,6	9,3	14,8	13,4	9	6,8	4,1	3,3
$I_{m(1)}$, А	34,5	21,5	19,5	16,5	15,5	14,5	10,5	9,5	8,5	5,5	3,5
	$U_{CB}=484,8$ В, $f_M=16,7$ кГц, $\Delta I_m=1,03$ А (45°C)										
THDi, %	1,2	3	3,9	7	9,8	14,8	13,9	9,7	7,1	4,4	3,1
	$U_{CB}=556,8$ В, $f_M=19.2$ кГц, $\Delta I_m=1.03$ А (0°C)										
THDi, %	1,7	4	5,1	8,4	10,6	16,2	15,8	10,6	8,4	4,5	3,2

Осцилограми напруги і струмів ПА за роботи паралельно з ЦМ без генерації енергії СБ у разі використання системи, що замкнена за напругою наведені на рис.3,а. Осцилограми напруги і струмів ПА за роботи в автономному режимі наведені на рис.3, б. У момент часу $t=0.5$ с активно-індуктивне навантаження збільшилось вдвічі. За цього амплітуда напруги

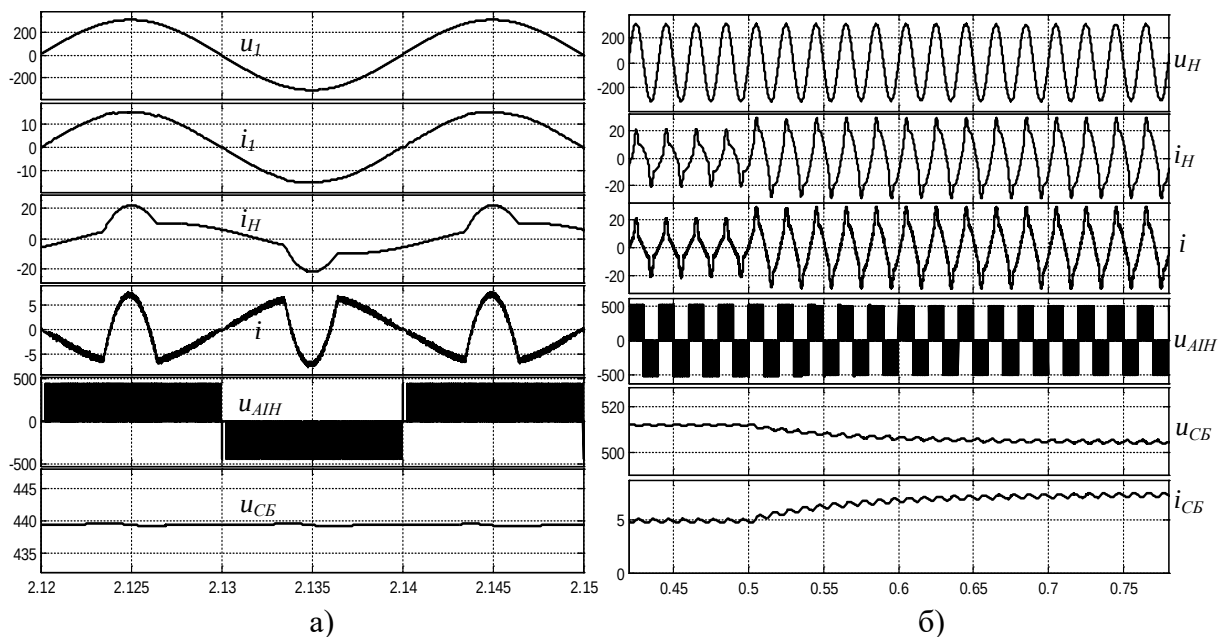


Рис. 3. Осцилограми напруги і струмів: а) за роботи паралельно з ЦМ без генерації енергії СБ; б) за роботи в автономному режимі

навантаження змінилася з $U_m=317.5$ В до 313.5 В (THDu=1.6%).

Висновки. Розроблена методика розрахунку параметрів ПА враховує особливості реалізації їм режиму джерела струму із забезпеченням функції САФ, а також змінювання напруги СБ. В певній мірі є обмеження щодо застосування даної схеми за рядом значень потужності СБ. Запропонована структура системи керування ПА забезпечує його роботу паралельно з мережею незалежно від значення потужності, що генерується СБ і в автономному режимі. За цього частота модуляції і задане значення відхилення струму змінюються згідно напрузі СБ з урахуванням втрат енергії в ключах АІН. Розроблена математична модель дозволяє досліджувати процеси в колах з урахуванням впливу зовнішніх факторів на СБ. Напрямок подальших робіт є вдосконалення системи керування і математичної моделі АІН з визначенням втрат енергії в ключах АІН, а також дослідження можливостей використання трирівневого АІН щодо покращення показників ПА.

Література

1. Каплун В. В. Удосконалення перетворювального агрегату комбінованої системи електроживлення з поновлювальними джерелами енергії / В. В. Каплун, О. О. Шавьолкін // «Електротехнічні та комп'ютерні системи» № 22 (98), Наука і техніка, 2016.- С.165-169.
2. Sung-Hun Ko. A Grid-Connected Photovoltaic System with Direct Coupled Power Quality Control / Sung-Hun Ko, Seong-Ryong Lee, Hooman Dehbonei, C.V. Nayar// IEEE Transactions, 2006.- pp.5203-5208.
3. Tsao-Tsung Ma. Power Quality Enhancement in Micro-grids Using Multifunctional DG Inverters / Tsao-Tsung Ma //Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2012 Vol II, IMECS 2012, March 14 - 16, 2012, Hong Kong.- pp.996-1001.
4. Шавьолкін А.А. Автономные инверторы и устройства на их базе. LAP LamBert Academic Publishing RU. – 2017. - 405 с.
5. Шавьолкін О. О. Удосконалення мережевого інвертора комбінованої системи електроживлення з поновлювальними джерелами енергії / О.О. Шавьолкін, С. М. Кожемякін // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. - Х. : НТУ "ХПІ", 2016. - №32 (1204). - С. 42-47.
6. Шавьолкін А. А. Однофазный преобразовательный агрегат для комбинированной системы электроснабжения с фотоэлектрической солнечной батареей / А. А. Шавьолкін// Вісник НТУ "ХПІ". - Харків: НТУ "ХПІ", 2017. - №27 (1249). - С. 216-220.

References

1. Kaplun V.V., Shav'olkin O.O. (2016) *Udoskonalennya peretvoryval'nogo agregatu kombinovanoi sy'stemy elektrozhyvleniya z ponovlyual'ny'my' dzherelamy' energiyi* [Improvement of converting unit of combined power system with renewable energy sources] «Elektrotexnichni ta komp'yuterni sy'stemy» № 22 (98), Nauka i texnika, P.165-169.
2. Sung-Hun Ko, Seong-Ryong Lee, Hooman Dehbonei, Nayar C.V. (2006) A Grid-Connected Photovoltaic System with Direct Coupled Power Quality Control . IEEE Transactions, pp.5203-5208.
3. Tsao-Tsung Ma. (2012) Power Quality Enhancement in Micro-grids Using Multifunctional DG Inverters. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2012 Vol II, IMECS Hong Kong.- pp.996-1001.
4. Shavelkin A.A. (2017) *Avtonomnyye invertory i ustroystva na ikh baze* [Autonomous inverters and devices based on them]. LAP LAMBERT Academic Publishing RU. 405p.
5. Shav'olkin O. O., Kozhemyakin S. M. (2016) *Udoskonalennya merezhevoho invertora kombinovanoi systemy elektrozhyvleniya z ponovlyual'ny'my' dzherelamy' enerhiyi* [Improvement network inverter of combined supply system with renewable energy] Visnyk NTU "KHPI". Seriya: Problemy udoskonalennya elektrychnykh mashyn i aparativ. - Kh. : NTU "KHPI", no.32 (1204). P. 42-47.
6. Shavelkin A. A. (2017) *Odnofaznyy preobrazovatel'nyy agregat dlya kombinirovannoy sistemy elektrosnabzheniya s fotoelektricheskoy solnechnoy batareyey* [Single-phase converter unit for combined power supply system with photovoltaic solar battery] Visnyk NTU "KHPI". - Kharkiv: NTU "KHPI", no. 27 (1249). P. 216-220.
7. Shav'olkin O. O. (2017) *Enerhetychna elektronika: navch. Posibnyk* [Power Electronics: Teach. Manual].- Kyiv National University of Technologies and Design, 396

7. Шавьолкін О. О. Енергетична електроніка: навч. посібник / О. О. Шавьолкін.- К.: КНУТД, 2017. – 396 с.
8. SEMIKRON IGBT modules. <https://www.semikron.com/products/product-classes/igbt-modules.html>.
9. Шавьолкін О.О. Реалізація режиму джерела струму для каскадної схеми з послідовним з'єднанням однофазних інверторів напруги/ О.О. Шавьолкін, Г.П. Росінська // Вісник КНУТД.- К.: КНУТД, 2016. - №6(104). – С. 68-76.
10. Шиняков Ю.А. Повышение энергетической эффективности автономных фотоэлектрических энергетических установок/ Ю.А. Шиняков, Ю.А. Шурыгин, О.Е. Арбатова// Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), - Томск, 2010. - № 2 (22), Ч.2. - С.102-107.
10. Shinyakov Yu.A., Shurygin Yu.A., Arkatova O.E. (2010) *Povysheniye energeticheskoy effektivnosti avtonomnykh fotoelektricheskikh energeticheskikh ustanovok* [Increase of power efficiency of independent photo-electric power installations]. Elektronika, izmeritel'naya tekhnika, radiotekhnika i svyaz'. Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki (TUSUR), - Tomsk, no. 2 (22), CH.2. P.102-107.

SINGLE-PHASE INVERTER OF COMBINED SYSTEM OF POWER SUPPLY WITH DIRECT CONNECTION OF A PHOTOVOLTAIC SOLAR BATTERY

SHAVELKIN A.A., ZHILA A.V.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Increasing the efficiency of single-phase converters for combined power systems with direct connection of a photovoltaic solar battery.

Methodology. Synthesis of the structure and parameters of the converter based on the analysis of processes in electrical circuits, taking into account change of the value of the solar battery voltage, energy losses in semiconductor switches and using computer simulation.

Findings. Structure of the converter control system with round-the-clock use at a power factor that approaches unity for parallel operation with a centralized grid and with a function of autonomous mode of operation; The determination of the circuit parameters is substantiated taking into account the realization of function of the active filter and the change of the battery voltage from its temperature; the model of the solar battery taking into account external factors in accordance with the passport data; the computer model of the system containing the grid, a converter with a solar battery and a load.

Originality. It is proposed: the structure of a control system with using a regulator of the solar battery current, when it generates energy and with using the regulator of a voltage, when there is no energy generation; regulation of frequency of the modulation and reference of the current deviation in accordance with the voltage of the solar battery.

Practical value. The solutions that are obtained are the basis for designing single-phase converters of combined power supply systems with the combining of function of the active filter and with round-the-clock using.

Keywords: *combined system of power supply, current controlled voltage source inverter, current deviation, modulating voltage, energy losses in switches, current controller, voltage controller, modeling.*

ОДНОФАЗНЫЙ ИНВЕРТОР КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЕЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПРЯМЫМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

ШАВЁЛКИН А.А., ЖИЛА А.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Повышение эффективности однофазных преобразователей для комбинированных систем электропитания с прямым подключением фотоэлектрической солнечной батареи.

Методика. Синтез структуры и параметров преобразователя на основе анализа процессов в электрических цепях с учетом изменения напряжения солнечной батареи, потерь энергии в полупроводниковых ключах и с использованием компьютерного моделирования.

Результаты. Структура системы управления преобразователя с круглосуточным использованием и обеспечением близкого к единице коэффициента мощности при параллельной работе с централизованной сетью и работу в автономном режиме; обосновано определение параметров схемы с учетом обеспечения функции активного фильтра и изменения напряжения батареи от ее температуры; модель солнечной батареи с учетом внешних факторов в соответствии с паспортными данными и общая компьютерная модель системы: преобразователь с солнечной батареей, сеть и нагрузка.

Научная новизна. Предложено: структуру системы управления с регулятором тока солнечной батареи при наличии генерации энергии и регулятором напряжения при отсутствии генерации; регулирование частоты модуляции и заданного значения отклонения тока в соответствии с напряжением солнечной батареи.

Практическая значимость. Полученные решения являются основой для проектирования однофазных преобразователей комбинированных систем электропитания с совмещением функции активного фильтра и круглосуточным использованием.

Ключевые слова: комбинированная система электропитания, инвертор напряжения в режиме источника тока, отклонение тока, модулирующее напряжение, потери энергии в ключах, регулятор тока, регулятор напряжения, моделирование.

УДК 677.055

ПЛЕШКО С.А., КОВАЛЬОВ Ю. А.

Київський національний університет технологій та дизайну

ПРИВІД В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ З ПРУЖНОЮ ЗАПОБІЖНОЮ МУФТОЮ І РЕГУЛЬОВАНИМ МОМЕНТОМ

Мета. Розробка приводу в'язальної машини з пружною запобіжною муфтою з регульованим моментом та вибір її робочих параметрів.

Методика. Використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії динаміки механічних систем та теорії пружності.

Результати. Розроблено привід в'язальної машини з пружною запобіжною муфтою з регульованим моментом з радіально розташованими плоскими пластинчастими пружинами. Встановлено, що використання в приводі в'язальної машини вказаної муфти дозволяє поряд зі зниженням динамічних навантажень, що виникають в приводі під час пуску в'язальної машини, запобігати аварійним поломкам деталей та вузлів приводу, а також здійснювати вибір раціональної жорсткості муфти – необхідної умови при зміні швидкісного режиму роботи в'язальної машини та зміні виду заправки і асортименту виробів. Запропоновано метод вибору раціональних робочих параметрів приводу в'язальної машини з пружною запобіжною муфтою з регульованим моментом.

Наукова новизна. Розроблено метод вибору робочих параметрів приводу в'язальної машини з пружною запобіжною муфтою з регульованим моментом.

Практична значимість. Розроблено нову конструкцію приводу в'язальної машини з пружною запобіжною муфтою з регульованим моментом з радіально встановленими плоскими пластинчастими пружинами.

Ключові слова: в'язальна машина, привід в'язальної машини, пружна муфта, пружна запобіжна муфта, раціональні параметри пружної запобіжної муфти.

Вступ. Одним із суттєвих недоліків приводів в'язальних машин є значні динамічні навантаження, що виникають під час несталого режиму їх роботи [1-3], що негативно впливає на ефективність роботи в'язальних машин та на якість в'язального полотна і готових виробів. Проблема зниження динамічних навантажень в приводах в'язальних машин може бути вирішена, як показують дослідження [4, 5], шляхом використання в приводах в'язальних машин пристроїв зниження динамічних навантажень, зокрема пружних муфт.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи в'язальних машин шляхом зниження динамічних навантажень, завданням досліджень стало розробка нової конструкції приводу в'язальної машини з пружною запобіжною муфтою з регульованим моментом та розробка методу вибору робочих параметрів такої муфти.

Результати дослідження. В основу досліджень покладена задача створити привід в'язальної машини, в якому введенням в його склад додаткових елементів забезпечилось би зниження динамічних навантажень, що сприяє підвищенню довговічності його роботи, та розробка методу вибору робочих параметрів такого приводу.

Поставлена задача вирішена тим, що привід в'язальної машини оснащено пружною запобіжною муфтою з регульованим моментом (надалі пружна муфта), пружні елементи якої розташовані радіально.

Оснащення приводу в'язальної машини пружною муфтою дозволяє знизити динамічні навантаження приводу в'язальної машини і, таким чином, підвищити надійність та довговічність його роботи. Пружна муфта здатна також запобігати аварійним

перевантаженням привода та вибирати, з метою підвищення ефективності роботи в'язальної машини, раціональну жорсткість муфти.

Запропонований привід в'язальної машини (рис. 1) оснащений принципово новою конструкцією пружної муфти (Пат. України на корисну модель № 102410, МПК: F16 В 21/00, 2015 р.), схема якої представлена на (рис. 2).

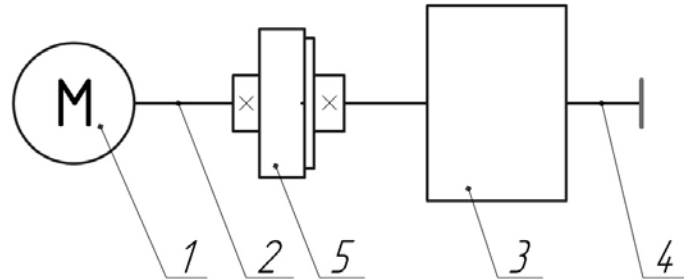


Рис. 1. Схема привода в'язальної машини: 1 – електродвигун; 2 – вал;
3 – блок механічних передач; 4 – приводний вал; 5 – пружна муфта

Принцип роботи привода в'язальної машини полягає в наступному. При вмиканні електродвигуна 1 (рис. 1) обертальний рух його вала 2 передається пружній муфті 5, з'єднаний з блоком механічних передач 3. Обертальний рух блоку механічних передач 3 передається приводному валу 4 та механізмам в'язальної машини, що необхідно для її роботи – в'язання трикотажного полотна або виготовлення готових виробів.

Пружна муфта (рис. 2) працює таким чином. Обертання ведучого вала 11 (вала 2 електродвигуна 1 – рис. 1) зумовлює обертання напівмуфти 1, на якому вона закріплена за допомогою шпонки 10. Плоскі пластинчасті пружини 6, жорстко закріплені в напівмуфті 1, взаємодіючи з пальцями 3, жорстко закріпленими в напівмуфті 2, зумовлюють її обертання. Обертання напівмуфти 2 за допомогою шпонки 12 передається веденому валу 13 (ведучий вал блоку механічних передач).

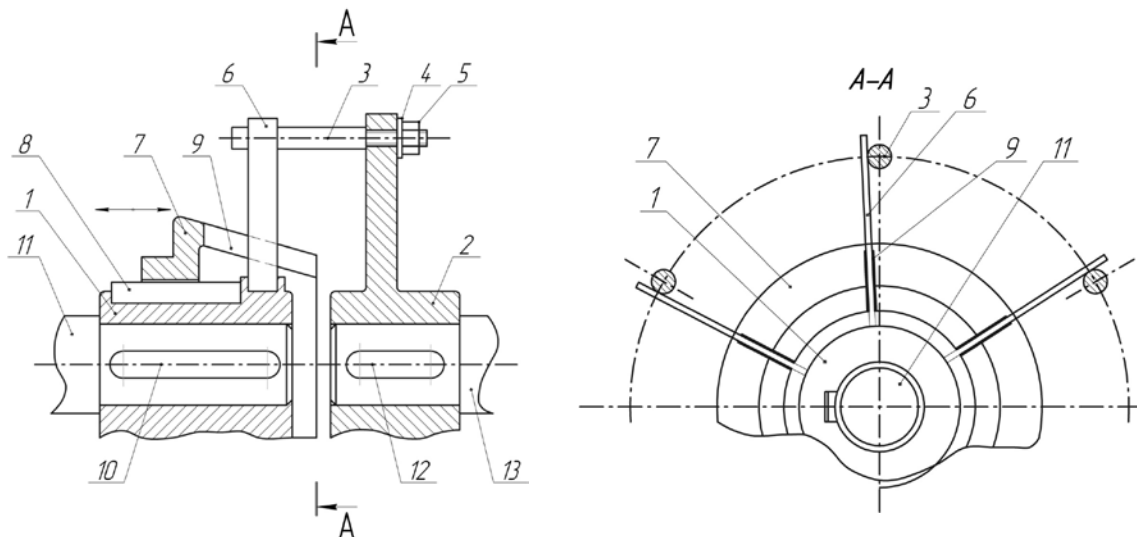


Рис. 2. Пружна муфта: 1, 2 – напівмуфти; 3 – пальці; 4 – шайби; 5 – гайки; 6 – плоскі пластинчасті пружини; 7 – конусна втулка; 8 – ковзна шпонка; 9 – радіальні пази; 10 – шпонка; 11 – ведучий вал (вал електродвигуна); 12 – шпонка; 13 – ведений вал (ведучий вал блоку механічних передач)

При динамічних навантаженнях привода пружна муфта дозволяє зменшити пікові його навантаження за рахунок деформації плоских пластинчастих пружин 6. В разі

недопустимих перевантажень пружної муфти пружини, деформуючись (прогинаючись), розривають їх взаємодію з пальцями 3 (рис. 2), що запобігає пошкодженню деталей та вузлів привода в'язальної машини. При зміні режиму роботи в'язальної машини, зумовленою як швидкісними, так і силовими параметрами, необхідна зміна жорсткості пружної муфти і, відповідно, її запобіжного моменту досягається відповідним осьовим переміщенням конусної втулки 7 вздовж ковзної шпонки 8. При цьому змінюється робоча довжина плоских пружин 6, тобто їх жорсткість і, відповідно, змінюється величина запобіжного моменту пружної муфти.

Оскільки в якості пружин муфти використані плоскі пластинчаті прямі пружини жорсткість кожної із них C_{np} може бути знайдена із умови:

$$C_{np} = \frac{F_{np}}{\Delta} = \frac{\frac{3EJ\Delta}{l^3}}{\Delta} = \frac{3EJ}{l^3}, \quad (1)$$

де F_{np} - сила, що діє на пружину, із умови пружності: $F_{np} = \frac{3EJ\Delta}{l^3}, \quad (2)$

або $F_{np} = \frac{2T}{zD\psi} = \frac{2P}{zD\omega\psi}; \quad (3)$

T - крутний момент муфти; z - кількість пружин; D - робочий діаметр муфти;

P - потужність муфти; ω - кутова швидкість ведучого вала муфти;

ψ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність навантаження пружин, $\psi = 0,75$;

Δ - деформація пружини (згин);

E - модуль пружності матеріалу пружини, для сталі $E = 2,2 \cdot 10^5$ МПа;

J - момент інерції перерізу пружини, $J = \frac{ba^3}{12}; \quad (4)$

l - робоча довжина пружини;

a, b - товщина та ширина перерізу пружини відповідно.

Враховуючи (1), (4), можемо записати:

$$C_{np} = \frac{Eba^3}{4l^3}. \quad (5)$$

Використовуючи умову міцності пружин на згин $\sigma_{32} = \frac{M}{W} \leq [\sigma_{32}]$,

де $\sigma_{32}, [\sigma_{32}]$ - діюче та допустиме напруження на згин пружини;

M - момент згину пружин, $M = \frac{Fl}{z};$

F - сумарна сила, що діє на пружини, $F = \frac{2T}{D\psi}; \quad (6)$

W - момент опору згину пружини, $W = \frac{ba^2}{6},$

знаходимо необхідну кількість пружин:

$$z \geq \frac{6Fl}{ba^2[\sigma_{32}]} \quad (7)$$

Вплив переміщення конусної втулки (рис. 2) на жорсткість муфти, враховуючи (1), (4), може бути представлена залежністю:

$$C_i = \frac{3EJ}{(l-l_i)^3} = \frac{3EJ}{(l-X_i \operatorname{tg} \alpha)^3} = \frac{Eba^3}{4(l-X_i \operatorname{tg} \alpha)^3}, \quad (8)$$

де C_i - жорсткість муфти при i -му положенні конусної втулки;

X_i - i -те положення конусної втулки;

α - кут конуса конусної втулки.

В разі використання запропонованої пружної муфти в приводі круглов'язальної машини КО-2 із конструктивних міркувань можна прийняти: $D = 140$ мм; $l = 50$ мм; $a = 2$ мм; $b = 10$ мм; .

Тоді, враховуючи, що $E = 2,2 \cdot 10^5$ МПа, із (5), знаходимо необхідну жорсткість пружини: $C_{np} = 35,2$ Н/мм.

Оскільки в приводі круглов'язальної машини КО-2 використовується електродвигун типу 100L6УЗ, потужність якого 2,2 кВт та частота обертання валу 950 об/хв ($\omega = 99,48 \text{ с}^{-1}$) [4], максимальний пусковий момент муфти (електродвигуна) $T = 48,6$ Нм. Тоді, згідно з (6) сила, що діє на пружини становить $F = 925,7$ Н.

Враховуючи, що для пружинної сталі 60С2А, з якої зазвичай виготовляють пружини, $[\sigma]_{32} = 1300$ МПа, необхідна кількість пружин муфти, згідно з (7): $z \geq 5,3$. Приймаємо $z = 6$.

Висновки. Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- встановлено, що використання в приводі в'язальних машин запропонованої пружної муфти дозволяє поряд зі зниженням динамічних навантажень, що виникають під час пуску, запобігати аварійним поломкам деталей та вузлів привода, а також здійснювати вибір раціональної жорсткості муфти – необхідної умови при зміні швидкісного режиму роботи в'язальної машини та зміні виду заправки і асортименту виробів;

- запропонований метод вибору раціональних параметрів привода в'язальної машини з пружною запобіжною муфтою з регульованим моментом може бути використаний при розробці нових типів в'язальних машин та автоматів.

Література

1. Піпа Б. Ф. Динаміка круглов'язальних машин / Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, Г.І. Павленко. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.
2. Хомяк О. М. Динаміка плосков'язальних машин та автоматів. – К: КНУТД, 2008. – 250 с.
3. Чабан В. В. Динаміка основов'язальних машин / В.В. Чабан, Л.А. Бакан, Б.Ф. Піпа. – К.: КНУТД, 2012 – 287 с.
4. Піпа Б.Ф. Приводи в'язальних машин і автоматів з пристроями зниження динамічних навантажень / Б.Ф. Піпа, О.В. Чабан, С.В. Муzychyshyn. – К.: КНУТД, 2015. – 280 с.

References

1. Pipa, B. F., Homjak, O.M., & Pavlenko, G.I. (2005). *Dynamika kruglov'jazal'nyh mashyn* [Dynamics of circular knitting machines]. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
2. Homjak, O. M. (2008). *Dynamika ploskov'jazal'nyh mashyn ta avtomativ* [Dynamics of flat knitting machines and automatic machines]. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
3. Chaban, V. V., Bakan, L.A., & Pipa, B.F. (2012). *Dynamika osnovov'jazal'nyh mashyn* [The dynamics of the basis of knitting machines]. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
4. Pipa, B.F., Chaban, O.V., & Muzychyshyn, S.V. (2015). *Pryvody v'jazal'nyh mashyn i avtomativ z prystrojamy znyzhennja dynamichnyh navantazhen* [Drives of knitting machines and machines with devices for reducing dynamic loads]. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
5. Chaban, V.V., Pipa B.F., & Chaban, O.V. (2016).

5. Чабан В.В. Приводи в'язальних машин (нові розробки та елементи розрахунків) / В.В. Чабан, Б.Ф. Піпа, О.В. Чабан. – К.: КНУТД, 2016 - 452 с.

Pryvody v'jazal'nyh mashyn (novi rozrobky ta elementy rozrahunkiv) [Drives of knitting machines (new developments and elements of calculations)]. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].

ПРИВОД ВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ С УПРУГОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТОЙ И РЕГУЛИРУЕМЫМ МОМЕНТОМ

ПЛЕШКО С.А., КОВАЛЕВ Ю.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка привода вязальной машины с упругой предохранительной муфтой с регулируемым моментом и выбор ее рабочих параметров.

Методика. Использованы современные методы теоретических исследований, основанных на теории динамики механических систем и теории упругости.

Результаты. Разработан привод вязальной машины с упругой предохранительной муфтой с регулируемым моментом с радиально расположенными плоскими пластинчатыми пружинами. Установлено, что использование в приводе вязальной машины указанной муфты позволяет наряду со снижением динамических нагрузок, возникающих в приводе при пуске вязальной машины, предотвращать аварийные поломки деталей и узлов привода, а также осуществлять выбор рациональной жесткости муфты - необходимого условия при изменении скоростного режима работы вязальной машины и при изменении вида заправки и ассортимента изделий. Предложен метод выбора рациональных рабочих параметров привода вязальной машины с упругой предохранительной муфтой с регулируемым моментом.

Научная новизна. Разработан метод выбора рабочих параметров привода вязальной машины с упругой предохранительной муфтой с регулируемым моментом.

Практическая значимость. Разработана новая конструкция привода вязальной машины с упругой предохранительной муфтой с регулируемым моментом с радиально установленными плоскими пластинчатыми пружинами.

Ключевые слова: вязальная машина, привод вязальной машины, упругая муфта, упругая предохранительная муфта, рациональные параметры упругой предохранительной муфты.

DRIVE KNITTING MACHINE WITH ELASTIC WITH SAFETY CLUTCH WITH ADJUSTABLE TORQUE

PLESHKO S.A., KOVALEV Y.A.

Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. Drive Development knitting machine with elastic safety clutch with adjustable torque and range of its operating parameters.

Methodology. The use of modern methods of theoretical research based on the theory of the dynamics of mechanical systems and the theory of elasticity.

Findings. A drive knitting machine with elastic safety clutch with adjustable torque with radial flat leaf springs. It is found that the use of the actuator of the knitting machine of said coupling allows while reducing dynamic loads which arise in the drive during start-up of the knitting machine, to prevent accidental breakage of parts and drive units, as well as to the choice of rational rigidity couplings - a prerequisite if a change speed operation mode knitting machine and when changing the type of filling and product range. The method of selection of rational operating parameters drive the knitting machine with elastic safety clutch with adjustable torque.

Originality. The method of selecting operational parameters driving the knitting machine with elastic safety clutch with adjustable torque.

Practical value. A new drive design knitting machine with elastic safety clutch with adjustable torque with radially mounted flat leaf springs.

Key words: knitting machine, knitting machine drive, elastic coupling, elastic slip clutch, rational parameters of elastic safety coupling.

УДК 677.027.2

АСАУЛЮК Т.С., СЕМЕШКО О.Я., САРІБЄКОВА Ю.Г.
Херсонський національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОЇ ОБРОБКИ У ПРОЦЕСІ ВИБІЛЮВАННЯ ГРУБОЇ ПІГМЕНТОВАНОЇ ВОВНИ

Мета. Дослідити вплив попередньої електророзрядної обробки на ефективність вибілювання грубої пігментованої вовни.

Методика. Використані стандартизовані методики дослідження показників фізико-хімічних властивостей вовняного волокна.

Результати. В роботі наведені результати дослідження впливу основного технологічного параметру процесу протравного пероксидного вибілювання на показники білизни та ступеня пошкодження кератину вовни і визначено оптимальну концентрацію каталізатору. Встановлено покращення фізико-механічних властивостей вибіленого грубого пігментованого волокна після електророзрядної обробки.

Наукова новизна. Доведено, що застосування електророзрядної обробки дозволяє максимально зберегти міцнісні властивості вовняного волокна в процесі протравного пероксидного вибілювання.

Практична значимість. Отримані результати створюють передумови для розширення вітчизняної сировинної бази вовняної текстильної промисловості за рахунок використання інноваційного способу модифікації грубої пігментованої вовни.

Ключові слова: грубе вовняне волокно, пігмент, вибілювання, електророзрядна обробка, кавітація.

Вступ. В Україні вовняна сировина, значну частину якої складає грубе волокно, не здатна задовольнити потреби текстильних підприємств. Окрім погіршених експлуатаційних властивостей, вовна грубошерстних порід овець, як правило, має природне забарвлення, обумовлене наявністю пігменту. При фарбуванні пігментованої вовни навіть у темні тони неможливо отримати яскраві забарвлення через накладання кольорів. Для розширення можливості отримання різноманітних забарвлень з високими колористичними показниками пігментовану вовну світлих тонів необхідно вибілювати.

Аналіз науково технічної інформації [1-6] показав, що велика кількість досліджень в області вибілювання пігментованої вовни спрямовані на підвищення білизни та механічної міцності вибіленого волокна. Недоліками існуючих технологій вибілювання можна вважати їх суміщення з екологічно небезпечними хімічними та енергоємними фізичними методами модифікації грубого вовняного волокна.

У зв'язку з цим пошук інноваційних економічно вигідних та екологічно чистих способів обробки грубої пігментованої вовни з метою покращення якості вибіленого волокна і підвищення конкурентоспроможності готових текстильних матеріалів є актуальним завданням.

Постановка завдання. За результатами проведених раніше досліджень вибілювання непігментованої вовни [7–9] було встановлено, що застосування електророзрядної обробки, яка супроводжується виникненням електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації (ЕРНОК), в якості методу попередньої модифікації вовняного волокна дає можливість отримати вибілений матеріал високої якості, що має новий комплекс властивостей. На основі даного факту можна припустити, що застосування модифікованої за допомогою ЕРНОК вовни буде мати переваги також в технології вибілювання пігментованого волокна.

Враховуючи вище викладене, основним завданням є дослідження особливостей технології вибілювання грубої пігментованої вовни та встановлення впливу попередньої модифікації з використанням ЕРНОК на показники якості вибіленого волокна.

Результати дослідження. Для дослідження була використана промита груба вовна світло-сірого кольору у вигляді топсу, яка складається з пухових волокон білого кольору, перехідних та остевих волокон чорного кольору.

Вибілювання пігментованого вовняного волокна передбачає три стадії: протравлення, промивку, пероксидне вибілювання. Знебарвлення пігменту здійснюється шляхом застосування іонів металів (звичайно Fe^{2+}) в якості каталізаторів на стадії протравлення. Найважливішим параметром в даній технології вибілювання є концентрація протравного агенту, яка залежить від інтенсивності природного забарвлення вовни і визначає ступінь знебарвлення пігменту. Оскільки встановлено, що ЕРНОК не змінює хімічну структуру кератину [10], отже, не впливає на кількість пігменту у волокні, то оптимальна концентрація протравного агенту буде однаковою як для необробленої, так і для модифікованої вовни.

Підбір концентрації протравного агенту для досліджуваного вовняного волокна здійснювали шляхом варіювання концентрації $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ від 1 до 10 г/л. Якість вибіленої вовни оцінювали за показниками білизни та ступеня пошкодження кератину.

Результати визначення ступеня білизни вовняного волокна в залежності від концентрації протравного агенту представлені на рис. 1.

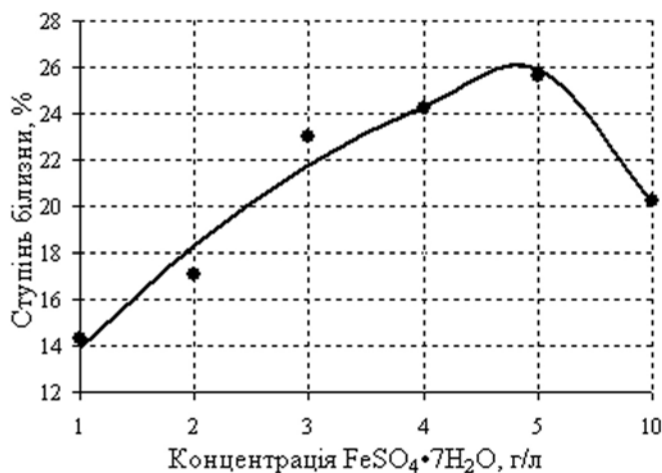


Рис. 1. Вплив концентрації протравного агенту на ступінь білизни грубої пігментованої вовни:

$$y = \frac{10,562 + 2,121x}{1 - 0,130x + 0,019x^2}, S = 1,0024, r = 0,9916.$$

Згідно з отриманими даними (рис. 1) ступінь білизни вовни підвищується зі збільшенням концентрації $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ до 5 г/л. Максимальний приріст білизни при цьому складає 14,8%. Подальше підвищення концентрації протравного агенту до 10 г/л призводить до зниження досліджуваного показника, що обумовлено значним пошкодженням кератину, яке супроводжується пожовтінням волокна.

Для оцінки ступеня пошкодження кератину були застосовані методи, засновані на зміні розчинності вовни у розчинах хімічних реагентів. Розчинність вовняного волокна у

розчині їдкого натру характеризує ступінь гідролізу основних поліпептидних ланцюгів. За розчинністю вовняного волокна у сечовино-гідросульфитному реагенті (СГР) можна судити про кількість поперечних зв'язків у кератині. Результати визначення розчинності вибіленого вовняного волокна представлені на рис. 2.

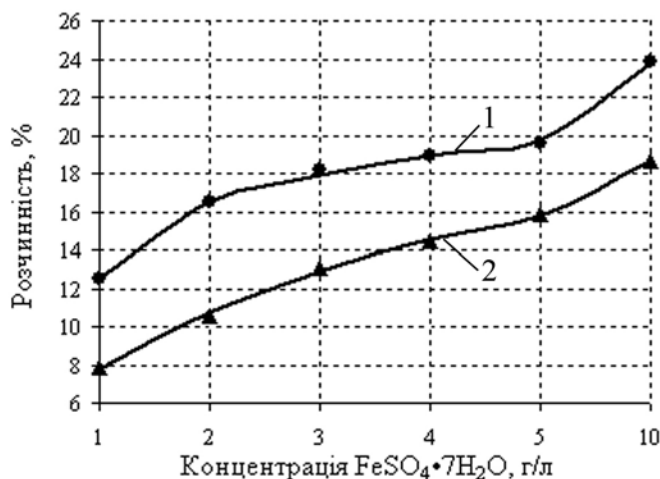


Рис. 2. Вплив концентрації протравного агента на розчинність вибіленої грубої пігментованої вовни в хімічних реагентах:

¹ – NaOH: $y = 8,649 + 5,746x - 0,459x^2$, $S = 1,0574$, $r = 0,9824$.

² – СГР: $y = 15,648(1,248 - e^{-0,288x})$, $S = 0,1198$, $r = 0,9997$.

Отримані дані (рис. 2) показують, що розчинність в гідроксиді натрію пігментованого вовняного волокна, вибіленого за методом протравного пероксидного вибілювання, зростає зі збільшенням концентрації протравного агента. Так, при концентрації $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1-2 г/л лужна розчинність вовни складає 12,5-16,52%. У діапазоні від 2 до 5 г/л зміна досліджуваного показника відбувається менш інтенсивно і досягає 19,59%. Подальше збільшення концентрації протравного агента призводить до значної втрати маси (до 23,86%) вибіленого волокна при лужному гідролізі, що свідчить про значну деструкцію поліпептидних ланцюгів кератину.

Результати, представлені на рис. 2 показують, що збільшення концентрації $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ призводить до рівномірного підвищення розчинності вовняного волокна в СГР у всьому досліджуваному діапазоні, що

Таким чином, на підставі проведених досліджень (рис. 1, 2) встановлено, що концентрація протравного агента впливає не тільки на білизну вовняного волокна, але й на його міцність. Оптимальне співвідношення білизни та ступеня пошкодження кератину в процесі протравного пероксидного вибілювання досліджуваного пігментованого грубого волокна досягається при концентрації протравного агента $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 3 г/л.

На наступному етапі роботи було проведено порівняння якісних показників модифікованого ЕРНОК та необробленого грубого пігментованого волокна, вибілених при встановленій оптимальній концентрації протравного агента 3 г/л. Попередню електророзрядну обробку вовняного волокна проводили у відстояній водопровідній воді при

температурі 25°C і модулі ванни 1:150. Тривалість обробки складала 120 с. Результати експерименту наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники якості вибіленої грубої пігментованої вовни

Зразок	Білизна, %	Розчинність в технологічних реагентах, %		Відносне розривне навантаження, сН/текс	Втрата маси, %	Ступінь звалювання, г/см ³
		NaOH	МГР			
Невибілене волокно	10,8	3,55	1,07	8,16	–	0,194
Вибілене необроблене	22,5	18,14	13,07	7,23	2,6	0,233
Вибілене модифіковане	23	13,57	10,06	7,55	1,2	0,201

Отримані дані ступеня пошкодження модифікованого пігментованого вовняного волокна в процесі вибілювання узгоджуються з результатами проведених досліджень для непігментованої вовни [8].

Порівняльний аналіз отриманих результатів проведеного експерименту показав, що модифікація дисульфідних зв'язків кератину вовни в процесі попередньої електророзрядної обробки волокна [10] дозволяє підвищити стійкість грубої пігментованої вовни до дії окисників, тим самим максимально зберегти механічну міцність вибіленого волокна при досягненні необхідного ступеня білизни, а також зменшити його звалювання.

Висновки. Таким чином, результати проведеного дослідження доводять, що застосування попередньої електророзрядної обробки дозволяє покращити фізико-механічні властивості вибіленого вовняного волокна в процесі протравного пероксидного вибілювання грубої пігментованої вовни за рахунок модифікації поперечних зв'язків між поліпептидними ланцюгами кератину волокна, що обумовлено одночасним впливом діючих факторів ЕРНОК. Подальші дослідження будуть спрямовані на оптимізацію процесу вибілювання попередньо модифікованої ЕРНОК грубої пігментованої вовни.

Література

1. Korotowski W. Bleaching of melanin pigments [Text] / W. Korotowski, T. Sarna // The Journal of Biological Chemistry. – 1990. – №21, v. 265. – P. 12410–12416.
2. Montazer M. Depigmentation of Pigmented Wool [Text] / M. Montazer, M. Zargar, A. Rahimi // Textile Research Journal. – 2009. – №3, v. 79. – P. 261–267.
3. Arifoglu M. Sequential Oxidative and Reductive Bleaching of Stained and Pigmented Wool in a Single Bath [Text] / M. Arifoglu, W.N Marmer // Textile Research Journal. – 1990. – №9, vol. 60. – P.

References

1. Korotowski W., Sarna T. (1990). Bleaching of melanin pigments. The Journal of Biological Chemistry, 21, 265, 12410–12416.
2. Montazer M., Zargar M., Rahimi A. (2009). Depigmentation of Pigmented Wool. Textile Research Journal, 3, 79, 261–267.
3. Arifoglu M., Marmer W.N. (1990). Sequential Oxidative and Reductive Bleaching of Stained and Pigmented Wool in a Single Bath. Textile Research Journal, 9, 60, 549–554.
4. Bereck A. (1994). Bleaching of Pigmented Speciality Animal Fibres and Wool. Review of

549–554.

4. Bereck A. Bleaching of Pigmented Speciality Animal Fibres and Wool [Text] / A. Bereck // Review of Progress in Coloration. – 1994. – №1, v. 24. – P. 17–25.

5. Oh K. Effect of mordant bleaching on the optical and mechanical properties of black human hair [Text] / K. Oh, M. Park, T. Kang // Journal of the Society of Dyers and Colourists. – 1997. – №9, v. 113. – P. 243–249.

6. Khishigsuren A. Effects of Ferrous Mordanting on Bleaching of Camel Hair [Text] / A. Khishigsuren, M. Nakajima, M. Takahashi // Textile research journal. – 2001. – №6, v. 71. – P. 3–22.

7. Асаулюк Т.С. Влияние предварительной электроразрядной обработки на поверхность шерстяного волокна в процессе беления [Текст] / Т.С. Асаулюк, Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – №5(229). – С. 160–163.

8. Асаулюк Т.С. Влияние предварительной электроразрядной обработки на сохранность шерсти в процессе беления [Текст] / Т.С. Асаулюк, Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2013. – № 4. Серия 1. Естественные и технические науки. – С. 16–18.

9. Сарибекова Ю.Г. Обоснование выбора электроразрядной обработки в качестве метода модификации шерстяного волокна [Текст] / Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко, И.В. Панасюк, О.А. Матвиенко, Г.С. Сарибеков // Вестник Санкт-Петербургского университета технологий и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. – 2013. – №2. – С. 3–8.

10. Asauluk T. Examining a change in the properties of coarse wool fiber under the influence of electrical discharge treatment [Text] / T. Asauluk, O. Semeshko, Yu. Saribekova, O. Kunik, S. Myasnikov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 4, Issue 1(88). – P. 50–55. doi: 10.15587/1729-4061.2017.108269.

Progress in Coloration, 1, 24, 17–25.

5. Oh K., Park M., Kang T. (1997). Effect of mordant bleaching on the optical and mechanical properties of black human hair. Journal of the Society of Dyers and Colourists, 9, 113, 243–249.

6. Khishigsuren A., Nakajima M., Takahashi M. (2001). Effects of Ferrous Mordanting on Bleaching of Camel Hair. Textile research journal, 6, 71, 3–22.

7. Asauluk, T.S., Saribekova, Yu.G., Semeshko, O.Ya. (2015). Vliyanie predvaritel'noy elektrorazryadnoy obrabotki na poverkhnost' sherstyanogo volokna v protsesse beleniya [Effect of preliminary electric-discharge treatment on the surface of wool fibers during bleaching]. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 5(229), 160–163.

8. Asauluk, T.S., Saribekova, Yu.G., Semeshko, O.Ya. (2013). Vliyanie predvaritel'noy elektrorazryadnoy obrabotki na sokhrannost' shersti v protsesse beleniya [Effect of preliminary electric discharge treatment on the safety of wool during bleaching]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. Seriya 1. Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki, 4, 16–18.

9. Saribekova, Yu.G., Semeshko, O.Ya., Panasyuk, I.V., Matviyenko, O.A., Saribekov, G.S. (2013). Obosnovaniye vybora elektrorazryadnoy obrabotki v kachestve metoda modifikatsii sherstyanogo volokna [Substantiation of the choice of electric discharge treatment as a method of wool fiber modification]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta tekhnologiy i dizayna. Seriya 1. Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki, 2, 3–8.

10. Asauluk T., Semeshko O., Saribekova Yu., Kunik O., Myasnikov S. (2017). Examining a change in the properties of coarse wool fiber under the influence of electrical discharge treatment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4, 1(88), 50–55. doi: 10.15587/1729-4061.2017.108269.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОЦЕССЕ БЕЛЕНИЯ ГРУБОЙ ПИГМЕНТИРОВАННОЙ ШЕРСТИ

АСАУЛЮК Т.С., СЕМЕШКО О.Я., САРИБЕКОВА Ю.Г.

Херсонский национальный технический университет

Цель. Исследовать влияние предварительной электроразрядной обработки на эффективность беления грубой пигментированной шерсти.

Методика. Применены стандартизированные методики исследования показателей физико-химических свойств шерстяного волокна.

Результаты. В работе приведены результаты исследования влияния основного технологического параметра процесса протравного пероксидного беления на показатели белизны и степени повреждения кератина шерсти и определена оптимальная концентрация катализатора. Установлено улучшение физико-механических свойств отбеленного грубого пигментированного волокна после электроразрядной обработки.

Научная новизна. Доказано, что применение электроразрядной обработки позволяет максимально сохранить прочностные свойства шерстяного волокна в процессе протравного пероксидного беления.

Практическая значимость. Полученные результаты создают предпосылки для расширения отечественной сырьевой базы шерстяной текстильной промышленности за счет применения инновационного способа модификации грубой пигментированной шерсти.

Ключевые слова: грубое шерстяное волокно, пигмент, беление, электроразрядная обработка, кавитация.

APPLICATION OF ELECTRIC DISCHARGE TREATMENT IN THE PROCESS OF BLEACHING OF THE COARSE PIGMENTED WOOL

ASAULYUK T.S., SEMESHKO O.Ya., SARIBYEKOVA Yu.G.

Kherson National Technical University

Purpose. To study the effect of preliminary electric discharge treatment on the efficiency of bleaching of coarse pigmented wool.

Methodology. Standardized methods for studying the physicochemical properties of wool fibers have been applied.

Findings. The results of the study of the influence of the main technological parameter of the process of mordant peroxide bleaching on the whiteness and the degree of damage of wool keratin are given and the optimal concentration of the catalyst is determined. An improvement in the physical and mechanical properties of bleached coarse pigmented fiber after electric discharge treatment has been established.

Originality. It is proved that the use of electric discharge treatment allows to maximally preserve the strength properties of wool fiber in the process of mordant peroxide bleaching.

Practical value. The obtained results create prerequisites for expanding the domestic raw material base of the woollen textile industry through the use of an innovative method of modifying coarse pigmented wool.

Keywords. coarse wool fiber, pigment, bleaching, electric discharge treatment, cavitation.

BOBROVA S., HALAVSKA L., BAHMACH D., STUPAK I.
Kyiv National University of Technologies and Design

CRITERIA FOR EVALUATING THE EFFECTIVE USE OF ULTRA-STRONG TEXTILES IN PERSONAL ARMOR PROTECTION

Purpose. The purpose of the article is to systematize knowledge in the production of personal armor protection and formulate special requirements to be met by finished products, evaluate knitted fabrics' efficiency for their manufacturing.

Methodology. The methods of analysis and synthesis were applied to show the current state of PPE production, requirements for performance indicators and benchmarks of quality.

Results. The criteria for assessing the quality of personal armor protection were analyzed. It was clarified that the personal body armor must meet stringent, complex and contradictory requirements arising from the terms of usage and degree of expected threats.

Scientific novelty. The requirements for personal armor protection for the manufacture of textiles that use ballistic purposes were set; classification of body armor for various types of features was made.

Practical value. The assessment of textile materials efficiency will help to establish domestic production of knitted fabrics ballistic purposes. The criteria of personal armor protection quality assessment will determine ways to address the issue of increasing the level of protection against damaging factors of different weapons.

Keywords: personal armor protection, ballistic knitted fabric, body armor, equipment damage, spark proof and bulletproof resistance.

Introduction. Both in peacetime and wartime law enforcement agencies, security guard agencies, government officials, various military units, politicians, advocates, businessmen and people of other professions are often exposed to threat while carrying out their duties. They face threats from criminals and other violators of law which may use edged weapons and firearms. To ensure protection against damaging factors of different weapons personal ballistic-protective equipment (PPE) can be used.

Highly efficient PPE contributes not only to the preservation of human life and health, but also improves moral and psychological state of the military men, special units' personnel, law enforcement agencies and other government structure personnel giving them an opportunity to use their weapons effectively in order to perform their tasks.

Objectives. Firearm development trends result in the need for constant search of the ways to increase protection level by introducing new materials, design solutions and technologies in personal body armor products manufacturing. Practical experience in the use of military body armor in the course of settling existing local armed conflicts indicates that modern body armor is still far from being perfect [1]. The main reasons for soldiers' negative attitude towards body armor are their excessive weight that causes premature fatigue, decreases mobility and increases runtime of training and combat missions. Raising the level of military protection always contradicts other important characteristics such as maneuverability and ergonomics. The ratio of these indicators is also determined by solvency, which takes into account technical and economic characteristics of the materials used.

The development of ultra-strong textile materials with new structures for modern PPE production will facilitate design and ensure free movement in implementing the assigned tasks. Based upon the analysis of existing literature the conclusion was made that the comprehensive

evaluation issue of modern body armor functional properties and efficiency of usage of various textile materials for their manufacturing had not yet been studied carefully. To solve these problems it is necessary to systematize the knowledge of the PPE production and development of special requirements that the finished goods should satisfy.

Research results. Personal protective equipment (or personal armor protection) is used by law enforcement, military and some civil professions representatives with the aim to protect vital body areas from various injuries that offenders may cause by edged or firearm weapons, metal bars or stick attacks, throwing objects and mine shrapnel, grenades and shells. The normative document [2] defines personal armor protection as wearable products with periodic usage intended for a human body (head, neck, torso and limbs) against specific ballistic threats in preset operating conditions and also ensure exclusion or minimization of the impact of force applied to the body from weapons and are aimed at protecting it from other damages.

PPE with the use of ballistic textile requires special analysis in terms of efficiency of its properties. They include a body armor (BA) and its additional elements, helmets and other equipment (protective knee and elbow pads, pants, capes, cloaks, jackets, blankets and protective underwear) that have a high degree of strength and sustainability to mechanical and other influences. Additional removable body armor elements include neck and shoulder, groin, side lining to protect the torso, removable protective elements (armor plates). Modern body armor protects a human against penetrating effect of bullets, shrapnel or other elements of defeat due to its ballistic properties. The material used for its manufacturing must delay or minimize the speed element damage, absorb the maximum and disperse collision energy.

The development of effective personal body armor is challenging given the large number of tactical and technical requirements and factors that contradict each other and affect combat effectiveness. Each country is actively working to improve the structure of used materials and the design of individual elements of personal armor protection [3-7].

The most important characteristic of armor clothes is its protection class. The protection class must meet the current requirements of National Standardization System of Ukraine DSTU V 4103-2002, which establishes requirements for ballistic body armor [2]. The protection class, i.e. the list of weapons, from which it protects, is the most important armor clothes characteristic; it is a defensive structure stability indicator of specific body armor to weapons. Modern domestic market offers a wide range of body armor of both foreign and domestic production. According to their type the wearable bullet-proof vests differ. There are hidden, semi-hidden and open (external) wearing types. BA of a hidden type must possess minimum thickness and maximum comfort; must have an appropriate color that is not noticeable under the clothing, provide a good ventilation and impact absorption, allowing wearing it under the clothing for a long time like ordinary clothes or as an item of clothing. Therefore, hidden BA is usually produced only in 1 and 2 class of protection.

According to the type of application there can be military, assault, police and civil body armor. Also there exist body armor for dog training and special armor with high levels of protection for a long stay in the water.

Modern body armor consists of three main elements:

- textile outer cover with fastening and fit system,
- armor material placed inside the cover– hard (with armor plates) or soft ballistic package,
- cushioning pads.

According to the materials used the body armor construction can be rigid on the bases of hard structural elements (metal, ceramic, composite armor, etc.), soft (textile armor) and semi-rigid (combined) that means a combination of textiles with armor material plates. The PPE is often made as a combined type of armor. It consists of hard structure parts – metal plates and soft armor, which present a textile package. Soft armor protective structures consist of packets based on 15-30 layers of ballistic fabric made of heavy-duty and lightweight aramid (kevlar, twaron, nomex, heracron, etc.) or high-molecular polyethylene (dyneema, spectra, doyentrontex, izanas etc.) fibers.

In terms of protection the body armor is divided into:

- splinterproof – protection against knives, small-caliber firearms bullets, fragments and mechanical damage; designed for usage by civilians;
- bulletproof – protection against bullets of various types of firearms; designed for special combat missions by military capture groups and intelligence groups;
- differentiated, in which the protective structure has different ballistic resistance rates, i.e. design includes both splinterproof and bulletproof protective compositions with varying degrees of security chest and spinal sections designed for the use in combat;

On the basis of the analysis of the existing body armor range a classification of different types of attributes shown in **Figure 1** has been developed.

The application analysis of BA types indicates that the appropriate level of splinter and bullet protection mostly depends on the weapons used in assault. The PPE shows maximum efficiency in combat missions not associated with long active movements, incurring guard service, in the course of military equipment marches, intermittent assault shares; so, the usage of chest and spinal armor plates is justified only in sedentary activities that soldiers perform vertically. For long marches, combat operations in the mountains, exploration and other types of military activities requiring exertion limit constant wearing of bulletproof armor plates is considered as inappropriate [8].

Protective ballistic textile is used as the basic material for modern ballistic PPE manufacturing. Its properties are determined by its physical and mechanical characteristics. Designing products for protection of various human body parts under certain conditions requires a special approach. A key component of new textile materials design process for PPE is the development of scientifically based opinions on the basis of theoretical and experimental studies. Such products must possess high protective properties depending on the application and fully meet the complex requirements that are to be met. Depending on the type of troops or the nature of the actions the requirements set can vary downwards their number. But the major ones will be required. Physical and mechanical properties and weight of the protective armor elements for various weapons differ sometimes in dozens of times. The problem of appropriate use of the majority of armor proof materials in different conditions has not been solved so far.

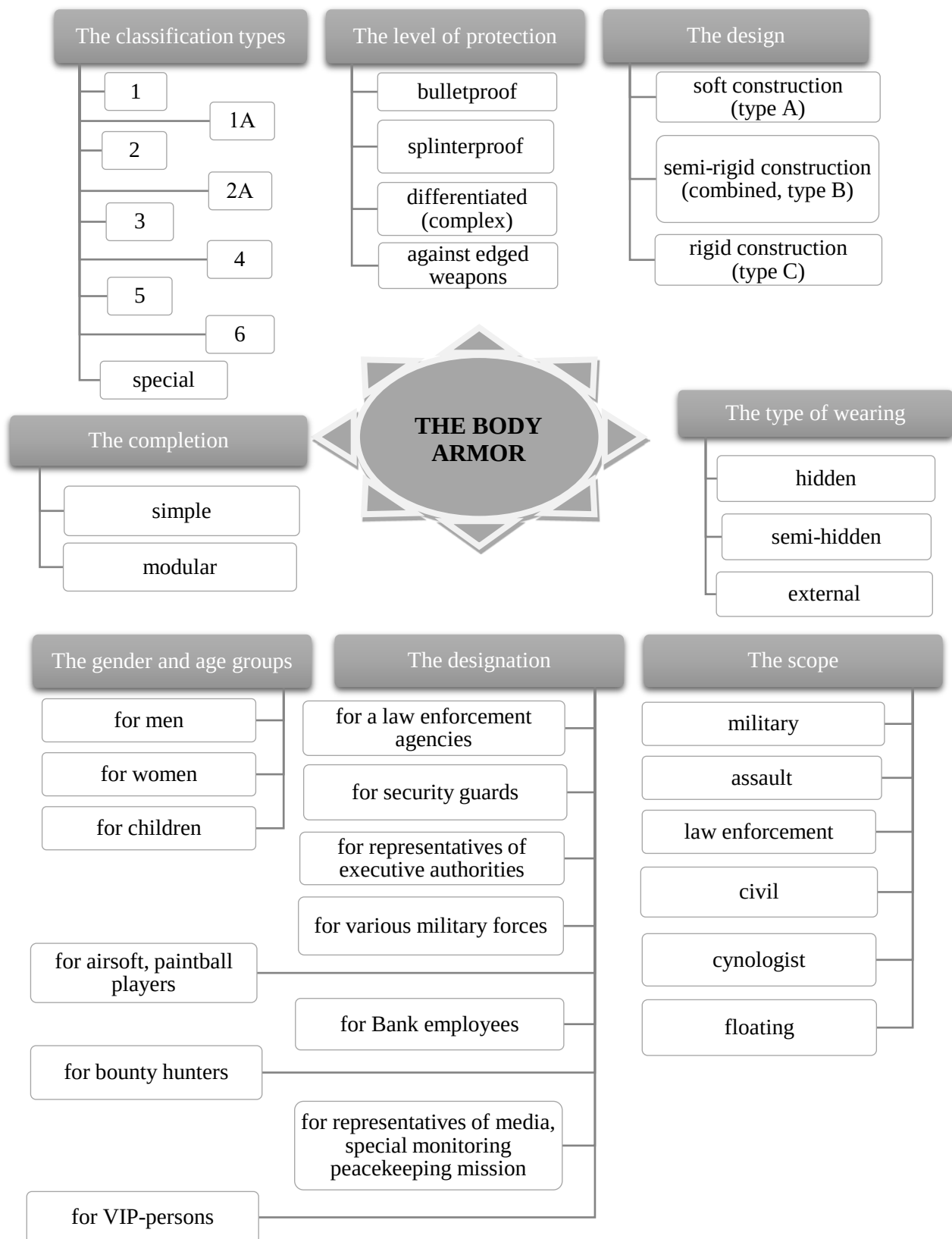


Fig.1.The body armor classification

In the process of creating body armor and its constituents various problems may arise. They are caused by the following contradictory requirements. In the course of analysis the set of requirements that apply to ballistic protection products according to specified conditions has been formed:

- bulletproof and high resistance to weapons penetration. Depending on the type body armor has to withstand certain amount of hits in accordance with the stated protection class. The definition of these characteristics is a complex scientific and technical problem the solution of which is currently carried out by field experiments. A significant drawback of this simplified approach is the criterion for assessing the quality of armor structure "penetration - non-penetration";

- high resistance to impact (i.e. reducing the BFS depth measurement that can be dangerous to the object of protection). BFS depth measurements are evaluated differently in various countries. Almost all foreign standards evaluate this option by the depth of the print on a special plasticizer left by the bullet after its penetrating into the bulletproof vest. The main problem is that different standards accept different values of this parameter. In the United States (standard NIJ 0101.06) [9] the dent is allowed to be of 44 mm in depth, in Germany and Britain - 22 mm. Statistics gathered by foreign experts shows that the upper obstacle injury depth of 44 mm probability of death is almost 10%. It is important to note that the DSTUV 4103-2002 also sets strict requirements for BFS depth deformation, which should be no more than 25mm. For wearing hidden protection classes body armor should possess 1, 1-A, 2 – 35mm. The depth of knives penetration (length release on the back surface of the body armor) should be no more than 5 mm.

- minimum weight to ensure sufficient mobility and maneuverability for the personnel to perform all sorts of tasks with an effective protection area. Body armor linear dimensions affect combat effectiveness, reducing mobility, complicating movement and inspection. To compensate such effects, personal body armor is designed to be close to the body; soft and hard armor elements are located rationally. The usage of tactical (handling) vests is also effective that gives an opportunity to distribute the load over a larger area and improve mobility;

- ergonomic high performance, comfort in use;

- maintaining resistance to weapons under given conditions using a particular product – under certain temperature, humidity, atmospheric precipitation and being immersed in water, or under short-term fire impact;

- preservation of functional properties after repeated ingestion of striking element in the same defense area;

- preservation of functional properties after repeated usage for a certain period and lack of armor elements deterioration without direct exposure to bullets and shrapnel;

- PPE design should provide easy and quick donning without assistance, fit snugly to the body, be securely fixed, not restrict freedom of movement and allow a person to conduct active actions;

- textile materials and seams that are used in manufacturing of PBA protective structures should be strong, smooth, environmentally friendly and allow mechanical removal of dirt and washing without performance and protection decline;

- flammable and toxic elements and coatings are forbidden in PPE manufacturing.

The trend for gradual increase of security indicators made the security and weight limit become the defining BA characteristic. All other parameters are considered secondary. Thus, the

customer makes a choice on the basis of the prior protection area and the product weight. Because of the lack of balance between security and mobility a set of unique requirements for the optimal body armor has not been yet formed.

For the manufacturing of body armor vests and other items of personal body protection heavy-duty textile materials are used, the structure of which is formed by means of ultra-strong threads. The performance of physical and mechanical properties of raw materials largely determines the main consumer properties of the finished products.

The Ministry of Defense of Ukraine has set the demands only for textile materials used for manufacturing of the outer covers of body armor, which must meet the requirements concerning their weight, moisture resistance, tear force, resistance to abrasion. They should not burn or maintain fire and impair their physical and mechanical properties under the impact of oils, gasoline and organic substances soluble in the process of dry cleaning or under the influence of detergents during washing. However, the requirements for textiles produced from ultra-strong threads that have ballistic properties have not been set yet.

It should be noted that all the manufacturers of body armor in Ukraine use imported cloth. There is practically no domestic production of ballistic textile materials with a high degree of durability. But the disadvantage that should be noted is the usage of woven structures. Under the influence of bullet the warp and weft threads, located in fabric structure in mutually perpendicular directions, are parted without lingering weapon debris. Therefore, due to its elasticity and structure features knitted fabric is the best textile material for the hidden type of body armor manufacturing, BA extra components to protect various parts of the body (neck, groin, shoulder and hip) and forming a substrate armor blocks protection against fragments and rebounds. In the process of dynamic interaction of a ballistic jersey with a bullet its loop structure due to elastic properties will reduce the bullet's energy bounce and its fragments more effectively. On the basis of it a study should be conducted aimed at the development of such a knitted structure. Such a trend is promising, because in Ukraine there are no companies that specialize in manufacturing of knitted fabrics for body armor and other knitted products that protect human body against various types of weapons and firearms [10].

Heavy-duty processing of raw materials for flat knitting and circular knitting equipment has been studied by us. Sufficient capacity indicators were determined for the knitting ability of ultra-high-molecular-weight polyethylene fiber linear density of 132 tex in the raw on the double bar warp knitting machine for a single and double weft knitting structure: plain, rib, based on the combined rib and plain and in combination with smooth polyamide filament technical 29 tex or with polyester 16,7x2 tex; also interlock and double-layer weft knitting structure with the press layers connected by basic yarns on a circular rib machine with interlock needles arrangement. Knitting capacity check has proved that the polyethylene thread can be processed smoothly by the knitting equipment with concentrated takedown traction by sinkers. This way it becomes possible to obtain the most dense knitted fabric structure. By varying the knitting parameters one can get the knitwear possessing different deformation characteristics, and therefore varying degrees of bulletproof resistance and other types of mechanical impact.

Thus, with the aim to develop textiles, including knitted fabrics for the manufacture of PPE the following theoretical aspects of the must be considered:

– the process of the dynamic impact of weapons (bullets, fragments of knives or weapon) and estimation of over obstacle effects upon the actions;

– the interaction between the protection back side and the human body and the evaluation of the degree of over obstacle impact intensity in terms of the human condition threshold criteria.

It should be noted that the mechanism of dynamic interaction between a bullet or a blade and the protection elements made of textile materials has not been studied yet, especially in view of possible biomedical effects caused by different over obstacle effects. In theory the complex creation and studying of relevant mathematical models that adequately describe the behavior of the objects mentioned above prevent us from solving the problem. These models are usually multidimensional, non-linear and they have ambiguity of characteristics that make them approximate and incomplete. In this regard, the role of experimental studies has become significant. The results of it can be used to clarify the development of mathematical models and valuation methodologies for over obstacle effects.

Many problems arise in the course of organizing and conducting experimental studies: exceptional intensity and transience of bullet impact processes and their interaction with PPE requires the use of rather a sophisticated measuring, specific recording tools and a special test stand. For medical and biological experiments it is necessary to make tests with biological objects, therefore there arise difficulties (they are connected, in particular, with the need to use living objects – biomannequins). It is clear that this complex and urgent problem can be solved only through the combination of theoretical and experimental studies with existing results of medical experiments conducted in similar conditions. We can assume that required intelligent and financial expenditures will be compensated by the saved lives and health of people and by the improvement of their professional qualities.

Conclusion. The analysis conducted has proved that the development and evaluation of the effective use of personal body armor should be based on an appropriate set of quantitative criteria to optimize parameters. The complexity of this task lies in the fact that currently there are no scientifically based methods of quantitative assessment of physical and mechanical characteristics indicators. The lack of specific assessment criteria prevents the formulation of technical requirements for materials used in manufacturing of body armor and its components.

The effective personal body armor development is challenging as it faces a large number of tactical and technical requirements and factors that contradict each other and affect combat effectiveness. Therefore, the choice of material for PPE must be determined by the complex performance.

The research issues analysis has proved the necessity to consider optimal balance of protective body armor properties in the design and development of PPE, wearing comfort and mobility of the military personnel, the ability to perform complex military and educational training tasks in different conditions to ensure their maximum efficiency.

Література

1. Марченко О.С. Перспективи розвитку засобів індивідуального бронезахисту [Електронний ресурс] / О. С. Марченко // Сучасна спеціальна техніка. - 2014. - № 3. - С. 99-106. - Режим доступу:

References

1. Marchenko, O.S. (2014). Perspektyvy rozvytku zasobiv ivindyvidual'noho bronezakhystu [Development prospects of armoured means of self-defense]. *Suchasna spetsial'na tekhnika – Modern special technique*, 3, 99-106. Retrieved from:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/ssstt_2014_3_14.

2. ДСТУ В 4103-2002. Засоби індивідуального захисту, бронежилети. Загальні технічні умови. Київ, Вид-во стандартів. 2002. – 20 с.
3. Чистяков Е.Ф. Броневые материалы на основе полимерных волокон / Е.Ф.Чистяков // Мир и безопасность . – 2014. №4. – С.19-25.
4. Харченко Е.Ф. Материалы на основе арамидных волокон для защиты от холодного оружия / Е.Ф. Харченко, С.В. Заикин // Вопросы оборонной техники. Сер. 15. - 2000. Вып. 1(122). - С. 28 - 29.
5. Кобылкин И. Ф. Материалы и структуры легкой бронезащиты : учебник / И. Ф. Кобылкин, В. В. Селиванов. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 191 с.
6. Чернышов Е.А. Современная боевая травма и развитие средств индивидуальной бронезащиты // Е.А.Чернышов, А.А.Абросимов, И.Д. Романов, А.Д. Романов, Е.А. Романова. - Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №9. – С.42-46.
7. Мыльников В.В. Анализ материалов и их свойств, применяемых для средств индивидуальной бронезащиты / В.В. Мыльников, А.А. Абросимов, И.Д. Романов, А.Д.Романов // Успехи современного естествознания. – 2014.– №9. – С. 143 – 147.
8. Смирнов В.П. Оценка эффективности защиты армейских средств индивидуальной бронезащиты / В.П.Смирнов // Техника и вооружение. – 2013. – № 7.
9. NIJ Standard – 0101.06. Ballistic Resistance of Body Armor. – Washington: National Institute of Justice, 2008. – 40 p.
10. Боброва С. Ю. Розробка балістичних трикотажних полотен для виготовлення засобів бронезахисту / С. Ю. Боброва, Л. Є. Галавська // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2015. – № 3 (86): Серія "Технічні науки". – С. 114-120.

http://nbuv.gov.ua/UJRN/ssstt_2014_3_14 [in Ukrainian].

2. DSTU V 4103-2002. Zasoby indyvidualnoho zakhystu, bronezhylety. Zahalni tekhnichni umovy. [State standart of Ukraine 4103-2002. Facilities of individual defence, body armours. General technical requirements]. Kiyv, Standartinform Publ., 2002. 20 p.
3. Chistyakov, E.F. (2014). Bronevyye materialy na osnove polimernykh volokon [Armor materials based on polymeric fibers]. *Mir i bezopasnost' - Peace and Security*, 4, 19-25 [in Russian].
4. Kharchenko, E.F., Zaikin, S.V. (2000). Materialy na osnove aramidnykh volokon dlya zashchity ot kholodnogo oruzhiya [Materials based on aramid fibers for protection from cold weapons]. *Voprosy oboronnoy tekhniki - Journal of defense equipment*, Ser. 15, 1(122), 28-29 [in Russian].
5. Kobylkin, I. F. & Selivanov, V. V. (2014). Materialy i struktury legkoy bronezashchity [Materials and structure of lightweight body armour: textbook]. Moscow: Izdatel'stvo MGTU im. N. E. Bauman [in Russian].
6. Chernyshov, E.A., Abrosymov, A.A., Romanov, Y.D. Romanov, E.A. (2014). Sovremennaya boyevaya travma i razvitiye sredstv individual'noy bronezashchity [Modern fighting wound and development of means of an individual armored protection]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy – International journal of applied and fundamental research*, 9, 42 - 46 [in Russian].
7. Myl'nikov, V.V., Abrosimov, A.A., Romanov, Y.D., Romanov, A.D. (2014). Analiz materialov i ikh svoystv, primenyayemykh dlya sredstv individual'noy bronezashchity [The analisis of materials and their properties applied to means individual armored protection]. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya – Advances in current natural sciences*, 9, 143-147 [in Russian].
8. Smirnov, V.P. (2013). Otsenka effektivnosti zashchity armeyskikh sredstv individual'noy bronezashchity [Evaluation of the effective protection of army personal armor protection]. *Tekhnika i vooruzheniye – Equipment and weaponry*, 7 [in Russian].
9. NIJ Standard - 0101.06. Ballistic Resistance of Body Armor. Washington, National Institute of Justice, 2008. 40 p.
10. Bobrova, S.Y., Halavska, L.E. (2015). Rozrobka balistychnykh trykotazhnykh poloten dla vyhotovlennia zasobiv bronezakhystu [Ballistic knitted fabrics development for body armor production]. *Visnyk KNUITD – Bulletin of Kiev National University of Technology and Design*, 3(86): A series of "Engineering", 114-120 [in Ukrainian].

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІДВИЩЕНОЇ МІЦНОСТІ В ЗАСОБАХ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БРОНЕЗАХИСТУ

БОБРОВАС.Ю., ГАЛАВСЬКАЛ.Є., БАХМАЧД.А., СТУПАКІ.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Систематизація знань у сфері виробництва засобів індивідуального бронезахисту та формулювання спеціальних вимог, яким повинні відповідати готові вироби, оцінка ефективності використання трикотажних полотен для їх виготовлення.

Методика. Використано методи аналізу та синтезу існуючого стану виробництва засобів індивідуального захисту, вимог до показників експлуатаційних характеристик та критеріїв оцінки якості.

Результати. Проаналізовано критерії оцінки якості засобів індивідуального бронезахисту (ЗІБ). Встановлено, що ЗІБ повинні відповідати комплексу жорстких і суперечливих вимог, обумовлених умовами їх використання і ступенем очікуваної загрози.

Наукова новизна. Встановлено вимоги до засобів індивідуального бронезахисту, для виготовлення яких використовуються текстильні матеріали балістичного призначення; розроблено класифікацію бронезжилетів за різними видами ознак.

Практична значимість. Оцінка ефективності використання текстильних матеріалів сприятиме налагодженню вітчизняного виробництва трикотажних полотен балістичного призначення. Виявлені критерії оцінки якості ЗІБ дозволять визначити шляхи вирішення питання підвищення рівня захисту від дії уражаючих факторів різних видів зброї.

Ключові слова: засоби індивідуального бронезахисту, трикотаж балістичного призначення, бронезжилет, засоби ураження, протиосколкова та протикулева стійкість.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ В СРЕДСТВАХ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ

БОБРОВА С.Ю., ГАЛАВСКАЯ Л.Е., БАХМАЧ Д.А., СТУПАК И.М.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Систематизация знаний в области производства средств индивидуальной бронезащиты и формулировки специальных требований, которым должны соответствовать готовые изделия, оценка эффективности использования трикотажных полотен для их изготовления.

Методика. Использованы методы анализа и синтеза существующего состояния производства средств индивидуальной защиты, требований к показателям эксплуатационных характеристик и критериев оценки качества.

Результаты. Проанализированы критерии оценки качества средств индивидуальной бронезащиты (СИБ). Установлено, что СИБ должны отвечать комплексу жестких и противоречивых требований, обусловленных условиями их использования и степенью ожидаемой угрозы.

Научная новизна. Установлены требования к средствам индивидуальной бронезащиты, для изготовления которых используются текстильные материалы баллистического назначения; разработана классификация бронезжилетов по различным видам признаков.

Практическая значимость. Оценка эффективности использования текстильных материалов будет способствовать налаживанию отечественного производства трикотажных полотен баллистического назначения. Выведенные критерии оценки качества СИБ позволят определить пути решения вопроса повышения уровня защиты от воздействия поражающих факторов различных видов оружия.

Ключевые слова: средства индивидуальной бронезащиты, трикотаж баллистического назначения, бронезжилет, средства поражения, противоосколочная и противопулевая стойкость.

УДК 677.11.021

ГОРАЧ О.О., БОГДАНОВА О.Ф., ТЕРНОВА Т.І.

Херсонський національний технічний університет

ОДЕРЖАННЯ ЛЛЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ З МЕТОЮ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Мета. Одержання целюлози з льняного волокна придатної для виготовлення виробів технічного призначення.

Методика. З метою одержання целюлози придатної для виготовлення виробів технічного призначення застосовувався нейтрально-сульфитний спосіб.

Результати. В результаті систематичних експериментальних досліджень встановлено оптимальні параметри та режими варіння целюлози з льняного волокна та визначено граничні концентрації робочої рідини.

Наукова новизна. Одержано експериментальні зразки целюлози з льняного волокна нейтрально-сульфитним способом придатної для виготовлення виробів технічного призначення.

Практична значимість. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень в роботі запропоновано спосіб одержання целюлози з волокна льону олійного в якому за рахунок технологічних особливостей технологічного процесу можливо одержати целюлозу з показниками якості, які не поступаються за якістю показникам целюлози, одержаної з листяних порід дерев.

Ключові слова: целюлоза, льон олійний, волокно, технічний текстиль, вироби.

Вступ. Україна багата не тільки деревною сировиною, але й різними однорічними рослинами, які характеризуються високим вмістом целюлози. Сільське господарство, виробляючи щорічно значну кількість зернових, технічних та інших культур, володіє величезними ресурсами побічних продуктів. Номенклатура всіх побічних продуктів, що можуть бути використані як сировина в різних галузях промисловості, дуже велика. З усіх видів недеревної рослинної сировини придатними для отримання волокнистих напівфабрикатів визнані: солома злакових культур, стебла кукурудзи, олійних та інших технічних культур, таких як бавовник, соняшник, ріпак, а також закоричнене коротке волокно, лляна та конопляна костриця. За своїми властивостями всі ці види недеревної сировини можна розділити на дві групи. До першої відносяться волокна льону-довгунця, льону олійного, конопель, джуту, бавовнику та відходи прядіння з різним відсотком закоричненості. Усі ці види сировини містять 75-90 % целюлози, 1-3 % лігніну й мають міцні волокна, розміром до 10 мм і більше. До складу другої групи входять інші зазначені вище види сировини. Вони містять 35-52 % целюлози, 13-22 % лігніну, 18-27 % пентозанів. Волокна у них коротші, ніж волокна рослин першої групи та хвойної деревини [1].

У світовій целюлозно-паперовій промисловості основною сировиною для виготовлення паперу та картону є целюлоза з деревини. Проте для країн, які не мають достатніх її запасів, а Україна належить до їх числа, стає актуальним виробництво волокнистих напівфабрикатів з недеревної рослинної сировини. На даний час вітчизняні підприємства для виготовлення паперу та картону використовують імпортовану целюлозу й макулатуру. Однак висока вартість першої та тенденція до погіршення якості другої зумовлюють необхідність створення власної волоконної бази для підприємств целюлозно-паперової галузі.

Слід зауважити, що в останні роки дуже гостро постало питання вирубування лісів у всьому світі. Це є однією з глобальних екологічних проблем сьогодення. Якщо до початку ери землекористування на Землі було 6 млрд. га лісів, то на даний час залишилося 4 млрд. га лісів, із них тільки 1,5 млрд. га одвічні. Причина знищення лісів загалом на всій планеті – зростання світових потреб у будівництві, папері та паливі [2, 3]. Під час вибору сировини для одержання цих видів продукції враховують вміст у ній клітковини, структурні особливості волокон, що входять до її складу, можливість застосування до неї промислових способів обробки, якість волокнистого продукту, отриманого в результаті цієї обробки, поширеність рослинної сировини, зручність і вартість її збирання, доставки, зберігання тощо [4-6].

Постановка завдання. Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що зростаючий дефіцит деревної сировини зумовлює доцільність використання для одержання целюлозних матеріалів продуктів переробки однорічних рослин недревної природи, а саме волокон льону олійного. Таким чином, сировина з однорічних рослин привертає все більшу увагу фахівців целюлозно-паперової промисловості. Це пов'язано з доступністю й невисокою вартістю такої сировини, що є для сільського господарства відходами виробництва, а також із розробкою нових ресурсозберігаючих і більш екологічно чистих способів отримання целюлозовмісних напівфабрикатів. Застосування луб'яних культур дозволить частково замінити завезену з інших країн целюлозу з деревини та бавовни й суттєво зменшити енерговитрати виробництва. Целюлоза з луб'яних рослин є дуже високоякісною, її можна використовувати для виготовлення широкого асортименту продукції технічного призначення [7]. Тому основою створення власної сировинної бази для підприємств галузі зарубіжні й вітчизняні фахівці, поряд із глибокою хімічною переробкою деревини, вважають використання соломи однорічних рослин, що висвітлено в стратегічній програмі та концепції розвитку галузі до 2020 року [8].

Враховуючи вищевикладене, особливої актуальності набуває питання одержання целюлози з власних сировинних запасів України, для заміщення імпортованої сировини, що наразі використовується у целюлозно-паперовій промисловості для одержання виробів технічного призначення.

Результати досліджень. У США і Західній Європі на частку технічного текстилю припадає 40 % виробництва і споживання, в Китаї – 20 %. Проведений аналіз ринку виробництва технічного текстилю дозволяє зробити висновок, що такі асортиментні групи, як агро-, гео-, будівельний, захисний, автомобільний, фільтруючі і сорбційні матеріали, медичний, тарно-пакувальний текстиль є найбільш затребувані на вітчизняному ринку, і всі ці групи можливо виготовити з натуральної сировини, а саме з використанням щорічно відновлюваного волокна льону олійного.

Вступ України до СОТ, посилить конкурентну боротьбу за український ринок, що об'єктивно потребує постійного підвищення якості та розширення асортименту продукції, що випускається, впровадження систем якості за рахунок використання екологічно чистих матеріалів та розробки інноваційних технологій одержання технічного текстилю різного функціонального призначення.

Використання лубу та волокна льону олійного у виробництві виробів технічного призначення з впровадженням інноваційних технологій дозволить вітчизняним виробникам

скласти конкуренцію закордонним в сегменті технічного текстилю – найбільш швидко розвиваючому на світовому текстильному ринку. Але для того, щоб одержувана продукція змогла конкурувати з імпортованою продукцією, необхідний науковий розвиток інноваційних технологій з використання волокна льону олійного для виготовлення виробів технічного призначення.

Як зазначалося раніше, однорічні рослини недеревної природи мають високий вміст целюлози й широко використовуються як для виготовлення тканин, так і для одержання волокнистих напівфабрикатів, які призначені для виробництва целюлозно-паперових матеріалів технічного призначення. У багатьох країнах світу, наприклад у Пакистані, Таїланді та Перу, недеревна сировина є основним видом сировини для отримання целюлози. У Китаї майже 87 % целюлозовмісної продукції виробляють із соломки однорічних рослин [9].

Таким чином, найбільш раціональним способом вирішення проблем дефіциту бавовняної сировини й збереження лісових запасів є використання целюлозних напівфабрикатів, одержаних із льняної сировини, як альтернативи деревній і бавовняній целюлозі.

Враховуючи, що на сьогоднішній день стан целюлозно-паперової промисловості знаходиться у скрутному становищі, тому пошук альтернативних способів одержання целюлози з однорічних рослин важливе завдання сьогодення. Таким чином, особливої актуальності набуває питання одержання целюлози з льняного волокна з метою виготовлення продукції технічного призначення в якому за рахунок технологічних особливостей можливо було б зменшити кількість використаних хімічних реагентів та покращити показники якості целюлози.

Виконуючи дослідження згідно з Загальнодержавною цільовою програмою розвитку целюлозно-паперової промисловості України та вітчизняного ринку картонно-паперової продукції на період до 2020 року, вчені Херсонського національного технічного університету розробили технології отримання технічної целюлози з луб'яної сировини – волокон льону олійного, льону-довгунця та конопель – для подальшого одержання картону та паперу [10-12]. Дані технології були розроблені у 2010-2014 рр. показники якості отриманих волокнистих напівфабрикатів визначили за чинними стандартами на целюлозу та папір із деревної сировини.

Переваги використання волокна льону олійного для одержання целюлози перед деревними видами сировини в тому, що воно містить луб з міцною довговолокнистою целюлозою, а також процес приготування сировини не потребує застосування енергоємної технологічної операції приготування щепи, середня довжина короткого волокна, що використовується для варіння целюлози становить 10-50 мм, при цьому льон щорічно відновлювана сировина, а для деревинної сировини потрібні десятиліття відновлювання.

В результаті праведних досліджень було встановлені оптимальні параметри та режими варіння целюлози нейтрально-сульфітним способом з використанням відпрацьованого луку. Аналіз проведених експериментальних досліджень дозволяє зробити висновок, що з волокна льону олійного можна одержати целюлозу з досить високими якісними показниками, придатну для виробництва целюлозних напівфабрикатів з метою виготовлення продукції технічного призначення.

Впровадження у виробництво інноваційних технологій одержання технічного текстилю різного функціонального призначення з використанням волокна льону олійного є важливим завданням сьогодення, що дозволить розширити сфери застосування льону олійного у промисловості, а одержувана сировина буде екологічно безпечною та буде мати попит не тільки в Україні а й закордоном.

Висновки. На основі проведених досліджень було визначено оптимальні параметри технологічного процесу одержання целюлози з льняного волокна з показниками якості, що підтверджує їх придатність для виробництва виробів технічного призначення.

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень в роботі запропоновано спосіб одержання целюлози з волокна льону олійного, в якому за рахунок технологічних особливостей технологічного процесу можливо одержати целюлозу з показниками якості, які не поступаються за якістю показникам целюлози, одержаної з листяних порід дерев. На відміну від традиційних довготривалих і трудомістких способів одержання целюлозовмісних напівфабрикатів методом варіння, запропонований спосіб дає можливість знизити енерговитрати та за менший проміжок часу отримати целюлозовмісну сировину, технологічні властивості якої забезпечили б можливість розширення сфери її застосування при збереженні якісних характеристик целюлози.

На основі вищевикладеного, можна зробити висновок, що використання вітчизняної, недорогої, щорічно відновлюваної сировини, може стати додатковим джерелом для вітчизняної целюлозно-паперової промисловості, та в свою чергу буде сприяти вирішенню проблеми імпортозаміщення.

Література

1. Скорченко А.Ф. Теоретические предпосылки углубленной переработки льняного сырья / А.Ф. Скорченко. – К.: ИСМО, 1996. – 41 с.
2. Воронин А. Обзор рынка целлюлозы Украины / А. Воронин // Бумага и жизнь. – 2004. – № 11. – С. 16-22.
3. Иванов С.Н. Технология бумаги: [учебник для вузов] / С.Н. Иванов [изд. 2-е, перераб.]. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 696 с.
4. Шитов Ф.А. Технология целлюлозно-бумажного производства / Ф.А. Шитов. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 270 с.
5. Виробництво товарів народного споживання в Україні. Статистичний збірник // Державний комітет статистики України. – К., 2001. – 160 с.
6. Горач О.О. Розробка технології одержання трести із соломи льону олійного з використанням штучного зволоження: дис. ... кандидата техн. наук: 05.18.01 / Горач Ольга Олексіївна. – Херсон, 2009. – 206 с.
7. Концепція загальнодержавної цільової програми розвитку целюлозно-паперової промисловості України та вітчизняного

References

1. Skorchenko A.F. (1996). Teoreticheskie predposylki uglublennoy pererabotki l'nyanogo syr'ya [Theoretical prerequisites for deep processing of flax raw materials]. Kyiv: ISMO, 41 [in Ukraine].
2. Voronin A. (2011). Obzor rynku tsellyulozy Ukrainy [Pulp market review in Ukraine] *Bumaga i zhizn' - Paper and life*, 11, 16-22 [in Ukraine].
3. Ivanov, S. (1970). *Tekhnologiya bumagi* [Paper technology]. Uchebnik dlya vuzov. (2-id.). Moscow: Lesnaya promyshlennost' [in Russian].
4. Shitov, F. (1976). *Tekhnologiya tsellyulozno-bumazhnogo proizvodstva* [Technology of pulp and paper production]. Moscow [in Russian].
5. Statystychnyi zbirnyk (2001). *Vyrobnytstvo tovariv narodnoho spozhyvannia v Ukraini* [Production of consumer goods in Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].
6. Horach, O.O. (2009). Rozrobka tekhnolohii oderzhannia tresty iz solomy lonu oliinoho z vykorystanniam sztuchnoho zvolozhennia [Development of technology for obtaining tresto from straw of flaxen oil using artificial moistening]. Candidate's thesis. Kherson [in Ukrainian].
7. Kontseptsiiia zahalnodержavnoi tsilovoi prohramy rozvytku tseliulozno-papеровoi promyslovosti Ukrainy ta vitchyznianoho rynku kartonno-papеровoi produktsii na

ринку картонно-паперової продукції на період до 2020 року: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://industry.kmu.gov.ua/industry/control/uk/publish/article?jsessionid=D944B63339CEEEAA38DF66524EE1F845?art_id=74110&cat_id=42148.

8. Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. – Ч. II [под общ. ред. В.А. Столяровой]. – СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2007. – 1142 с.

9. Патент на изобретение 10331 А от 25.12.96, Бюл. № 4. Способ получения целлюлозы, Чурсина Л.А., Логачева Л.И., Богданова О.Ф.

10. Патент на изобретение № 33428 А от 15.02.01 Бюл. № 1, 2001 год. Способ отбеливания льняного целлюлозного полуфабриката, Богданова О.Ф., Путинцева С.В., Чурсина Л.А.

11. Патент на полезную модель № 56855 от 25.01.2011 Бюл. №2. – 4 с. Способ получения целлюлозы. Чурсина Л.А., Лялина Н.П., Богданова О.Ф., Резвых Н.И.

period do 2020 roku [The concept of the national target program for the development of the pulp and paper industry of Ukraine and the domestic market of cardboard and paper products for the period up to 2020]. Rezhym dostupu: http://industry.kmu.gov.ua/industry/control/uk/publish/article?jsessionid=D944B63339CEEEAA38DF66524EE1F845?art_id=74110&cat_id=42148 [in Ukrainian].

8. Stolyarovoy, V. (Eds). (2007). *Novyy spravochnik khimika i tekhnologa. Syr'ye i produkty promyshlennosti organicheskikh i neorganicheskikh veshchestv* [New directory of chemist and technologist. Raw materials and products of the organic and inorganic substances industry]. Professional Publ. (2nd).

9. Chursina LA, Logacheva LI, Bogdanova OF, inventors (1996). *Sposob polucheniya tsellyulozy* [The method of obtaining cellulose]. Ukrainian patent, no. 10331 A.

10. Bogdanova OF., Putintseva SV, Chursina LA, inventors (2001). *Sposob otbelivaniya l'nyanogo tsellyuloznogo polufabrikata* [Whitening method of flax cellulose semi-finished product]. Ukrainian patent, no. 33428 A.

11. Chursina LA, Lyalina NP, Bogdanova OF, Rezvykh NI, inventors (2011). *Sposob polucheniya tsellyulozy* [The method of obtaining cellulose]. Ukrainian patent, no. 56855.

ПОЛУЧЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ЦЕЛЬЮ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ГОРАЧ О.А., БОГДАНОВА О.Ф., ТЕРНОВАЯ Т.И.

Херсонский национальный технический университет

Цель. Получение целлюлозы из льняного волокна пригодной для изготовления изделий технического назначения.

Методика. С целью получения целлюлозы пригодной для изготовления изделий технического назначения в работе применялся нейтрально-сульфитный способ варки целлюлозы.

Результаты. В результате систематических экспериментальных исследований установлены оптимальные параметры и режимы варки целлюлозы из льняного волокна и определена концентрация рабочей жидкости.

Научная новизна. Разработан способ получения целлюлозы из льняного волокна нейтрально-сульфитным способом пригодной для изготовления изделий технического назначения.

Практическая значимость. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований в работе предложен способ получения целлюлозы из волокна льна масличного. За счет технологических особенностей технологического процесса, получено целлюлозу с показателями качества, не уступающие по качеству показателям целлюлозы, полученной из лиственных пород деревьев.

Ключевые слова: целлюлоза, лен масличный, волокно, технический текстиль, изделия.

RECEPTION LINEN PULP TO MANUFACTURE ARTICLES OF
TECHNICAL DESIGNATION

GORACH O.O., BOGDANOVA O.F., TERNOVA T.I.

Kherson national technical university

Purpose. Preparation of pulp from linen fibers suitable for the manufacture of products for technical purposes.

Methods. To obtain pulp suitable for making technical articles used neutral sulfite method.

Results. As a result of systematic experimental studies found optimal parameters and modes with pulping flax fiber and defined limit concentration of the working fluid.

Scientific innovation. Experimental samples of cellulose fibers from flax neutral sulfite method suitable for the manufacture of technical products.

The practical significance. On the basis of theoretical and experimental studies in this paper we propose a method for producing cellulose fibers from flax. Due to the technological features of the process, cellulose derived from indicators of quality that rivals the quality of the pulp indicators derived from hardwood trees.

Key words: pulp, flax, oilseed, fiber, technical textile products.

УДК 685.34.016:
[685.34.051.3.004]

ЧЕРТЕНКО Л.П., КЕРНЕСЬ В.П., ГАРКАВЕНКО С.С.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА СПОСОБУ ПРОЕКТУВАННЯ КОЛОДОК ДЛЯ КОМФОРТНОГО ВЗУТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ 3D САПР ТА ПРОГРЕСИВНОГО ОБЛАДНАННЯ

Мета. Розробка вдосконаленого методу проектування раціональної внутрішньої форми взуття на основі формування бази 3D моделей стоп із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення та сучасного технологічного обладнання.

Методика. Використані методики проведення антропометричних досліджень стоп безконтактним способом з використанням спеціалізованих графічних програм та спеціалізованих пристроїв; математичні методи обробки результатів експерименту; графо-аналітичні методи дослідження та побудови параметрів плантограм тощо.

Результати. Створено базу 3D моделей стоп і плантограм, розраховано параметри умовної середньо-типової стопи досліджуваної групи населення. Наведено алгоритм проектування колодки в середовищі Crispin LastMaker на основі створених інформаційних баз. Розраховані та спроектовані контури експериментальних колодок двох повнот (середньої та широкої) на основі результатів антропометричних досліджень, що покладено в основу розробки моделей колодок для комфортного взуття середнього розміру для досліджуваної групи населення.

Наукова новизна. В роботі запропоновано спосіб автоматизованого проектування раціональної взуттєвої колодки в середовищі спеціалізованого програмного модулю Crispin LastMaker на основі математичної моделі умовної середньо-типової стопи, отриманої в результаті безконтактних досліджень стоп одnorідної вибірки.

Практична значимість. Запропонований в роботі спосіб проектування внутрішньої форми взуття дозволяє розробляти колодки раціональної форми на основі результатів безконтактних досліджень при ефективному використанні функціоналу спеціалізованих графічних програм та прогресивного обладнання.

Ключові слова: умовна середньо-типова стопа (УСТС), система автоматизованого проектування (САПР), параметри, обміри, колодка, внутрішня форма взуття.

Вступ. Сучасні вимоги зростаючої конкуренції на взуттєвому ринку змушують виробників вдаватися до розширення асортименту продукції та підвищення ефективності виробництва шляхом залучення прогресивного обладнання, нових методик та автоматизації процесів конструкторської підготовки виробництва. Найбільше складностей на цьому шляху виникає в сфері проектування взуттєвих колодок та оснастки через високий ступінь складності просторових форм. Зарубіжний досвід проектування колодок в середовищі спеціалізованих САПР рекомендує поєднувати автоматизоване проектування з натурним моделюванням, коли прототип майбутньої моделі виточується вручну, а залучення комп'ютерних технологій зводиться до виконання певних технічних задач коригування параметрів моделі [1]. Однак в такому випадку частково ігноруються антропометричні, біомеханічні та інші вимоги до форми колодки.

Наукова школа проектування внутрішньої форми взуття розпочала свої традиції ще в 19 столітті, а починаючи з середини 20 століття стали використовувати аналітичні методи розрахунку параметрів взуттєвої колодки по вихідній цифровій моделі стопи, використовуючи критерії раціональності внутрішньої форми взуття. Даний напрям розроблено в працях Зибіна Ю.П., Фукіна В.А., Фарнієвої О.В., Либи В.П., Кисельова С.Ю., Коновала В.П., та їх послідовників [2-4]. Сучасний підхід до проектування колодки базується на активному використанні систем автоматизованого проектування у взаємодії із

високотехнологічним прогресивним обладнанням [5-6]. Однак в основному така технологія проектування колодки більшістю дослідників пропонується для індивідуального виготовлення колодки [7-8] за результатами сканування стопи замовника, в той час коли проектування раціональних колодок серійного виробництва в середовищі сучасних САПР ще не набуло достатнього розвитку та обґрунтованої теоретичної бази. Отже, незважаючи на значну кількість досліджень в даному напрямку проблема створення підсистеми автоматизованого проектування внутрішньої форми взуття масового виробництва та інших видів технологічної оснастки залишається актуальною.

Постановка завдання. Важливою умовою конкурентоспроможності взуття є його комфортність, що забезпечується використанням раціональної взуттєвої колодки. А для проектування раціональних параметрів колодки в свою чергу, важливою є база вихідних параметрів, якими є антропометричні дані стопи досліджуваної групи населення. При сучасному підході до процесу проектування, коли об'єкт представлений у вигляді віртуальної просторової форми, вихідні антропометричні дані мають бути адаптовані до цифрового 3D формату для забезпечення адекватного переходу від форморозмірів стопи до параметрів колодки.

Результати дослідження. Відомо [1,2,5], що колодка являє собою основну технологічну оснастку, за допомогою якої виконуються різні операції формування та складання взуття; вона визначає параметри внутрішньої форми взуття, яка є основним критерієм оцінки комфортності – одного з головних показників якості взуття, а також визначає зовнішній вигляд взуття та відповідність його напрямкам моди. Вихідними даними для розробки контурів перетинів колодок різних видів взуття різних статевих-вікових груп є контури відповідних перетинів середньо-типових стоп.

В зв'язку з тим, що в даній роботі передбачається проектування експериментальних колодок, параметри яких мають деякі відмінності від стандартних, то підготовчий процес до проектування колодок здійснювався за таким алгоритмом:

1. Антропометричне обстеження стоп відповідних груп населення за допомогою 3D сканування. В обмірі приймали участь 150 юнаків віком 19-22 роки. Сканували обидві стопи з рівномірним на них навантаженням.

2. Формування 3D бази даних стоп та бази плантограм.

3. Обробка отриманих даних антропометричних обстежень на ПК та узагальнення вихідної інформації. Розрахунок середньоарифметичних параметрів стопи досліджуваної групи населення.

4. Графо-аналітичне дослідження плантограм. Для проведення обробки стоп графічним методом був здійснений відбір типових плантограм стоп без патологічних відхилень за двома основними розмірними ознаками: середньою довжиною стопи та шириною у пучках. Відбиралися плантограми, у яких відхилення цих розмірів від їх середніх значень не перевищує $\pm 0,5\delta$. Відібрані плантограми оброблялися за звичайною методикою [9] при цьому створювалася база оцифрованих контурів плантограм та отримано середньо-середній контур стопи за двома розмірними ознаками (довжиною та шириною).

5. Розробка математичної моделі УСТС на базі результатів обмірів та обробки плантограм. На основі середніх розмірних ознак типових стоп за висотою і довжиною,

отриманих при антропометричних дослідженнях, викреслювалися контури поздовжньо-вертикальних перетинів відповідних УСТС.

6. Виявлення стоп, значно ширших за параметри середньо-типових. Усереднення параметрів широких стоп з метою розрахунку параметрів стоп широкої повноти.

7. Проектування усередненої плантограми на основі досліджень стоп широкої повноти.

8. Проектування основних перетинів усередненої стопи широкої повноти.

9. Розрахунок основних параметрів колодки на основі параметрів умовної середньо-типової стопи та усередненої широкої стопи з урахуванням коефіцієнтів співвідношення розмірних ознак стопи і параметрів колодки.

10. Розрахунок додаткових параметрів колодки з урахуванням особливостей методики проектування колодки в середовищі Crispin LastMaker.

11. Розробка контурів та перетинів дослідної моделі колодки (контур сліду, поздовжньо-осьовий перетин, контури основних поперечно-вертикальних перерізів) за допомогою 2d САПР.

Попередні дослідження показали, що чи не найпомітнішою рисою вітчизняного ринку взуття є невідповідність розмірної асортиментної структури пропозиції та попиту на взуття різних вікових груп споживачів [10, 11]. Порівняння основних параметрів як існуючих колодок ГОСТ 3927, так і прийнятих згідно діючих стандартів з нинішніми результатами обмірів стоп населення України показали деякі відмінності, а саме: збільшення з роками як довжинних так і поперечних розмірів, а звідси і кількості номерів у асортименті, та наближенню цих груп до ближньої більшої нумерації по довжині, але зі зміною параметрів поперечних розмірів.

В сучасних умовах переходу до новітніх технологій та високотехнологічного обладнання для отримання інформації про поверхню стопи та колодки використовуються спеціальні пристрої – 3D-сканери, що дозволяють отримати цифрову копію як поверхні стопи людини, так і поверхні взуттєвої колодки. Вибір скануючого пристрою залежить від цілей та задач дослідження. Представлені сьогодні на ринку 3D-сканери для взуттєвої галузі можна умовно розділити на групи в залежності від розміру скануючої області, висоти сканування, точності сканування, розрішення та ін.

Для формування 3D бази стоп в даній роботі застосовано сканер FootIn 3d, який має вагомі переваги: придатний для сканування як стопи, так і колодки, має високу точність сканування, а також достатні розміри скануючої області як по довжині, так і по висоті, за рахунок чого отримуємо суцільну цифрову 3D копію будь-якої стопи або колодки, придатну для подальшого використання в процесі проектування. З кожного досліджуваного отримували 3D модель лівої та правої стопи.

Сканована форма колодки або стопи експортується в .STL-формат у вигляді сітки трикутників, з якого далі імпортується в середовище програми для моделювання взуття та колодки. Антропометрична інформація, отримана за допомогою сканера та спеціальної програми сканування, представляє собою три головних файли: файл з цифровою копією поверхні в форматі .STL; файл з фотоплантограмою в форматі .JPG; файл з цифровими даними основних параметрів стопи.

Основним формоутворюючим контуром каркасу колодки є контур сліду, від якого зрештою в великій мірі залежить зручність колодки. Контур сліду колодки середнього розміру проектується на основі усередненої плантограми стоп досліджуваної групи населення з урахуванням вимог біомеханіки та фізіології стопи. Слід колодки широкої повноти розроблявся аналогічно на основі усередненої плантограми широких стоп досліджуваної вибірки. Контур сліду експериментальної колодки проектується за допомогою креслярських функцій AutoCAD у вигляді замкненої полілінії та зберігається в форматі .DXF для можливості подальшого використання в якості шаблону при редагуванні поверхні колодки в середовищі LastMaker (рис.1).

Особливу увагу при проектуванні сліду колодки приділяли формі носкової частини, яка в багатьох випадках не відповідає вимогам біомеханіки та фізіології стопи, особливо під час активних дій та тривалого носіння. Особливо актуальні ці вимоги для спортивного та військового взуття.



Рис.1 Співвідношення стопи та різної (спортивної та класичної)внутрішньої форми взуття – основа для проектування раціональної форми сліду колодки

Раціональна форма контуру сліду має бути дещо приведеної форми, враховувати середнє значення кута відхилення великого пальця та в жодному разі не тиснути на пальці (Рис.2). Раціональна довжина сліду розраховується за формулою:

$$D_{сл} = D_{ст} + P_1 + P_3 - S$$

де $D_{ст}$ – довжина стопи;

P_1 – припуск на збільшення стопи при русі в носковій частині (10мм);

P_3 – припуск декоративний;

S – величина зсуву ребра сліду в п'ятці.

Розміри основних параметрів колодок визначалися за відомими формулами із використанням результатів проведених антропометричних обстежень стоп юнаків 19-20, при цьому досліджувані параметри адаптувалися до способу проектування форми колодки в середовищі Crispin LastMaker. Однак результати антропометричних обмірів показали, що суттєва кількість досліджуваної групи споживачів мають параметри стопи значно ширші за

середньотипові. Тому було вирішено дослідити окремо стопи широкої повноти, адже саме ця категорія споживачів часто лишається незадоволеною існуючим асортиментом взуття. Особливо критичною є ця проблема для військового взуття, яке експлуатується тривалий час та в жорстких умовах, коли дискомфорт стопи, її надмірне стискання взуттям неприпустимі. Рациональний контур сліду колодки середнього розміру окремої групи населення проектується за наведеною схемою (див. Рис. 2) на основі усереднення плантограм стоп середньо-типових параметрів – для середньої повноти та на основі усередненої плантограми широких стоп – для широкої повноти (Таблиця 1).

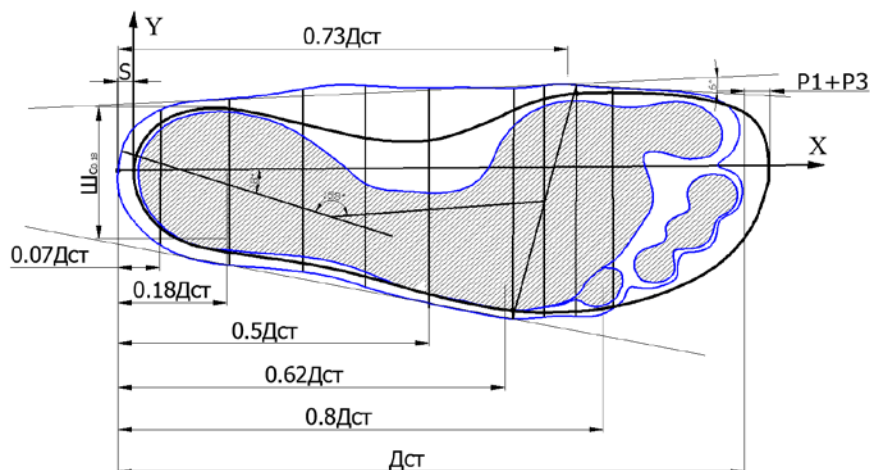


Рис. 2 Схема проектування параметрів сліду колодки на основі плантограми стопи

Таблиця 1

Розмірні параметри дослідної колодки

Найменування розрахункових параметрів	Вузька повнота	Широка повнота
Довжина колодки габаритна	292	292
Довжина сліду колодки	285	285
Ширина колодки в пучках	90	94
Обхват колодки в пучках	258	270
Обхват колодки по прямому підйому	274	284
Обхват колодки по косому підйому	364	372
Ширина п'ятки по сліду	60	63
Ширина п'ятки по габариту	70	73
Висота носка на рівні перерізу 0.8Дст	29	31
Висота колодки в пучках	43	45
Висота колодки на рівні перерізу 0.9Дст	28	30
Висота колодки на рівні короткого косоного підйому	92	94
Довжина верхньої площадки колодки	110	112
Висота припіднятості носкової частини	11	11
Ширина верхньої площадки	36	40
Кут між віссю симетрії п'ятки та віссю сліду колодки	6	7

Усереднені параметри стопи по групі українських чоловіків досліджуваного контингенту та контур сліду, побудований на основі середньо-середньої плантограми лягли в основу розробки нової вдосконаленої форми колодки для спеціального взуття для військовослужбовців. Процес проектування колодки відбувався в середовищі Crispin

LastMaker на основі методу зворотнього інжинірингу, взявши за базову форму колодки існуючу колодку для військового взуття, де за допомогою функцій редагування профілей, цифрових параметрів форми, поперечних контурів, а також функцій виправлення і згладжування поверхні в режимі «Співставлення» з формою середньотипової стопи, розробляється нова форма колодки. Розробивши математичну модель раціонального сліду колодки на основі усереднених даних з урахуванням функціонально-ергономічних вимог, за допомогою функції «Змінити по шаблону сліду» можна адаптувати форму колодки під розроблений контур сліду (рис.3).

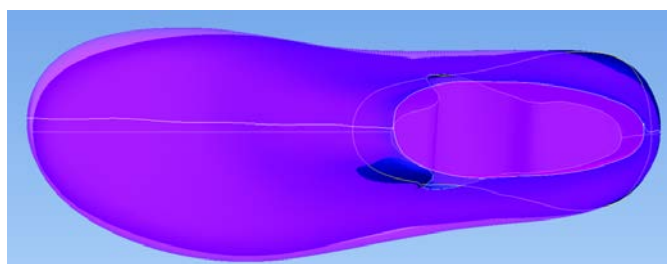


Рис. 3. Порівняння базової та нової розробленої форм колодок

Етапи процесу проектування нової форми колодки згідно розрахованих параметрів в середовищі LastMaker:

- 1) Імпортування сканованої базової форми колодки;
- 2) Редагування основних довжинних, широтних, висотних та обхватних параметрів колодки відповідно до розрахованих за допомогою функції «Розширені налаштування»;
- 3) Завантаження форми сканованої стопи усереднених параметрів в режимі «Порівняння»;
- 4) Коригування профілів сліду, верхньої площадки, гребеня та п'ятки у відповідності до форми усередненої стопи за допомогою функції «Профілі»;
- 5) Коригування основних поперечно-вертикальних перерізів в ділянках значних відхилень від форми стопи – функція «Модифікувати верх перерізу»;
- 6) Приведення контурів сліду колодки у відповідність до спроектованого шаблону сліду за допомогою функції «Змінити по шаблону сліду»;
- 7) Контролювання основних параметрів за допомогою функції «Розширені налаштування» (закладки Масштаб, Пучки, Носок та П'ятка);
- 8) Згладжування поверхні колодки в місцях появи деформацій за допомогою функцій режиму «Виправлення».

Висновки. В роботі проведені антропометричні дослідження стоп юнаків вікової групи 19-22 років та сформована 3D база даних стоп та база плантрограм для подальших розрахунків та проектування колодки. Проведено розрахунок основних параметрів колодки на основі параметрів умовної середньо-типової стопи (УСТС) досліджуваної групи і коефіцієнтів співвідношення розмірних ознак стопи і параметрів колодки.

В процесі обробки даних було виокремлено стопи з широкими параметрами та розраховано розміри колодки широкої повноти. На основі умовної середньо-типової стопи досліджуваної групи населення з урахуванням вимог біомеханіки та фізіології стопи

спроектовано контур сліду колодки, який використано для науково-обґрунтованої побудови раціональної форми колодки в середовищі Crispin LastMaker на основі методу зворотнього інжинірингу. Спроектвані віртуальні моделі, придатні для подальшого виготовлення на станках з ЧПУ.

Література

1. МА Х., Luximon A. Design and manufacture of shoe lasts // International journal of advanced manufacturing technology, September 2013. – С. 177-196.
2. Фукин В.А. Развитие теории и методологии проектирования внутренней формы обуви / Фукин В.А., Буй В.Х. Москва, 2015. – 410 с.
3. Кернеш В.П. Удосконалення гармонійності внутрішньої форми і конструкцій юнацького і дівочого взуття: дис. ... канд. тех. наук, 05.19.06.-К., 2007. - 218с.
4. Чертенко Л.П. Особенности проектирования рациональной формы обувной колодки с применением САПР /Чертенко Л.П., Коновал В.П.// Международный сборник научных трудов «Метрология, стандартизация и сертификация изделий сервиса: теория и практика»: Шахты – 2007, с. 97-107.
5. Орловський Б.В. CALS - Технології об'єктно-орієнтованого проектування і виготовлення взуття на засадах програмного комплексу DelCAM CRISPIN / Орловський Б.В. // Вісник КНУТД №1. – 2012. – С. 22-33.
6. Чертенко Л.П. Анализ способов проектирования обувной колодки при помощи программных продуктов Delcam // Чертенко Л.П., Гмирко О.В. // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні інформаційні технології Delcam в освіті і наукових дослідженнях»: Полтава, ПНТУ – 2013 – С. 101-105.
7. Shuping Xiong, Jianhui Zhao, Zuhua Jiang A computer-aided design system for foot-feature-based shoe last customization // International journal of advanced manufacturing technology, January 2009. – P. 11-19.
8. Амосов Е.К. Новая методика создания эксклюзивной обуви //Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского гос. ун-та технологии и дизайна, № 1. – С-Пб, 2015. – С. 13-18.
9. Ченцова К.И. Стопа и рациональная обувь.- М.: Легкая индустрия, 1974.-216 с.

References

1. MA X., A. Luximon (2013) [Design and manufacture of shoe lasts] International journal of advanced manufacturing technology, September. P. 177-196.
2. Fukyn V.A., Buy V. (2015) *Razvytye teoryy y metodolohyy proektyrovanyya vnutrenney formy obuvy*. Moskov, 410 p. [in Ukrainian]
3. Kernesh V.P. (2007) *Udoskonalennya harmoniynosti vnutrishn'oyi formy i konstruktсий yunats'koho i divochoho vzuttya*: dys. kand. tekhn. Nauk. 218 p. [in Ukrainian]
4. Chertenko L.P., Konoval V.P. (2007) *Osobennosti proektyrovanyya ratsyonal'noy formy obuvnoy kolodky s prymenenyem SAPR*. Mezhdunarodnyy sbornik nauchnykh trudov «Metrolohiya, standartyzatsyya y sertyfykatsyya yzdeley servysa: teoryya y praktyka»: Shakhthy. p.97-107.
5. Orlovs'ky B.V. (2012) *CALS-Tekhnolohiyi ob'yektno-orientovanoho proektuvannya i vyhotovlennya vzuttya na zasadakh prohramnoho kompleksu DelCAM CRISPIN*. «BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design» no.1. P. 22-33. [in Ukrainian]
6. Chertenko L.P., Hmyrko O.V. (2013) *Analiz sposobov proektyrovanyia obuvnoi kolodky pry pomoshchy prohrammnykh produktov Delcam*. Materialy IV Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Prohresyvni informatsiini tekhnolohii Delcam v osviti i naukovykh doslidzhenniakh». Poltava. P. 101-105. [in Ukrainian]
7. Shuping Xiong, Jianhui Zhao, Zuhua Jiang. (2009) [A computer-aided design system for foot-feature-based shoe last customization]. International journal of advanced manufacturing technology, January P. 11-19.
8. Amosov E.K. (2015) *Novaya metodyka sozdanyya éksklyuzyvnoy obuvy*. Vestnyk molodykh uchenykh Sankt-Peterburhskoho hos. un-ta tekhnolohyy y dyzayna, no 1. P. 13-18.
9. Chentsova K.Y. (1974) *Stopa y ratsyonal'naya obuv'*. M.: Lehkaya yndustryya, 216 p. [in Ukrainian]
10. Kernesh V.P., Omelchenko N.M., Konoval V.P.

10. Кернеш В.П., Омельченко Н.М., Коновал В.П. Розробка раціонального взуття для старшокласників 15-16 років Східного регіону України. Повідомлення 4. Проектування раціональних колодок до взуття для юнаків та дівчат 15-16 років Східного регіону України// Вісник ХНУ. Серія : Технічні науки. – Хмельницький, ХНУ, – 2012. - №3. – С.190-194.

11. Шумейко В.М., Заєць А.В., Кернеш В.П., Коновал В.П., Гаркавенко С.С. Принципи створення внутрішньої форми взуття. Повідомлення 1. Вдосконалення методу розрахунку довжини устілки з урахуванням розмірного асортименту взуття//Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки. - 2016. - № 4. - С. 63-75.

(2012) Rozrobka ratsionalnoho vzuttia dlia starshoklasnykiv 15-16 rokiv Skhidnoho rehionu Ukrainy. Povidomlennia 4. Proektuvannia ratsionalnykh kolodok do vzuttia dlia yunakiv ta divchat 15-16 rokiv Skhidnoho rehionu Ukrainy. Visnyk KhNU. Serii: Tekhnichni nauky. Khmelnytskyi, no.3. P.190-194. [in Ukrainian]

11. Shumeyko V.M., Zayats A.V., Kernesh V.P., Konoval V.P., Garkavenko S.S. (2016) Pryntsypy stvorennia vnutrishnoyi formy vzuttia. Povidomlennia 1. Vdoskonalennia metodu rozrakhunku dovzhyny ustilky z urakhuvannyam rozmirnoho asortymentu vzuttia. [Principles of creation the inner form of footwear. Message 1. Improving the metod of calculating the insole length according to the shoe size assortment] «BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design». no. 4. P. 63-75. [in Ukrainian]

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОЛОДОК ДЛЯ КОМФОРТНОЙ ОБУВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3d САПР И ПРОГРЕССИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЧЕРТЕНКО Л.П., КЕРНЕШ В.П., ГАРКАВЕНКО С.С.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка усовершенствованного метода проектирования рациональной внутренней формы обуви на основе формирования базы 3D моделей стоп с применением специализированного программного обеспечения современного технологического оборудования.

Методика. Используемые методики проведения антропометрических исследований стоп бесконтактным способом с использованием специализированных графических программ и специализированных устройств; математические методы обработки результатов эксперимента; графо-аналитические методы исследования и построения параметров плантограм.

Результаты. Создана база 3D моделей стоп и плантограм, рассчитаны параметры условной средне-типичной стопы исследуемой группы населения. Приведен алгоритм проектирования колодки в среде Crispin LastMaker на основе созданных информационных баз. Рассчитаны и спроектированы контуры экспериментальных колодок двух полнот (средней и широкой) на основе результатов антропометрических исследований, легли в основу разработки моделей колодок для комфортной обуви среднего размера для исследуемой группы населения.

Научная новизна. В работе предложен способ автоматизированного проектирования рациональной обувной колодки в среде специализированного программного модуля Crispin LastMaker на основе математической модели условной средне-типичной стопы, полученной в результате бесконтактных исследований стоп однородной выборки.

Практическая значимость. Изложенный в работе способ проектирования внутренней формы обуви позволяет разрабатывать колодки рациональной формы на основе результатов бесконтактных исследований при эффективном использовании функционала специализированных графических программ и прогрессивного оборудования.

Ключевые слова: условная средне-типичная стопа (УСТС), система автоматизированного проектирования (САПР), параметры, обмеры, колодка, внутренняя форма обуви.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF LASTS DESIGNING FOR COMFORTABLE
SHOES WITH THE USE 3D CAD OF PROGRESSIVE
TECHNOLOGIES

CHERTENKO L.P., KERNESH V.P., GARKAVENKO S.S.
Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. Development of improved methods of rational internal shape design of shoes on the basis of the formation of a database of 3D feet models using efficient software and advanced equipment.

Methods. Methods of anthropometric studies of feet without contact using computer technology and special tools; mathematical methods of processing the results of the experiment; graph-analytical methods of research and building of parameters of plantohram were used.

Results. A database of 3D feet models and plantohram of the investigated groups of people were created. The algorithm of last designing in the medium Crispin LastMaker based on the created databases was shown. The contours of experimental lasts of two width (medium and wide) were calculated and designed on the basis of anthropometric research. Two models of shoe lasts (medium and wide width) for comfortable shoes were developed.

Scientific novelty. The paper presents a rational way to design a shoe lasts in the medium of specialized software module Crispin LastMaker based on a mathematical model NATF obtained by the data processing of contactless research of feet of a homogeneous sample.

Practical significance. The way to design an efficient internal form of shoes presented in the paper can be applied for industrial development of mass production of lasts of different styles for different groups of people.

Keywords: notional average-typical foot (NATF), parameters, foot measurements, last, internal shape of shoes.

УДК 677.076.75

РОМАНЮК Є.О., КУРГАНСЬКИЙ А.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЛЕТЕНИХ МАТЕРІАЛІВ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Мета. Розробка структури нових плетених поліфункціональних матеріалів, зокрема таких, що можуть бути використані як окремі вироби, так і у якості конструктивних елементів для виготовлення виробів спеціального призначення.

Методика. Застосовано метод аналізу та синтезу наукової літератури у сфері технології виготовлення плетених матеріалів та виробів. Використано основні підходи аналізу та проектування плетених матеріалів.

Результати. Проведено аналіз конструктивних особливостей плетених текстильних матеріалів, на основі якого розроблена структура та запропоновані заправні дані для виготовлення нового виду поліфункціональних плетених матеріалів. Результати проведених експериментальних досліджень підтвердили можливість отримання плетених поліфункціональних матеріалів нової конструкції. Запропоновано сфери застосування отриманих виробів.

Наукова новизна. Отримано теоретичні розрахунки та настанови для виготовлення нових поліфункціональних плетених матеріалів з ефектом «cutting element».

Практична значимість. Запропоновано нову характеристику структури плетених матеріалів та технологію виготовлення плетених виробів зі спеціальними властивостями при застосуванні ниток різного походження або опорядження.

Ключові слова: шнур, плетені текстильні матеріали, поліфункціональні матеріали, «cutting element».

Вступ. Плетення як спосіб переробки текстильних матеріалів у сучасному світі знайшли застосування в багатьох сферах життєдіяльності людини. Вони використовуються у якості оздоблювальних та декоративних (в побуті, взуттєвій, меблевій, швейній галузях), технічних та конструктивних (в кабельній та авіабудівній промисловостях), шовний матеріал (в медицині) [1]. Плетені матеріали застосовуються як окремий виріб, або у якості комплектуючих елементів складних конструкцій. Також плетений спосіб виготовлення є поширеним при виготовленні електротехнічної продукції та армованих канатів [2].

З огляду на широку сферу застосування плетених матеріалів і виробів та на особливості їх конструкції, доцільним є дослідження процесу їх виготовлення, особливостей будови та властивостей.

Постановка завдання. Властивості плетених текстильних матеріалів залежать від раціонального сполучення властивостей вихідної сировини, параметрів будови матеріалів, технології їх виготовлення та опорядження [3].

Структура плетеного виробу складається з перепланих між собою ниток або інших елементів, які у виробі приймають положення під кутом до його осі (рис.1в). Вісь нитки, що утворює шнур, у просторі приймає положення близьке за формою до спіралі. Разом з тим, нитка у процесі виготовлення та взаємодії з іншими нитками плетеного виробу піддається деформації розтягнення, згину та стиснення. Прямолінійна форма нитки змінюється на хвилясту, а її положення у виробі характеризується величиною, кількістю та напрямом вигинів (рис.1б, 1г). Ступінь криволінійності пов'язаний з величиною деформації нитки та її ущільненістю, отже першочергове значення має сировинний склад [1].

У плетільному виробництві в якості сировини використовується пряжа різного сировинного складу та способу виготовлення. Плетений текстильний виріб утворюється шляхом переплетення текстильних матеріалів, у якості яких можуть виступати нитка, група ниток, шнури, тасьми або інші. Обплетення плетених виробів може бути утвореним повністю або частково з будь-яких матеріалів, які за своїми властивостями здатні до згину та мають достатнє для утворення виробу співвідношення ширини (діаметру) та довжини.

Серед основних параметрів технологічної заправки плетільного обладнання визначені частота обертання крилаток, заправний натяг ниток обплетення, швидкість відводу виробу з зони формування.

Будова плетеного виробу визначається положенням формуючого елементу, що його утворює – нитки обплетення. Положення ниток обплетення визначається наступними характеристиками: кут нахилу нитки відносно осі виробу (α , рис. 1а), кількість пасм на 10 мм, рапорт елементу переплетення ($R_{ел}$, рис. 2), рапорт виробу (L , рис. 1а, 1в) [1].

Під кутом положення нитки у виробі слід розуміти кут утворений між горизонтальною площиною та одиночною ниткою. Теоретично кут нахилу нитки α у виробі повинен бути $\theta < \alpha < \frac{\pi}{2}$. На практиці найчастіше кут нахилу нитки, що утворює плетений

виріб, знаходиться в межах $\frac{\pi}{6} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{3}$ [1, 3]. Причому, кут нахилу нитки змінюється в залежності від швидкості відводу виробу з зони формування, діаметра нитки (пасма), кількості ниток у виробі та їх здатності до стискання.

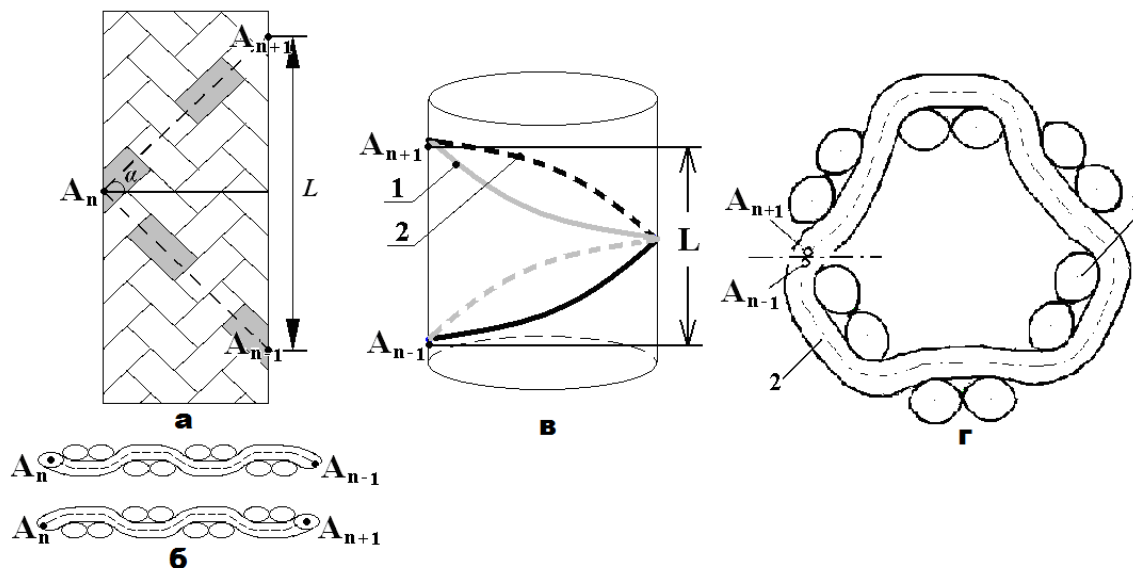


Рис. 1. Схематичне зображення будови виробу: а – схематичне зображення будови плетеного виробу; б – схема перерізу плетеної тасьми вздовж утворюючої нитки; в – схема положення нитки в обплетенні плетеного шнура (1,2 – правого та лівого ходу); г – схема перерізу плетеного шнура вздовж утворюючої нитки

Важливою характеристикою будови, яка визначає його структурні особливості, є число пасм в обплетенні, що вміщує 10 мм плетеного виробу вздовж осі. Число пасм може визначатися за горизонталлю та вертикаллю. Характеристика за числом пасм по горизонталі використовується досить рідко, достатнім вважається визначення числа пасм по вертикалі,

на паралельній осі виробу (доріжці). Число пасм залежить від виду та класу обладнання, а в деяких випадках від заправних характеристик обладнання. Діаметр ниток, що найчастіше використовуються при виготовленні, знаходиться в інтервалі від 0,2 до 2 мм. При цьому ширина або діаметр виробу залежить від класу обладнання, технологічної карти заправки, виду та діаметру сировини, швидкості відводу готового виробу з зони формування.

Структура плетених текстильних матеріалів залежить від цілого комплексу як кількісних, так і якісних показників. Стабільні значення структурних показників за всією поверхнею виробу вказує на рівномірність його будови. На теперішній час цих показників недостатньо для встановлення характеристики рівномірності структури, яка може визначатись за рівномірністю утворюючих його елементів. Для текстильних виробів виготовлених плетеним способом такими елементами є покриття або протяжка [4]. Враховуючи, що в плетених шнурах протяжка залишається у внутрішній частині виробу, що призводить до ускладнень її вимірювання. Таким чином, рівномірність структури плетених виробів можливо визначити за рівномірністю розмірів і кута нахилу покриття. Структура утворена двопасмовим регулярним переплетенням зображена на рис.2.

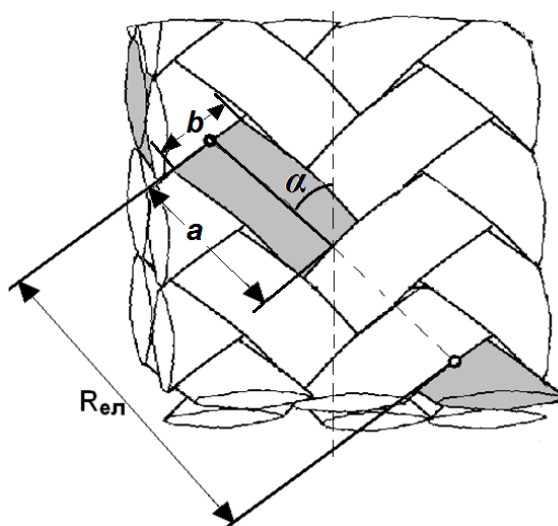


Рис. 2. Структура поверхні плетеного виробу ($R_{ел}$ – рапорт елемента виробу, a – довжина покриття, b – ширина покриття, α – кут нахилу покриття)

Кожне покриття в плетеному виробі має форму паралелепіпеду. Кут між середньою лінією покриття та віссю виробу (кут нахилу покриття - α , рис.2) є рівним куту нахилу ниток у виробі і залежить від швидкості відводу виробу з зони формування діаметру ниток що його утворює та кількості утворюючих ниток.

До розмірів покриття належать його ширина – b , та довжина – a . Ширина покриття (рис. 2) залежить від товщини та властивостей сировини, що його утворює, та виду переплетення. Для основних видів переплетень ширина покриття може бути визначена за параметрами ширини покриття (b) та діаметру нитки (d) (табл.1). Таким чином, рівномірність цього показника в виробі в першу чергу залежить від лінійної рівномірності за своїми структурними показниками використаної сировини.

Таблиця 1.

Співвідношення структурних показників плетеного виробу

Вид переплетення	Ширина покриття	Довжина покриття	Співвідношення сторін покриття
Однопрядне	$b = 2d$	$a = 2d$	$b = a$
Двопрядне	$b = d$	$a = 2d$	$2b = a$
Трипрядне	$b = d$	$a = 3d$	$3b = a$

Довжина покриття залежить від виду переплетення, діаметру нитки протилежного ходу, характеристик сировини (тип сировини, здатність до зминання та зміни форми та площі поперечного перерізу). Наближене значення довжини покриття для основних видів переплетень можна визначити через діаметр нитки, що його утворює. Тобто, для основних видів переплетення можна визначити співвідношення сторін покриття. При зберіганні таких співвідношень за всією структурою виробу отримуємо виріб із рівномірною структурою.

У деяких випадках, необхідним є надання виробу спеціальних властивостей, наприклад ефекту «cutting element» (ріжучого інструменту). Надати виробу нових властивостей без зміни сировинного складу можна шляхом зміни його структури або опорядження (рис.3).

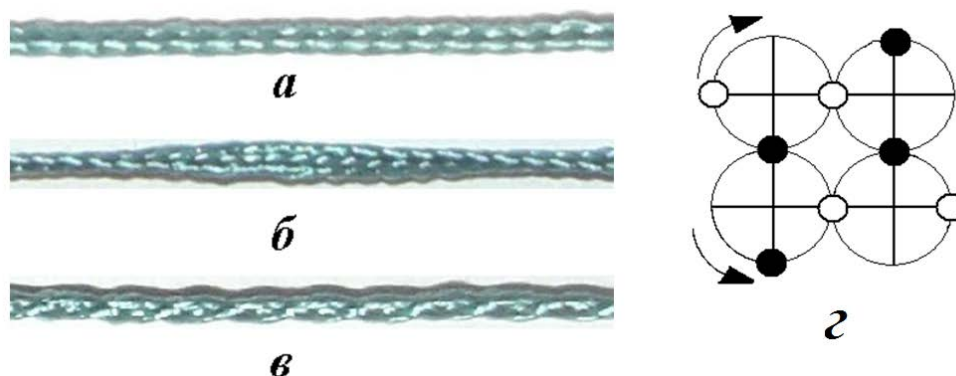


Рис. 3. Зовнішній вигляд зразків поліфункціонального плетеного матеріалу (а, б, в) та схема заправки обладнання для його отримання (г)

Розглянемо таку можливість на прикладі шнура двопасмового переплетення, виготовленого на шнуроплетельній машині 8 класу. Такі шнури, в залежності від сировинного складу, застосовують у побуті, хірургії (хірургічний шовний матеріал), риболовецьке спорядження, прошивний матеріал (взуттєве виробництво, діловодство), ін. У класичному випадку такі шнури мають циліндричну форму, врівноважену структуру, діаметр таких шнурів заходиться в межах 0,3 – 1,0 мм, щільність плетіння 18 – 24 плетіння на 1 см.

На рис. 3г наведено схему заправки машини для отримання такого шнура. Для виготовлення шнура з рівномірним співвідношенням сторін покриття та його нахилу при заправці машини застосовуються нитки однакового діаметру.

Нами проведено дослідження, де при заправці машини використовувались полігліколідна моонитка (синтетичний хірургічний матеріал, що розсмоктується, виготовлений на основі гомополімеру полігліколевої кислоти).

При заправці одного чи декількох веретен сировиною іншого діаметру на структурі виробу спостерігається зміна одного чи декількох (в залежності від заправки) розмірів покриттів у рапорті виробу, що призводить до зміни структури поверхні плетеного виробу та форми шнура.

Розглянемо значення однорідності розмірів покриття та їх вплив на структуру готового виробу. На рис. 3(а-в) зображено зразки поліфункціонального плетеного матеріалу (ППМ) виготовлених на одному обладнанні при інших рівних умовах. Відмінністю є діаметр ниток в структурі шнура. Зразок ППМ1 (рис.3а) утворюють нитки рівні за діаметром, зразок ППМ2 (рис.3б) діаметр ниток одного ходу в два рази перевищує діаметр ниток іншого, зразок ППМ3 (рис.3в) виготовлений таким чином, що послідовність ниток кожного ходу є наступною: нитка з меншим діаметром, нитка з більшим діаметром.

Зразок ППМ1 складається з умовно рівних покриттів. Має рівний край, в його структурі не спостерігаються перекося або інші дефекти. В структурі зразка ППМ2 кожен стовпчик має покриття утворені з ниток різних діаметрів. Тобто відбувається чергування стовпчиків з різними діаметрами ниток, при цьому форма поперечного перерізу такого шнура деформована і не приймає форму кола, а вздовж осі виробу спостерігається його завивка. Зразок ППМ3 у своїй структурі має стовпчики, що утворені чергуванням покриттів з різним діаметром нитки. Такий шнур має більш в-урівноважену структуру, у порівнянні зі зразком ППМ2. Але при цьому варіанті заправки спостерігається так званий ефект «cutting element».

Таким чином, у разі використання в структурі плетеного шнура ниток різних діаметрів можна досягти отримання нової структури виробу, що має як декоративний ефект, так і може надати виробу нових властивостей. Наприклад, виріб отримує ефект «cutting element» та водночас міцність у вузлі. За умови прокладання струмопровідної нитки цей новий вид матеріалу дозволяє забезпечити нові можливості щодо функціонування системи моніторингу біофізичної взаємодії спеціального спорядження з людиною [5].

Для збільшення ефекту такого шнура та посилення його спеціальних властивостей нитки більшого діаметру можна замінити матеріалом (нитка або елемент) іншої природи (наприклад, металізована нитка) або використати опорядження. Одним із способів зміни властивостей є використання у якості однієї зі складових нитки після процесу їх опорядження, наприклад, використання нитки з ПАН-волокнистих матеріалів після їх функціоналізації, що запропоновано у роботах [6, 7].

Висновки. Проведено аналіз конструктивних особливостей плетених текстильних матеріалів, на основі якого запропоновано нову характеристику структури плетених матеріалів та технологію виготовлення плетених виробів із новими властивостями. Розроблено структури та запропоновано заправні дані для виготовлення інноваційних поліфункціональних плетених матеріалів, які шляхом зміни структури поверхні виробу в процесі його виготовлення набувають спеціальних властивостей та нових сфер застосування. Такі матеріали можуть використовуватись як окремі вироби, так і у якості конструктивних елементів для виготовлення виробів спеціального призначення. Результати проведених

експериментальних досліджень підтвердили можливість отримання поліфункціональних плетених матеріалів нової конструкції.

Література

1. Романюк Є. О. Удосконалення процесу плетіння та розробка методу проектування плетених текстильних матеріалів: дис. канд. техн. наук, - КНУТД, 2010. – 190 с.
2. Омельченко В. Д. Шляхи розвитку плетільного виробництва/ В. Д. Омельченко, Є.О. Романюк // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2008. - № 1(39). – С.93-96.
3. Омельченко В. Д. Аналіз структури плетених текстильних матеріалів / В. Д. Омельченко, Є. О. Романюк // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2008. - № 5(43). – С.41-44.
4. Омельченко В. Д. Проектування заданих параметрів плетених текстильних матеріалів/ В. Д. Омельченко, Є. О. Романюк // Вісник КНУТД. – 2013. – № 1 (53). –с. 168-173.
5. Курганський А. В. Система дистанційного моніторингу мікроклімату та тиску в режимі реального часу на базі натільних сенсорних мереж / А. В. Курганський, В. М. Василенко, М. М. Курганська, В. В. Саковець // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. - 2017. - № 2 (108). - С. 114-119.
6. Бардаш Н. А. Электропроводность волокнистых материалов с функционализированной поверхностью / Н. А. Бардаш, О. А. Гаранина, О. В. Романкевич // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2013. - № 5. - С. 124-128.
7. Бардаш Н.А. Исследование волокнистых материалов на основе ПАН после функционализации поверхности / Н. А. Бардаш, Н. В. Гудзенко, О. А. Гаранина, О.В. Романкевич // ВІСНИК ХНУ. – 2013. – №1. – С. 241-247.

References

1. Romaniuk, E.O. (2010). Udoskonalennia protsesu pletinnia ta rozrobka metodu proektuvannia pletenykh tekstylnykh materialiv: dys. kand. tekhn. nauk [Improvement of the weaving process and development of the method of designing woven textile materials: dissertation]. Kyiv: Kyiv National University of Technologies and Design«Technical Science Series». 190 p. [in Ukrainian].
2. Omelchenko, V.D., Romaniuk, Ie.O. (2008). Shliakhy rozvytku pletilnoho vyrobnytstva [Ways of development of wicker production]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design«Technical Science Series», Vol. 39, No. 1, pp. 93–96 [in Ukrainian].
3. Omelchenko, V.D., Romaniuk, Ie.O. (2008). Analiz struktury pletenykh tekstylnykh materialiv [Analysis of the structure of woven textile materials]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series», Vol. 43, No. 5, pp. 41–44 [in Ukrainian].
4. Omelchenko, V.D., Romaniuk, Ie.O. (2013). Proektuvannia zadanykh parametriv pletenykh tekstylnykh materialiv [Design of given parameters of woven textile materials]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design, Vol. 53, No. 1, pp. 168–173 [in Ukrainian].
5. Kurhanskyi, A.V., Vasylenko, V.M., Kurganska, M.M., Sakovets, V.V. (2017). Systema dystantsiinoho monitorynhu mikroklimatu ta tysku v rezhymy realnoho chasu na bazi natilnykh sensorykh merezh [Remote monitoring system for microclimate and pressure in real time based on native touch networks]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Seriya Tekhnichni nauky – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series», Vol. 108, No. 2, pp. 114–119 [in Ukrainian].
6. Bardash, N.A., Haranyina, O.A., Romankevych, O.V. (2013). Elektroprovodnost voloknistykh materialov s funktsionalizirovanoi poverkhnosti [Electrical conductivity of fibrous materials with a functionalized surface]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky – Bulletin of the Khmelnytsky National University, No. 5, pp. 124–128 [in Russian].
7. Bardash N.A., Hudzenko, N.V, Haranyina, O.A., Romankevych, O.V. (2013). Issledovanie voloknistykh materialov na osnove PAN posle funktsionalizatsii poverkhnosti [Investigation of fibrous materials based on PAN after surface functionalization]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky – Bulletin of the Khmelnytsky National University, No. 1, pp. 241–247 [in Russian]

РАЗРАБОТКА ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЛЕТЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

РОМАНЮК Е.А., КУРГАНСКИЙ А.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка структуры новых плетеных полифункциональных материалов, которые могут быть использованы как отдельные изделия, так и конструктивные элементы для изготовления изделий специального назначения.

Методика. Применен метод анализа и синтеза научной литературы в области технологии изготовления плетеных материалов и изделий. Используются основные подходы анализа и проектирования плетеных материалов.

Результаты. Проведен анализ конструктивных особенностей плетеных текстильных материалов, на основе которого разработана структура и предложены заправочные данные для изготовления нового вида полифункциональных плетеных материалов. Результаты проведенных экспериментальных исследований подтвердили возможность получения плетеных полифункциональных материалов новой конструкции. Предложено сферы применения полученных изделий.

Научная новизна. Получены теоретические расчеты и установки для изготовления новых плетеных полифункциональных материалов с эффектом «cutting element».

Практическая значимость. Предложена новая характеристика структуры плетеных материалов и технологии изготовления плетеных изделий со специальными свойствами при применении.

Ключевые слова: шнур, плетеные текстильные материалы, полифункциональные материалы, «cutting element».

DEVELOPMENT OF POLYFUNCTIONAL WATTLED MATERIALS OF A NEW CONSTRUCTION

ROMANUK E.O., KURHANSKYI A.V.

Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. Development of the structure of new wattled polyfunctional materials, in particular, those that can be used as separate products, and constructive elements for the manufacture of special purpose products.

Methodology. The method of analysis and synthesis of scientific literature in the field of manufacturing technology of wattled materials and products has been applied. The basic approaches of analysis and designing of wattled materials are used.

Findings. The analysis of structural features of wattled textile materials on the basis of which the structure was developed and the filling data for the manufacture of a new type of polyfunctional wattled materials was developed. The results of the experimental studies confirmed the possibility of obtaining wattled polyfunctional materials of the new design. Areas of application of received products are offered.

Scientific novelty. Theoretical calculations and guidelines for the production of new wattled polyfunctional materials with the effect of "cutting element" are obtained.

Practical value. A new characteristic of the structure of wattled materials and the technology of making wattled products with special properties in the application is proposed

Key words: cord, wattled textile materials, multifunctional materials, «cutting element».

УДК 677.017

СКРИПЧЕНКО А. Г.

Технический университет Молдовы

РАЗРАБОТКА КОМФОРТНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ С ОГРАНИЧЕННОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ВОЗМОЖНОСТЬЮ

Цель. Проектирование адаптивной одежды для больных, находящихся в длительном периоде лечения или реабилитации.

Методология. Подход к созданию такой одежды реализуется изучением физиологического состояния малоподвижных пациентов, особенностей течения заболевания, условий окружающей среды, способов проведения медицинских процедур и манипуляций по уходу, что позволило сформировать требования к материалам и изделиям со стороны пациентов, врачей и ухаживающего персонала.

Результаты. Разработана концепция проектирования адаптивной одежды для пациентов, страдающих различными заболеваниями, а также изготовлены комплекты одежды, отвечающие потребностям пациентов. Апробация результатов проводилась в клинике методом опытной носки.

Научная новизна. Разработаны предпосылки развития ассортимента изделий для пациентов.

Практическая значимость. Все комплекты получили положительные отклик как у пациентов, так и у ухаживающего персонала и врачей.

Ключевые слова: больничная одежда, концепция проектирования, требования.

Введение. Проблема обеспечения комфорта пациентов в процессе лечения и прохождения медицинских процедур в последние годы стала актуальна во многих странах. Потребность в одежде, адаптированной к условиям эксплуатации, существует особенно у больных, вынужденных находиться в постельном режиме при длительном сроке лечения не только в условиях стационара, но и дома.

Ассортимент больничной одежды в настоящее время крайне ограничен, не соответствует современным медицинским требованиям, негативно влияет на состояние больных людей. Современная больничная одежда должна не только учитывать особенности течения заболеваний и условия её эксплуатации, но и быть функциональной, эргономичной и обеспечивать комфорт больному, защищать его от инфекций, оказывать реабилитирующее воздействие на организм больного человека, позволять медицинскому персоналу качественно проводить лечебные процедуры.

Следует отметить, что зарубежными исследователями активно разрабатываются как новые материалы, способствующие скорейшему выздоровлению, так и функциональная больничная одежда, помогающая осуществлять лечение пациентов. В Молдавии исследования в области проектирования больничной одежды практически не проводятся, так как бюджеты лечебных учреждений ограничены и с трудом обеспечивают достойное оказание медицинской помощи и зарплату медицинским работникам. На кафедре технологии швейных и трикотажных изделий технического университета Молдовы, данные исследования проводятся в рамках исследовательского проекта, включенного академией наук в приоритетные научные направления страны.

Задачи. Одежда как объект исследования рассматривается нами в системе «человек – одежда – окружающая среда». Эта система характеризуется совокупностью факторов, которые находятся во взаимодействии и формируют состояние комфорта/дискомфорта

пациента. Известно, что пациенты с ограниченной двигательной способностью испытывают нарушения физиологического состояния, что имеет ряд сопутствующих негативных эффектов, как пролежни. В то же время ограничение движения формирует развитие психологической подавленности пациента. Поэтому окружающая среда и одежда выступают как средства обеспечения комфорта. Одежда в данном случае является регулятором психофизиологического состояния пациента, поскольку формирует положительные эмоции за счет ее внешнего вида и снижает появление отрицательных эмоций за счет ее удобства. Такая одежда должна быть отличной от обычной бытовой с учетом ее использования пациентом.

Результаты исследования. Концептуальное проектирование больничной одежды (см. рис.) основано на исследовании условий эксплуатации, выявлении требований к изделиям и материалам, затем проводится конфекционирование материалов, системный анализ изделий и функционально-конструктивных элементов изделия, обеспечивающих комфортное состояние пациента. На заключительных этапах изготавливается опытная серия изделий, и производится апробация результатов. Оценка результатов, должна быть по результатам опытной носки, что позволит выбрать оптимальные решения, которые могут быть внедрены в практику.

Выявление требований, предъявляемых к одежде, было проведено на основе анкетирования среди пациентов городских больниц г. Кишинева и г. Бельцы (республика Молдова) [1, 2]. Анализ условий эксплуатации одежды в клиниках позволил определить основные функции больничной одежды:

- обеспечение комфортных условий микроклимата пододежного пространства;
- защита от неблагоприятных условий среды больницы (изменение микроклимата, биологических факторов, вредных химических веществ и т.д.);
- защита от механических повреждений (травмы, раздражения, пролежни);
- обеспечение удобства больным и медицинскому персоналу при проведении различных медицинских процедур;
- обеспечение психологического комфорта больного.

Кроме того на основе анализа условий эксплуатации больничной одежды разработана классификация швейных изделий, используемых больными в условиях медицинского учреждения, в зависимости от вида и тяжести заболевания. Так рассматриваются три группы больных с полной, частичной и минимальной обездвиженностью, являющейся следствием недуга, травмы или оперативного вмешательства. Соответственно каждая из групп потребителей использует различные виды швейных изделий, что позволяет создать комфортные условия для содержания больных.



Рис. 1. Концептуальная модель проектирования больничной одежды

Пациенты с ОДВ подвержены стойким анатомическим и функциональным изменениям, а также нарушениям психоэмоционального статуса человека. К этой категории больных относятся пациенты с травмами опорно-двигательного аппарата, с нарушениями сердечно-сосудистой системы, послеоперационные больные. Наиболее сложное состояние наблюдается у инсультных больных: нарушения двигательных и координаторных функций; проблемы с самообслуживанием, приемом пищи, передвижением; снижение или повышение

тонуса мышц; болезненная чувствительность кожи; онемение в конечностях; усиленное потоотделение [4]. Сопутствующими факторами длительной неподвижности больных являются нарушение обменных процессов, травмы, параличи, отеки и пролежни на определенных участках тела.

Схема взаимодействия элементов системы «человек – одежда – окружающая среда» представлена на рисунке 2.

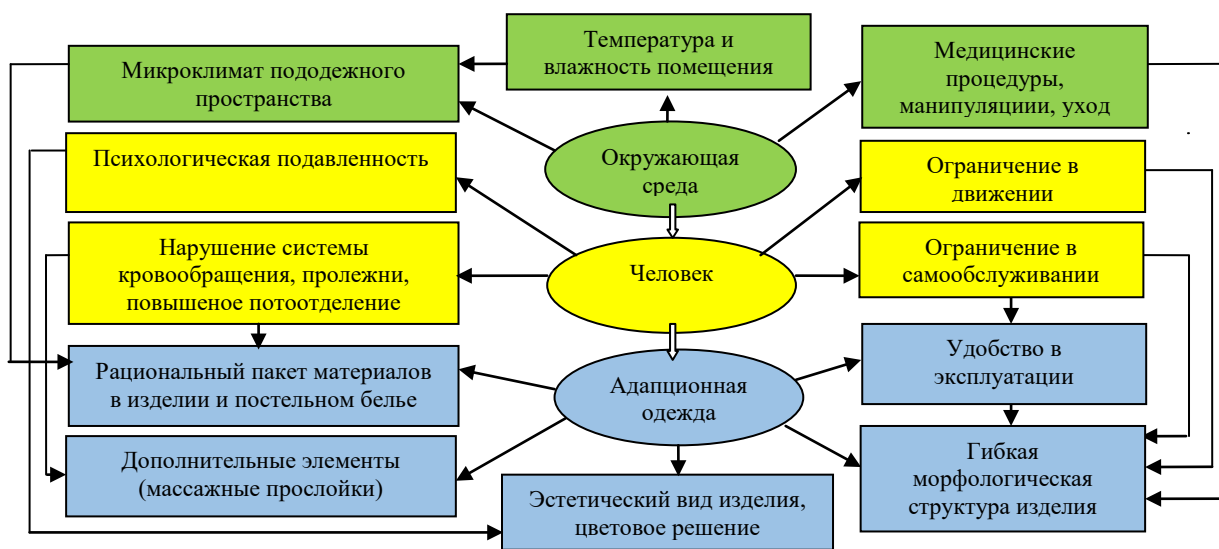


Рис.2. Схема взаимодействия элементов системы «человек – одежда – окружающая среда»

На основе условий эксплуатации, особенностей течения заболевания и характерных манипуляций при проведении медицинских процедур можно выделить наиболее значимые требования для одежды пациентов с ОДВ и способы их решения (рис.3).

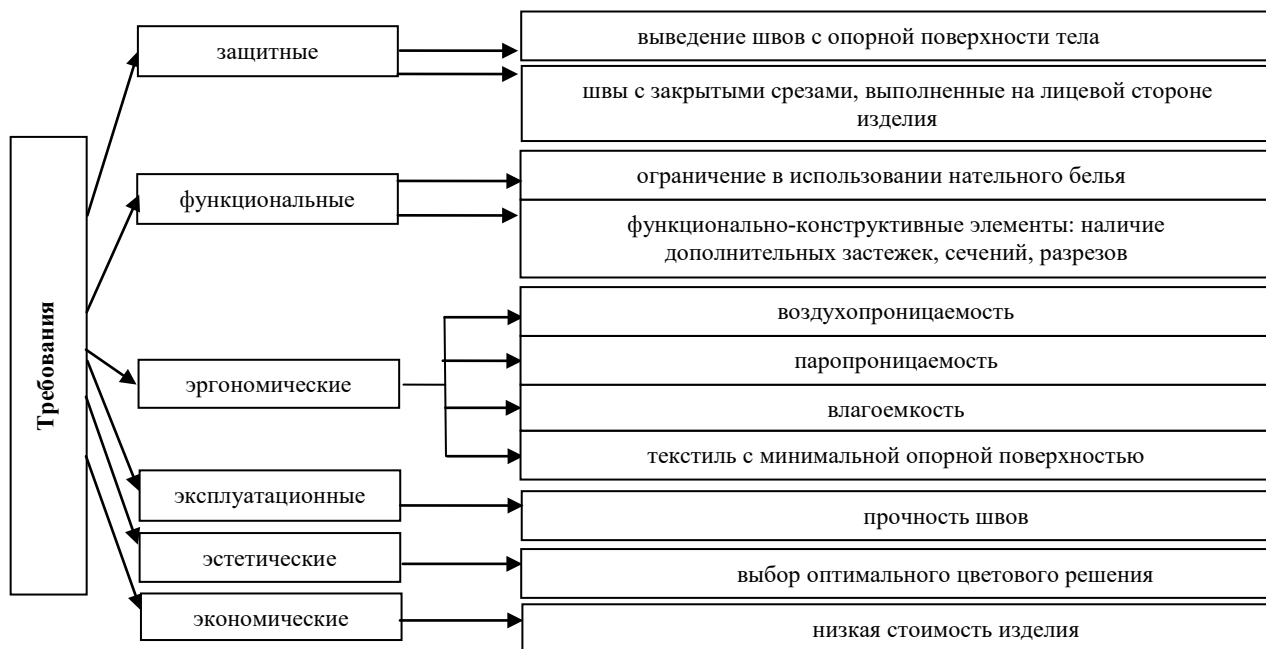


Рис.3. Наиболее значимые требования к больничной одежде пациентов с ОДВ и вероятные способы их решения

Для обеспечения комфорта одежды для малоподвижных пациентов возможно следующими средствами:

- создание гибкой морфологической структуры изделия (отстегивающаяся спинка, «открывание» по боковым швам, «обертывание» пациента изделием);
- использование комплексных текстильных структур в изделии и постельном белье;
- использование дополнительных элементов (массажные прослойки, нагрудный фартук, варежки, носки).

Решение этих задач возможно посредством использования различных конструктивно-технологических приемов, трансформирующих бытовую одежду в категорию адаптивных изделий для пациентов. Ниже представлен комплект одежды для лежачих больных после инсульта (рис.4). состоящий из блузы-туники и брюк. Отличительная особенность этого комплекта состоит в том, что процесс одевания пациента преобразован в процесс покрывание или оборачивание за счет введения различных конструктивных элементов, позволяющих упростить уход за пациентом при смене одежды.

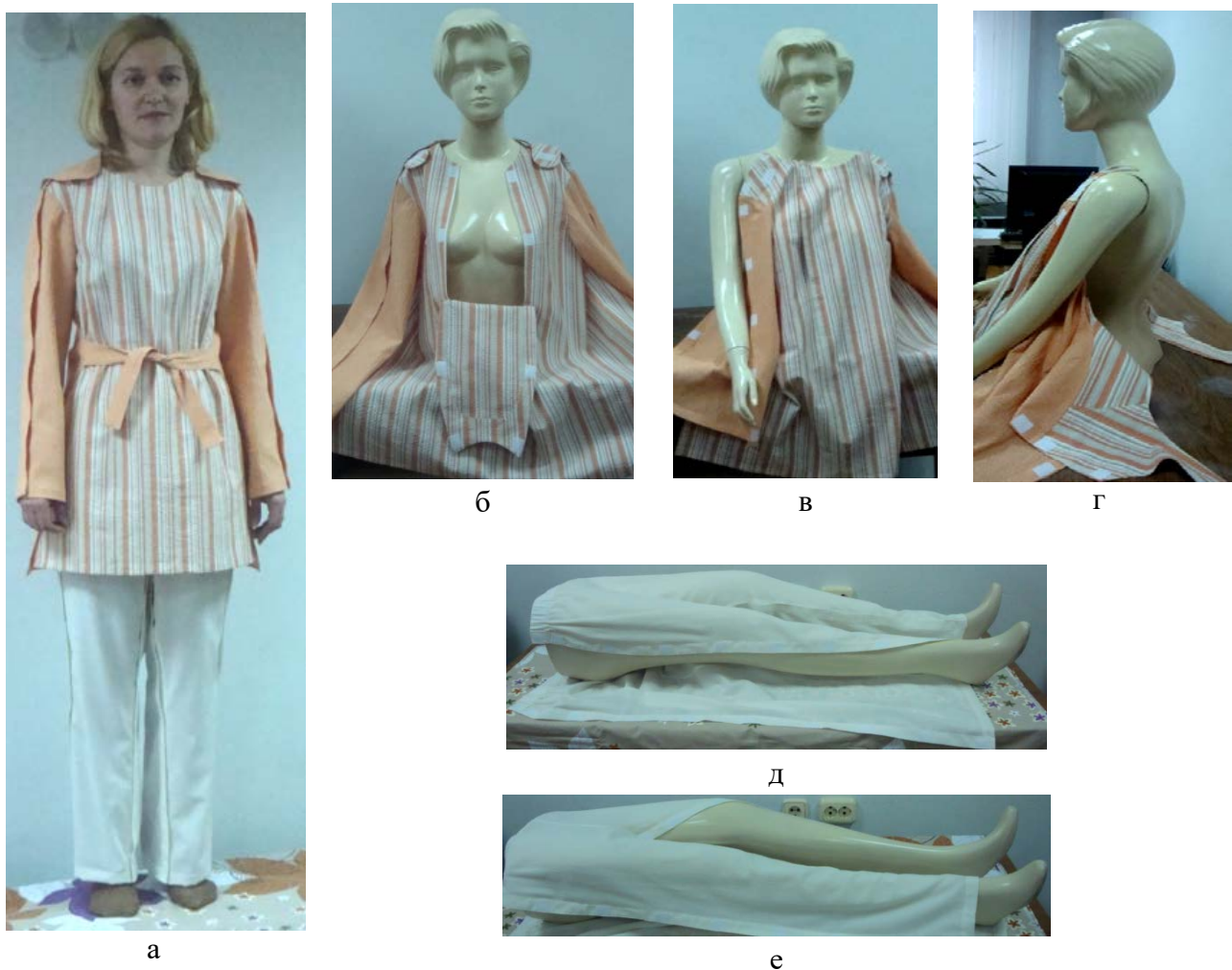


Рис.4. Комплект изделий для пациентов с ограничением двигательной активности: а – общий вид, б, в, г – варианты трансформации блузы-туники, д, е – варианты трансформации брюк

Выводы. Больничная одежда оказывает влияние на качество оказываемых медицинских услуг, психологический комфорт и самочувствие больного. Проектирование одежды, предназначенной для эксплуатации пациентами во время прохождения ими лечения в стационарах клиник, требует особого подхода, так как к такой одежде предъявляются специфические требования. Больничная одежда обладает особыми функциями, поэтому при оценке ее качества следует выделить специфические критерии, определить методики их измерения и установить диапазоны эталонных значений.

Література

1. Scripcenco A., Cîrja J., Ceban I., Plugaru V., Ivașco V. Elaborarea metodologiei de cercetare a stării de confort al bolnavilor spitalizați. / Conferența Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților: book of abstracts/proceedings, Edited by Univ. Tehn. a Moldovei, – Ch.: UTM, 2012. – P. 203-205.
2. Скрипченко А., Чебан И., Кыржа Ж., Ивашко В., Плугару В. Определение требований к одежде для больных с ограниченной двигательной активностью. / Conferența Tehnico - Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților (8 – 12 dec. 2011). – Ch.: UTM, 2012. – P. 209-213.
3. Харлова О.Н. Методологические основы проектирования и формирования качества больничной одежды различного ассортимента: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук / О.Н. Харлова – М., 2011. – 48 с.
4. Климчук Т.В. Организация сестринского ухода с применением специализированной медицинской одежды для постинсультных больных / Т.В. Климчук, О.Н. Герасименко, В.А. Дробышев // Медицина и образование в Сибири: сетевое научное издание. – 2013. – №3. – Режим доступа: http://www.ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=985.
5. Sorocean L. Asigurarea confortului produselor vestimentare pentru pacienți imobilizați pe termenul îndelungat: teza de master / Sorocean L. – Chisinau, 2016.
6. Forbes M. P., Houin P., Mondesir F., Clark C. Adjustable front-opening hospital gown. 20130276202. 2013. Oct 24.
7. Burke B. Gown and Method of Use Thereof. United States patent 20110247122. 2011. Oct 13.

References

1. Scripcenco, A., Cîrja, J., Ceban, I., Plugaru, V., Ivașco, V. (2012). Elaborarea metodologiei de cercetare a stării de confort al bolnavilor spitalizați. // *Conferența Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților*, book of abstracts/proceedings (pp. 203-205). Ch.: UTM.
2. Skripchenko, A., Cheban, I., Kyirzha, Zh., Ivashko, V., Plugaru, V. (2012). Opredelenie trebovaniy k odezhdye dlya bolnyih s ogranichennoy dvigatelnoy aktivnostyu [Determination of requirements to the clothes for patients with the limited motive activity]. *Conferența Tehnico - Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților* (8 – 12 dec. 2011). (№3, pp. 209-213). Ch.: UTM. [in Russian].
3. Harlova, O.N. (2011). Metodologicheskie osnovy proektirovaniya i formirovaniya kachestva bolnichnoy odezhdyy razlichnogo assortimenta [Methodological bases of planning and forming of quality of hospital clothes of different assortment]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Moskva [in Russian].
4. Klimchuk, T.V., Gerasimenko, O.N., Drobyishev, V.A. (2013). Organizatsiya sestrinskogo uhoda s primeneniem spetsializirovannoy meditsinskoy odezhdyy dlya postinsulnyih bolnyih [Organization of sisterly care with the use of the specialized medical clothes for postinsultnyih of patients]. *Meditsina i obrazovanie v Sibiri: setevoe nauchnoe izdanie - Medicine and education is in Siberia: network scientific edition*, 3. – Retrieved from: http://www.ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=985 [in Russian].
5. Sorocean, L. (2016). Asigurarea confortului produselor vestimentare pentru pacienți imobilizați pe termenul îndelungat. Masters thesis. Chisinau.
6. Forbes, M. P., Houin, P., Mondesir, F., Clark, C., inventors. Adjustable front-opening hospital gown. United States patent 20130276202. 2013. Oct 24.
7. Burke, B., inventor. Gown and Method of Use Thereof. United States patent 20110247122. 2011. Oct 13.

РОЗРОБКА КОМФОРТНОГО ОДЯГУ ДЛЯ ПАЦІЄНТІВ З ОБМЕЖЕНОЮ РУХОВОЮ МОЖЛИВІСТЮ

СКРИПЧЕНКО А. Г.

Технічний університет Молдови

Мет а. Проект ування адапт ивного одягу для хворих, що знаходять ся в т ривалому періоді лікування або реабіліт ації.

Мет одологія. Підхід до ст ворення адапт ивного одягу для хворих реалізуєт ься вивченням фізіологічного ст ану малорухливих пацієнт ів, особливост ей перебігу захворювання, умов довкілля, способів проведення медичних процедур і маніпуляцій по догляду, що дозволило сформува т и вимоги до мат еріалів і виробів з боку пацієнт ів, лікарів і обслуговуючого персоналу.

Результ ат и. Розроблено концепцію проект ування адапт ивного одягу для пацієнт ів, ст раждаючих різними захворюваннями, а т акож вигот овлено комплект и одягу, що відповідають ь пот ребам пацієнт ів. Апробацію результ ат ів проведено в клініці мет одом дослідного носіння.

Наукова новизна. Розроблено передумови розвит ку асорт имент у виробів для пацієнт ів.

Практ ична значущіст ь. Розроблені комплект и от римали позит ивні відгук як пацієнт ів, т ак і обслуговуючого персоналу т а лікарів.

Ключові слова: лікарняний одяг, концепція проект ування, вимоги.

DEVELOPMENT OF COMFORTABLE CLOTHES FOR PATIENTS WITH LIMITED MOTORITY

SCRIPCENCO A.G.

Technical University of Moldova

Purpose. Design the adaptive clothing for patients who are in a long period of treatment or rehabilitation.

Methodology. The approach to the creation of such clothes is realized by studying the physiological statement of inactive patients, the features of the course of the disease, the environmental conditions, the methods of conducting medical procedures and handling care, which allowed the formation of requirements for materials and products by patients, doctors and caregivers.

Findings. Hospital clothes affect the quality of medical services provided, psychological comfort and well-being of the patient. Designing clothes for patients which will be used during their passage of treatment in clinics requires a special approach on such clothing. Hospital clothing has special functions, so when evaluating its quality, it is necessary to identify specific criteria.

Originality. The prerequisites for the development of an assortment of products for patients have been developed.

Practical value. All the sets received positive responses both from patients, and caring staff and doctors.

Keywords: Hospital clothing, design concept, requirements.

УДК 685.341.86

СОЛТИК І.Т., ДОМБРОВСЬКИЙ А.Б.

Хмельницький національний університет

**РОЗРАХУНОК ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ
ПРОЕКТУВАННЯ КОЛОДОК ДЛЯ ДІТЕЙ ВІКОМ 4,5-10
РОКІВ З ПЛОСКО-ВАЛЬГУСНОЮ ДЕФОРМАЦІЄЮ
СТОП**

Мета. Розрахунок та автоматизоване проектування раціональної внутрішньої форми взуття, а саме контурів поперечних і повздожсних перерізів ортопедичних колодок для лікування плоско-вальгусних стоп дітей віком від 4,5 до 10 років.

Методика. Для проектування контурів поперечних і повздожсних перерізів ортопедичних колодок застосовано радіусографічний метод побудови.

Результати. Спроектовано спеціальні колодки для виготовлення ортопедичних черевиків для дітей з плоско-вальгусними стопами, для яких довжина стопи рівна 185 мм.

Наукова новизна. В автоматизованому середовищі спроектовано ортопедичні колодки, які мають деякі відмінності порівняно із колодками для звичайного взуття того ж розміру, а саме в них децю підвищена гомілкоро частина та є випуклості в місцях зовнішньої і внутрішньої циклооток.

Практична значимість. Успішне вирішення задачі проектування раціональної внутрішньої форми взуття дозволить підвищити точність перетворення формо-розмірів умовної середньої стопи в параметри взуттєвої колодки.

Ключові слова: стопа дитини, плоскостопість, автоматизоване проектування, ортопедична колодка, плоско-вальгусна стопа.

Вступ. В результаті попереднього аналізу даних обміру стоп, одержаних в Хмельницькому центрі ортопедії і травматології, встановлено, що найпоширенішою патологією у дітей віком від 4,5 до 10 років, які користуються взуттям з розмірами від 170 до 200, виявилась плоско-вальгусна деформація стопи [1].

Для демонстрації відхилень, які спостерігались у стопі, визначено умовну середню стопу дитини (УССд), для якої довжина стопи $D_{cm}=185$ мм, і на основі її плантограми та параметрів стопи, показано, як визначається степінь плоскостопості, вальгусне положення стопи та ін. [1]

Параметри стоп дітей з плоско-вальгусними стопами були оброблені методами математичної статистики, для визначення залежності між параметрами [2]. На основі складеної цифрової моделі і геометричного образу умовної середньої плоско-вальгусної стопи дітей віком від 4,5 до 10 років, які користуються взуттям з розмірами від 170 до 200, в цій роботі ми спроектуємо берцеву колодку для визначеної патології в автоматизованому режимі.

В результаті аналізу зарубіжних та вітчизняних наукових робіт [1] виявлено, що використання теоретичних і практичних засад проектування раціонального взуття головним чином пов'язано з дослідженням середньо-типових стоп і застосуванням при обробці результатів випробувань методів математичного аналізу. На основі отриманих експериментальних даних сформовано уточнену базу даних для плоско-вальгусних стоп дітей віком 4,5-10 років. Проведені дослідження дають змогу перетворити одержані формо-розміри УССд в формо-розміри колодки для дитячого ортопедичного взуття, які в подальшому

будуть використовуватись для проектування спеціальних колодок і в результаті взуття для визначеної патології [2].

Постановка завдання. Завданням даної роботи є розрахунок та автоматизоване проектування ортопедичних колодок для виготовлення взуття дітям віком від 4,5 до 10 років з плоско-вальгусними стопами, які користуються взуттям з розмірами від 170 до 200.

Результати досліджень. Успішне вирішення задачі проектування раціональної внутрішньої форми взуття в значній мірі пов'язано з питаннями перетворення формо-розмірів УССд в параметри взуттєвої колодки (берцевої колодки). Основні положення цього перетворення, які визначають раціональність внутрішньої форми взуття для дорослого населення, опрацьовані достатньо глибоко. Однак не всі вони можуть бути перенесені на дитяче ортопедичне взуття. Тому тут представлені тільки ті із них, які визначають раціональність внутрішньої форми дитячого ортопедичного взуття.

Довжина розгортки сліду $D_{сл}$ визначається співвідношенням [3]:

$$D_{сл} = D_{см} + P - S, \quad (1)$$

де $D_{см}$ – довжина стопи здорової дитини, P – нормальний припуск в носковій частині, для дитячого взуття він рівний 10 мм; S – зсув устілки в п'ятковій частині

$$S = 0,02 \cdot D_{см} + 0,05 \cdot B_{к}, \quad (2)$$

де $B_{к}$ – висота припіднятості п'яткової частини, для дитячого взуття рівна 1-15 мм.

Форма сліду в п'ятковій частині відображає форму плантарної поверхні п'ятки дитячої стопи. В переймовій частині сліду з внутрішньої сторони передбачається зазор між стопою і слідом взуття. Габаритна лінія колодки в п'ятковій і геленковій частині проектується за відповідною габаритною лінією УССд [3].

Основні поперечні розміри колодки можуть бути визначені за співвідношеннями 3, 4 та 5 [3]:

$$O_{к} = \frac{O_{см} \cdot (1 - 0,001[\varphi])}{K_{уc} \cdot (1 + 0,01 \cdot \varepsilon)}, \quad (3)$$

$$Ш_{к} = \frac{Ш_{см} \cdot (1 - 0,001 \cdot K_{ш} \cdot [\varphi])}{K_{уc} \cdot (1 + 0,01 \cdot \varepsilon)}, \quad (4)$$

$$B_{к} = \frac{B_{см} \cdot (1 - 0,001 \cdot K_{б} \cdot [\varphi])}{K_{уc} \cdot (1 + 0,01 \cdot \varepsilon)}, \quad (5)$$

де $O_{к}$, $Ш_{к}$, $B_{к}$ – відповідно периметр, ширина і висота перерізу колодки; $O_{см}$, $Ш_{см}$, $B_{см}$ – відповідно периметр, ширина і висота перерізу УССд; $[\varphi]$ – допустима деформація стиснення м'яких тканин дитячої стопи, % [4]; ε – відносна деформація розтягу верху взуття дитячою стопою, %; $K_{ш}$, $K_{б}$ – коефіцієнти пропорційності; $K_{уc}$ – коефіцієнт, який характеризує величину усадки верху взуття після зняття останнього з колодки [3, 4].

Геометричні параметри перерізів колодки при апроксимації їх радіусографічним методом можуть визначатись через зміну радіусів ΔR_{ij} ; кривизни і міжцентрових відстаней Δa_{ij} ділянок перерізів [3, 4]:

$$\Delta R_{ij} = 0,01 \cdot R_{cmij} \cdot \alpha_{ij} \cdot \left([\varphi_j] - \varepsilon_j \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{ij}}{4} \right); \quad (6)$$

$$\Delta \alpha_{ij} = (R_{cmij} - R_{cmi \pm 1, j}) \cdot \alpha_{i \pm 1, j} \cdot 0,01 ([\varphi_j] - \varepsilon_j); \quad (7)$$

де R_{cmij} , α_{ij} – відповідно радіус кривизни і центральний кут i -ої ділянки j -го поперечного перерізу дитячої плоско-вальгусної стопи; $[\varphi_j]$ – допустима деформація стиснення дитячої стопи взуттям в j -ому перерізі, %; ε_j – відносна деформація стиснення матеріалів верху взуття дитячою стопою в i -ому перерізі, %.

Знак «+» чи «-» залежить від того, в яку сторону від i -ої ділянки перерізу визначається зміна величини міжцентрової відстані.

Корегування поперечних перерізів полягає в тому, що в перерізі $0,18D_{cm}$ кривизна в місці щиколотки проводиться тим же радіусом, що і радіус відповідно апроксимованого контуру перерізу стопи.

Розрахунок та проектування колодки для взуття. У відповідності з наведеними вище положеннями перетворювали формо-розміри УССд в формо-розміри колодки для дитячого ортопедичного взуття. Вихідні дані для розрахунків, наведені в табл.1.

Значення $[\varphi]$ визначається в залежності від зміни розмірів дитячих стоп від зусилля і стиснення [3], задаючи значення, при яких тиск ортопедичного взуття на стопу не перевищує фізіологічні межі. При цьому приймали до уваги те, що берцева частина стискує стопу на незначну величину. Величина ε встановлена шляхом розтягу зразків, які вирубувалися із шкіри, при зусиллях, рівним зусиллям стиснення стопи до фізіологічно-допустимого тиску. Коефіцієнт K_{yc} прийнятий рівним 0,985 [3]. Значення коефіцієнтів $K_{ш}$ і K_{ϕ} прийняті згідно роботи [3].

У табл. 2 наведені розрахункові розміри колодки, вони дещо перевищують контрольні величини, через більш широтні розміри стопи і відповідно обхватні.

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку параметрів колодки для виготовлення дитячих літніх ортопедичних черевиків

Перерізи (в долях від D_{cm})	Вихідні дані								
	O_{cm} , мм	$Ш_{cm}$, мм	B_{cm} , мм	$[\varphi]$, %	E , %	K_{yc}	$K_{ш}$	K_{ϕ}	$T_{во}$, мм
0,07	181	44	80	1,3	1,03	0,985	-0,15	-	1,8
0,18	192	56	80	1,3	1,03	0,985	-0,15	-	1,8
0,30	190	57	80	1,3	1,03	0,98	-0,15	-	1,8
0,41	192	58	80	1,6	1,1	0,985	-0,15	-	1,8
0,50	213	61	80	1,6	1,1	0,985	1,6	-	1,8
0,62	212	70	54	1,95	1,15	0,985	1,6	-0,17	1,8
0,68	206	72	41	1,95	1,15	0,985	1,6	-0,17	1,8
0,73	199,5	74	33	1,95	1,15	0,985	1,6	-0,17	1,8
0,80	189	72	30	1,95	1,1	0,985	1,6	-0,17	1,8
0,90	165	54	23	1,95	1,1	0,985	1,6	-0,17	1,8

Таблиця 2

Розрахункові параметри колодки для дитячого ортопедичного взуття

Перерізи (в долях від D_{cm})	Параметри, мм		
	$Ок'$	$Шк'$	$Вк'$
0,07	181,2	49	80
0,18	192,4	58,5	80
0,30	191	59,5	80
0,41	194,4	61	80
0,50	208,7	61	80
0,62	213	76	59(60)
0,68	208,7	76	47
0,73	194,2	76	40(40,5)
0,80	183	74	23(25)
0,90	160,8	67	26(33)

Габаритна проекція колодки в п'ятковій частині до перерізу $0,41D_{cm}$ проектується з врахуванням величини піврічного приросту (1,3%) рівна величині допустимого стиснення п'ятки (1,3%), тому вони взаємно виключають один одного. Тому габаритна проекція п'яркової частини колодки проходить на відстані $T_{60} = 2$ мм від габаритної проекції стопи.

В геленково-перейменовому відділі динамічні зміни дитячих стоп значно більші – 4%, але тут більша деформація верху взуття і допустима величина стиснення; сумарна їх величина в цій частині колодки рівна 2,7%. Враховуючи різницю між динамічними змінами, піврічним приростом з однієї сторони і сумарною величиною $[\varphi]$ і ε з іншої, контур габариту колодки між перерізами $0,41$ і $0,62 D_{cm}$ проходить на відстані 3,0 мм.

В носково-пучковій частині рухливість стопи значно більша, тому сумарна відносна величина стиснення стопи і деформація верху тут вже складає 3,1%, що з врахуванням піврічного приросту стопи відповідає динамічним змінам дитячих стоп. Тому контур габариту колодки в пучковій частині проходить на відстані $T_{60} = 2$ мм від контуру габариту стопи, а в пальцевому відділі, враховуючи велику його рухливість, контур габариту колодки засікає контур габариту стопи. При цьому величина цієї засічки з внутрішньої сторони значно менша відповідної величини з зовнішньої сторони, що повинно сприяти правильному формуванню пальцевого відділу і виключенню відхилення великого пальця назовні.

Носкова частина виконується у вигляді правильного овалу, який проходить через точку 6 нормального припуску (рис. 1).

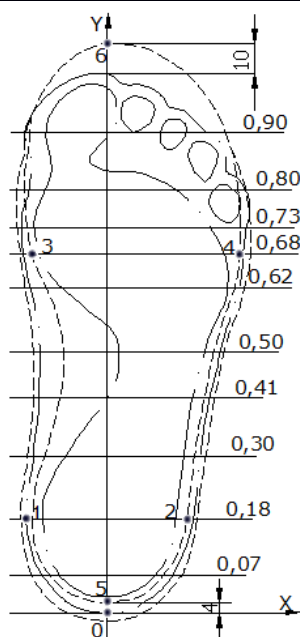


Рис. 1. Проектування розгортки сліду і габаритної проекції колодки для дитячого ортопедичного взуття

Слід відмітити, що при проектуванні габариту колодки необхідно враховувати розрахункові значення ширини $Ш_k$ перерізів колодки за табл. 2. Розбіжності між розрахунковими і практичними величинами $Ш_k$ не повинні перевищувати 0,65-0,97%, тобто половини допустимої відносної деформації стопи взуттям – інакше величина розбіжностей буде відчуватися стопою, яка за формо-розмірами відповідає внутрішній формі взуття, що проектується.

Контур розгортки сліду колодки проходить практично посередині між контуром відбитка і габариту стопи в п'ятковій і геленковій частинах, виходячи в носковій частині на лінію габариту колодки. При цьому контур розгортки сліду обов'язково проходить через точки 1, 2, 3, 4, 5 та 6 контрольних розмірів колодки. Перпендикулярно осі ОУ на відстанях 0,07; 0,18; 0,30; 0,41; 0,50; 0,62; 0,68; 0,73; 0,8; 0,9 від довжини стопи проводяться лінії поперечно-вертикальних перерізів.

Відстань X_j від осі ОУ до точок 1, 2, 3 та 4 контрольних розмірів сліду колодки сумісно з розрахунковими висотними розмірами Z_j являються необхідними даними для автоматизованого проектування поперечно-вертикальних і повздовжньо-осьового перерізу. Крім того, вони використовуються при радіусографічній апроксимації контурів габариту і сліду колодки. При проектуванні перерізів колодки для дитячих літніх черевиків було використане програмне забезпечення побудови контурів перерізів колодки за габаритними точками, яке запропоноване в роботі [5] і ЕОМ з принтером.

В програмне забезпечення були внесені зміни, пов'язані зі специфічними особливостями деформованих дитячих стоп, величиною піврічного приросту стопи, динамічних змін. Був розроблений алгоритм для розрахунку параметрів побудови контуру повздовжньо-осьового перерізу колодки для дитячого ортопедичного взуття.

На рис. 2 показані креслення повздовжньо-осьового перерізу колодки для дитячих ортопедичних літніх черевиків із суміщеними з ним фронтальними проекціями ребра сліду, зовнішнього і внутрішнього габаритів, які виконані на принтері. Всі контури апроксимовані радіусографічним методом за програмою [5]. Автоматизованим методом також виконувались поперечно-вертикальні перерізи берцевої колодки. За отриманими геометричними параметрами в подальшому можна сформувати неперервний каркас перерізів поверхні колодки з будь-якою заданою точністю.

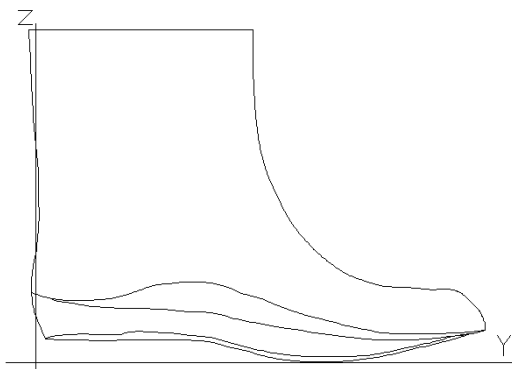


Рис. 2. Контур повздовжньо-осьового перерізу колодки для дитячого ортопедичного взуття з суміщеними з ним фронтальними проекціями ребра сліду, зовнішнього і внутрішнього габаритів

Висновки. На основі отриманих експериментальних даних та сформованої уточненої бази даних для плоско-вальгусних стоп дітей віком 4,5-10 років були перетворені формо-розміри умовної середньої стопи дитини в формо-розміри колодки для дитячого ортопедичного взуття, які використовувались при проектуванні спеціальних колодок для визначеної патології. В автоматизованому середовищі спроектована берцева колодка, яка має деякі відмінності порівняно із колодкою для звичайного взуття того ж розміру, а саме в неї дещо підвищена гомілкорова частина та є випуклості в місцях зовнішньої і внутрішньої щиколоток.

Література

1. Домбровський А.Б. Дослідження плоско-вальгусних стоп дітей віком 4,5–10 років з метою проектування спеціальних колодок / А. Б. Домбровський, І. Т. Солтик // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2014. - № 6. - С. 101-107.
2. Солтик І.Т. Цифрова модель і геометричний образ умовної середньої плоско-вальгусної стопи дітей віком 4,5-10 років / І. Т. Солтик // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2015. - №6. - С. 111-115.
3. Кочеткова Т.С. Антропологические и биомеханические основы конструирования изделий из кожи / Т.С. Кочеткова, В.М. Ключникова. – Учебник для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

References

1. Dombrovskiy A.B., Soltyk I.T. (2014) *Doslidzhennja plosko-valjghusnykh stop ditej vikom 4,5–10 rokiv z metoju proektuvannja specialnykh kolodok*. Visnyk Khmeljnyckogho nacionalnogho universytetu. Tekhnichni nauky. no. 6. p. 101-107. [in Ukrainian]
2. Soltyk I.T. (2015) *Tsyfrova model i heometrychnyi obraz umovnoi serednoi plosko-valghusnoi stopy ditei vikom 4,5-10 rokiv*. Visnyk Khmeljnyckogho nacionalnogho universytetu. Tekhnichni nauky. no.6. p. 111-115. [in Ukrainian]
3. Kochetkova T.S., Klyuchnikova V.M. (1991) *Antropologicheskie i biomechanicheskie osnovyi konstruirovaniya izdeliy iz kozhi*. Uchebnik dlya vuzov. – M.: Legprombytizdat. [in Russian]
4. Lyba V.P., Fukyn V.A., Dombrovskiy A.B.

4. Лыба В.П. Расчет и проектирование сечений колодки для полимерной обуви / Лыба В.П., Фукин В.А., Домбровский А.Б. – Каучук и резина. - 1987. - № 10. – С. 29-31.
5. Бекк Н.В. Совершенствование способа проектирования внутренней формы полимерной обуви с использованием вычислительной техники и машинной графики. – Автореф. Дис. ...канд. техн. наук. – М.: 1988.

- (1987) Raschet y proektyrovanye sechenyi kolodky dlia polymernoi obuvy. Kauchuk y rezyna. no. 10. p. 29-31. [in Russian]
5. Bekk N. V. (1988) Sovershenstvovanye sposoba proektyrovaniya vnutrennei formy polymernoi obuvy s yspolzovanyem vychyslytelnoi tekhniki y mashynnoi hrafyky. Avtoref.dys...kand. tekhn. Nauk. [in Russian]

РАСЧЕТ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОЛОДОК ДЛЯ ДЕТЕЙ ВОЗРАСТОМ 4,5-10 ЛЕТ С ПЛОСКО-ВАЛЬГУСНОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ СТОП СОЛТЫК И.Т., ДОМБРОВСКИЙ А.Б.

Хмельницкий национальный университет

Цель. Расчет и автоматизированное проектирование рациональной внутренней формы обуви, а именно контуров поперечных и продольных сечений ортопедических колодок для лечения плоско-вальгусных стоп детей возрастом от 4,5 до 10 лет.

Методика. Для проектирования контуров поперечных и продольных сечений ортопедических колодок применён радиусографичный метод построения.

Результаты. Спроектировано специальные колодки для изготовления ортопедических ботинок для детей с плоско-вальгусными стопами, для которых длина стопы равна 185 мм.

Научная новизна. В автоматизированной среде спроектированы ортопедические колодки, которые имеют некоторые отличия по сравнению с колодками для обычной обуви того же размера, а именно у них несколько повышена берцовая часть и есть выпуклости в местах внешней и внутренней лодыжек.

Практическая значимость. Успешное решение задачи проектирования рациональной внутренней формы обуви позволит повысить точность преобразования формо-размеров условной средней стопы в параметры обувной колодки.

Ключевые слова: стопа ребенка, плоскостопие, автоматизированное проектирование, ортопедическая колодка, плоско-вальгусная стопа.

CALCULATION AND COMPUTER-AIDED DESIGN PADS FOR CHILDREN AGED 4,5-10 YEARS WITH FLAT-VALGUS DEFORMITY OF THE FEET SOLTYK I.T., DOMBROVSKYI A.B.

Khmelnytsky National University

Purpose. Calculation and computer-aided design of a rational inner shape of footwear, namely contours of cross- and longitudinal section of orthopedic pads used to treat flat-valgus deformity of the foot with children aged 4,5-10 years.

Methodology. A radiusographic method of construction was used to the design of cross- and longitudinal section of orthopedic pads contours.

Findings. A special pads was designed for the production of orthopedic boots for children with flat-valgus feet, for which the foot length is 185 mm.

Originality. In the automated environment, designed orthopedic pads, which have some differences compared to the pads for ordinary shoes of the same size, namely, they have slightly raised shin and are bulges in the places of the outer and inner ankles.

Practical value. Successful solution of the task of rational footwear inner shape design will enable to increase accuracy of transformation of a conventional average foot shape-and-size into the parameters of a shoe pad.

Keywords: child's foot, flat feet, computer-aided design, orthopedic shoes, flat-valgus foot.

УДК 677.11.021

БОЙКО Г.А., ЧУРСИНА Л. А., КУЗЬМІНА Т.О.
Херсонський національний технічний університет

ВИРОБНИЦТВО ЕКОЛОГІЧНИХ, БЕЗПЕЧНИХ ВЗУТТЄВИХ ТА ТЕКСТИЛЬНИХ ТОВАРІВ З КОНОПЛЯНИХ ВОЛОКОН

Мета. Визначити можливість використовувати волокно технічних конопель для виготовлення на Україні не тільки канатів та мотузок, але й для сучасних конкурентоспроможних еко-виробів взуттєвого та текстильного призначення.

Методика. Для реалізації поставленої мети та виконання запланованих завдань використано комплекс методів наукового пізнання: аналізу, спостереження, вимірювання, чинну нормативно-технічну документацію на текстильні товари з волокон ненаркотичної коноплі.

Результати. Проаналізовано світові та вітчизняні досягнення з використання конопле сировини в різних текстильних виробках. Порівняно традиційну вітчизняну технологію механічної обробки та збирання стебел трести конопель з технологіями передових європейських та північноамериканських підприємств з переробки стебел цієї культури.

Наукова новизна. Визначено можливості за допомогою європейського досвіду покращити якість української конопле сировини та продукції з неї.

Практична значимість. Розробка та промислове освоєння новітніх технологій виготовлення конопляного волокна дозволять істотно розширити вітчизняну базу луб'яних волокон для виробництва конкурентоспроможних вітчизняних взуттєвих та текстильних виробів.

Ключові слова: взуттєве виробництво, текстильне виробництво, волокно, конопля, технологічний процес, конкурентоспроможність.

Вступ. Сучасні ринкові умови сьогодення потребують нових підходів до розроблення взуттєвого та текстильного асортименту. В останні роки світовий текстильний ринок повертається до виробництва продукції з еко-сировини (натуральних волокон), особливо льону й конопель, яким належить першість в українських широтах, природні властивості яких дозволяють надавати виготовленій із них продукції гігієнічні, медико-біологічні та захисні властивості [1]. Органічні товари стають все більш актуальними в усьому світі: люди, втомлені від продуктів нафтопереробки, хочуть носити натуральний одяг і вживати еко-продукти.

Постановка завдання. Сьогодні в Україні активно збільшуються площі посіву конопель. Але, відсутність сучасного обладнання та підприємств з переробки технічних конопель, призводить до нераціонального використання та застосування волокон цієї перспективної культури в текстильній та взуттєвій промисловості. У той же час, в інших країнах світу конопляне виробництво стрімко розвивається [2]. Адже, сучасні конопляні вироби – це не тільки відповідність світовій моді і її ультрасучасним тенденціям, але і можливість отримати здоров'я від єдиної сільськогосподарської культури, сто відсотків відповідної за своїми біологічними властивостями організму людини.

Результати досліджень. Коноплярство в Україні з кожним роком все більше орієнтується на експорт своєї продукції. Розвиток галузі коноплярства – це не тільки розвиток сільського господарства, а й відповідний розвиток переробної, легкої промисловості. Сучасна тканина з коноплі має безліч відмінних споживчих характеристик [3]. Вона набагато міцніша і зносостійка в порівнянні з шкірою або синтетичними

замінниками. Взуття, зшите з даного матеріалу, добре себе зарекомендувала при тривалому інтенсивному використанні. Конопляна тканина підтримує нормальний теплообмін людського організму, забезпечуючи захист і створюючи умови для клітинного дихання ноги протягом усього дня. Також, тканина з технічної коноплі є якісним антисептиком, зберігаючи при цьому всі корисні якості вона освіжає, нейтралізує токсини, не дає розвиватися хвороботворним бактеріям, не перешкоджає обмінним процесам в шкірі. Завдяки пористій структурі конопляного волокна тканина з нього здатна увібрати вологу до п'ятисот відсотків від своєї ваги. Це забезпечує, з одного боку, високий коефіцієнт активності дихання шкіри людини, а з іншого – підтримку оптимального для організму людини теплообміну [4].

Сучасні технології обробки конопель дозволяють сорбувати потожирові виділення з внутрішньої поверхні виробу, нейтралізуючи неприємний запах. Конопляне взуття гігієнічне і не подразнює шкіру, а на додачу до всього ще й затримує шкідливе ультрафіолетове випромінювання. Світові інноваційні технології обробки, що застосовуються при виробництві конопляного взуття, дозволяють максимально ефективно використовувати лікувальні, антибактеріальні та ранозагоювальні властивості конопель. Саме по собі взуття стає відмінним антисептиком, що володіє бактерицидними, безпечними і профілактичними властивостями [5].

Але, на ряду з унікальними властивостями цієї сировини стоїть досить складний і витратний процес її переробки, який безпосередньо складається з відсутності сучасних переробних підприємств, спеціалізованого обладнання та інноваційних технологій. Тому, зміни у виготовленні вітчизняного якісного конкурентоспроможного волокна можливі, лише за рахунок удосконалення, або заміни традиційних технологій переробки технічних конопель спираючись на досвід передових світових підприємств з переробки цієї сировини. Адже, використання сучасного обладнання та інноваційних технологій, дало змогу передовим країнам (Франції, Австрії, Китаю, тощо) виготовляти волокна та отримати з них конкурентоспроможні конопляні тканини для виробництва великого асортименту взуттєвої продукції та одягу, який користується попитом в усьому світі.

Передові країни з вирощування та переробки технічних конопель розвиваються з кожним роком. На даний час в Китаї виведений новий сорт конопель, який отримав назву «ханьма». Експерти припускають, що попит на нові тканини, виготовлені з волокна даного сорту конопель буде щорічно зростати, незважаючи на те, що ціна на нове конопляне волокно на міжнародному ринку в два рази перевищує ціну на бавовну. Однак вигідною перевагою волокна конопель, одержуваного з конопель «ханьма», є високі гігієнічні, абсорбційні, теплоізоляційні показники, пропускання кисню і екологічної безпеки споживачів.

Уряд Чехії, наприклад, стимулює сільгоспвиробників з метою активізації розповсюдження технічних конопель, освоєння сучасних технологічних процесів її переробки. На державному рівні розглядається питання про створення сприятливих умов для функціонування вертикально інтегрованих виробничих ланцюжків, що спеціалізуються на переробці цієї культури. Вирішується питання використання конопель в якості сировини для текстилю, в суміші з льоном, бавовною та хімічними волокнами для вироблення деяких груп побутових тканин, для пошиття одягу, який завжди користувався популярністю у населення.

Використання волокна коноплі в суміші з іншими волокнами широко використовується найбільшою німецькою фірмою «Hanf Haus» – з виробництва швейних виробів, матраців, взуття та галантереї із тканин з високим вмістом конопляного волокна. Текстиль, використовуваний для швейного виробництва, виготовляється фірмою за оригінальною технологією: як правило, пряжа містить від 40% до 50% бавовняного волокна, що дозволяє досягти м'якості і еластичності, але, в той же час, зберегти міцність і зносостійкість, властиві конопляному волокну. З такого текстилю підприємство фірми виробляють більше 80 найменувань споживчих товарів: джинси, взуття, шкарпетки, джемperi, майки, сорочки, куртки, пояси, головні убори тощо [6].

Лідером Австрійського ринку – є ткацька фабрика «Rohemp Gmb», яка спеціалізується на виробництві текстилю з конопляного волокна. Вона виробляє 24 найменування тканин, в тому числі: 100% конопляне полотно, змішані тканини з конопель і шовку, конопель і бавовни, конопель та льону, які відрізняються своєю м'якістю та бездоганністю [7].

Той факт, що конопля стає одним з головних елементів моди у світі, підтверджують і різні колекції одягу з конопель в таких будинках моди, як H&M, Donatella Versace, Behnaz Sarafpour, Donna Karan International, Isabel Toledo. Провідними корпораціями з виготовлення якісних сумішевих конопляних тканин є: Clothing Matters, Dash Hemp, Hemp Elegance, Hemp Traders, Hempy's, Livity Outernational, Mountains of the Moon, Satori Movement, Sweetgrass и Two Jupiters.

Україна вже досягла певних успіхів в конопляному виробництві. В результаті кропіткої роботи вітчизняними науковцями створено сорти конопель з повною відсутністю наркотичних властивостей та елітні сорти текстильного призначення: Вікторія, Гляна та Ніка [8]. Вони занесені до Реєстру сортів рослин України, Росії, країн Європейського союзу і Канади. На заводі впровадження даних сортів текстильної коноплі на вітчизняних підприємствах легкої промисловості стає не тільки застаріле обладнання та відсутність заводів з переробки цієї сировини, але й відсутність сучасних технологій.

З метою виявлення основних недоліків традиційних технологій та покращення якісних характеристик вихідної сировини з технічних конопель для виготовлення на Україні конкурентоспроможних товарів легкої промисловості був проведений порівняльний аналіз традиційної вітчизняної технології механічної обробки стебел трести конопель та технологій передових європейських та північноамериканських підприємств з переробки стебел цієї культури. Для застосування європейських технологій на українських підприємствах з переробки конопле сировини проводилися неодноразові відео-конференції та консультації з провідними фахівцями з виробництва технологічних ліній з переробки луб'яної сировини – Ларош, КаннаСистем, ВанДомн. В результаті цього спілкування були отримані бюджетні пропозиції технологічних ліній придатних для застосування українськими виробниками. Була розрахована рентабельність цих проектів, деякі з них окупалися майже за рік.

Стрімке зростання посівних площ під технічні коноплі, в 2016 році вже 5 тис.га (рис.1), а це в середньому при врожайності соломи 7 т/га – 35000 т. соломи по всій Україні [9], зумовлює українських вчених аналізувати не тільки технологію з переробки коноплесировини, а й технологію збирання даної сировини. Адже, збирання та підготовка коноплі до переробки є одним з вирішальних та головних етапів у процесі вирощування

конопель, а також однією з найбільш трудомістких операцій в технологічній схемі вирощування та збирання даної культури.

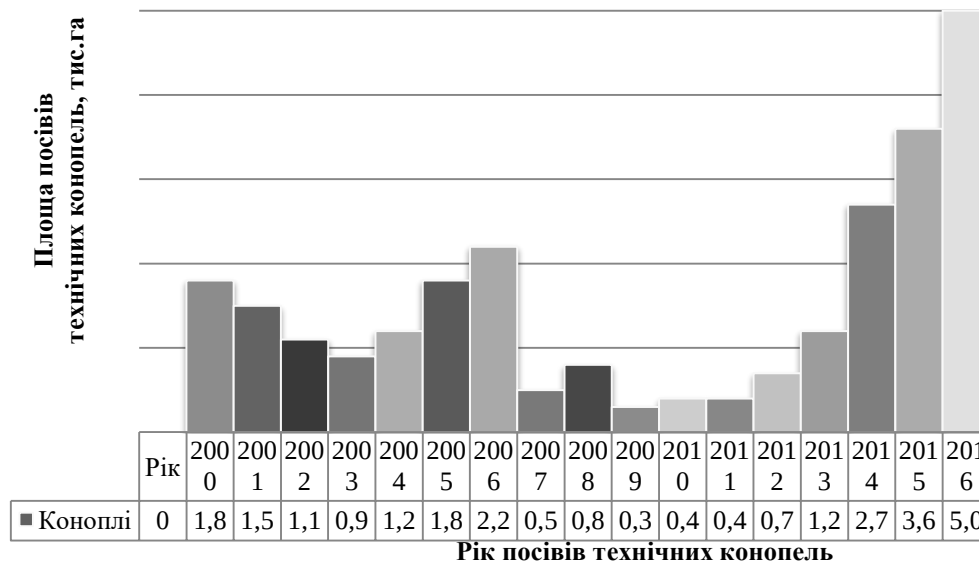


Рис.1. Динаміка посівів технічних конопель на Україні

Спираючись на європейський досвід збору технічної коноплі з різанням її на полі та збиранням її в прямокутні кіпи для більш зручного транспортування її до переробних заводів, був запропонований процес збирання трести конопель з поля комбайнами для збору кукурудзи з заміною ріжучих насадок на спеціальні гідравлічні ножі, з різанням трести на 50-60 см. Дана технологія має суттєві переваги порівняно з існуючими на сьогоднішній день технологіями збирання технічних конопель в рулони. По-перше, спрощується процес транспортування сировини до переробних заводів, по-друге покращується якість волокна, збільшується відсоток прядомих волокон – понад 50 %, а по третє виключення з технологічного процесу операції подрібнення паралелізованого шару стебел трести робить подальший процес обробки економічно вигідним. Дана технологія дає змогу отриманій сировині з мінімальними витратами легше оброблятися на наступних етапах обробки.

Одночасний розвиток технологій вирощування, збирання та переробки конопель дозволить динамічно та планомірно розвивати галузь легкої промисловості, що дасть поштовх виходу більш якісної продукції не тільки на українські але й європейські ринки. Тому, на сьогодні актуальним завданням є створення в конопле переробній галузі замкнений цикл виробництва починаючи з вирощування, збирання → переробки → реалізації продукції, завдяки якому можна досягти максимального розвитку вітчизняного коноплярства.

Висновки. Виходячи з вищевикладеного, постає необхідність у розробці нових або в повній реконструкції та удосконаленні існуючих технологічних процесів та устаткування первинної обробки та збирання коноплеволокна користуючись досвідом європейських фахівців з переробки даної культури, з метою отримання високоякісної сировини, якості та натуральності якої дала б змогу українським підприємствам виготовляти конкурентоспроможні текстильні товари.

Література

1. Органическая одежда: выбор современного человека. Часть II [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zelife.ru/ekoplanet/humanenvironment/10341-organicfabric.html>, свободный (сентябрь 2011).
2. Международная ассоциация конопли [Электронный ресурс]: – Режим доступа mojo.calyx.net/~olsen/HEMP/IHA/.
3. Сенченко Г.И. Конопля / под ред. Г.И. Сенченко, М.А. Тимонина. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1987. – 287 с.
4. Чудо-обувь из конопли для здоровья ваших ног [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.zelife.ru/ekoplanet/humanenvironment/10341organicfabric.html>, (сентябрь 2012)
5. Ляліна Н.П. Особливості якісних характеристик та технологічних властивостей наркотичних і безнаркотичних конопель / Н.П. Ляліна, Г.А. Тіхосова, Е.Е. Бабанов: матеріали міжнародної науково-практичної конференції [«Якість, стандартизація, сертифікація та метрологія: сучасний стан і перспективи розвитку»], (Херсон, 10-12 вересня 2014 р.). – Херсонський національний технічний університет, 2014. – С. 37-42.
6. Инновации в конопляной текстильной промышленности. – Режим доступа: http://jahnews.nl/news_konopli/obschee/2411-innovacii-v-konoplyanoy-tekstilnoy-promyshlennosti.html1, (январь 2015)
7. Carus M. The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds / Carus M., Karst S., Kauffmann A., Hobson J., Bertucelli S.: EIIHA (European Industry Hemp Association), March 2013. – P. 3-10.
8. Каталог української колекції конопель / [В.Г. Вировець, Г.І. Кириченко, І.М. Лайко, І.І. Щербань]; за ред. П.А. Голобородька. – Глухів: Інститут луб'яних культур УААН, Нота бене, 2007. – 22 с.
9. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]: ЛАЗ. – Режим доступа: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
10. Конопля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecomalish.ru/statie-ob-ecodejde/statia-konoplia.html>, свободный (сентябрь 2011).

References

1. Organic clothing: the choice of modern man. Part II [Electronical resource]. - Access mode: <http://www.zelife.ru/ekoplanet/humanenvironment/10341-organicfabric.html>, free (September 2011). [in Russian]
2. International Cannabis Association [Electronic resource]: - Access mode mojo.calyx.net/~olsen/HEMP/IHA/. [in Russian]
3. Senchenko G.I. Cannabis / ed. G.I. Senchenko, M.A. Timonina. - 2 ed., Pererab. And additional. - Moscow: Kolos, 1987. 287 p. [in Russian]
4. Miracle shoes from hemp for the health of your feet [Electronic resource]: Access mode: <http://www.zelife.ru/ekoplanet/humanenvironment/10341-organicfabric.html>, (September 2012) .[in Russian]
5. Lyalin N.P. Features quality characteristics and technological properties of the drugs and cannabis beznarkotychnyh / N.P. Lyalin, G.A. Tihosova, E.E. Babanov: Proceedings of the International Scientific Conference ["Quality, standardization, certification and metrology: Current State and Prospects for Development"] (Kherson, 10-12 September 2014). - Kherson National Technical University, 2014. P. 37-42. [in Ukrainian]
6. Innovations in the hemp textile industry. - Access mode: http://jahnews.nl/news_konopli/obschee/2411-innovacii-v-konoplyanoy-tekstilnoy-promyshlennosti.html1, (January 2015). [in Russian]
7. Carus M., The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds / Carus M., Karst S., Kauffmann A., Hobson J., Bertucelli S.: EIIHA (European Industry Hemp Association), March 2013. P. 3-10.
8. Product Ukrainian collection hemp / [V.G. Vyrovets, G.I. Kirichenko, I.N. Abuse, I.I. Shcherban]; Ed. PAS. Holoborodka.- Deaf Institute of Bast Crops UAAS, Nota Bene, 2007. 22 p. [in Ukrainian]
9. State Statistics Service of Ukraine [electronic resource]: LAZ. - Access: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. [in Ukrainian]
10. Hemp [Electronic resource]. - Access mode: <http://ecomalish.ru/statie-ob-ecodejde/statia-konoplia.html>, svobodny (September 2011). [in Ukrainian]

ПРОИЗВОДСТВО ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, БЕЗОПАСНЫХ ОБУВНЫХ И ТЕКСТИЛЬНЫХ ТОВАРОВ ИЗ КОНОПЛЯНЫХ ВОЛОКОН

БОЙКО Г.А., ЧУРСИНА Л. А., КУЗЬМИНА Т.О.

Херсонский национальный технический университет

Цель. Определить возможность использования волокна технической конопли, для изготовления на Украине не только канатов и веревок, но и для современных конкурентоспособных эко-изделий обувного и текстильного назначения.

Методика. Для реализации поставленной цели и выполнения запланированных задач использован комплекс методов научного познания: анализа, наблюдения, измерения, действующую нормативно-техническую документацию на текстильные товары из волокон ненаркотической конопли.

Результаты. Проанализированы мировые и отечественные достижения по использованию конопле сырья в различных текстильных изделиях. Сравнивались традиционная отечественная технология механической обработки и сбор стеблей тресты конопли с технологиями передовых европейских и североамериканских предприятий по переработке стеблей этой культуры.

Научная новизна. Определены возможности с помощью европейского опыта улучшить качество украинского конопле сырья и продукции из нее.

Практическая значимость. Разработка и промышленное освоение новейших технологий изготовления конопляного волокна позволят существенно расширить отечественную базу лубяных волокон для производства конкурентоспособных отечественных обувных и текстильных изделий.

Ключевые слова: обувное производство, текстильное производство, волокно, конопля, технологический процесс, конкурентоспособность.

PRODUCTION OF ENVIRONMENTAL, SAFE SHOE AND TEXTILE GOODS FROM HEMP FIBERS

BOYKO G.A., CHURSINA L.A., KUZMINA T.O.

Kherson National Technical University

Purpose. To determine the possibility of using technical hemp fiber for manufacturing in Ukraine not only ropes and ropes, but also for modern competitive eco-products for shoe and textile purposes.

Methodology. To achieve this goal and perform scheduled tasks used complex methods of scientific knowledge, analysis, monitoring, and measurement, current regulatory and technical documentation for production textile products from fiber non-narcotic hemp.

Findings. World and domestic achievements in the use of hemp raw materials in various textiles have been analyzed. Traditional domestic technology of mechanical processing and collection of cannabis stems were compared with the technologies of advanced European and North American enterprises for processing stems of this crop.

Originality. Possibilities are determined with the help of European experience to improve the quality of Ukrainian hemp raw materials and products from it.

Practical value. Development and industrial development of manufacturing technology hemp fibers allow expanding rational base of bast fibers for producing competitive domestic textiles for technical and consumer range.

Keywords: footwear production, textile production, fiber, hemp, technological process, competitiveness.

УДК 677.024

ФЕДОРЧЕНКО О.В., ЗАКОРА О.В., ТАЧДЖАНОВ Ш.

Херсонський національний технічний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ ТКАНИН ЗА РАХУНОК КОРЕГУВАННЯ ДІАМЕТРІВ НИТОК

Мета. Підвищити точність проектувальних розрахунків тканин шляхом введення скорегованого значення діаметру ниток, який використовується в методиці проектування.

Методика. Використане мікроскопічне дослідження поперекових зрізів тканин для проведення порівняльного аналізу теоретично розрахованих діаметрів ниток та фактичних діаметрів ниток, які запрацьовані у тканину.

Результати. Виявлено недоліки існуючої методики проектування тканин. Обґрунтовано проведення експериментальних досліджень з визначення співвідношення поперекових розмірів ниток до та після запрацювання їх у тканину. Визначена залежність коефіцієнта співвідношення діаметрів ниток від їх лінійної щільності.

Наукова новизна Вперше в методику проектування тканин введений коефіцієнт співвідношення діаметрів ниток, який визначається в залежності від їх лінійної густини..

Практична значимість. Удосконалена методика проектування тканин шляхом використання коефіцієнта співвідношення теоретичного і фактичного діаметрів ниток, що дозволяє підвищити точність проектувальних розрахунків.

Ключові слова: проектування тканин, розрахунковий діаметр ниток, фактичний діаметр ниток, коефіцієнт співвідношення діаметрів, мікророзрізи тканин.

Вступ. Комплекс споживних властивостей тканих полотен формується в системі «проектування-виготовлення-сертифікація». Якщо розглядати кожен етап цієї системи з точки зору ступеню його впливу на якісні характеристики виготовлених тканин, то їх внесок не рівноцінний. На стадії сертифікації продукції якісні характеристики тканин лише закріплюються документально. Під час проведення лабораторних досліджень готової продукції для присвоєння їй сертифікату якості користуються стандартними методиками визначення фізико-механічних, геометричних та інших властивостей, що регламентуються ДСТУ. Ці методики мають однаковий підхід для визначення якості різних видів тканин і основні їх принципи майже не змінюються на протязі тривалого часу. На етапі виготовлення тканин проектувальник не має змоги керувати процесом формування структури тканини. При цьому особливості встановленого на підприємстві ткацького обладнання здійснюють однаковий вплив на будову тканин різного асортименту, нівелюючи при цьому деякі специфічні властивості тканих полотен. Тому основні заходи щодо формування структури, а отже і властивостей майбутньої тканини, відбуваються на етапі проектування. Він супроводжується постійними корегуваннями показників будови та перерахунками їх значень. Вид тканини, її призначення, сировинний склад ниток, їх структура і кількість обумовлюють різні підходи до проектування, тому методики проектування тканин постійно удосконалюються, а їх кількість збільшується відповідно розширенню асортименту тканин та новим вимогам споживача.

Метою удосконалення методик проектування тканин є заощадження сировинних та енергетичних ресурсів та прогнозування властивостей тканин, тому даним питанням займається багато науковців, які розробляють нові методики та оптимізують процес проектування. Проаналізовані методики проектування тканин [1-6] враховують багато факторів, які впливають на будову тканини, що проектується, і використовуються для

розрахунку таких важливих показників структури, як заповнення і наповнення тканини волокнистим матеріалом. Так сукупність основних параметрів – товщина ниток, щільність тканини по основі та утку та вид переплетення – в значній мірі обумовлюють будову тканини з відповідним розташуванням в ній ниток. В якості характеристики товщини прийнято вважати лінійну щільність ниток, що визначається в текстах. Лінійна щільність ниток являється ваговим показником, так як характеризується масою нитки довжиною один кілометр, і опосередковано характеризує поперекові розміри ниток, а саме їх діаметр.

В стандартних методиках проектування будови та властивостей тканин в обов'язковому порядку постає необхідність перерахунку діаметру ниток основи та утку в тканині після виготовлення її на ткацькому верстаті. Це викликано тим, що у процесі виробництва нитки проходять через низку технологічних процесів, які впливають на їх фізико-механічні властивості та геометричні параметри. Визначення діаметрів ниток починається з перерахунку діаметрів ниток основи і утку на прядильних пакуваннях [1] за формулами (1) і (2).

$$d_{o.n.} = 0,0316 \cdot C_o \cdot \sqrt{T_{o.n.}}, \text{ мм} \quad (1)$$

$$d_{y.n.} = 0,0316 \cdot C_y \cdot \sqrt{T_{y.n.}}, \text{ мм} \quad (2)$$

де C_o, C_y - коефіцієнти, які залежать від виду використаної сировини і способу отримання ниток основи і утку відповідно;

$T_{y.n.}, T_{o.n.}$ - лінійна щільність ниток основи і утку на прядильних пакуваннях, текст.

Формули (1) і (2) враховують лінійну щільність ниток основи та утку, однак вони не враховують ступінь прилягання волокон у нитках. Так при однакових значеннях лінійної щільності різні нитки можуть суттєво відрізнятися за діаметром. Це пояснюється тим, що прийняте у текстильній промисловості поняття «лінійна щільність» враховує лише вагу волокон, які складають нитку довжиною 1 км, а проміжки між волокнами не враховуються. Проте кількість та розміри цих проміжків разом з волокнами складають реальні поперекові розміри ниток.

На щільність прилягання волокон у тілі нитки впливають особливості сировинного складу та технології формування та оброблення ниток [7]. До сировинних факторів, які посилюють або послаблюють взаємодію волокон в нитці, відноситься довжина і товщина волокон, зрілість натуральних волокон, звитість і жорсткість волокон, особливості будови поверхні волокон (наприклад, наявність лусочок на поверхні вовняних волокон, спіралевидність бавовняних волокон, нерівномірність комплексних волокон і т. ін.). До технологічних факторів відносяться: форма філь'єри та ступінь орієнтації мікрофібрил уздовж подовжньої осі волокна, які формують зовнішню структуру волокон; режими фарбування різними барвниками, які по-різному впливають на властивості волокон; утворення нитки з комплексного або одиночного волокна та ін.

У подальших технологічних процесах створення тканин під дією постійного навантаження волокна у нитках витягуються, переміщуються одне відносно одного, укладаються щільніше, в результаті повітряні проміжки між волокнами зменшуються. Деякі

дослідники пропонують враховувати ступінь цих змін у формулах для розрахунку діаметрів ниток в тканині, тобто використовувати коефіцієнти, які враховують волокнистий склад ниток та взаємний вплив ниток основи і утку, що призводить до корегування значення поперекових розмірів ниток. До таких поправних коефіцієнтів відносяться:

- коефіцієнт зминання ниток τ , що враховує ступінь зминання ниток по горизонталі та вертикалі [4];
- коефіцієнт густини речовини (питомої ваги) волокна γ , що є показником щільності прилягання волокон у тілі нитки (визначається як табличне значення або експериментальним шляхом) [8];
- коефіцієнти розплющення z і сплющення η ниток, які визначають зміну геометричних розмірів ниток по горизонталі та вертикалі [9];
- об'ємна маса ниток δ , що характеризується масою одиниці об'єму нитки, яка виміряна за зовнішнім контуром [10].

Введення цих коефіцієнтів дає умовне значення діаметру, яке доцільно використовувати при проведенні технічних розрахунків тканин на виробництві або при проектуванні тканин за такими показниками, як поверхнева щільність, розривне навантаження смужки тканини, коефіцієнти невідповідності за лінійною щільністю та кількістю ниток та ін. Однак при проектуванні тканини із деякими заданими властивостями, наприклад, повітропроникності, водо- та паропроникності, пористості недостатньо перерахунку значень діаметрів ниток з врахуванням тільки цих коефіцієнтів. Необхідно використовувати реальні значення діаметрів ниток, які вони будуть мати у готовій тканині, для більш точного прогнозування структурних та заправних параметрів тканин [11].

Постановка завдання. На основі експериментальних досліджень удосконалити методику проектування тканин шляхом корегування діаметрів ниток, що дозволить підвищити ефективність процесу проектування і одержати тканину заданої структури.

Результати дослідження. Для винайдення корегуючого коефіцієнта діаметрів ниток у тканині були проведені дослідження, які поділялися на два етапи: визначення розрахункового значення діаметрів ниток на пакуванні (до запрацювання у тканину) та експериментальне визначення фактичного діаметру ниток у тканині. Для дослідження обрані бавовняні кручені нитки лінійної щільності по основі 34х2 текс, по утку 15,4х2 текс, 20х2 текс, 25х5 текс, 29х2 текс, 48х2 текс.

На першому етапі дослідження діаметри ниток на пакуванні визначалися за формулами (1) і (2). Результати першого етапу дослідження представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Розрахункове значення діаметру ниток

Лінійна щільність ниток, текс	15,4х2	20х2	25х2	29х2	48х2
Номінальна лінійна щільність, текс	31,3	40,6	50,83	58,9	93,5
Розрахунковий діаметр ниток, мм	0,22	0,25	0,28	0,3	0,38

На другому етапі роботи з даних ниток на ткацькому верстаті типу СТБ виготовлені тканини комбінованими переплетеннями. Всього виготовлено 80 зразків тканин, структура яких складається з комбінації певного комбінованого переплетення з одним видом основних

ниток і різними за лінійною щільністю і кількістю (100, 150, 200, 250 нит./дм) нитками утку. Така кількість, що визначена сучасними методами статистичної обробки експериментальних даних, забезпечує зменшення похибки вимірювання під час проведення експерименту і необхідну достовірність результатів.

Фактичні поперекові розміри ниток в тканині визначались шляхом мікроскопічних досліджень. Для цього були одержані препарати поперекових мікророзрізів тканин, які досліджувались під мікроскопом за допомогою цифрової камери-окуляра. Детальна методика мікроскопічного дослідження представлена у роботі [12]. В результаті обробки мікророзрізів визначенні фактичні діаметри ниток у тканині, середні значення яких представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати експериментального дослідження діаметру ниток

Лінійна щільність ниток, текс	15,4х2	20х2	25х2	29х2	48х2
Номинальна лінійна щільність, текс	31,3	40,6	50,83	58,9	93,5
Фактичний діаметр ниток у тканині, мм	0,41	0,44	0,47	0,56	0,59

Аналізуючи результати досліджень, представлених у табл. 1 і табл. 2, можна зробити висновок про суттєву відмінність між значеннями розрахункового діаметру ниток та фактичного діаметру ниток, запрацьованих у тканину. Для візуалізації цього висновку на рис. 1 схематично представлено порівняння розрахункового і фактичного діаметрів ниток.

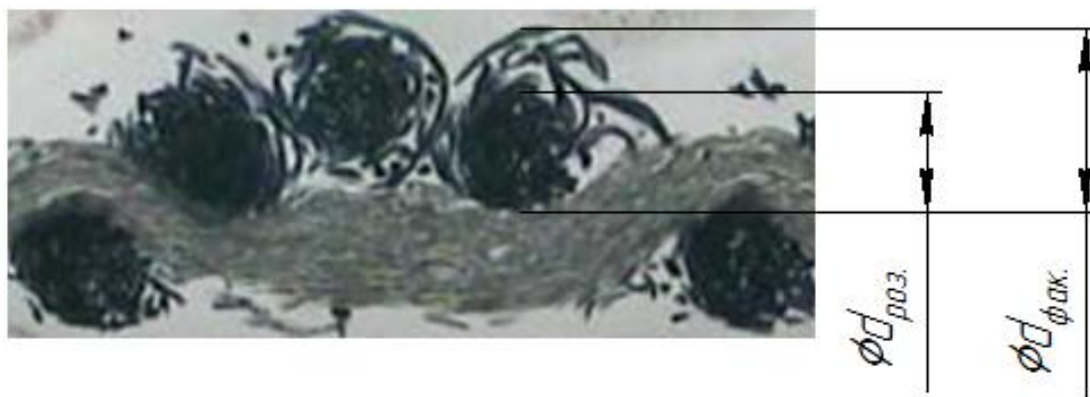


Рис. 1. Реальний вигляд перетину ниток в тканині:

$d_{роз}$ - розрахунковий діаметр ниток;

$d_{фак}$ - фактичний діаметр ниток в тканині

Для визначення фактичного діаметру ниток в тканині на етапі проектування був отриманий коефіцієнт K_d співвідношення фактичного і теоретично розрахованого діаметрів ниток в тканині. Результати представлені в табл. 3.

Таблиця 3

**Коефіцієнти співвідношення фактичного та розрахункового
значення діаметру ниток**

Номинальна лінійна щільність ниток, текс	Діаметр ниток в тканині, мм		Коефіцієнт співвідношення
	розрахунковий	фактичний	
31,3	0,22	0,42	1,91
40,6	0,25	0,44	1,76
50,8	0,28	0,47	1,67
58,9	0,30	0,56	1,65
93,5	0,38	0,59	1,55

За даними табл. 3 побудований графік залежності коефіцієнту співвідношення K_d від лінійної щільності ниток, який представлений на рис. 2.

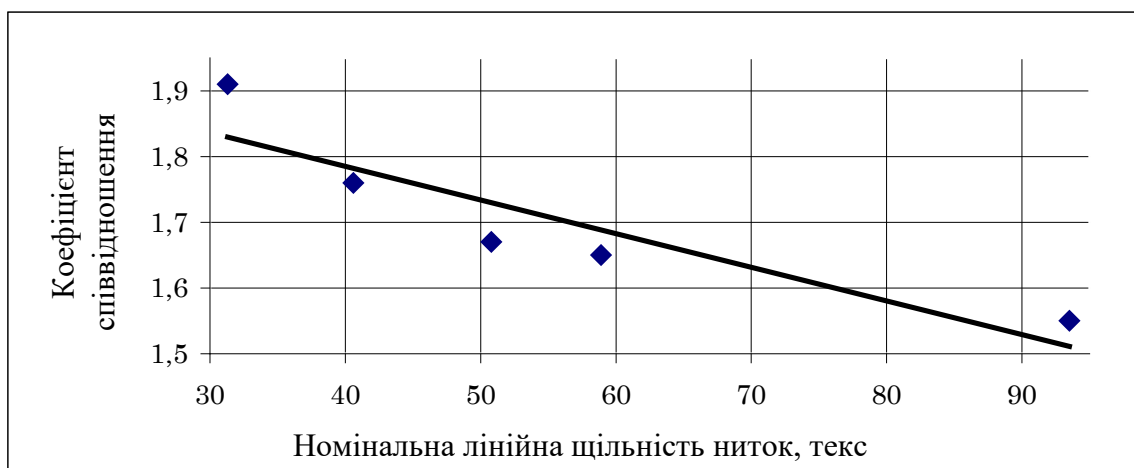


**Рис. 2. Графік залежності коефіцієнту співвідношення діаметрів
від лінійної щільності ниток**

За графічною залежністю встановлена математична залежність діаметрів ниток, яка представлена у вигляді рівняння:

$$K_{d_{o(y)}} = -0,0051 \cdot T_{o(y)} + 1,9895 \quad (3)$$

Дана залежність дозволяє зробити наступний висновок. Зі збільшенням лінійної щільності ниток коефіцієнт співвідношення діаметрів зменшується, так як вплив чинників має менше значення при більших поперекових розмірах ниток.

Перерахунок діаметрів ниток в тканині, що проектується, з врахуванням коефіцієнту співвідношення теоретичного і фактичного діаметрів ниток K_d , здійснюється за формулою:

$$d_{o(y)}_{\phi} = d_{o(y)} \cdot K_{d_{o(y)}} \quad (4)$$

Корегування поперекових розмірів ниток пропонується на стадії вибору лінійних щільностей та розрахунку значення діаметрів ниток за формулами (1) і (2) до запрацювання їх у тканину. Визначення коефіцієнту співвідношення теоретичного і фактичного діаметрів

ниток за представленою математичною залежністю (3) та фактичного діаметру ниток за формулою (4) надає можливість спрогнозувати реальні поперекові розміри ниток у виготовленій тканині. Даний метод передбачає корегування технологічних розрахунків параметрів структури сурової тканини на етапі проектування, що забезпечує одержання тканини із заданими властивостями.

Висновок. На основі аналізу поперекових перетинів ниток в тканині визначена залежність коефіцієнта співвідношення теоретичного і фактичного діаметрів ниток від їх лінійної щільності, застосування якого на етапі проектування тканини дозволяє підвищити ефективність процесу проектування і одержати тканину заданої структури.

Література

1. Дамянов, Г. Б. Строение ткани и современные методы ее проектирования [Текст] / Г. Б. Дамянов, Ц. З. Бачев, Н. Ф. Сурнина. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1984. – 235 с.
2. Розанов, Ф.М. Строение и проектирование тканей [Текст] / Ф.М. Розанов, О.С. Кутепов, Д.М. Жупикова, С.В. Молчанов. – М.: Легпром, 1953. – 469 с.
3. Мартынова, А.А. Строение и проектирование тканей [Текст] / А.А. Мартынова, Г.Л. Слостина, Н.А. Власова – М.: РИО МГТА, 1984. – 153 с.
4. Прохорова, І.А. Проектування тканин [Текст]: Навчальний посібник / І.А. Прохорова, О.В. Закора // Під ред. І.А.Прохорової. – Херсон: ХНТУ, 2012. – 342 с.
5. Сурнина, Н. Ф. Проектирование ткани по заданным параметрам [Текст] / Н. Ф. Сурнина. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 141 с.
6. Скляльников, В.П. Оптимизация строения и механических свойств тканей из химических волокон [Текст]/ В.П. Скляльников. – М.: Легкая индустрия, 1974, С.168.
7. Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы) [Текст] / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Легпромбытиздат, 1985.—216 с.
8. Расторгуєва, М. Й. Матеріалознавство та експертиза текстильних виробів: навчальний посібник для вузів [Текст] / М. Й. Расторгуєва, В. В. Євтушенко, О. В. Горізонтова. – Херсон, 2009. – 206 с.
9. Николаев, С.Д. и др. Проектирование технологии тканей заданного строения [Текст]: Монография. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2007. – 180 с.
- 10.Макарова, Т.А. Текстильное материаловедение [Текст] / Т.А Макарова, Л.В. Потапова. – М.: МТИ , 1986. – 173 с.
- 11.Федорченко, О.В. Корегування поперекових розмірів ниток у тканині [Текст] / О.В.Федорченко, О.Ю. Рязанова, О.В.Закора // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів і молодих

References

- 1 Damianov H. B., Bachev Ts. Z., Surnyna N. F. (1984) *Stroenye tkany u sovremennye metody ee proektyrovaniya*. M: Lehkaia y pyshchevaia prom-t., 235 p.
- 2 Rozanov F.M., Kutevov O.S., Zhupykova D.M., Molchanov S.V.(1953) *Stroenye y proektyrovanye tkaney*. M.: Lehprom, 469 p.
- 3 Martunova A. A., Slostina G. L., Vlasova N. A. (1984). *Stroeija i proektirovanie tkaney*. M.: RIO MGTA, 153 p.
- 4 Zakora O. V., Prohorova I. A. (2012). *Proektuvannja tkanun*. Herson: HNTU, 334 p.
- 5 Surnina N. F. (1973), *Proektirovanie tkani po zadannym parametram*. M.:Legkaya industriya, 141.
- 6 Skljannikov V. P. (1978). *Optimizacija stroenija i mehanicheskikh svojstv tkaney iz himicheskikh volokon*. M.:Legkaya industriya, 168 p.
- 7 Kukyn H. N., Solovev A. N. (1985) *Tekstylnoe materyalovedenye (yskhodnye tekstylnye materyali)*. Uchebnyk dlja vuzov. 2-e yzd., pererab. y dop. M.: Lehprombytyzdat. 216 p.
- 8 Rastorhuieva M. Y., Yevtushenko V. V., Horizontova O. V. (2009) *Materialoznavstvo ta ekspertyza tekstylnykh vyrobiv: navchalnyi posibnyk dlja vuziv*. Kherson. 206 p.
- 9 Nykolaev S.D. y dr. (2007) *Proektyrovanye tekhnolohyy tkaney zadannoho stroenija*. M.: MHTU ym. A.N.Kosihyna, 180 p.
- 10 Makarova T.A., Potapova L.V. (1986) *Tekstylnoe materyalovedenye*. M.: MTY. 173 p.
- 11 Fedorchenko O.V., Riazanova O.lu., Zakora O.V. (2016) *Korehuvannia poperekovykh rozmiriv nytok u tkanyni. Materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv i molodykh vchenykh*

вчених «Молодь - науці і легкій промисловості - 2016. «Підвищення конкурентоспроможності текстильних матеріалів і виробів легкої промисловості» 17 травня 2016 р., м. Херсон (Україна), Херсонський національний технічний університет, 2016 р. – С.39.
12. Федорченко, О.В. Особливості методу визначення порядку фази будови тканин комбінованих переплетень [Текст] // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ. – 2015. - № 4(55). – С. 130 –135.

«Molod - nautsi i lehkii promyslovosti - 2016. «Pidvyshchennia konkurentospromozhnosti tekstylnykh materialii i vyrobiv lehkoi promyslovosti» 17 travnia 2016 r., m. Kherson (Ukraine KhNTU). P. 39.
12 Fedorchenko O.V.(2015) Osoblyvosti metodu vyznachennia poriadku fazy budovy tkanyn kombinovanykh perepleten. Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Kherson: KhNTU. № 4(55). P. 130 –135.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЕЙ ЗА СЧЕТ КОРРЕКТИРОВКИ ДИАМЕТРОВ НИТЕЙ

ФЕДОРЧЕНКО Е.В., ЗАКОРА О.В., ТАЧДЖАНОВ Ш.

Херсонский национальный технический университет

Цель. Повысить точность проектировочных расчетов тканей путем введения скорректированного значения диаметра нитей, который используется в методике проектирования.

Методика. Использовано микроскопическое исследование поперечных срезов тканей для проведения сравнительного анализа теоретически рассчитанных диаметров нитей и фактических диаметров нитей, заработанных в ткань.

Результаты. Выявлены недостатки существующей методики проектирования тканей. Обосновано проведение экспериментальных исследований по определению соотношения поперечных размеров нитей до и после заработки их в ткань. Определена зависимость коэффициента соотношения диаметров нитей от их линейной плотности.

Научная новизна. Впервые в методику проектирования ткани введен коэффициент соотношения диаметров нитей, который определяется в зависимости от их линейной плотности.

Практическая значимость. Усовершенствована методика проектирования тканей путем использования коэффициента соотношения теоретического и фактического диаметров нитей, что позволяет повысить точность проектировочных расчетов.

Ключевые слова: проектирование тканей, расчетный диаметр нитей, фактический диаметр нитей, коэффициент соотношения диаметров, микросрез тканей.

IMPROVED DESIGN METHOD FABRICS BY ADJUSTING AN DIAMETER THREADS

FEDORCHENKO O.V., ZAKORA O.V., TACHDZHANOV SH.

Kherson National Technical University

Purpose. To increase the accuracy of the design calculations fabrics by introducing value of adjusted diameter threads used in the method of projection.

Methodology. Applied microscopic examination of fabrics sections lumbar for comparative analysis theoretically calculated threads diameter and facts of diameter threads that are earned in the fabrics.

Results. Revealed shortcomings of existing methods of designing fabrics. Grounded experimental studies to determine the ratio of lumbar sizes threads and post them earned in the fabrics. The dependence of the correlation coefficient diameter threads of their linear density.

Scientific novelty. A first fabric design methodology introduced filament diameters coefficient ratio which is determined depending on the linear density

Practical value. The advanced design method using fabrics coefficient correlation of the theoretical and de facto diameters threads that can improve the accuracy of design calculations.

Keywords: designing fabrics, threads calculated diameter, the actual diameter of the filaments, coefficient of correlation diameters mikrocut tissues.

BATRAK O., HALAVSKA L.

Kyiv National University of Technologies and Design

THE WAYS TO PROVIDE TEXTILE MATERIALS WITH ANTIMICROBIAL PROPERTIES ANALYSIS

Purpose. The purpose of the article is to analyze impregnation technology to provide biostable textiles with bacteriostatic properties and their impact on environmental safety.

Methodology. Analytical review and-scientific information systematization in the field of biostable textiles.

Results. The article provides analytical review of existing impregnation methods and comparative analysis of fabric with different types of soaking. Being based upon analysis and synthesis of published data, devoted to the study of textile materials properties and their products, the article proves the expediency effects of biological stability and environmental safety through seepage technologies.

Scientific novelty. Biostable textiles classification was carried out and systematized in accordance with the main directions of research in rapidly developing field of biotextiles.

Practical value. The seepage technologies analysis allows systematizing biotextiles range and helps to determine the promising areas of research.

Keywords: antimicrobial properties, biostable textile, environmentally safe biotextile.

Introduction. Our country is experiencing hybrid war now. And it has resulted in a great number of wounded people. The most necessary things in this situation are textile materials that can protect people from proliferation diseases caused by pathogenic bacteria in tense situations. Under these circumstances, it is equally important to expand the range of textiles with antimicrobial treatment of fabric for medical purposes [1].

Textile materials protective properties improvement and pathogenic factors influence -upon the environment should be considered as well. On the basis of the results of research conducted by numerous authors [2, 3, 4], and in order to provide the fabric simultaneously with various effects of desired biological stability and environmental safety, it is proposed to use not only pure biocidal agents, but their combination with other processing agents.

Much more attention should be paid to greening range of groups, types of textile materials and products being in use, most sensitive to organisms harmful for humans (clothing for medical institutions staff and their patients, pharmaceutical employees and food industry workers, etc.), and other textiles and products used in similar fields.

Various fabrics' seepage technologies are often needed for this purpose. One of the most used technologies is the surface modification by means of biocidal agents. Biocides are the means of harmful organisms' destruction. Textile biocide should optimally possess a wide spectrum of antimicrobial effects upon pathogenic and damaging fiber microorganisms, small toxicity, odor absence, colorlessness, resistance biocide effect to the laundry and dry cleaning of textile products, ease of use, affordable price, and compatibility with other textile auxiliary materials (standard TPL). It should not impair physical, mechanical and chemical properties of textiles [2]. Biocidal agents seepage technology is widely used in foreign and domestic textile production practice.

Objectives. The main goal of the article is to compare the analyses of seepage technology to provide textile materials with bacteriostatic properties, knitted fabric in particular. To achieve this

goal the following objectives were set up: to study existing seepage methods and determine their influence on the final bacteriostatic properties of textile materials, taking into consideration the analysis and synthesis of published data.

Research results. The successful resolution of the issues raised, as confirmed by international experience, largely depends on the reasonable choice of modern production technologies and application of highly efficient antimicrobial drugs. They should guarantee high, stable and durable antimicrobial effects on different purpose and fiber composition textile materials, products as well as preserve their hygiene, environmental safety, durability and appropriate appearance.

The problem of textile materials and products protection from pathogenic effects of the environment and enhancement of their performance properties is based on various aspects, namely [1-10]:

- detection of pathogenic organisms on various purpose textile materials and products, and search for ways to deal with them;
- use of advanced nano, chemical and biological technologies to effectively protect people and the environment from harmful effects of particular physiological microorganism groups;
- identification of basic physiological groups, genera and species of microorganisms that participate in the processes of microbial degradation in textile materials and products of different fiber composition and purpose processing;
- disclosure of mechanisms of biodegradation in textile materials and products that have various fiber composition by fabric-damaging microorganisms;
- search for effective protection of apparel, medical and industrial textile products from fabric-damaging (especially pulp and keratin-damaging) microorganisms.

Antibacterial effects, moisture resistance, strength and durability are considered to be key indicators of textile materials. In most cases the original properties of the product rarely meet a set of performance indicators. Therefore, to provide a knitted fabric with given final chemical, physical and mechanical properties a variety of impregnations are used.

Impregnation can provide products with diverse medical properties and endow materials specified operational performance. Nowadays, pathogenic bacteria begin to show increasing resistance to widely used antibiotics [2]. Thus, the search and production of new medications has become an issue of urgent importance in the field of medical textiles development. An ability to use nanomaterials with unique physical and chemical properties makes it possible to provide new antibacterial textile solutions [2-3].

Nanoparticles are usually perceived as very specific and important artificial molecular structures. To provide them with antimicrobial properties nanomaterials are used, which contain [1-5] copper, zinc, titanium, magnesium, gold, chitosan. Silver in various forms is considered to be the most popular kind of biocides though. Silver ions' wide action range provides protection against *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *E. coli*, herpes zoster, influenza and *Proteus vulgaris* [1], and even inhibits AIDS. The methods of textile processing by means of silver nanoparticles differ in nature and depend on manufacturing operations, process regimes and types of equipment used [1, 3].

Nowadays a great amount of chemicals to impregnate materials exist. A variety of these drugs physical and mechanical properties determine appropriate technologies to perform infiltration.

The analysis of research works devoted to technology infiltration [1-6] shows their close connection with the necessity to solve all sorts of environmental problems. On the one hand, it ensures the environmental safety of the finished product in terms of its usage. On the other hand, there is a process of greening technologies for production of biocide preparations and textile materials treatment.

The work by A. Zille [1] focuses on the ways of using silver nanoparticles to provide textiles with antimicrobial properties. The optimum properties of biocides for textile materials have been found. The author justified the possibility to use textiles with silver nanoparticles for the treatment of burns, open wounds, dental materials. The work emphasizes the use of silver nanoparticles for disinfection of water and in sunscreens. The paper contains data about low toxicity of silver nanoparticles for humans.

The article [2] discloses the role of advanced nanotechnology in the production of new generation textile materials. The authors justified the necessity to introduce new nanoproducts with antibacterial properties that identify unique physical and chemical characteristics at the same time. The work as well considers antimicrobial effects of TiO₂ nanoparticles and Ag₂O against resistant bacteria and parasites.

The paper [3] focuses on the method of providing textile materials with antimicrobial properties by one-stage process impregnation solution containing silver salt (silver nitrites) and the reducing agent. The auxiliary components were added to strengthen the connection of silver with the surface of a fibrous material.

The article [4] deals with technology for creating textile materials with antibacterial properties. The key feature of this technology consists in combination of stages for silver nanoparticles obtaining and their sedating on material surface. The authors consider an opportunity to obtain nanoparticles of a definite size and shape that make it possible to expand medical properties of the material.

The authors [5] studied the continuous processing of material by means of antimicrobial components according to "pad-dry-cure" principle. The principle is based on the sequence of flow processes that use the fixed size, degree of extraction of silver nanoparticles dispersions, drying and heat treatment at temperatures higher than the temperature and compulsion (100 - 150 °C).

The paper [6] focuses on technology of providing textile products with antimicrobial properties by means of sol-gel. This technology is based on obtaining materials with certain physical and mechanical properties, and includes stages of sol, converting it into a gel, applying it to the textile material and drying. Nanosols are colloidal solutions of different in shape nanoscale particles of metal oxides in water or organic solutions, which aggregate in the process of coating and convert into a three-dimensional grid through evaporation.

Maillard [7] studied the usage of traditional migratory biocidal products (usually based on triclosan or zinc pyrithione) to provide textile materials with antimicrobial properties. While migrating biologically, active substances are capable of producing chemical effect upon microbes

and microfungi inhibiting their ability to reproduce or blocking their nutrition processes. The disadvantage of migrating assets is their ability to affect human skin being in contact with antimicrobial clothing. Thus, biocidal drugs have been produced to eliminate side effects.

The articles [8-10] are devoted to highlighting ways of nanotechnology use in medical textiles manufacturing. The authors overviewed the ways of effective protection for textile biodeterioration domestic textile and its adaptation to the requirements of foreign markets; also the expediency of using multifunctional silicone finishing agents for the surface modification of textiles to endow them with simultaneously several desirable effects - biological stability, watertightness, environmental safety, etc. The article [10] deals with the ways of textiles protection from the influence of biodeterioration ecotextiles cellulose-damaging pathogenic microorganisms. The authors paid attention to disclosing the mechanism of interaction between fluor- and silicon manufacturing drugs, and certain types of bacteria and cellulose-damaging fungus. The impact of biocide and silicone agents on biostable textiles was studied. Besides, the article focused on the factors that determine the effectiveness of antimicrobial treatment of textile materials.

The authors of the article [11] focused on biocidal treatment as an effective method of protecting textiles. They produced methods of evaluating the effectiveness of biocide treatment for textile materials.

The research work [12] considers the current problems of producing clean and safe textiles. The methods of textile fibers identification, based on differences in their chemical and physical structures, are described. The authors highlight the use of energy efficient techniques for determining permeability performance of materials and means to prevent the harmful effects of textiles on the environment. They suggest ways to provide antimicrobial properties of textile materials based on dyeing them in onion and tutsan. The authors pay much attention to the methods of evaluating the effectiveness of fibers' biocide treatment and providing antimicrobial properties of textiles using medicinal plants.

The paper [13] deals with the problem of textile materials antibacterial activity studying. It provides the analysis of two basic principles of antibacterial activity: qualitative analysis, conducted by means of the test on an agar plate and quantitative analysis based on dynamic tests. The authors have determined antimicrobial properties of knitted cotton fibers, colored dyes, which have bactericidal effects (brilliant green, fuxin and blue methanol).

The article [14] covers the basic functions of medical clothing and defines chief properties of the material for its production. The authors selected the materials for a set of medical workers' clothes.

The author of research work [15] suggests the method of providing antibacterial properties of nonwoven fabric using silver nanoparticles. In order to insert silver nanoparticles in nonwovens based on flax fibers, he stresses upon the necessity of using silver recovery from an aqueous solution of silver nitrate reducing agent at the presence of a surfactant, followed by application of reduced silver on the fibrous material.

The work [16] focuses on the development of complex compositions to provide cotton with antimicrobial properties. The author scientifically and practically proved the feasibility of using

composite formulations based on natural polysaccharides and ethylene dichloride-1,2-bis (N, N-dimethyl-karbdetsyl oksymetyl) - ammonium and unsaturated sorbic acid.

The authors of the article [17] researched the influence of fiber's structural characteristics on the effectiveness of antimicrobial treatment, which is provided by means of use of a polymeric biocide, containing guanidine group.

It is proved that biocidal textile treatment improves the final consumer properties of textile materials and products, but priority should be given to seepage of materials, which are especially susceptible to microbiological degradation [2]. This primarily relates to gear staff of medical institutions, pharmaceutical and food industry workers. The presence of antimicrobial treatment of textile material allows achieving not only environmental and hygienic, but also economic effect. As a result of the processing the product's lifetime increases up to 10-15%.

Antimicrobial treatment of clothing textile material can be considered as multifunctional for being able to: significantly improve the product's hygiene indicators by reducing transient microorganisms access to human skin and eliminate unpleasant odors caused by the presence of bacteria's metabolic products; protect human skin from exposure of blood-sucking insects; ensure effective protection of textile materials and products of various purpose from microbiological degradation.

According to the degree of human protection from the influence of most gram-positive and gram-negative aerobic and anaerobic bacteria, biostable textile materials can be classified as following:

- bactericide - have the greatest degree of people's protection; they kill bacteria using a powerful chemical agent. The main field of material application is medicine;
- antibacterial - stops the growth of microorganisms using a special agent that is added to the finished fabric. This agent is gradually washed away in the process of washing;
- bacteriostatic - stops the growth of bacteria, but doesn't kill them. The active component of this material is more resistant to leaching when washing, because the agent is added directly to the fiber and is therefore more secure.

Nowadays there are three technologies to provide textile materials with these properties: chemical leakage, finishing, late-injection and grafting. Finishing is the simplest technology. It is based on insertion of a chemical agent at the last stage of production – coloring. This method has been long criticized because it does not provide adequate resistance to washing (the agent disappears after 5-6 washings). However, recent developments have significantly improved the quality of antimicrobial agents that remain in the textile and retain their activity even after 50 washes. In the process of late insertion technology textiles are modified on the yarn level and the agent is embedded directly into the polymer fiber. The fiber is heated to a high temperature, and once it starts melting, antibacterial agent is injected (sometimes in combination with other active agents). Then it is followed by rapid cooling. Grafting technology, being tested nowadays, has shown excellent results. It is based on fabric bombarding by means of charging with antibacterial agent particles. As a result of seepage technologies analysis, the classification of biostable textile materials has been developed. It is presented on **fig.1**.

The analysis of scientific, technical and patent literature in the field of research makes it possible to suggest the idea that modern textiles produced due to use of traditional chemical and

mechanical technologies and high nano-, bio- and info-, cognitive (NBIC) technologies, can greatly expand the range of its application areas. Now we can't even imagine further technological growth typical for the developed countries without technical, emergency, medical, sports, industrial, military, transportation, space and cosmetic textiles. Depending on the properties of various appointed groups of materials, their consumer properties modification is determined by a various range of treatment and seepage processes.

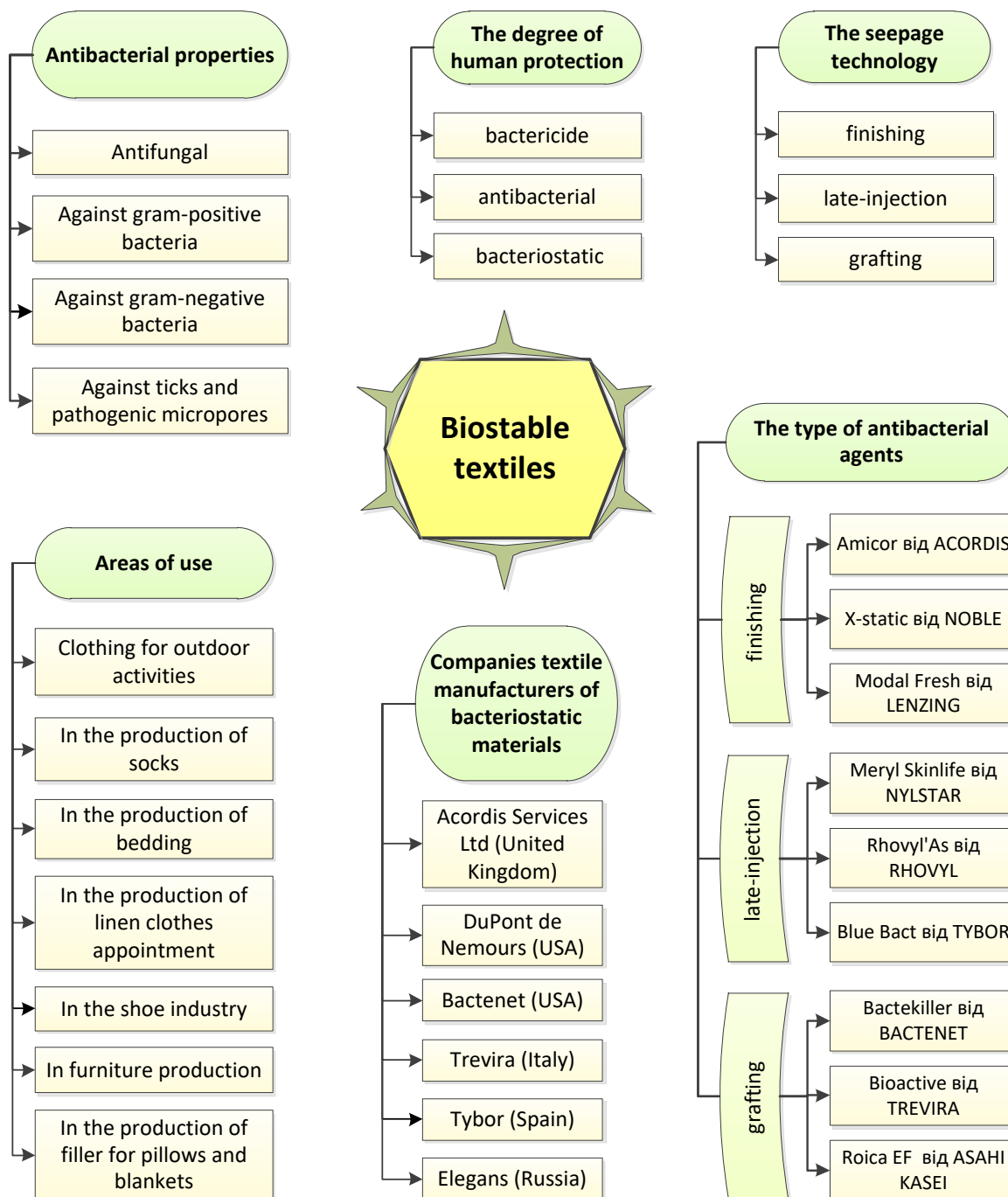


Fig. 1. Classification of biostable textiles

As you know, the ecological safety of textile materials consists of staff safety as well as safety of biocidal agents that vary in chemical composition, appointment and technologies of their production. Summarizing information from various literature sources as for the role of biocide treatments of textile materials and products, we can confidently say that they increase the level of environmental safety irrespective of various textile fiber compositions and products or methods for their production.

Currently the issue of creating textile materials with antibacterial properties, especially for medicine, is considered to be both interesting and important in the modern world. It is caused by the need to protect humans from exposure to pathogens and improve their immune status. Due to their qualities, bacteriostatic textile materials prevent microorganisms from interference into the human body.

Several authors focused upon economic feasibility of knitted fabrics biocide treatment for domestic textile industry [8-10]. Various kinds of antimicrobial seepage treatment can extend range, increase ecomaterial products competitiveness and raise the level of their production. The use of seepage in knitting industry in the field of underwear manufacturing can be of great preventive value, especially as concerning women's health, and a wide range of skin diseases (dermatitis of different origins, herpes, psoriasis). Impregnation of elastic bandages and tires can significantly accelerate the recovery of disturbances in the loco motor apparatus.

Unfortunately in recent years the environmental condition of the modern world has deteriorated. Thus, people face a health threat. They want to be more protected from harmful effects of the environment. Bacteriostatic textile materials should be used not only for medical purposes, but also in everyday life. Therefore, knitted fabrics treatment by bacteriostatic agent is an important and popular area of research that needs to be studied profoundly. Moreover, new ways to improve the aforesaid technology should be found.

Conclusion. The analysis of existing technologies for conducting textile seepage aimed at giving textile materials (including knitted fabrics) bacteriostatic properties disclosed the fact that the seepage impact on textile materials' physical and mechanical properties, and environmental safety had not yet been studied profoundly. The development of environmentally friendly technology for knitted fabrics with antimicrobial properties is of urgent importance nowadays. It will provide an opportunity to start domestic manufacturing of knitted fabrics for the needs of defense and industry complex, including military underwear.

Література

1. Zille A. Application of nanotechnology in antimicrobial finishing of biomedical textiles / A. Zille, L. Almeida, T. Amorim, N. Carneiro, M. F. Esteves, C. J. Silva, A. P. Souto // Mater. Res. Express – 2014. – Vol. 1. – 032003 p. Retrieved from: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/1/3/032003>
2. Allahverdiyev A. M. Antimicrobial effects of TiO₂ and Ag₂O nanoparticles against drug-resistant bacteria and leishmania parasites / A. M. Allahverdiyev, E. S. Abamor, M. Bagirova, M. Rafailovich // Future Microbiol. – 2011. –

References

1. Zille, A., Almeida, L., Amorim T., Carneiro, N., Esteves, M. F., Silva, C. J., et al. (2014). Application of nanotechnology in antimicrobial finishing of biomedical textiles. *Materials Research Express*, Vol. 1, 032003 p. Retrieved from: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/1/3/032003> [In English].
2. Allahverdiyev, A. M. Abamor, E. S., Bagirova, M., Rafailovich M. (2011). Antimicrobial effects of TiO₂ and Ag₂O nanoparticles against drug-resistant bacteria and leishmania parasites. *Future Microbiol.*, Vol.6, 933–940 [In English].
3. Tang, B., Kau, J., Sun, L.Lu., Wang, X. (2013)

Vol.6. – P. 933–940.

3. Tang B. Multifunctionalization of cotton through in situ green synthesis of silver nanoparticles / B.Tang, J.Kaur, L.Lu Sun, X.Wang // *Cellulose* – 2013. – Vol. 20. – P.3053–3065.

4. Paladini F. Antibacterial and antifungal dressings obtained by photochemical deposition of silver nanoparticles / F.Paladini, S.De Simone, A.Sannino, M.Pollini // *J. Appl. Polym. Sci.* – 2014. – Vol. 131. – 40326 p.

5. Mahltig B. Dendrimer stabilized silver particles for the antimicrobial finishing of textiles / B.Mahltig, B.Tatlises, A.Fahmi, H.Haase // *J. Text. Inst.* – 2013. – Vol. 104. – P. 1042–1048.

6. Mahltig B. Silver containing sol–gel coatings on textiles: antimicrobial effect as a function of curing treatment / B. Mahltig, D.Fiedler, P.Simon // *J. Text. Inst.* – 2011. – Vol. 102. – P. 739–745.

7. Jean-Yves Maillard Antimicrobial biocides in the healthcare environment: efficacy, usage, policies, and perceived problems / Jean-Yves Maillard // *Ther Clin Risk Manag.* – 2006. – P. 307–320.

8. Семак Б.Б. Підвищення біостійкості та екологічної безпеки текстильних матеріалів шляхом їх поверхневої модифікації / Б.Б. Семак, І.С. Галик, Б.Д. Семак // *Вісник КНУТД.* – 2007. – №4 (36). – С. 48-52.

9. Галик І.С. Екологічна безпека та біостійкість текстильних матеріалів: Монографія / І.С. Галик, О.Б. Концевич, Б.Д. Семак. – Львів: Вид-во Львівської комерційної академії, 2006. – 232 с.

10. Галик І.С. Вплив оброблення текстильних матеріалів на формування рівня їх біостійкості та екологічної безпечності / І.С. Галик, Б.Д. Семак // *Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины.* – 2009. – №1(15). – С. 16-19.

11. Супрун Н.П. Текстиль та багатофункціональні текстильні композиційні матеріали у виробках для інвалідів та важкохворих: монографія / Н. П. Супрун, В. І. Власенко, С. І. Арабулі. – К. : КНУТД, 2011. – 182 с. – ISBN 978-966-8276-36-1

12. Супрун Н.П. Сучасні проблеми виробництва безпечного у споживанні та екологічно чистого текстилю: монографія / Н. П. Супрун, Г. В. Щуцька. – К.: Кафедра, 2013. – 112 с. – ISBN 978-966-2705-63-8.

13. Супрун Н.П. Визначення антибакте-

Multifunctionalization of cotton through in situ green synthesis of silver nanoparticles. *Cellulose*, Vol. 20, 3053–3065 [In English].

4. Paladini, F., Simone, S.De, Sannino, A., Pollini, M. (2014). Antibacterial and antifungal dressings obtained by photochemical deposition of silver nanoparticles. *J. Appl. Polym. Sci*, Vol. 131, 40326 p. [In English].

5. Mahltig, B., Tatlises, B., Fahmi, A., Haase, H. (2013). Dendrimer stabilized silver particles for the antimicrobial finishing of textiles. *J. Text. Inst.*, Vol. 104, 1042–1048 [In English].

6. Mahltig, B., Fiedler, D., Simon, P. (2011). Silver containing sol–gel coatings on textiles: antimicrobial effect as a function of curing treatment. *J. Text. Inst.*, Vol. 102, 739–745 [In English].

7. Maillard, Jean-Yves. (2006). Antimicrobial biocides in the healthcare environment: efficacy, usage, policies, and perceived problems *Ther Clin Risk Manag*, P. 307–320. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/5490963_Antimicrobial_biocides_in_the_healthcare_environment_efficacy_usage_policies_and_perceived_problems [In English].

8. Semak, B.B., Halyk, I.S., Semak, B.D. (2007) Pidvyshchennia biostiikosti ta ekolohichnoi bezpeky tekstylnykh materialiv shliakhom yikh poverkhnevoi modyfikatsii [The increase of biological and ecological safety of textile materials by the way of their surface modification]. *Visnyk KNUITD – Bulletin of KNUITD*, 4 (36), 48-52 [in Ukrainian].

9. Halyk, I.S., Kontsevykh, O.B., & Semak, B.D. (2006). *Ekolohichna bezpeka ta biostiikist tekstylnykh materialiv: Monohrafiia* [Ecological safety and biostability of textile materials: Monograph]. Lviv [in Ukrainian].

10. Halyk, I.S., Semak, B.D. (2009). Vplyv obrobлення tekstylnykh materialiv na formuvannia rivniay biostiikosti ta ekolohichnoi bezpechnosti [Influence of processing of textile materials on formation of their level of biodegradability and ecological safety]. *Problemi lehkoï y tekstylnoi promishlennosti Ukrainy – Problems of light and textile industry in Ukraine*, 1(15), 16-19 [in Ukrainian].

11. Suprun N.P., Vlasenko V.I. & Arabuli S.I. (2011). *Tekstyl ta bahatofunktsionalni tekstylni kompozytsiyni materialy u vyrobakh dlya invalidiv ta vazhkokhvorykh: monohrafiya* [Textiles and multifunctional textile composite materials in products for the disabled and seriously ill: Monograph]. Kyiv [in Ukrainian].

12. Suprun, N.P., & Shchuts'ka, H. V. (2013). *Suchasni problemy vyrobnytstva bezpechnoho u spozhyvanni ta ekolohichno chystoho tekstylyu: monohrafiya* [Modern problems of production of safe and non-polluting textiles: Monograph]. Kyiv [in Ukrainian].

13. Suprun, N. P. Tarasenko, H.V., Shchuts'ka, H.V., Yakubovs'ka, T.O. (2012). Vyznachennya

ріальних властивостей текстильних матеріалів для підкладки взуття / Н.П. Супрун, Г.В. Тарасенко, Г.В. Шуцька, Т.О. Якубовська // Вісник КНУТД. – 2012. – №2 (64). – С. 104-107.

14. Ващенко Ю.О. Конфекціювання матеріалів для медичного одягу / Ю.О. Ващенко, Н.П. Супрун, Д.Р. Левицька // Вісник КНУТД. – 2015. – № 6 (92). – С. 227-232.

15. Литвинова О. І. Розробка способу надання антибактеріальних властивостей нетканам полотнам з використанням наночастинок срібла / О. І. Литвинова // Тези доповідей XV Всеукраїнської наукової конференції молодих учених та студентів "Наукові розробки молоді на сучасному етапі". Т. 1: Секція "Нові наукомісткі технології виробництва матеріалів, виробів широкого вжитку та спеціального призначення": 28-29 квітня 2016 р. – К.: КНУТД, 2016. – 157 с.

16. Рацук М.Є. Розробка композиційних складів для надання антимікробних властивостей бавовняним тканинам: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.19 - технологія текстильних матеріалів, швейних і трикотажних виробів / Рацук М.Є. – Херсон: ХНТУ, 2009. – 25 с.

17. Зубкова А. П. Визначення впливу структурних характеристик тканин на ефективність антимікробної обробки / А. П. Зубкова, В. А. Борисова, О. П. Сумська // Тези доповідей XV Всеукраїнської наукової конференції молодих учених та студентів "Наукові розробки молоді на сучасному етапі". Т. 1: Секція "Нові наукомісткі технології виробництва матеріалів, виробів широкого вжитку та спеціального призначення": 28-29 квітня 2016 р. – К.: КНУТД, 2016. – 161 с.

antybakterialnykh vlastyvostey tekstylnykh materialiv dlya pidkladky vzuttya [Determination of antibacterial properties of textile materials for the footwear lining]. *Visnyk KNUTD – Bulletin of KNUTD*, 2 (64), 104-107 [in Ukrainian].

14. Vashchenko, Yu.O., Suprun, N.P., Levytska D.R. (2015) Konfeksiiuvannia materialiv dlia medychnoho odiahu [Confictioning of materials for medical clothing] . *Visnyk KNUTD – Bulletin of KNUTD*, 6 (92), 227-232 [in Ukrainian].

15. Lytvynova O. I. (2016). Rozrobka sposobu nadannia antybakterialnykh vlastyvostei netkanyim polotnam z vykorystanniam nanochastynok sribla [Development of the method of providing antibacterial properties to nonwoven fabrics using silver nanoparticles]. Abstracts from Scientific developments of youth at the present stage. Section "New Technologies for the Production of Materials, Products and Special Purpose Products"16: *XV Vseukrainska naukova konferentsiia molodykh uchenykh ta studentiv* (28-29 kvitnia 2016 r.) – 15nd All-Ukrainian scientific conference of young scientists and students. (Vol.1, P. 157). Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].

16. Ratsuk, M.Ie. (2009). Rozrobka kompozytsiinykh skladiv dlia nadannia antymikrobynykh vlastyvostei bavovnianym tkanynam [Development of composite compositions for providing antimicrobial properties to cotton fabrics]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kherson: KhNTU [in Ukrainian].

17. Zubkova, A. P., Borysova, V. A., Sumska, O. P. Vyznachennia vplyvu strukturnykh kharakterystyk tkanyn na efektyvnist antymikrobnioi obrobky [Determination of influence of cloth structural characteristics on the effectiveness of antimicrobial treatment]. Abstracts from Scientific developments of youth at the present stage. Section "New Technologies for the Production of Materials, Products and Special Purpose Products"16: *XV Vseukrainska naukova konferentsiia molodykh uchenykh ta studentiv* (28-29 kvitnia 2016 r.) – 15nd All-Ukrainian scientific conference of young scientists and students. (Vol.1, P. 161). Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].

АНАЛІЗ СПОСОБІВ НАДАННЯ АНТИМІКРОБНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИМ МАТЕРІАЛАМ

БАТРАК О.А., ГАЛАВСЬКА Л.Є.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Провести аналіз технологій просочування для надання бактеріостатичних властивостей біостійкому текстилю та їх впливу на екологічну безпечність.

Методика. Аналітичний огляд та систематизація наукової інформації у сфері біостійкого текстилю.

Результати. У статті проведено аналітичний огляд існуючих способів просочування та здійснено порівняльний аналіз текстильних матеріалів, в яких використовуються різні види просочувань. На основі аналізу та узагальнення літературних даних, присвячених дослідженню властивостей текстильних матеріалів і виробів з них, обґрунтовано доцільність надання їм ефектів біостійкості та екологічної безпечності шляхом просочування.

Наукова новизна. Проведено класифікацію біостійких текстильних матеріалів та систематизовано основні напрями досліджень у сфері біотекстилю, яка в останні роки розвивається випереджальними темпами.

Практична значимість. Проведений аналіз технологій просочення дозволяє систематизувати асортимент біотекстилю та сприяє визначенню перспективних напрямків досліджень.

Ключові слова: антимікробні властивості, біостійкий текстиль, екологічна безпечність біотекстилю.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПРИДАНИЯ АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ

БАТРАК А.А., ГАЛАВСКАЯ Л.Е.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Анализ технологий пропитки для придания бактериостатических свойств биологически устойчивому текстилю и их влияния на экологическую безопасность.

Методика. Аналитический обзор и систематизация научной информации в сфере биологически устойчивого текстиля.

Результаты. В статье проведен аналитический обзор существующих способов пропитки и осуществлен сравнительный анализ текстильных материалов, в которых используются различные виды пропиток. На основе анализа и обобщения литературных данных, посвященных исследованию свойств текстильных материалов и изделий из них, обоснована целесообразность придания им эффектов биологической устойчивости и экологической безопасности путем пропитки.

Научная новизна. Проведена классификация биологически устойчивых текстильных материалов и систематизированы основные направления исследований в области биотекстиля, которая в последние годы развивается опережающими темпами.

Практическая значимость. Проведенный анализ технологий пропитки позволяет систематизировать ассортимент биотекстиля и способствует определению перспективных направлений исследований.

Ключевые слова: антимикробные свойства, биологически устойчивый текстиль, экологическая безопасность биотекстиля.

УДК 675.017.4.023.2

РОМАНЮК О. О., ДАНИЛКОВИЧ А. Г.

Київський національний університет технологій та дизайну

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ НА ВІДМОЧУВАННЯ СИРОВИНИ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШКІРЯНОГО МАТЕРІАЛУ

Мета. Дослідження впливу відмочування у активованій воді шкіряної сировини на фізико-механічні властивості шкіри.

Методика. Ефективність відмочування шкіряної сировини різних методів консервування у електрохімічно активованій воді – католіті з різними значеннями рН досліджували за вологовмістом та пластичністю, а фізико-механічні властивості шкіри – за показниками міцності, відносного видовження та жорсткості.

Результати. Перевагами використання електрохімічно активованої води (католіт з рН 8,5; 10,0 і 11,5) для відмочування шкіряної сировини мокросоленого і прісно-сухого методів консервування із вологовмістом відповідно 56,2 і 12,3 % є забезпечення вологовмісту, близького до стану парної сировини, більша пластичність дерми та показники фізико-механічних властивостей шкіри, що відповідають вимогам стандарту.

Наукова новизна. Вплив відмочування шкіряної сировини у активованій воді на пластичність дерми і фізико-механічні властивості шкіри.

Практична значимість. Використання електрохімічно активованої води замість хімічних реагентів у розчині для процесу відмочування існуючої технології забезпечує отримання якісного шкіряного матеріалу, скорочення тривалості процесу в 1,6–2,0 рази і підвищення екологічності технології виготовлення шкіряних матеріалів.

Ключові слова: мокросолена і прісно-суха сировина, відмочування, активована вода.

Вступ. Високоякісний шкіряний матеріал може бути сформований при реалізації науково-обґрунтованих технологій із використанням вискоєфективних хімічних реагентів і сировини належної якості без пошкоджень внаслідок консервування. Переважно вид сировини і визначає метод консервування – мокросоління, сухосоління та ін. При цьому крупна сировина, в основному, консервується засоленням у розстил чи тузлукуванням, дрібна може консервуватись сухосолінням та прісно-сушінням [1].

У багатостадійній технологічній обробці шкіряної сировини особливе значення належить процесу відмочування, коли відновлюється її структура за вологовмістом і забезпечується ефективне проведення всіх наступних фізико-хімічних процесів відповідної технології. Із наведених методів консервування при прісно-сухому шкіряна сировина втрачає найбільшу кількість води, вміст якої змінюється в широких межах залежно від виду, віку та умов життя тварин. Тому для процесу відмочування, що потребує значних об'ємів водних розчинів [2], особливо актуальною проблемою є пошук і розробка нових ефективних хімічних реагентів із високою дифузійною здатністю для забезпечення переміщення технологічних розчинів хімічних реагентів у структуру та дифузії, насамперед, консервувальних речовин і глобулярних білків з напівфабрикату. При цьому технологічний розчин має характеризуватись бактерицидними властивостями для попередження розвитку мікроорганізмів і появи дефектів шкіряної сировини. Для приготування такого розчину може використовуватися електрохімічно активована вода, хімічна активність якої зумовлена наявністю в ній високоактивних іонів та радикалів [3, 4] і відсутністю кластеризованої структури [5].

Відмочування хутрової сировини [6] з використанням електрохімічно активованої води – католіту інтенсифікує процес у два рази порівняно з існуючою технологією, при цьому

суттєво скорочуються витрати хімічних реагентів і води у відмочувально-дубильних процесах формування хутрового матеріалу та вилучаються з технологічного процесу такі токсичні реагенти як формалін і гексафторсилікат натрію.

Розчином на основі католіту із додаванням бензилового спирту або гліцерину можна обробляти хутро перед фарбуванням [7], а з метою покращення пластичних властивостей шкірної тканини хутра і шкіри може використовуватися розчин, який містить католіт, хлорид натрію, гліцерин, гліюксаль [8].

Отже, використання електрохімічно активованої води як основи технологічного розчину хімічних реагентів для процесу відмочування шкіряної сировини може бути перспективним, оскільки сприяє скороченню тривалості процесу, витратних матеріалів та покращенню фізико-механічних властивостей напівфабрикату.

Постановка завдання. Дослідження ефективності використання електрохімічно активованої води – католіту для відмочування шкіряної сировини великої рогатої худоби різних методів консервування та порівняльний аналіз пластичності голини, фізико-механічних властивостей готової шкіри, виготовленої за зміненою й існуючою технологіями.

Результати дослідження. У роботі для досліджень використана шкіряна сировина великої рогатої худоби мокросолоного і прісно-сухого методів консервування – чепрачна ділянка виростка з товщиною у стандартній точці 2,6 мм і вологовмістом відповідно 56,2 і 12,3 %, зразки якої розміром 5×15 см були скомплектовані у партії за методом асиметричної бахтарми [9].

Для приготування технологічного розчину використано електрохімічно активовану воду – католіт із рН 8,5; 10,0 і 11,5 (при температурі 25–27 °С), отриманий у електроактиваторі науково-виробничої фірми «Ековод», ТУ У29.1-1285006876.001-2000 при додаванні 0,2–0,5 г/л хлориду натрію [10].

Відмочування мокросолоної сировини виконувалося в католіті при рідинному коефіцієнті (РК) 1,3–1,5 л/кг протягом 4 та 6 год. Зразки виростка прісно-сухого методу консервування попередньо відмочувались у католіті протягом 10 і 12 год, при РК 2,0 л/кг із розрахунку на масу парної сировини. Після цього зразки сировини піддавалися розминанню у рухомому апараті при РК 1,5 л/кг і його обертанні з швидкістю 8–12 хв⁻¹ протягом 1,5 і 2 год та відмочуванню при РК 1,3–1,5 л/кг протягом 5, 7 і 8 год.

Для контрольного варіанту тривалість обробки зразків із мокросолоної сировини становить до 8 год з використанням 0,5 % карбонату натрію [2], а для зразків прісно-сухої сировини до 30 год з додаванням на стадії попереднього відмочування, яке тривало протягом 19 год, % маси сировини: сульфиту натрію – 0,8; поверхнево-активної речовини – 0,3; гексафторсилікату натрію – 1,5. При цьому для основного відмочування використовувався карбонат натрію в кількості 1,5 % маси сировини [11].

Всі наступні процеси і операції з дослідними і контрольними зразками проводилися за існуючою технологією.

Ефективність відмочування шкіряної сировини у електрохімічно активованій воді досліджували за вологовмістом у дермі шкур [9] та їх пластичністю, що визначалась за величиною відносної деформації під дією сили, величиною 25 % від розривної (режим навантаження) та після перебування у вільному стані (режим розвантаження), тривалість кожного режиму – 5 хв [12].

Фізико-механічні показники шкіряного матеріалу – міцність і деформаційні характеристики визначались без покривного фарбування за методикою [9]. При цьому зразки деформувались на розривній машині РТ-250М зі швидкістю 80 мм/хв. Жорсткість вимірювали на приладі ПЖУ-12М. Результати дослідження обробок мокросолоної сировини за трьома варіантами наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Технологічні особливості процесу відмочування мокросолоної сировини при використанні активованої води

Показник	Варіанти відмочування			
	1	2	3	4 (існуюча технологія)
pH католіту початковий	8,5	10,0	11,5	9,5
– після відмочування	7,0	8,5	10,0	9,0
Рідинний коефіцієнт, л/кг	1,5	1,4	1,3	1,4
Тривалість обробки, год	6	4	4	8
Вологовміст, %	64,9	67,5	69,0	67,1

Як видно з отриманих результатів вологовміст шкіряної сировини залежить від pH католіту і збільшується з його підвищенням, досягаючи максимального значення у варіанті 3. При цьому кінцеві значення pH технологічного розчину порівняно з початковими в усіх дослідних варіантах знижуються на 1,5 одиниці. Порівняно з існуючою технологією у варіантах 1 і 3 спостерігається відповідно зменшення і збільшення вологовмісту, тоді як у варіанті 2 при зменшенні тривалості обробки у два рази досягається практично таке ж значення вмісту води в дермі шкіри. Слід відзначити, що в існуючій технології для досягнення необхідного значення вологовмісту (67,1 %) використовуються лужний і поверхнево-активний реагенти.

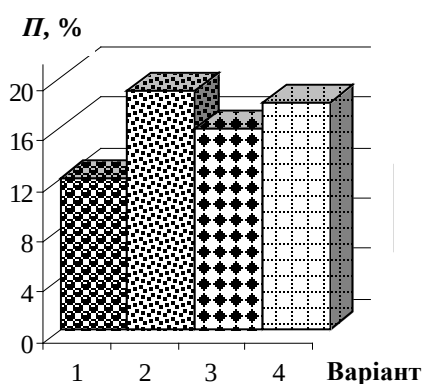
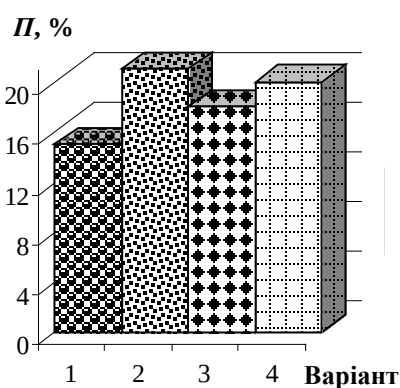
Більш щільна структура виростка прісно-сухого методу консервування через значну втрату води потребує попереднього відмочування і наступного розминання, що збільшує загальну тривалість процесу. Характер залежності водопоглинання сировини цього виду консервування від значення pH католіту аналогічний як і для мокросолоної сировини, але при дещо менших значеннях вологовмісту (табл. 2).

Таблиця 2

Технологічні особливості процесу відмочування прісно-сухої сировини при використанні активованої води

Показник	Варіанти відмочування			
	1	2	3	4 (існуюча технологія)
pH католіту початковий	8,5	10,0	11,5	9,5
– після відмочування	7,0	8,5	10,0	9,0
Рідинний коефіцієнт, л/кг, при				
– попередньому відмочуванні	2,0	2,0	2,0	2,0
– розминанні	1,5	1,5	1,5	1,5
– відмочуванні	1,5	1,4	1,3	1,4
Тривалість обробки, год, при				
– попередньому відмочуванні	12	10	10	19
– розминанні	2,0	1,5	2,0	1,5
– відмочуванні	8,0	5,0	7,0	8,5
Вологовміст, %	61,1	66,2	68,3	65,8

Оскільки ступінь обводнення колагену дерми шкіряної сировини визначається безпосередньо її структурним станом, то наближення величини вологовмісту до його величини в нативному стані сировини (не менше 65 %) свідчить про ефективне проведення процесу відмочування за варіантом 2. Це можна пояснити особливостями пошарової структури колагеновмісної сировини при взаємодії з активованою водою і різним впливом рН католіту на кінетику дифузії переважно з боку підшкірної клітковини та ефективною взаємодією вільних радикалів та іонів води з міжфібрилярними глікозаміногліканами, жировими включеннями та поліпептидними ланцюгами колагену. Відмочування з початковим рН католіту 8,5 завершується недостатнім обводненням шкіряної сировини внаслідок зменшеного вмісту води в дермі, а при підвищенні початкового рН до 11,5 зростає концентрація іонізованих молекул води та її вільних радикалів, які сприяють підсиленій



дифузії води в дерму з боку підшкірної клітковини, що проявляється незначною бубнявою.

а

б

Пластичність дерми шкіри виростка після відмочування консервованої сировини з використанням католіту: а – мокросолоної, б – прісно-сухої; 1, 2, 3, 4 – варіант

Після відмочування контролюється вологовміст і ступінь пружності напівфабрикату, зазвичай це здійснюється органолептично. Використаний спосіб визначення пластичності [12] дозволяє дослідити всі зразки одночасно, а за значеннями видовження, одержаними в режимі розвантаження, були здійснені розрахунки, результати яких представлені на рисунку.

М'якими на дотик по всій площі, і відповідно з більшими показниками пластичності виявилися зразки сировини мокросолоного і прісно-сухого методів консервування після відмочування католітом за варіантом 2. Це підтверджує теорію [13], згідно з якою недублений колаген має нещільну просторову сітку, яка дозволяє залежно від вмісту вологи при розтягувальному зусиллі орієнтоване розміщення ділянок поліпептидних ланцюгів, а також позовжне ковзання ланцюгів відносно один одного. Тому зростає величина повної деформації при розтягуванні зразка (режим навантаження), яка є зворотною еластичною деформацією (режим розвантаження), крім того, зі збільшенням вологовмісту збільшується час релаксації деформації.

Із зразків шкіряної сировини мокросолоного і прісно-сухого методів консервування, відмочування яких здійснювалося за наведеними варіантами, були одержані з виконанням всіх наступних технологічних процесів і операцій за існуючою технологією зразки шкір. Результати досліджень фізико-механічних властивостей шкіри наведені в табл. 3.

Таблиця 3

**Фізико-механічні властивості шкіри, отриманої з сировини
різних методів консервування**

Показник	Варіанти відмочування			
	1	2	3	4 (існуюча технологія)
Межа міцності при розтягуванні, МПа	22,4 / 21,0	20,0 / 19,2	18,2 / 17,3	19,5 / 18,7
Напруження при появі тріщин лицьового шару, МПа	16,5 / 14,8	19,0 / 18,5	17,8 / 16,5	18,2 / 17,0
Відносне видовження, %, при напруженні 10 МПа	21,7 / 24,0	31,0 / 33,0	24,0 / 26,0	29,0 / 32,0
при розриві	51,0 / 57,0	67,0 / 71,0	56,0 / 59,0	64,0 / 69,0
Жорсткість, сН	46,0 / 41,7	31,0 / 30,0	42,0 / 39,0	32,0 / 34,5

Примітка. Чисельник і знаменник відповідно показники шкіри, отриманої з сировини мокросоленого і прісно-сухого методів консервування

Згідно з табл. 3 найбільше значення видовження при напруженні 10 МПа зразків шкіри варіанту 2 відповідають максимальному показнику пластичності, а найменше значення видовження для зразків шкіри варіанту 1 відповідають мінімальному значенню пластичності зразків шкіряної сировини (рисунок). Таким чином, можна припустити, що величина видовження шкіри при напруженні 10 МПа або при розтягуванні узгоджується з величиною пластичності шкіряної сировини після відмочування.

Як відомо, дублення підвищує щільність просторової сітки колагену, внаслідок чого збільшується жорсткість і знижується орієнтація елементів його структури під дією зусилля. Тому у зразків шкіри (варіант 1 і 3) зі меншими значеннями видовження при напруженні 10 МПа спостерігаються більші значення жорсткості, а у зразка шкіри варіанту 2 значення жорсткості – найменше. Крім того, у зразків шкіри варіанту 2, виготовлених із сировини обох методів консервування, величина напруження при появі тріщин лицьового шару більше, ніж у зразків інших варіантів.

Отже, фізико-механічні властивості зразків шкіри всіх варіантів, що досліджувалися, за показниками межа міцності при розтягуванні, видовження при напруженні 10 МПа відповідають вимогам ДСТУ 3115-95.

Висновки. Встановлено суттєвий вплив розробленого способу відмочування натуральної сировини різних методів консервування на формування комплексу фізико-механічних властивостей отриманого шкіряного матеріалу.

Переваги використання електрохімічно активованої води для відмочування шкіряної сировини мокросоленого і прісно-сухого методів консервування полягають у забезпеченні вологовмісту, близького до стану нативної сировини, у скороченні тривалості процесу відповідно в 2 і 1,9 рази, а також у відсутності таких екологічно шкідливих реагентів як гексафторсилікат і сульфід натрію.

Шкіряний матеріал, отриманий за зміненою технологією, характеризується підвищеною пластичністю, а за комплексом фізико-механічних властивостей відповідає стандарту ДСТУ 3115-95 Шкіра для швейних виробів. Загальні технічні умови.

Література

1. Данилкович А. Г., Ліщук В. І. Технологія і обладнання шкіряно-хутрового виробництва: навч. посібник. Вид. 2-ге перероб. і доп. Київ: Фенікс, 2007. 310 с.
2. Данилкович А. Г., Мокроусова О. Р., Охмат О. А. Технологія і матеріали виробництва шкіри/ під ред. А. Г. Данилковича. Київ: Фенікс, 2009. 580 с.
3. Fidaleo M., Moresi M. Electrodialysis applications in the food industry. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2006. V. 51. P. 265–360.
4. Shirahata S., Hamasaki T., Teruya K. Advanced research on the health benefit of reduced water. *Trends in Food Science & Technology*. 2012. V. 23(2). P. 124–131.
5. Ліщук В. І., Данилкович А. Г. Фізико-хімічні аспекти формування структури голини. *Вісник КНУТД*. 2005. № 2. С. 59–68.
6. Danylkovych A., Lishchuk V., Romaniuk O. Use of electrochemically activated aqueous solutions in the manufacture of fur materials. *SpringerPlus*, 2016, 5:214 [E-resource]. Access mode: <http://er.knutd.com.ua/handle/123456789/1766>.
7. Зорина Э. Ф., Зелева Г. М. Крашение меха различными красителями. *Омский науч. вестник*. 2002. № 19. С. 138–139.
8. Зорина Э. Ф., Зелева Г. М., Нагорная З. Е. Влияние природы дубителей и воды на пластические свойства кожаной ткани меха и кожи. *Омский науч. вестник*. 2002. № 19. С. 140–141.
9. Данилкович А. Г., Чурсин В. И. Аналитический контроль в производстве кожи и меха. Лаб. практикум: учеб. пособие. Москва: НИЦ Инфра-М, 2016. 176 с.
10. Потапенко С. І., Костюк О. М., Костюк І. О., Марінченко В. О., винахідники. Пристрій для одержання кремнієвої води. Український патент, № 16933, 2006.
11. Справочник кожевника (технология) / под. ред. Н. А. Балберовой. Москва: Легпромбытиздат, 1986. 272 с.
12. Цимбаленко О. О., Стаценко Д. В., Матвієнко О. А. та ін., винахідники. Спосіб визначення пластичності шкіряної голини. Український патент на корисну модель, № 77317, 2013.
13. Кутянин Г. И. Исследование физико-механических свойств кожи. Москва: Гизлегпром, 1956. 196 с.

References

1. Danylkovych, A. H., & Lishchuk, V. I. (2007). *Tekhnolohiia i obladnannia shkiriano-khutrovoho vyrobnytstva* [Technology and equipment of leather and fur production]. Kyiv: Feniks. [in Ukrainian].
2. Danylkovych, A. H., Mokrousova, O. R., & Okhmat, O. A. (2009). *Tekhnolohiia i materialy vyrobnytstva shkiry* [Technology and materials for leather production]. Kyiv: Feniks. [in Ukrainian].
3. Fidaleo, M., Moresi, M. Electrodialysis applications in the food industry. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2006. V. 51. P. 265–360.
4. Shirahata, S., Hamasaki, T., Teruya, K. Advanced research on the health benefit of reduced water. *Trends in Food Science & Technology*. 2012. V. 23(2). P. 124–131.
5. Lishchuk, V. I., Danylkovych, A. H. (2005). Fizyko-khimichni aspekty formuvannia struktury holyny [Physical and chemical aspects of pelt structure formation]. *Visnyk Kyivskoho Natsionalnoho Universytetu Tekhnolohii ta Dyzainu – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*, 2 (22), 59–68 [in Ukrainian].
6. Danylkovych, A., Lishchuk, V., Romaniuk, O. Use of electrochemically activated aqueous solutions in the manufacture of fur materials. *SpringerPlus*, 2016, 5:214 [E-resource]. Access mode: <http://er.knutd.com.ua/handle/123456789/1766>.
7. Zorina, E. F., Zeleva, G. M. (2002). Krashenie mekha razlichnymi krasitelyami [Dyeing of fur with various dyes] *Omskiy nauch. vestnik – Omsk Scientific Bulletin*, 19, 138–139 [in Russian].
8. Zorina, E. F., Zeleva, G. M., Nagornaya, Z. E. (2002). Vliyanie prirody dubiteley i vody na plasticheskie svoystva kozhevoy tkani mekha i kozhi [The influence of the nature of tanning agents and water on the plastic properties of the leather fabric of fur and leather] *Omskiy nauch. vestnik – Omsk Scientific Bulletin*, 19, 140–141 [in Russian].
9. Danylkovych, A. G., & Chursin, V. I. (2016). *Analiticheskii kontrol' v proizvodstve kozhi i mekha* [Analytical control in the production of leather and fur]. Moscow: NITs Infra-M [in Russian].
10. Potapenko SI, Kostyuk OM, Kostyuk IO, Marinchenko VO, inventors (2006). Prystrii dlia oderzhannia kremniievoi vody [Apparatus for receiving silicon water]. Ukrainian patent, no.16933.
11. Balberovoy, N. A. (Eds). (1986). *Spravochnik kozhevnika (tekhnologiya)* [Directory of the tanner (technology)]. Moscow: Legprombytizdat.
12. Tymbalenko OO, Statsenko DV, Matviienko OA et al, inventors (2012). Sposib vyznachennia plastychnosti shkiriano holyny [Method for determining the ductility of the pelt]. Ukrainian patent, no.77317.
13. Kutyanin, G. I. (1956). *Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv kozhi* [Investigation of physical and mechanical properties of leather]. Moscow: Gizlegprom [in Russian].

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ НА ОТМОКУ СЫРЬЯ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОЖЕВЕННОГО МАТЕРИАЛА

РОМАНИУК О. А., ДАНИЛКОВИЧ А. Г.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование влияния отмоки в активированной воде кожевенного сырья на физико-механические свойства кожи.

Методика. Эффективность отмоки кожевенного сырья различных методов консервирования в электрохимически активированной воде – католите с разными значениями pH исследовали по влагосодержанию и пластичности, а физико-механические свойства кожи – по показателям прочности, относительного удлинения и жесткости.

Результаты. Преимуществами использования электрохимически активированной воды (католит с pH 8,5; 10,0 и 11,5) для отмоки кожевенного сырья мокросоленого и пресно-сухого методов консервирования с влагосодержанием соответственно 56,2 и 12,3 % является обеспечение влагосодержания, близкого к состоянию парного сырья, большая пластичность дермы и показатели физико-механических свойств кожи, соответствующие требованиям стандарта.

Научная новизна. Влияние отмоки кожевенного сырья в активированной воде на пластичность дермы и физико-механические свойства кожи.

Практическая значимость. Использование электрохимически активированной воды вместо химических реагентов в растворе для процесса отмоки существующей технологии обеспечивает получение качественного кожевенного материала, сокращение продолжительности процесса в 1,6–2,0 раза и повышение экологичности технологии изготовления кожевенных материалов.

Ключевые слова: мокросоленое и пресно-сухое сырье, отмока, активированная вода.

THE INFLUENCE OF ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER ON RAW HIDE SOAKING AND PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF LEATHER

ROMANIUK O.O., DANYLKOVOYCH A.G.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. The investigation of the influence of raw hide soaking in activated water on physical and mechanical properties of leather.

Methodology. The efficacy of soaking of hides preserved by different methods in electrochemically activated water - catholyte with different pH values was examined with regard to moisture content and plasticity, while physical and mechanical properties of leather were evaluated according to indicators of tensile strength, relative elongation and stiffness.

Findings. The advantages of using electrochemically activated water (catholyte with pH 8,5, 10,0 and 11,5) for soaking of hides treated by wet salting and air drying curing methods with moisture content 56,2 and 12,3 % respectively consist in providing moisture content close to the state of native raw materials, greater dermis flexibility and mechanical properties of the leather that meet the standard demands.

Originality. The effect of hides soaking in activated water on dermis plasticity as well as physical and mechanical properties of the leather.

Practical value. The use of electrochemically activated water in place of chemicals in the soaking liquor for the given technology provides higher quality of leather, reduces the process duration by 1,6-2,0 times and increases environmental friendliness of the leather processing technology.

Key words: wet salted and air dried hides, soaking, activated water.

УДК 687.4: 616-08

БЕРЕЗНЕНКО С.М., БЕРЕЗНЕНКО Н.М., МАЛІБОРСЬКИЙ О.
Київський національний університет технологій та дизайну

СТВОРЕННЯ МОДИФІКОВАНИХ НИТОК ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОДЯГУ ПРОФІЛАКТИЧНО- ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Мета. Створити та дослідити комплекс фізичних та механічних властивостей модифікованих ниток для подальшого виготовлення одягу профілактично-оздоровчого призначення.

Методики. Дослідження фізико-механічних і антимікробних властивостей створених зразків проводились за стандартними методиками. Енерго-інформаційна оцінка впливу наномодифікованих матеріалів здійснювалась на апаратно-програмному діагностичному комплексі (АПДК) «Intera-DiaCor».

Результати. Здійснені комплексні дослідження фізико-механічних, бактерицидних, енерго-інформаційних властивостей модифікованих ниток і визначена сфера їх застосування. Розроблені технології виготовлення наномодифікованих ниток.

Наукова новизна. Розроблена технологія виготовлення ниток з використанням полімерних матеріалів поліпропілену (ПП), поліетилену (ПЕ), поліоксиметилену (ПОМ), які модифіковані препаратами антимікробних добавок, суспензіями і пастами з вмістом 0,5-1,0% Ag, Cu і Fe. Вивчені енерго-інформаційні та антимікробні властивості текстильних матеріалів по відношенню до патогенної мікрофлори.

Практична значимість. Результати досліджень відкривають перспективи використання технологій наномодифікованих ниток при виготовленні одягу медично-оздоровчого призначення безпосередньо в умовах швейного виробництва.

Ключові слова: наномодифіковані нитки, антимікробні добавки, поліпропілен, поліетилен, поліоксиметилен.

Вступ. На сучасному етапі розвитку суспільства людина мимоволі випробовує на собі наростаючий вплив різних факторів (енергетичних потоків внутрішнього і зовнішнього походження, неіонізуючого випромінювання), деяких видів лікарських засобів, патогенної мікрофлори (грибів, вірусів, бактерій, внутрішньоклітинних паразитів). Під їх впливом можуть змінюватись імунні реакції організму, розповсюджуватись і розвиватись раніше невідомі види захворювань. При цьому домінуючу роль у виникненні і розвитку багатьох видів захворювань відіграє такий фізичний фактор як патогенна мікрофлора. За даними [1] здорові клітини організму людини (а їх близько 200 видів) випромінюють енергію переважно в міліметровому і субміліметровому діапазоні, а патогенна складова – в межах 0,01мм до 10^6 км (переважна більшість збудників хвороб (по Лессуру) – 5-100 см).

Дослідження останніх років свідчать, що при створенні одягу лікувально-профілактичного призначення (ЛПП) необхідно враховувати:

- техногенно-екологічні і етичні фактори життєдіяльності людини [2];
- особливості мікрофлори і її розміщення як в організмі, так і на поверхні шкіри [3];
- специфіку розподілу зон гіпергідрозу (потіння) як одну з причин розмноження патогенної мікрофлори та створення професійної, соціальної і психологічної дезадаптації людини [4];
- енерго-інформаційний аспект взаємодії елементів системи «людина-одяг-навколишнє середовище», в якій одяг відіграє бар'єрну роль по відношенню до патогенної мікрофлори [5].

В зв'язку з цим суттєво зростає роль одягу як фактора пригнічування шкідливої та стимулювання корисної мікрофлори, в т.ч. за рахунок біоцидного ефекту.

Антимікробне опорядження текстильних і інших матеріалів забезпечує декілька функцій:

- стримує розмноження і ріст колоній мікроорганізмів зовнішнього походження;
- запобігає виникненню неприємного запаху, який провокують продукти життєдіяльності мікроорганізмів і забезпечує захист безпосередньо текстильного матеріалу від руйнування.

З іншої сторони, одягові матеріали являються джерелом власних випромінювань енергії і забезпечують бар'єрну функцію, пов'язану з відбиттям або поглинанням хвиль як від патогенної мікрофлори, так і від самого організму. Такий ефект досягається за рахунок інтерференції, дифракції і резонансу хвильових випромінювань від патогенної складової, текстильних матеріалів самого організму людини [5, 6].

Постановка завдання. Світовий досвід і власні дослідження свідчать про варіативні можливості вирішення питань створення матеріалів і одягу профілактично-лікувального призначення. В зв'язку з цим необхідно [7, 8]:

- здійснити вибір вихідних текстильних матеріалів і модифікаторів;
- дослідити умови їх виготовлення з використанням найбільш ефективних способів модифікації;
- здійснити комплексне оцінювання фізико-механічних, антимікробних і енерго-інформаційних властивостей модифікованих текстильних матеріалів.

Результати дослідження. Згідно розроблених технологічних регламентів виготовлені експериментальні зразки поліфіламентних ниток модифікованих препаратом антимікробних добавок (АМД) і суспензіями наночастинок Ag, Cu, Fe (крутка S/Z - 250/200, температура термофіксації ПП - 100°C, ПОМ - 140°C), фізико-механічні властивості яких наведені в табл.

Таблиця

Фізико-механічні властивості нано-модифікованих ниток

№ п/п	Склад ниток	Дисперсійне середовище	Кратність витягування	Лінійна густина, текс	Розривальне навантаження, сН	Відносне розривальне навантаження, сН/текс	Розривальне видовження, %
1	ПП (вихідний)	-	5,4	31,2	1122,0	36,0	20,6
ПЕГ+Ag							
2	ПП+0,5% АМД	паста	5,3	32,3	1066,0	33,7	28,3
3	ПП+1,0% АМД	паста	5,3	31,1	1165,6	37,5	24,9
4	ПП+1,0% АМД	вода	3,4	50,5	872,8	17,3	>68,0
5	ПП+1,0% АМД	спирт	5,4	30,2	1161,2	38,4	18,1
ПЕГ+ Cu							
6	ПП+0,5% АМД	паста	5,3	30,9	1132,8	36,7	20,5
7	ПП+1,0% АМД	паста	5,3	32,0	1206,8	37,7	20,3
ПЕГ+ Ag+Cu							
8	ПП+0,5% АМД	спирт	5,3	32,6	1127,0	34,6	25,6
9	ПП+1,0% АМД	спирт	5,3	31,1	1134,4	36,5	19,2

Продовження таблиці

ПЕГ+Fe							
10	ПП+0,5% АМД	вода	4,3	45,5	1046,8	23,0	36,1
11	ПП+1,0% АМД	вода	5,4	32,6	1162,8	35,7	23,8

Наведені дані свідчать про доцільність використання в практиці виготовлення одягу медичного призначення ниток на основі ПОМ та ПП. При цьому є можливість одночасного використання модифікаторів – наноконпонентів Ag і Cu в різних дисперсійних середовищах (паста, спирт, вода).

Мікробіологічні дослідження показали, що нитки мають пролонговані антимікробні властивості по відношенню до тест-культур *S.aureus*, *E.colli* і *Candida* (дослідження здійснені у співпраці зДНДІ «Ресурс» та ДУ «Інститут епідеміології і інфекційних хвороб ім. Л.В. Громашевського» НАМН України).

Ефективність модифікованих ниток по відношенню до тест-культур *S.aureus* за показниками КУО підтверджена також величинами: зона затримки (3 – 5мм) та редукція експозиції (біля 90% через 30 хв.).

Результати досліджень свідчать, що нитки на основі ПОМ+АМД доцільно використовувати в якості нижньої нитки човникового стібка та ланцюжкового стібка. При цьому стерилізація швів, виготовлених з застосуванням таких ниток, в основному призводить до зростання показників P_p і не поступаються показникам ниток типу Coats-grail, які використовують при виготовленні одягу.

Враховуючи позитивні результати тестування поліфіламентних ниток, здійснено виготовлення комбінованих ниток з використанням в їх структурі бавовняної, лляної та конопляної складових. Такі нитки в подальшому були використані при виготовленні модифікованих текстильних матеріалів наночастинками Ag і Cu (тканини, трикотажу, хутра на трикотажній основі, компресійні вироби). Як показали мікробіологічні дослідження, такі матеріали мають достатні антибактеріальні і фунгіцидні властивості.

Наведені дані свідчать про наявність пролонгованого впливу модифікаторів на патогенну складову. Ефективність такої дії модифікаторів була також підтверджена при обробці тканин вітчизняного асортименту методами просочування і поверхневого аеродинамічного розпилення нанопрепаратів Ag і Cu на поверхню тканин. Зона затримки росту *S.aureus* і *C.albicans* складала 4-12 мм.

Позитивні результати досліджень відкривають перспективи використання таких технологій при виготовленні одягу медично-оздоровчого призначення безпосередньо в умовах швейного виробництва.

В подальших дослідженнях планується розширення спектру властивостей наномодифікованих матеріалів за рахунок включення в їх структуру струмопровідних компонентів, що розширює асортиментні можливості їх використання.

Здійснені тестування створених матеріалів на АПДК «Intera-DiaCor» (занесений в реєстр медичної техніки України №3227/2004 від 30.10.2009р.) виявили, в основному, позитивний вплив наномодифікованих матеріалів на функціональний стан органів і систем органів людини. Про це свідчить один із варіантів тестування наномодифікованої бавовняної тканини препаратом на основі використання частинок Ag (рис.)

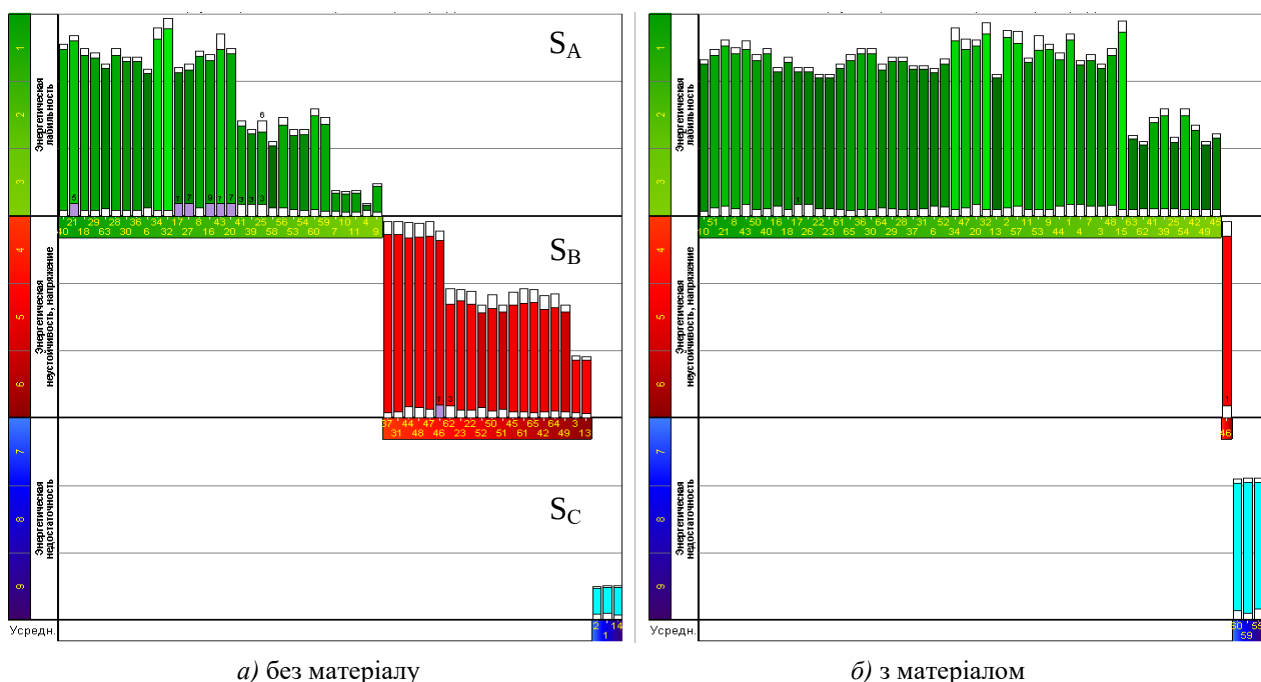


Рис. Результати діагностики функціонального стану органів досліджуваного Кр-к: Стан органів: S_A - стабільний; S_B – нестійкий; S_C - недостатній

Дані, представлені на рис. свідчать про перехід 19 органів із енергетично нестабільного стану в стабільний стан під впливом модифікованої тканини.

Разом з тим встановлено необхідність індивідуального підходу до вибору текстильних матеріалів для одягу профілактичного-оздоровчого призначення. Про це свідчить рівень комфортності Кк, який для чотирьох тестованих осіб складав 51,4-97,4%.

Висновки.

1. Узагальнені результати досліджень в сфері створення матеріалів та виробів лікувально-профілактичного призначення.
2. Розроблена технологія виготовлення експериментальних зразків ниток з використанням полімерних матеріалів поліпропілену (ПП), поліетилену (ПЕ), поліоксиметилену (ПОМ), які модифіковані препаратами (АМД, суспензіями і пастами з вмістом 0,5-1,0% Ag, Cu і Fe).
3. Визначені експлуатаційні властивості та сфера застосування.
4. Вивчені енерго-інформаційні та антимікробні властивості текстильних матеріалів по відношенню до патогенної мікрофлори.
5. Напрацьовані експериментальні зразки тканин, трикотажу, нетканих матеріалів з використанням найбільш ефективних модифікаторів.
6. Отримані дані дають підставу оптимістично оцінювати перспективи більш широкого використання інноваційних матеріалів з доданими антимікробними властивостями при виготовленні захисного одягу різного призначення.

Література

1. Лукичев Н.Л. Электropунктурная диагностика, гомеопатия и феномен дальнего действия, М., Мосгорпечат. – 1990. – 136 с.
2. Березненко Н.П., Янцаловский А.И., Власенко В.И., Лищук В.И. Эколого-этический аспект создания и использования наномодифицированных текстильных материалов в изделиях профилактического и лечебного назначения // 5-й Национальный конгресс по биоэтике, - г. Киев, 23-25.09, 2013г.- 106 с.
3. Бактериальная карта тела [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС] – Режим доступа: https://www.gazeta.ru/science/2009/05/30_a_3181566.shtml
4. Параметри, які формують тепловий комфорт, і температурні відчуття [ЕЛЕКТРОННИЙ РЕСУРС]. – Режим доступу: <http://enehgointal.com.ua>
5. Федоткин И.М. Заметки по теории информационно-волновой медицины// Киев, Изд-во «Химджест» . – 2003. –43 с.
6. Березненко М.П., Федоткін І.М., Янцаловський І.М., Берененко С.М. Роль одягу як фактора оздоровчого характеру // Вісник ХНУ, - 2013, - №3, - С. 16-19.
7. M. Bereznenko, M. Pawłowa, S. Bereznenko, V. Wlasenko, N. Kurlowa Synthetic threads modified with metal nanopreparations // Towaroznawcze problemy jakosci, Polish journal of commodity science, Radom, - 2011, - №3(28) – P. 120-125.
8. Vlasenko V., Bereznenko S., Bereznenko M. Antimicrobial textiles as a prevention factor of infection transmission /International conference «Advanced Technologies in Textile Industry, 9-11 October 2012, Khmelnytsky, Ukraine.- P. 67-73.

References

1. Lukychev N.L. (1990) Elektropunkturnaia dyahnostyka, homeopatya y fenomen dalnodeistviya, M., Moshorpechat. 136 p.
2. Bereznenko N.P., Yantsalovskyi A.Y., Vlasenko V.Y., Lyshchuk V.Y. (2013) *Ekoloho-etycheskyi aspekt stozdanyia y yspolzovanyia nanomodyfytirovannykh tekstylnykh materiyalov v yzdelyakh profylaktycheskoho y lechebnoho naznacheniya*. 5th National Congress on Bioethics. Kyiv, 106 p.
3. Bakteryalnaia karta tela. Retrived from: <http://boblev.narod.ru/bioblokacia.htm> [in Russian].
4. Parametry, yaki formuiut teplovyi komfort, i temperaturni vidchuttia Retrived from: <http://enehgointal.com.ua> [in Ukraine].
5. Fedotkyn Y.M. (2003) Zаметky po teoryi ynformatsyonno-volnovoi medytyny. Kyev, Yzd-vo «Khymdzhest». 43 p.
6. Bereznenko M.P., Fedotkin I.M., Yantsalovskyi I.M., Berenenko S.M. (2013) Rol odiahu yak faktora ozdorovchoho kharakteru. Visnyk KhNU, no. 3, P.16-19.
7. Bereznenko M., Pawłowa M., Bereznenko S., Wlasenko V., Kurlowa N. (2011) Synthetic threads modified with metal nanopreparations. Towaroznawcze problemy jakosci, Polish journal of commodity science, Radom, no. 3(28) – P. 120-125.
8. Vlasenko V., Bereznenko S., Bereznenko M. (2012) Antimicrobial textiles as a prevention factor of infection transmission. International conference «Advanced Technologies in Textile Industry, Khmelnytsky, Ukraine. P. 67-73.

СОЗДАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НИТЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДЕЖДЫ ПРОФИЛАКТИЧЕСКО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ БЕРЕЗНЕНКО С.Н., БЕРЕЗНЕНКО Н.М., МАЛИБОРСКИЙ А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Создать и исследовать комплекс физических и механических свойств модифицированных нитей для дальнейшего изготовления одежды профилактически-оздоровительного назначения.

Методики. Исследование физико-механических антимикробных свойств полученных образцов проводились по стандартным методикам. Энерго-информационная оценка влияния наномодифицированных материалов проводились на аппаратно-программном комплексе (АПДК) «Intera-DiaCor».

Результаты. Проведены комплексные исследования физико-механических, бактерицидных, энерго-информационных свойств модифицированных нитей и определена сфера их применения. Разработаны технологии изготовления наномодифицированных нитей.

Научная новизна. Разработана технология изготовления нитей с использованием полимерных материалов полипропилена (ПП), полиэтилена (ПЕ), полиоксиметилена (ПОМ), модифицированных препаратами антимикробных добавок, суспензиями и пастами с содержанием 0,5-1,0% Ag, Cu и Fe. Изучены энерго-информационные и антимикробные свойства текстильных материалов по отношению к патогенной микрофлоре.

Практическая значимость. Результаты исследований открывают перспективы использования технологий наномодифицированных нитей при изготовлении одежды медико-оздоровительного назначения непосредственно в условиях швейного производства.

Ключевые слова. Наномодифицированные нити, антимикробные добавки, полипропилен, полиэтилен, полиоксиметилен.

CREATION OF MODIFIED THREADS FOR MANUFACTURE OF PREVENTIVE AND HEALTH-IMPROVING CLOTHES

BEREZHENKO S., BEREZHENKO N., MALYBORSKYI A.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. To create and investigate the complex of physical and mechanical properties of modified threads for the further manufacture of preventive and health-improving clothes.

Methodology. Investigation of the physico-mechanical and antimicrobial properties of the obtained samples was carried out according to standard methods. The energy-informational assessment of the impact of nanomodified materials was conducted on the Investigation of the physico-mechanical and antimicrobial properties of the obtained samples were carried out according to standard methods. The energy-informational assessment of the impact of nanomodified materials was conducted on the apparatus-software complex (HSDC) «Intera-DiaCor».

Results. Complex studies of the physico-mechanical, bactericidal, energy-information properties of modified filaments were conducted and the scope of their application was determined. Technologies of manufacturing nanomodified threads were developed.

Scientific novelty. A technology for manufacturing threads using polymer materials of polypropylene (PP), polyethylene (PE), polyoxymethylene (POM), modified with preparations of antimicrobial additives, suspensions and pastes with a content of 0.5-1.0% Ag, Cu and Fe. The energy-informational and antimicrobial properties of textile materials in relation to the pathogenic microflora were studied.

Practical value. The results of the research open up the prospects for using nanomodified thread technologies for the manufacture of medical and health-improving clothes in the conditions of clothing industry.

Keywords: nanomodified threads, antimicrobial additives, polypropylene, polyethylene, polyoxymethylene.

УДК 546.882

ЛИСІН В.І.¹, МАКЄЄВА І.С.², КОВАЛЕНКО І.В.¹,
РАДЧУК Ю. В.²

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

²Київський національний університет технологій та дизайну

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СОЛЬОВИХ ТА ОЛІГОМЕРНИХ ЕЛЕКТРОЛІТНИХ КОМПОЗИЦІЙ

Мета роботи. Встановлення впливу на фізико-хімічні властивості сольових розплавів їх іонного складу, впливу твердофазних добавок на переохолодження і склування сольових систем, створення низькоплавкої та високоелектропровідної сольової композиції, а також, з'ясування впливу структури полімерної матриці на транспортні властивості полімерних електролітів.

Методика. Солі одержували перекристалізацією реактивів кваліфікації „ч.д.а.” або „ч” з водних розчинів або за реакцією нейтралізації. Тіоціанат літію одержували реакцією між тіоціанатом амонію і карбонатом літію. Нанорозмірний (30 – 50 нм) TiO_2 був синтезований в нітратному розплаві (натрій-калієва евтектика) при введенні в нього порошку металічного титану, обробленого попередньо $\text{NH}_4\text{F}\cdot\text{HF}$ для активації поверхні [1]. Температури склування визначали з даних диференційного термічного аналізу (ДТА), а також з напівлогарифмічної залежності питомої електропровідності від температури [2]. Для вимірювання електропровідності сольових систем використовувалась комірка з коаксіальними платиновими електродами. Дані з електропровідності були одержані при використанні вимірювача іммітансу В7 – 14 на частоті змінного струму 10 кГц.

Результати. Встановлено, що утворення сольового скла полегшується в простих бінарних системах евтектичного типу для евтектичних складів (при умові близькості $T_{\text{пл}}$ компонентів). При утворенні багатокомпонентних евтектик також суттєво зростає здатність розплаву переохолоджуватись. З ростом швидкості охолодження збільшується T_c розплаву і здатність його до склування. Для розплавів систем $\text{Li}_x\text{K}/\text{CH}_3\text{COO}$ і $\text{Li}_x\text{Cs}/\text{CH}_3\text{COO}$ встановлені дві області склування поблизу евтектичних складів. Порівняння електропровідності наповненого і ненаповненого сольового скла з однаковим складом сольової фази свідчить про збільшення провідності композитної системи до деякої граничної величини в залежності від кількості дисперсоїду. Аморфізація твердої полімерної електролітної системи суттєво підвищує її електропровідність. Цього можна досягти, якщо перейти від лінійної полімерної матриці до розгалуженої.

Наукова новизна. Показана ефективність застосування нанорозмірного TiO_2 при створенні композитних електролітів на основі карбоксилатно-тіоціанатних систем з метою підвищення їх електропровідності і збільшення переохолодження. З політерм електропровідності визначені температури склування, які збігаються із величинами, одержаними методом ДТА. Встановлено, що розгалуження макромолекул сприяє аморфізації полімерного матеріалу.

Практична значимість. Досліджені композиції знайшли своє використання в 1,5 – 2,0-вольтових середньо температурних хімічних джерелах струму.

Ключові слова: композитні електроліти, електропровідність, нанорозмірні матеріали.

Вступ. Сольові та полімерні системи, що містять солі літію використовуються як електроліти в літєвих джерелах струму, які працюють в широкому діапазоні температур, завдяки суттєвій електрохімічній стабільності і сумісності з відомими електродними матеріалами. З цієї точки зору важливим є вивчення фізико-хімічних властивостей розплавів і скла, бо при переході розплав – скло ці властивості змінюються плавно, і може бути досягнутий більш широкий робочий температурний інтервал, який включає навіть кімнатні температури.

Головним недоліком відомих високомолекулярних полімерів оксиду етилену (і не тільки його), які використовуються як тверді електроліти в хімічних джерелах струму (ХДС) є значна тенденція цих сполук до кристалізації, що швидко виводить з ладу відповідні пристрої. Тому створення аморфних полімерних композицій, які забезпечують стабільність

електричних властивостей твердих електролітів на їх основі, а також електролітів з підвищеною електропровідністю є актуальною задачею.

Відносно чисто сольових систем, то загальною і характерною особливістю обраних для дослідження об'єктів є орієнтація на скло і розплави солей, які містять складний аніон. Низькі температури плавлення і склування полегшують їх практичне використання, а також – застосування комплексу традиційних і сучасних методів дослідження.

Постановка завдання. Нові можливості використання іонних розплавів відкриває розширення температурного робочого інтервалу. Відмінність досліджуваних сольових систем – це відсутність розчинника і наявність кінетично самостійних частинок – іонів складної будови, чим і визначається низька температура плавлення. В зв'язку з особливою зацікавленістю розробкою хімічних джерел струму, які працюють в широкому діапазоні температур, стає важливим дослідження транспортних властивостей сольових розплавів і скла, а також полімерних електролітів. Новим питанням є вплив міжфазних взаємодій на переохолодження і склування сольових розплавів, пошук зв'язку між іонним складом, параметрами іонів, їх будовою і здатністю розплаву утворювати скло.

Тому метою роботи було встановлення впливу на фізико-хімічні властивості сольових розплавів їх іонного складу, впливу твердофазних добавок на переохолодження і склування сольових систем, створення низькоплавкої і високоелектропровідної сольової композиції а також з'ясування впливу структури полімерної матриці на транспортні властивості полімерних електролітів.

Солі для проведення досліджень одержували перекристалізацією реактивів кваліфікації „ч.д.а.” або „ч” з водних розчинів або одержували за реакцією нейтралізації, виходячи з гідроксиду або карбонату відповідного металу і відповідної кислоти. Тіоціанат літію одержували реакцією між тіоціанатом амонію і карбонатом літію. Нанорозмірний (30 – 50 нм) TiO_2 був синтезований в нітратному розплаві (натрій-калієва евтектика) при введенні в нього порошку металічного титану, обробленого попередньо $\text{NH}_4\text{F}\cdot\text{HF}$ для активації поверхні [1]. Даний метод синтезу можна розглядати як універсальний для одержання оксидних наноматеріалів. Температури склування визначали з даних диференційного термічного аналізу (ДТА), а також з напівлогарифмічної залежності питомої електропровідності від температури [2]. Полімерні матеріали були синтезовані на кафедрі хімії високомолекулярних сполук хімічного факультету Київського національного університету ім. Т. Г. Шевченка. Вимірювання електропровідності проводилось в кварцовій комірці з платиновими коаксіальними електродами в атмосфері аргону на частоті змінного струму 10 кГц з використанням високочутливого (до 1 $\mu\text{См}$) вимірювача іммітансу Е7-14.

Результати досліджень. Як критерій склоутворюючої здатності розплавів і стабільності скла використовують відоме співвідношення $K = T_c/T_{пл}$. [3], де T_c і $T_{пл}$ – температури склування і плавлення, відповідно. Допускається, що в простішому випадку $K = K_0 = 2/3$. Для характеристики досліджених сольових систем також використовувалось співвідношення $T_0/T_{пл} = 0,5$ (де T_0 – температура нульової рухливості), яке було запропоноване, виходячи з аналізу експериментальних даних для скла різного типу [4]. Було встановлено, що чим більша відмінність K від K_0 , тим вища здатність розплаву до переохолодження і склування. Подібна закономірність пов'язана зі структурою розплаву: чим вище значення параметру K , тим вище відношення ентропії склоутворення до ентропії

плавлення і тим легше відбувається склування. В табл.1 представлені величини T_c і K для деяких сольових систем.

Таблиця 1

T_0 , T_c і параметр Каузмана K для деяких літій-вмісних сольових систем

Система	T_c , К	T_0 , К	$K = T_c/T_{пл.}$	$T_0/T_{пл.}$
Li,Cs/HCOO	423	412	-	-
Li/SCN,HCOO	425	414	0,77	0,75
Li/CH ₃ COO,HCOO	427	416	-	-
Li,K/CH ₃ COO	393	382	0,70	0,68
Li/CH ₃ COO,SCN	391	391	-	-

Величини T_c , наведені в таблиці, крім методу ДТА визначались і з політерм електропровідності в напівлогарифмічних координатах [2]. Їх значення задовільно співпадали.

Склоутворення є загальним для всіх складів вивчених бінарних сольових систем, які мають $K > 2/3$. Виходячи з критерію K , утворення в сольових системах хімічних сполук, які мають $T_{пл.}$ вищу, ніж у деяких евтектичних складів, завжди повинно зменшувати K і перешкоджати утворенню стійкого скла. Встановлено, що утворення сольового скла полегшується в простих бінарних системах евтектичного типу для евтектичних складів (при умові близькості $T_{пл.}$ компонентів). При утворенні багатокомпонентних евтектик також суттєво зростає здатність розплаву переохолоджуватись.

Виходячи з результатів ДТА-досліджень встановлено, що з ростом швидкості охолодження розплаву збільшується T_c і здатність його до склування. Для розплавів систем Li,K/CH₃COO і Li,Cs/CH₃COO встановлені дві області склування поблизу евтектичних складів.

При вивченні системи Li,Cs/CH₃COO встановлено, що для складів, багатих ацетатом літію (з більшою T_c , ніж для складів з високим вмістом ацетату цезію), навіть при швидкостях охолодження 0,2 – 1 К/хв. вдається одержати стійке скло, тоді як розплави з високим вмістом ацетату цезію не склюються. Аналогічна закономірність справджується для системи Li,K/CH₃COO. На відміну від цих систем розплави систем Li,Na,K/CH₃COO і Li,K,Cs/CH₃COO утворюють стійке скло при евтектичних складах при більш високій швидкості охолодження (20 К/хв.).

Дослідження електропровідності показало, що у всіх вивчених системах виражені негативні відхилення від рівняння Маркова [4] і адитивності, що свідчить про посилення міжйонних взаємодій і підтверджує схильність даних розплавів до склування.

Значення електропровідності для системи Li,Na,K/CH₃COO (евтектика) змінюються в межах від 10^{-1} при 513 К до $1,8 \cdot 10^{-4}$ См/см при 423 К; для Li,K,Cs/CH₃COO (евтектика) – від $1,9 \cdot 10^{-2}$ (433 К) до $2,2 \cdot 10^{-5}$ См/см (353 К).

При невеликих добавках в сольовий розплав твердого наповнювача (BN, TiO₂, Al₂O₃, CaF₂) T_c залишається практично постійною. Із збільшення вмісту наповнювача T_c починає зростати до деякої граничної величини. Різна дисперсність наповнювача також впливає на T_c скла. Основну роль тут грає величина поверхні наповнювача, так як при однаковій поверхні значення T_c скла, що має різний вміст наповнювача, близькі. Застосування наповнювачів з

різною хімічною природою не веде до помітних відмінностей у властивостях системи, що склується, тобто основним і визначаючим у всіх досліджених системах є вплив міжфазної границі, яка викликає зміни міжіонних взаємодій у склі і визначає різні властивості „збуреного” і об’ємного сольового скла.

Підвищення T_c скла веде до зростання параметра K , що пояснює зростаючу склоутворюючу здатність композитного розплаву, відкриває можливість одержувати скло з розплавів, які не мають здатність склуватись.

Порівняння електропровідності наповненого і ненаповненого сольового скла з однаковим складом сольової фази свідчить про збільшення провідності композитної системи до деякої граничної величини в залежності від кількості дисперсоїду. Крім того утворення гетерофазного сольового скла при граничному наповненні супроводжується зміною температурної залежності електропровідності, яка відповідає рівнянню Арреніуса. Тобто формується нове скло, що має свої міжіонні взаємодії і властиву йому постійну температуру склування.

Дослідження провідності органічних полімерних систем з літій-вмісними іоногенними добавками (CF_3CO_2Li), де іони переміщуються завдяки сегментальному руху, показало, що транспорт іонів може здійснюватись тільки при достатній довжині полімерних ланцюгів, які перевищують розміри їх статистичного сегмента.

Можливість використання полімерних електролітів в джерелах струму з високою густиною енергії була визначена Армандом із співробітниками [5]. Цими авторами були описані умови створення полімерних електролітів і зроблені повідомлення про провідність як функцію температури для цілого ряду солей, розчинених в високомолекулярному поліетиленоксиді.

В результаті вимірювання електропровідності систем поліетиленгліколь (ПЕГ) – сіль літію визначено, що в обраному інтервалі молярних мас величини електропровідності набагато вищі, ніж для систем з високомолекулярними зразками поліетиленоксиду (ПЕО) при аналогічних умовах експерименту (табл.2).

Таблиця 2

Значення питомої електропровідності κ (См/см) систем полімер – сіль літію

Електроліт	T, K	κ , См/см
ПЕО, $M = 5 \cdot 10^6$, $X = 8$	298	$3,0 \cdot 10^{-5}$
ПЕО, $M = 6 \cdot 10^5$, $X = 8$	308	$6,5 \cdot 10^{-5}$
ПЕО, $M = 4 \cdot 10^6$, $X = 10$	313	$6,0 \cdot 10^{-5}$
ПЕО, $M = 1 \cdot 10^6$, $X = 5$	313	$5,0 \cdot 10^{-7}$
ПЕГ, $M = 1000$, $X = 8$	293	$7,5 \cdot 10^{-5}$
ПЕГ, $M = 3000$, $X = 8$	293	$8,4 \cdot 10^{-5}$
ПЕГ, $M = 1527$, $X = 8$	293	$6,7 \cdot 10^{-5}$
ПЕГ, $M = 1000$, $X = 10$	293	$1,9 \cdot 10^{-4}$

$$X = [-CH_2-CH_2-O]/[M^+]$$

Дослідження електропровідності ПЕГ з М до 3000 показало, що завдяки високій концентрації кінцевих гідроксильних груп розчинність солей тут набагато вища, ніж для систем з $M > 3000$. Таким чином, механізм сольватації міжмолекулярного характеру є більш прийнятним для низькомолекулярних зразків, тому що дозволяє приймати участь в сольватації катіонів не тільки двом полімерним ланцюгам.

В результаті досліджень було встановлено, що аморфізація твердої електролітної системи суттєво підвищує її електропровідність. Цього можна досягти, якщо перейти від лінійної полімерної матриці до розгалуженої. Останньою можуть служити чотирипроменеві зіркоподібні (радіальні) олігоетиленоксида, які мають центрами розгалуження атоми кремнію, титану або германію.

Сольові системи на основі ацетатів лужних металів були використані як електроліти в макетах джерел струму з літій-алюмінієвим анодом і катодами на основі TiS_2 і $(CF_x)_n$. Питома потужність і питома енергія ХДС складали при 473 К, відповідно, для TiS_2 – 231 Вт/кг і 83 Вт·ч/кг; для $(CF_x)_n$ – 166 Вт/кг і 170 Вт·ч/кг.

Використання як електроліту наповненої Al_2O_3 сольової системи Li,K/SCN в даних двовольтових макетах показало, що у випадку гомогенної сольової системи е.р.с. елемента нижче температури плавлення електроліту різко падає, а у випадку використання гетерогенної системи роботоспроможність елемента зберігається до кімнатних температур.

Висновки. Встановлено, що утворення сольового скла полегшується в простих бінарних системах евтектичного типу для евтектичних складів (при умові близькості $T_{пл}$ компонентів). При утворенні багатокомпонентних евтектик також суттєво зростає здатність розплаву переохолоджуватись. З ростом швидкості охолодження збільшується T_c розплаву і здатність його до склування. Для розплавів систем Li,K/ CH_3COO і Li,Cs/ CH_3COO встановлені дві області склування поблизу евтектичних складів. Порівняння електропровідності наповненого і ненаповненого сольового скла з однаковим складом сольової фази свідчить про збільшення провідності композитної системи до деякої граничної величини в залежності від кількості дисперсоїду. Аморфізація твердої полімерної електролітної системи суттєво підвищує її електропровідність. Цього можна досягти, якщо перейти від лінійної полімерної матриці до розгалуженої. Досліджені електролітні системи знайшли своє використання в 1,5 – 2,0-вольтових літєвих ХДС.

Література

1. Коваленко І.В. Синтез та фізико-хімічні властивості нанодисперсних оксидів титану, стануму, танталу: Дис....канд. хім. наук, К.: 2009, 127с.
2. Коваленко І.В., Лисін В.І., Андрійко О.О. Фізико-хімічні властивості композитних систем з непровідними оксидними наповнювачами / Наукові вісті Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”. Хімічні і біологічні науки і технології. – К., 2011, №3, с. 123 – 128.
3. Kauzmann W. The nature of glassy state

References

1. Kovalenko I. (2009) *Sintez ta fiziko-khimichni vlastuvosti nanodispersnykh oksidiv titany, stanumy, tantaly* [Synthesis and physics-chemical properties of nanodispersed oxides of titanium, stanum, tantalum]. - Dis. Ph. D. Chem. Sciences. - Kiev, 127 p [in Ukrainian].
2. Kovalenko I., Lysin V., Andriiko A. A. (2011) *Fiziko-khimichni vlastuvosti kompozutnuh sistem z neprovidnumu oksudnumu napovnuvachamu* [Physics-chemical properties of composite systems with non- conducting oxide fillers]. *Scientific Bulletin of National Technical University of Ukraine (NTUU «KPI»)*. Chemical and biological sciences and technologies. №3, 123 – 128 [in Ukrainian].
3. Kauzmann W. (1948) The nature of glassy state. *Chem.*

// Chem. Rew. – 1948, v.43, p.219 – 225.

4. Косов Ю.В. Физико-химические свойства переохлаждающихся солевых расплавов, содержащих карбоксилат, тиоцианат и нитрат-ионы: Дисс. ... канд. хим.наук. – К., 1989. – 132 с.

5. Armand M. The history of polymer electrolytes / Solid State Ionics. – 1994, V.69,S, p. 309 – 319.

Rew., 43, 219 – 225 [in English].

4. Kosov U. (1989) *Fiziko-khimichesky svoustva pereohlagdaushihsa solevuh rasplavov, sodergashuh karboksilat, tiocianat i nitrat-ionu* [Physico-chemical properties of supercooling salt melts containing carboxylate, thiocyanate and nitrate ions]. - Dis. Ph. D. Chem. Sciences. - Kiev, 132 p [in Russian].

5. Armand M. (1994) The history of polymer electrolytes. *J. Solid State Ionics*, 69, 309 – 319 [in English].

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЛЕВЫХ И ОЛИГОМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ.

ЛЫСИН В.И.¹, МАКЕЕВА И.С.², КОВАЛЕНКО И.В.¹, РАДЧУК Ю. В.²

¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

²Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель работы. Исследовать влияние ионного состава солевых расплавов на их физико-химические свойства, влияние твердофазных добавок на переохлаждение и стеклование солевых систем, образование низкоплавкой и высокоэлектропроводной солевой композиции, а также, установить влияние структуры полимерной матрицы на транспортные свойства полимерных электролитов.

Методика. Соли получали перекристаллизацией реактивов квалификации "ч.д.а." или "ч" из водных растворов или по реакции нейтрализации. Тиоцианат лития получали при взаимодействии тиоцианата аммония и карбоната лития. Наноразмерный (30 – 50 нм) TiO_2 был синтезирован в нитратном расплаве (натрий-калиевая эвтектика) при введении в него порошка металлического титана, обработанного предварительно $NH_4F \cdot HF$ для активации поверхности [1]. Температуры стеклования определяли из данных термического анализа (ДТА), а также из полулогарифмической зависимости удельной электропроводности от температуры [2]. Для измерения электропроводности солевых систем использовали ячейку с коаксиальными платиновыми электродами. Данные по электропроводности были получены при использовании измерителя иммитанса В7 – 14 на частоте переменного тока 10 кГц.

Результаты. Установлено, что образование солевого стекла проходит легче в простых бинарных системах эвтектического типа для эвтектических составов (при условии близких значений $T_{пл}$ компонентов). При образовании многокомпонентных эвтектик, также существенно увеличивается способность расплава переохлаждаться. С ростом скорости охлаждения увеличивается T_c расплава и способность его к стеклованию. Для расплавов систем $Li, K/CH_3COO$ и $Li, Cs/CH_3COO$ установлены две области стеклования близкие к эвтектическим составам.

Сравнение электропроводности наполненного и ненаполненного солевого стекла с одинаковым составом солевой фазы свидетельствует про увеличение проводимости композитной системы до некоторой граничной величины в зависимости от количества дисперсоида. Аморфизация твердой полимерной электролитной системы существенно увеличивает ее электропроводность. Этого можно достичь если перейти от линейной полимерной матрицы к разветвленной.

Научная новизна. Показана эффективность применения наноразмерного TiO_2 при получении композитных электролитов на основе карбоксилатно-тиоцианатных систем с целью повышения их электропроводности и увеличения переохлаждения. С политерм электропроводности найдены температуры стеклования, которые одинаковы с величинами, полученными методом ДТА. Установлено, что разветвление макромолекул способствует аморфизации полимерного материала.

Практическая значимость. Исследованные композиции нашли применение в 1,5 – 2,0-вольтовых среднетемпературных химических источниках тока.

Ключевые слова: композитные электролиты, электропроводность, наноразмерные материалы.

PHYSICS - CHEMICAL PROPERTIES OF SALT AND OLIGOMETRIC
ELECTROLYTE COMPOSITION

LYSIN V. I.¹, MAKYEYEVA I. S.², KOVALENKO I. V.¹, RADCHUK U. V.²

¹ National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (NTUU «KPI»)

² Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. To study the influence of the ionic composition of salt melts on their physico-chemical properties, the influence of solid phase additives on supercooling and vitrification of salt systems, the formation of a low-melting and highly electrically conductive salt composition, and also to determine the influence of the structure of the polymer matrix on the transport properties of polymer electrolytes.

Methodology. Salts were obtained by recrystallization of reagents from aqueous solutions or from a neutralization reaction. Lithium thiocyanate was obtained by reacting ammonium thiocyanate and lithium carbonate. Nanoscale (30-50 nm) TiO₂ was synthesized in a nitrate melt (sodium-potassium eutectic) upon introduction of a metal titanium powder. Ammonium hydrofluoride NH₄F·HF was applied for titanium surface activation [1]. The glass transition temperatures were determined from the thermal analysis data (DTA), and also from the semilogarithmic dependence of the electrical conductivity on temperature [2]. The cell with platinum coaxial electrodes was used for electroconductivity measurements of salt systems. Electroconductivity data were obtained using immitance measurer B7-14 on AC-frequency 10 kHz.

Findings. It has been established that the formation of a salt glass is easier in simple eutectic binary systems for eutectic compounds (provided that the values of the T_m components are close). In the formation of multicomponent eutectics, the ability of the melt to supercool also increases substantially. T_c of the melt and its ability to vitrify increases as the cooling rate increases. For melts of the Li, K / CH₃COO and Li, Cs / CH₃COO systems, two glass transition regions are found which are close to eutectic compositions. A comparison of the electrical conductivity of a filled and unfilled salt glass with the same composition of the salt phase indicates an increase in the conductivity of the composite system to a certain limiting value, depending on the amount of the dispersoid. The amorphization of a solid polymer electrolyte system substantially increases its electrical conductivity. This can be achieved if we go from a linear polymer matrix to a branched one.

Originality. The efficiency of the use of nano-sized TiO₂ in the preparation of composite electrolytes based on carboxylate-thiocyanate systems is shown with a view to increasing their electrical conductivity and increasing supercooling. From the polytherm of electrical conductivity, the glass transition temperatures are found, which are the same as the values obtained by the DTA method. It was established that branching of macromolecules promotes amorphization of polymeric material.

Practical value. The investigated compositions were used in 1,5 - 2,0-volt medium temperature chemical sources of current.

Keywords: composite electrolytes, electroconductivity, nano-sized materials.

УДК 687.016:687.13

НІКОЛАЄВА Т.В., НІКОЛАЄВА Т.І., ДЯЧЕНКО Ю.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИЙОМІВ ТА ПРИНЦИПІВ ПАРАМЕТРИЧНОГО ДИЗАЙНУ В ПРОЕКТУВАННІ КОЛЕКЦІЙ МОЛОДІЖНОГО ОДЯГУ

Мета. Дослідження принципів та прийомів параметричного дизайну, художнє проектування колекцій молодіжного одягу на основі отриманих результатів.

Методика. В ході дослідження використано: літературно-аналітичний метод, принципи формоутворення параметричних патернів, прийоми стилізації та виведення базових знаків-символів архітектурних форм.

Результати. На основі проведеного аналізу визначено цілі, задачі та головні етапи проектування та моделювання колекцій молодіжного одягу з використанням елементів параметричного дизайну.

Наукова новизна. Застосовано, вперше, принципи параметричного дизайну в процесі художнього проектування колекцій одягу.

Практична значимість. В результаті досліджень визначено принципи параметричного дизайну, отримано базові знаки-символи форм колекції одягу, розроблена серія авторських принтів.

Ключові слова: параметричний дизайн, параметризм, 3D моделювання, патерн, тектоніка, базова форма, трансформація, архітектура, костюм, одяг.

Вступ. Дизайн ХХІ століття – це, насамперед, новітні технології, які надають можливість дизайнерам, архітекторам, митцям різних сфер втілювати в життя свої найсміливіші ідеї.

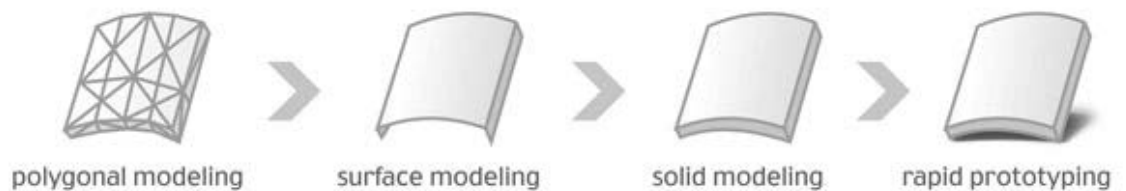
Параметризм як стиль бере початок від цифрових методів анімації. Його останні розробки засновані на новітніх параметричних дизайнерських системах та скриптових методах. Параметричний дизайн – це унікальний перетин математики, скульптури та архітектури. доступний в творчості дизайнерів завдяки розвитку сучасних комп'ютерних програм та вдосконалених систем моделювання [1].

Постановка завдання. Дослідити принципи та прийоми параметричного дизайну, формоутворення параметричної архітектури, патернів. Все частіше в світі моди виникають нові предмети одягу, створені шляхом комп'ютерного моделювання та подальшого друку на них оригінальних принтів. Завдяки інноваційності параметричного дизайну у дизайнерів з'являються необмежені можливості для розробки нових ідей, проектів та матеріалів.

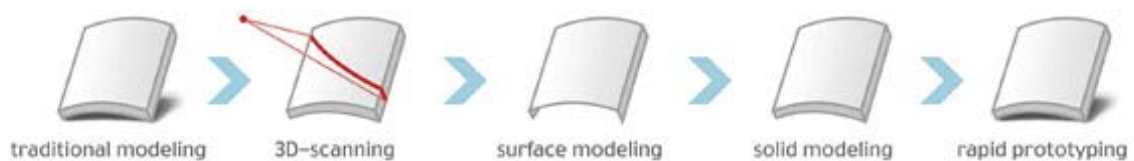
Результати досліджень. Параметризм вражає своїми формами та текстурами, що має велике значення в процесі моделювання колекції. Різні геометричні, пластичні, об'ємні форми надають дизайнеру безліч варіантів для формування крою та конструктивних рішень, а також для проектування патернів, що в майбутньому можуть бути надруковані на тканинах. Форми параметричної архітектури настільки різноманітні за об'ємом, структурою, базовими формами, що постає можливість створення дивовижних образів, текстури та текстурних інсталяцій тощо. Параметризм – це інноваційні та сучасні технології, за допомогою яких можна досліджувати та відкривати нові матеріали та об'ємні структури майбутнього одягу.

На сьогоднішній день тривимірне моделювання є основним засобом втілення в життя задуму форми об'єкта, починаючи від ескізів, закінчуючи інженерними кресленнями.

Сьогодні 3D моделювання розподіляється за наявністю історії побудови об'єкта і за елементами побудови моделі: полігонне, каркасове, поверхнєве, генеративне, твердотільне та кінцево-елементне. Всі представлені види моделювання знайшли відгук та застосування в процесі дизайн-проектування промислових виробів. Сфера дизайну постійно потребує оновлення та винайдення нових форм, переосмислення взаємодій, організації простору та об'єктів. Актуальним є також зниження строків створення та моделювання майбутнього виробу. Оволодіння та розуміння вже створених принципів моделювання дозволяє правильно обрати раціональний спосіб моделювання в різних або конкретній ситуаціях, шукати нові прийоми втілення в життя ідей, розвивати сучасне мислення і інноваційний підхід до тривимірного моделювання в якості засобу для подальшого проектування. Існує чотири основних принципи параметричного моделювання: традиційний, інверсійний, генеративний та інтерактивний (Рис.1) [2,3].



а) Традиційний принцип моделювання



б) Інверсійний принцип моделювання



в) Генеративний принцип моделювання



г) Інтерактивний принцип моделювання

Рис.1. Принципи параметричного моделювання

В процесі проведення досліджень проведена поетапна стилізація параметричних архітектурних форм, з метою виокремити головні геометричні та пластичні форми, що в подальшому стали основою для проектування колекцій сучасного одягу. Аналіз полягав в перебудові зовнішньої форми об'єкта з поетапним виділенням художньо-виразних засобів та перетворення об'ємної форми в більш плоску та лінійну за своєю структурою (Рис. 2).

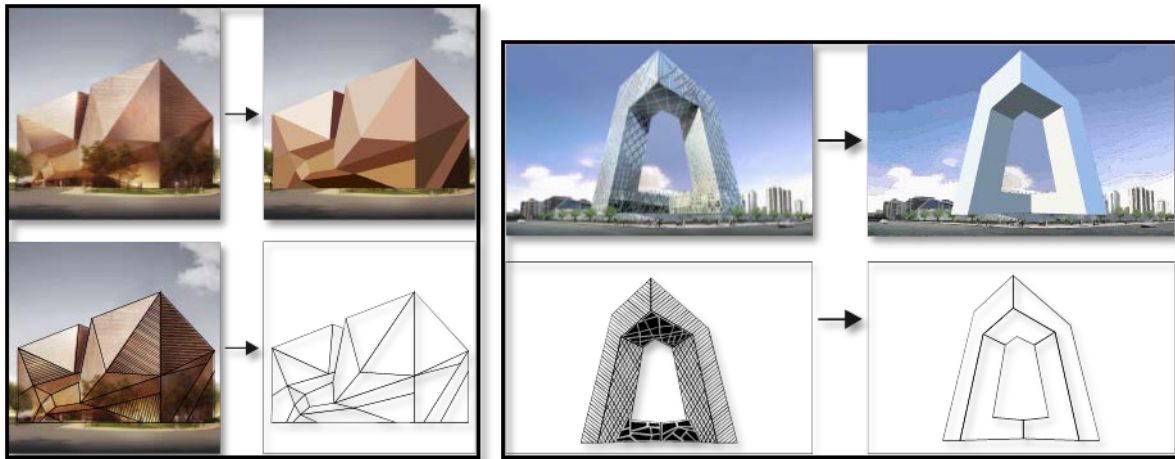


Рис. 2. Стилiзацiя силуетних архiтектурних форм, виведення базових знакiв символiв

Поняття «параметричні патерни» або параметричний орнамент походить від англ. pattern-модель, зразок, візерунок). Загальна або математична теорія патернів є фундаментальною складовою дизайну (архітектури, мистецтва, інсталяцій). Поняття та концепції, котрі лежать в основі теорії патернів, складаються з дослідження порядку, організації, масштабу, пропорцій, рівноваги, симетрії, складності, функцій, уяви та творчості. Архітектурна геометрія та композиційна теорія, які засновані на таких поняттях як: гармонія, колір, ритм, метр та фактура, займають основне місце в проектуванні просторових патернів [4].

Просторові патерни це – параметрична переробка візерунків або біо-структур, котрі імітують механізми самоорганізації на основі нових емергентних технологій в дизайні. Серед відомих є патерни у вигляді мильних бульбашок, протеїнових складок, фракталів, рідини, тканин, світла, вогню, ландшафтних та геологічних структур. Багато авангардних проектів містять в собі інновації, котрі є технологічними патернами, у вигляді мембран, складних поверхонь та структур, або у вигляді хаотичного середовища, так званої роїстої архітектури. На основі генетичних алгоритмів були запроектовані найбільш інноваційні та складні патерни. Для їх створення використовують програми такого типу як Grasshopper, Generative Components, Processing та L-Systems. Нові технології використовуються в дослідженнях містобудування та використовуються для розробки схем транспорту, ресурсів, обслуговування та глобальних комунікацій. Ця взаємодія математики, комп'ютерних технологій та мистецтва, призводить до створення цілковито нових та високопродуктивних просторових патернів [5,6].

Просторовий архітектурний патерн став невід'ємним елементом авангардного руху, котрий дизайнери та архітектори позначили як новий стиль - «параметризм». З часом,

прийоми та техніка накладання текстур були змінені на програмний скрипт, а початкові техніки використовуються для першочергової перевірки або представлення ефектів. Перші приклади використання NURBS-поверхонь в сфері параметричного дизайну з'явилися впровадженням фрезерних станків з ЧПУ для автоматизованого виробництва конструкцій. Трактують метод розбиття поверхонь на плоскі полігони і є основною задачею для реальної практики проектування оболонок. Використання теселяції для розробки вишуканих мозаїк та вигнутих (гнучких) поверхонь стало переломним моментом в еволюції архітектурної геометрії, сприяло вдосконаленню параметричного моделювання та написання програмного скрипта. Проблема розбиття складних поверхонь плоскими панелями стала передумовою для створення програми «GenerativeComponents (GC)», асоціативної та параметричної системи моделювання, компанією Bentley Systems. Головна мета такої програми є популяція складної поверхні чисельно заданими елементами які самостійно адаптуються. Класична установка GC містить компоненти проектування, котрі з самого початку мають змінні властивості. Для забезпечення цілковитого співпадіння кожен окремий зразок параметрично пристосований до свого ексклюзивного розміщення на полотні поверхні. Такий результат можна назвати «параметричний патерн». Параметризм перетворює техніку створення та розробки геометричних патернів в новий перелік тектонічної артикуляції дизайну архітектури. Варіабельність поверхонь різних архітектурних форм використовується у вигляді бази даних, яка може керувати діями патернів (Рис.3). Диференціація може бути реалізована навмисно, шляхом «розмалювання» поверхонь різними орнаментами, котрі стануть основою для моделювання просторових патернів.

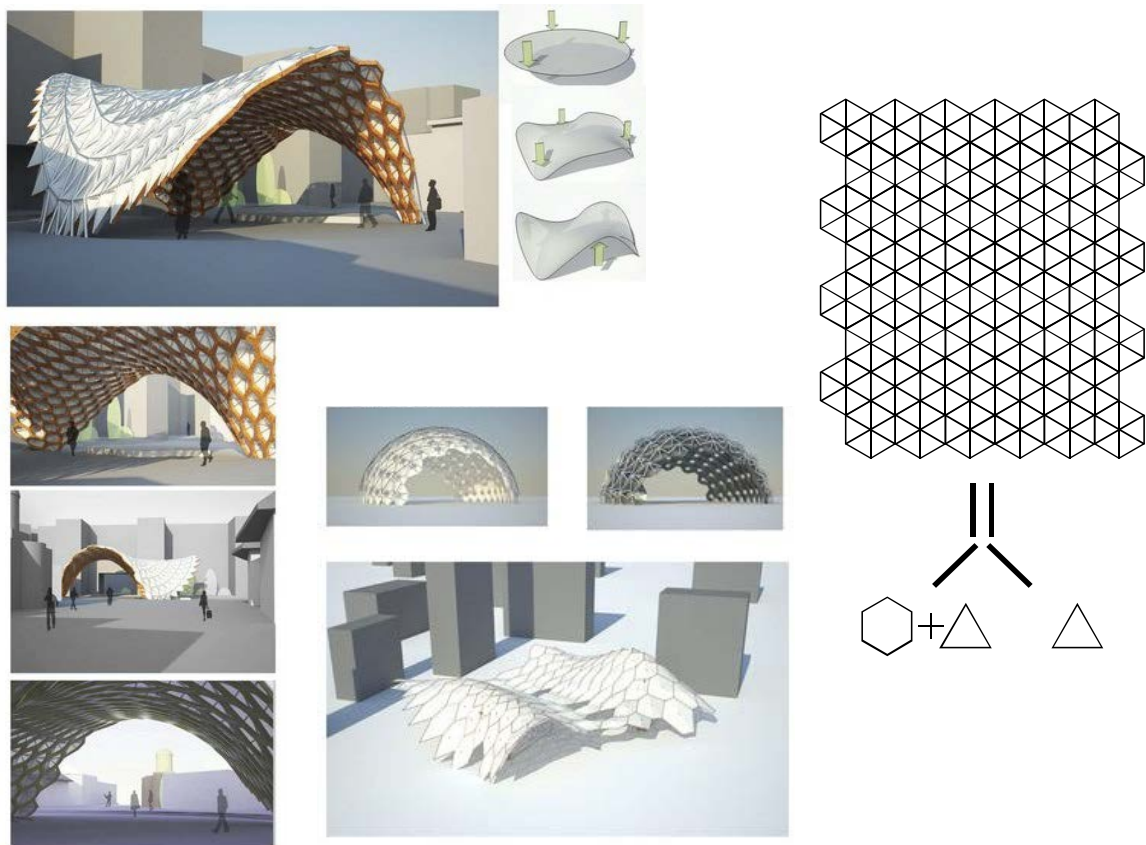


Рис.3. Аналіз утворення параметричних патернів

На сучасному етапі розвитку процесу проектування є раціональним створення технік та прийомів параметричного моделювання, досліди та експерименти в цифровому дизайні. Диференціація поверхні повинна бути засобом артикуляції цифрової тектоніки. Діяти вона буде лише якщо співвідноситься з функціональними та геометричними критеріями просторової організації конструктивних систем. Акцент на кореляції підсистем в архітектурному дизайні є другою значимою характеристикою параметризму. Поверхнева артикуляція може відповідати структурним лініям та членуванням різного змісту, наприклад, ізолініям розподілу напруги на поверхні оболонки. Диференціація може включати в себе апертури (лат. *apertura* - отвір) на поверхні площини. Така поверхня може бути спроектована з урахуванням специфічної обробки, орнамент може бути використаний для створення багатоплощинної сітчастої структури оболонки. Ще один напрям – це адаптована диференціація архітектурного фасада, з урахуванням навколишніх та екологічних параметрів, котрі змінюються в залежності від орієнтації поверхні. В параметричному дизайні, така функціональна залежність втілюється в художньо-естетичну концепцію. Важливим є те що, параметричний дизайн на сьогоднішній день це відкритий напрям, який об'єднує архітекторів та дизайнерів, що шукають нові шляхи в формоутворенні. Можна акцентувати увагу на таких параметрах артикуляції поверхні, як рельєф, матеріал, колір, прозорість та відображення. Потенційно, дані параметри можуть бути використані в спеціальних процедурних скриптах. Рельєф є особливо цікавим параметром, робить архітектурну поверхню чутливою до змін умов освітлення та кута зору. Постійна зміна параметрів збільшує відчуття анімації, за рахунок трансформації просторових патернів на поверхні оболонки. Архітектурні патерни можуть бути задані так, що їх ключовими характеристиками стануть чутливі до зміни форми. Описаний напрям в дизайні названо «параметричне визначення форми». Параметрична конфігурація є найбільш амбіційною формою тектонічної артикуляції і є насправді дуже дієвою, якщо вийде за рамки візуальних ефектів (Рис.4). Лише за такої умови можна обговорювати створення динамічних та високопродуктивних орнаментів у створення нових оригінальних форм в дизайні [7-9,10].

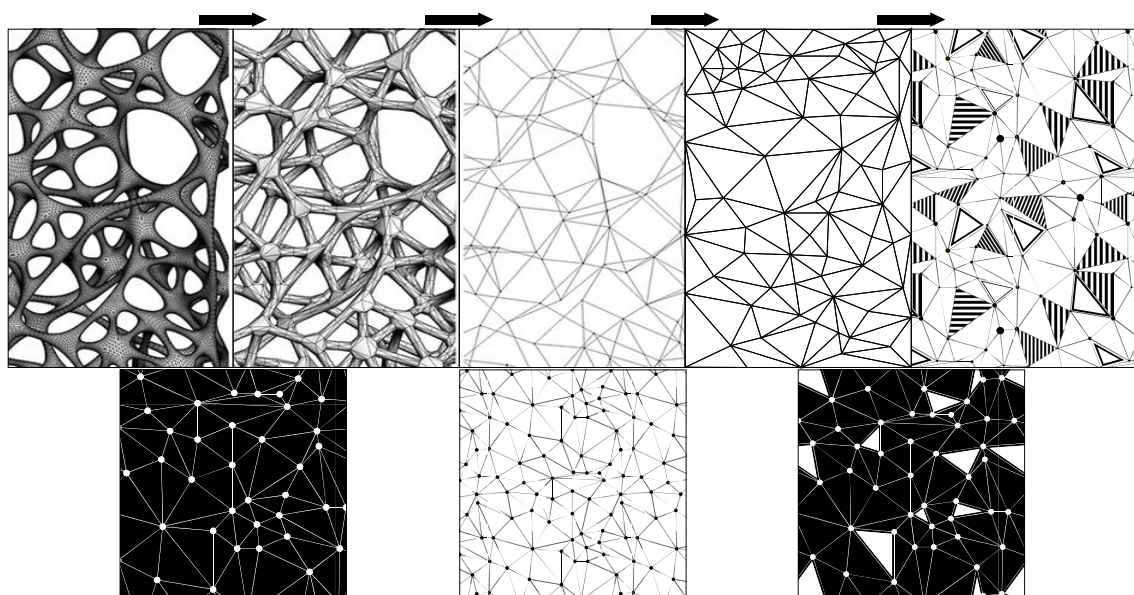


Рис.4. Стилiзацiя та процес трансформацiї параметричних патернiв

На основі проведеного дослідження принципів параметричного дизайну та формування параметричних патернів, розроблено ескізи колекції моделей суконь різного призначення: повсякденні, вечірні та коктейльні. За допомогою стилізації та трансформації параметричних патернів розроблено варіанти авторських принтів (Рис.5) [11].



Рис. 5. Ескізи колекції моделей суконь різного призначення, з використанням принципів параметричного дизайну

Висновки. Проектування та моделювання на основі параметризму засноване на чітко визначених принципах та методах. Принципи тривимірного моделювання відрізняються своїм призначенням, тобто певні характеристики підходять лише для відповідних проектів або об'єктів. Правильне використання методів та програм дозволяє набагато скоротити проектування складних та структурних об'єктів, та дозволяє змінювати і редагувати параметри проектів на завершальних стадіях. На основі проведеного дослідження принципів параметричного дизайну та формування параметричних патернів, розроблено ескізи колекції моделей суконь різного призначення.

Література

1. Баргучов Е.В.. Параметризм как направление современной проектной деятельности/Е.В. Баргучов//АМИТ.-2013-№4(25) – С.1-16
2. Ившин К.С., Барашова А.Ф.. Принципы современного трехмерного моделирования в промышленном дизайне/К.С.Ившин//Архитектон: известия вузов. – сентябрь 2016-№39 – С.101-113.
3. Луптон.Э. Графический дизайн. Базовые концепции. 2-е издание, дополненное и расширенное. – П.: Питер, 2017. - 256 с.
4. Schumacher Patrik. Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design // AD Architectural Design - Digital Cities. Vol 79, № 4, 2009.
5. Степанов А.В., Мальгин В.И., Иванова Г.И., Кудряшев К.В., Мелодинский Д.Л., Нестеренко А.А., Орлов В.И., Сапильская И.П. Объемно – пространственная композиция: Учебник для вузов - М.: Архитектура, 2003. – 256 с.
6. AD Architectural Design, THE NEW STRUCTURALISM Design, Engineering and Architectural Technologies. – 2010. – Vol. 80, № 4 (july/august).
7. Надыршин Н.М. Параметрические паттерны в архитектурном дизайне [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://design-review.net/index.php?show=article&id=266&year=2012&number=1>
8. Патрик Шумахер. Параметрические образцы/Патрик Шумахер//ADArchitectural Design – PatternsofArchitecture.-2009-№6,Выпуск 79
9. Еремеева А. А. Еремеева, Поморов С. Б., Пойдина Т. В.. Параметризм в архитектуре. Поиск и решения./А.А.Еремеева//Вестник АлтГТУ им.И.И.Ползунова. – 2014 - № 1-2 – С. 118-122.
- 10.AD Architectural Design, Exuberance New Virtuosity in Contemporary Architecture. – 2010. – Vol. 80, № 2 (march/april).
- 11.Ніколаєва Т.В.. Тектоніка формоутворення костюма: Навчальний посібник. 3-є видання, доповн. – К.: Арістей, 2011. – 340 с.

References

1. Barguchov, E.V. (2013). *Parametrizm kak napravlenie sovremennoy proektnoy deyatel'nosti* [Parametrism as a direction of modern project activity]. Barnaul: [the magazine VESTNIK AltGTU im.I.I.Polzunova], № 4 (25). [in Russian].
2. Ivshin, K.S., Barashova, A.F. (2016). *Printsiipyi sovremennogo trehmernogo v promyshlennom dizayne* [Principles of modern tree-dimensional modeling in industrial design]. Ekaterinburg: [the magazine Arhitekton: izvestiya vuzov], № 39. [in Russian].
3. Lupton, E. (2017). *Graficheskiy dizayn. Bazovyye kontseptsii* [Graphic design.Basic concepts]. Piter: 2-e izdanie, dopolnennoe i rasshirennoe. [in Russian].
4. Schumacher, P. (2009). A New Global Style for Architecture and Urban Design. London: [the magazine AD Architectural Design – Digital Cities], Vol 79, № 4. [in English].
5. Stepanov, A.V., Malgin,V.I.,Ivanova, G.I., Kudryashev, K.V., Melodinskiy, D.L., Nesterenko, A.A., Orlov, V.I., Sapilevskaya, I.P. (2003). *Ob'emno – prostranstvennaya kompozitsiya* [Volumetric – spatial compositions]. Moskva: Uchebnic dlya vuzov. [in Russian].
6. John Wiley & Sons. (2010). The magazine AD Architectural Design, THE NEW STRUCTURALISM Design, Engineering and Architectural Technologies. Vol.80, № 4 (july/august). [in English].
7. Nadyirshin, N.M. Parametricheskie patterny v arhitekturnom dizayne [Electronic resource]. Retrieved from: <http://design-review.net/index.php?show=article&id=266&year=2012&number=1> [in Russian].
8. Schumacher, P. (2009). Pattern of Architecture. London: [the magazine AD Architectural Design – Digital Cities], Vol 79, № 6 [in English].
9. Eremeeva, A.A., Pomorov, S.B., Poydina, T.V. (2014). *Parametrizm v arhitekture. Poisk i resheniya* [Parametrism in architecture. Search and solutions]. Barnaul: VESTNIK AltGTU im.I.I.Polzunova. [in Russian].
- 10.John Wiley & Sons. (2010). The magazine AD Architectural Design, Exuberance New Virtuosity in Contemporary Architecture. Vol.80, № 2 (march/april). [in English].
- 11.Nikolaeva, T.V. (2011). *Tektonika formoutvorenniya kostyuma* [Tectonics of shaping suit]. Kiev: Aristey, Navchalniy posyibnik. 3-E vidannya, dopovn. [in Ukrainian].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЙОМОВ И ПРИНЦИПОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА В ПРОЕКТИРОВАНИИ КОЛЛЕКЦИЙ МОЛОДЕЖНОЙ ОДЕЖДЫ

НИКОЛАЕВА Т.В., НИКОЛАЕВА Т.І., ДЯЧЕНКО Ю.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование принципов и приемов параметрического дизайна, художественное проектирование коллекций молодежной одежды на основе полученных результатов.

Методика. В ходе исследования использовано: литературно - аналитический метод, принципы формообразования параметрических паттернов, приемы стилизации и выведения базовых знаков-символов архитектурных форм.

Результаты. На основе проведенного анализа определены цели, задачи и главные этапы проектирования и моделирования коллекций молодежной одежды с использованием параметрического дизайна.

Научная новизна. Применены, впервые, принципы параметрического дизайна в процессе художественного проектирования коллекций одежды.

Практическая значимость. В результате исследований определены принципы параметрического дизайна, получены базовые знаки-символы форм коллекций одежды, разработана серия авторских принтов.

Ключевые слова: параметрический дизайн, 3D моделирование, паттерн, тектоника, базовые формы, трансформация, архитектура, костюм, одежда.

DEFINITION OF APPROVALS AND PRINCIPLES OF PARAMETRIC DESIGN IN DESIGNING A COLLECTION OF YOUTH CLOTHING

NIKOLAEVA T.V., NIKOLAEVA T.I., DIACHENKO Y.V.

Kiev National University of Technologies and Design

Goal. Research of principles and methods of parametric design, artistic designing of a collection of youth clothes on the basis of the obtained results.

Method. In the course of the research, the literary-analytical method, the principles of forming the parametric patterns, the stylization techniques and the derivation of the basic symbols of the symbols of the architectural forms were used.

Results. On the basis of the analysis, the goals, tasks and main stages of designing and modeling the collection of youth clothing with the use of elements of parametric design were determined.

Scientific novelty. The principles of parametric design have been applied for the first time in the process of artistic designing of clothing collections.

The practical significance. As a result of the research, the principles of parametric design were determined, basic symbols of the forms of the collection of clothes were obtained, a series of author's prints was developed.

Keywords: parametric design, parametrism, 3D modeling, pattern, tectonics, base form, transformation, architecture, suit, clothing.

УДК 397:391.91

КРОТЕВИЧ О.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

**КУЛЬТУРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ
ОСОБЛИВОСТЕЙ ТРАНСФОРМАЦІЇ МИСТЕЦТВА
ТАТУЮВАННЯ В ПЕРВІСНОМУ СУСПІЛЬСТВІ**

***Мета.** Виявлення чинників та особливостей розвитку, трансформації мистецтва татуювання, які впливають на формування суб'єктивної і громадської думки та естетичний розвиток різних соціальних груп в первісному суспільстві на протязі виникнення та розвитку тату.*

***Методика.** В наукових дослідженнях використані методи порівняльного, типологічного, системного аналізу, метод класифікації. В процесі написання статті використані комп'ютерної програми Adobe Photoshop, CorelDRAW, Microsoft Excel.*

***Результати.** В ході дослідження визначено хронологію розвитку татуювання, як соціального явища розроблені схеми та визначені способи виконання та функції притаманні стародавньому світу у виконанні первісних тату.*

***Наукова новизна.** Визначені та систематизовані соціальні та естетичні функції татуювання в первісному суспільстві. Визначена соціальна значимість татуювань в формуванні первісного суспільства та його значення в сучасній культурології.*

***Практична значимість.** представлених результатів дослідження полягає у можливості їх використання при вивченні соціальних та естетичних функцій первісного мистецтва, а також в проведенні культурологічних досліджень.*

***Ключові слова:** тату, ідентифікація, функції тату, соціальна значимість, культурологічна складова, естетична складова.*

Вступ. Сьогодні про необхідність дослідження морфології і ознак татуювання, як одного з напрямків сучасної мистецької практики говориться дуже багато. Враховуються різні параметри: прагматичні, техніко-технологічні, функціональні, емоційні, соціальні, образно-стилістичні та естетичні. У представників сучасного суспільства також існує тенденція татуювання, тим самим вони підкреслюють свій стиль, свій імідж, позначаючи своє внутрішнє «я». Тату стає невід'ємним атрибутом зовнішнього вигляду сучасної людини. У свою чергу, вона висуває свої вимоги до татуювання не тільки в соціальному але і в художньо-естетичному контексті, дає можливість вибору, і цим критичним підходом формує як власну, так і громадську думку. Систематизування функцій та принципів татуювання на основі вивчення історичних моментів його виникнення, дуже важливе для повного розуміння мистецтва татуювання в сучасності.

Постановка завдання. Завданням дослідження є виявлення культурологічних чинників та особливостей розвитку і трансформації мистецтва татуювання, які впливають на формування суб'єктивної та громадської думки, на естетичний розвиток різних соціальних груп в первісному суспільстві на протязі виникнення та розвитку тату. При цьому, вирішення цього завдання потребує визначити сутність історичних перетворень мистецтва татуювання з моменту його зародження, з'ясувати залежність образно-стилістичних і техніко-технологічних тенденцій татуювання від історико-культурних, соціальних, психологічних, етнічних аспектів.

Результати дослідження. Дослідження в галузі історії татуювання велися різними вченими та дослідниками в різний час сприйняття тату і в різних формах суспільства. Звичай татуювати тіло був поширений у бритів, даків, галів, германців, пиктів, сарматів і скіфів. Назва деяких етнічних груп, наприклад пиктів, походить від прикраси тіла (pic-ti - малювати).

При розгляді історичних моментів виникнення мистецтва татуювання у різних древніх народів ми бачимо, що в часи первіснообщинного ладу татуювання мало найбільш релігійний і містичний характер. «У похованнях епохи палеоліту знаходили мінеральні барвники та різці, які могли використовуватися для виконання як косметичних дій, так і печерних малюнків. Деякі знахідки скелетів періоду раннього палеоліту (близько 40-14 тисяч років до н.е.), наприклад в Кро-Маньоні на південному заході Франції, дають підстави припускати, що померлих або посипали червоним барвником, або розмальовували їм.» [1]

Мюллер Софус, археолог з Данії в 1897 році, затверджував, що на території Північної Європи в бронзовому столітті тату на рівні з наскальним живописом вже існувало. Так серед розкопок були знайдені тонкі бронзові голки для нанесення тату. Ще в палеоліті, за часів, коли широко використовувалася червона охра, нанесення малюнка проколюванням було першою технікою тату. Первісний художник побачив в цьому спосіб зробити магічне і релігійне розфарбовування тіла більш постійним. Є така версія, що пошкодження шкіри і потворні шрами первісних людей стали першопричиною виникнення мистецтва тату. Рани на тілі воїнів гоїлися, при загоєнні іноді нагадували якийсь візерунок. У стародавніх воїнів вважалося, що чим більше таких відмітин, тим відважніший і досвідченіший чоловік. Надалі, щоб підсилити ефект, в свіжу рану втирали барвник (охру або сажу). Пізніше, воїни спеціально себе травмували, шрамували або наколювали для досягнення ефекту тату. Інша версія говорить про те, що татуювання з'явилися, коли поранений воїн на полюванні або в бою від втоми засипав біля багаття, а на ранок коли вогонь вже давно охолонув, сажа або деревне вугілля потрапляли в рану і після загоєння виходив синювато-чорний шрам, можливо перший прототип тату.

В процесі еволюції племена збільшувалися і об'єднувалися в громади. Найбільш майстерних мисливців і воїнів нагороджували почесними мітками. Кожен член громади, згідно з соціальним статусом, відрізнявся певними візерунками - знаками. Татуювання і малюнки були своєрідним показником, ким людина була і яке в неї було життя.

Також тату наносилося для відмінності членів племені від чужих, для ідентифікації ієрархії всередині громади і для визначення заслуг перед своїм родом. Тату наділялися магічною силою і захистом: дорослих захищали на полюванні і на війні, дітей оберігали від гніву батьків, людей похилого віку захищали від хвороб. Можна сказати, що функція визначення статусу, магічна та релігійна функції, були основними у виникненні і розвитку тату в період первіснообщинного ладу. Естетична функція також була притаманна татуюванню, хоча і не в тій мірі як перші дві: так, щоб вплинути на прихильність чоловіка і залучити його увагу, жінки прикрашали себе татуюваннями, малюнками, прикрасами практично на всіх частинах тіла. Чоловіки не відставали в цих починаннях від прекрасної статі.

Про художників тату стародавнього світу відомо, що: майстри татуювання в стародавньому світі були в верхніх рядах суспільної ієрархії. Оскільки татуювання вважалося в першу чергу обрядом, художники походили з кланів жерців. Вони були заможні, тому що за свою роботу отримували гідну плату: данину, продукти або інші привілеї. Художники тату були грамотні як на свій час і відносилися до стародавньої еліти.

Способи нанесення малюнків тату в стародавньому світі були достатньо примітивними. Основних способів відомо три: голкопроколювання, видряпування і порізи – шрамування. Четвертий спосіб, протяжка пофарбованої нитки або тонкого сухожилля під

шкірою, не знайшов впродовж століть належного розвитку, так як малюнки виходили незграбні і дуже примітивні. (Рис.1)



Рис. 1. Способи нанесення тату в стародавньому світі, (класифікація по народностям, видам орнаменту, кольору та композиції малюнків)

Термін «тату» приніс в Європу Джеймс Кук в 1773, до цього в різних країнах тату називали по різному і відносили найчастіше до діяльності шаманів, чаклунів, жерців та до представників потойбічного світу. (Рис.2.)



Рис 2. Малюнок тату Тілезіуса(1803-1806 гг) видатного художника і дослідника Джеймса Кука

На території нинішнього Іраку, арабські вчені-історики та археологи достовірно визначили, що в ті часи у жінок - шумерок на тілах були якісь зображення, відомі як «вічні картини». Ці своєрідні татування датуються V століттям до н.е. В епоху Аккадського

царства (III тисячоліття до н.е.) татуювання серед жінок отримало найбільшого поширення. У Стародавній Месопотамії малюнки на тілі складалися з простих візерунків, орнаментів які нагадували зірки, місяць, сонце. Технологія «вічних картинок» була оригінальна в своїй простоті нанесення, так і жорстока в своєму застосуванні протягом багатьох століть і тисячоліть: «... розігріту на пару або на сонці ділянку тіла тривалий час розтирали рукою. Коли шкіра починала «горіти», це місце покривали хною, золою, розведеною камеддю або натуральними барвниками з соку деяких дерев. Потім гострим предметом - обточеним каменем або сколом – видряпували крізь густу кашку знак - візерунок. Витримавши деякий час, залишок фарби обережно змивали охолодженою кип'яченою водою, в яку підмішувалися антисептичні настойки ... » [1] (Рис. 3)



Рис.3. «Вічні картинки» (III тис. до н.е.) що були поширені у жінок Месопотамії

Функціональне значення татуювання було різним для жінок і чоловіків: «... Слабка стать, прикрашаючи себе, сподівалася таким чином захиститися від «пристріту». Чоловіки, як їм і належить, розглядали татуювання як атрибут фізичної досконалості, мужності, стійкості і спритності. Саме тому «вічні картинки» покривали праву руку воїна і добувача - руку, яка метала спис або пускала стрілу, вражаючи противника або дику тварину ... У моді були зображення язичних богів в образі звірів, рослинні орнаменти, не втратили цінність світила неба ...» [1]

Арабський халіфат періоду VII-VIII століть став важливим відрізком в історії татуювання. Так у мистецтво тату, його розвиток, великим внеском став період поширення релігії ісламу і як підсумок створення Арабського халіфату. Місто - гігант на той час, Багдад, був столицею, політичним і культурним центром Арабського халіфату. Прихильність до ісламу підштовхнула до того, що на різних ділянках тіла майстри татуювання наносили витяги з Корану, молитви. Поширені були власні імена і заклинання. Традиційно, найбільш популярним татуювання було серед жіночого населення Багдада. Руки дівчат прикрашали красиві татуювання: на правій руці були різнопланові візерунки а на лівій наносили тату з іменами батька, що було ідентифікацією або своєрідним паспортом особи. Вважалося, що жіноче тіло без татуювання позбавлене ніжності і теплоти. Перед весіллям нареченій робили

тату, бо вважалося, що чим більше татуювань тим краща буде перша ніч, і наречений платив батькам майбутньої дружини багато грошей і подарунків за нанесення наколок на її тіло.

Іслам забороняв в своєму вченні зображення тварин і людей, але свідоцтва і розкопки доводять, що араби любили зображувати дивовижних звірів. Майстри тату в ті непрості часи задовольняли практично всі смаки і запити різноманітного населення. Художня фантазія древніх художників розвивалась в шедеврах на естетичні, релігійні, містичні мотиви, відображаючи на той момент соціальні та інші інтереси і уявлення громадян. Татуювання в древньому Багдаді замінило, існуючу до цього, традицію випалювати розпеченим залізом на тілах новонароджених або грудних дітей племінні та сімейні знаки. Татуювали від 1 до 4 точок, які наносилися на обличчі в суворо визначених місцях. Сакральне переконання в тому, що татуювання принесе дитині захист, було таке велике, що традиції татуювання zostались непорушними в деяких племенах і народностях до сих пір.

Стародавній Єгипет і його великі майстри залишили не аби який слід в мистецтві татуювання. Так під час розкопок пірамід вчені знаходили наскальні малюнки, барельєфи і зображення людей з намальованими орнаментами на тілах. Причому це були не просто відомості про те, що в древньому Єгипті робили натільні малюнки. Археологічні розкопки представили мумії, тіла яких були татуювані. У Стародавньому Єгипті татуювання наносили тільки багатим і знатним людям. До них належали фараони, жерці, архітектори і майстри нанесення татуювання. Перші згадки про татуювання в Стародавньому Єгипті ми можемо виявити за часів правління цариці Клеопатри. І в цей період в становленні мистецтва татуювання найбільш прогресує розвиток естетичної функції тату. Так за допомогою бамбукових паличок і натуральних барвників єгипетська жінка підкреслювала красивий вигин брів і підводила губи. А загострені палички залишаючи ефект подряпин із впровадженням барвника, робили на деякий час малюнок стійким. На муміях правителів на обличчях, особливо губах простежується чіткий контур. Значить час від часу фараони, жерці, щоб збільшити термін своєї молодості вдавалися до нанесення малюнку на губи за допомогою загострених паличок і фарби. Від постійного використання контур підтримувався на належному естетичному рівні. Багато жіночих мумій виявлено з татуюваннями в області брів. Малюнки на стінах, де жінки завжди зображені з макіяжем, з чітко підведеними губами дають підставу припускати, що техніку татуювання активно використовували всі єгиптянки. Татуювання наносилися не лише багатим і знатним жінкам, тату були відмітним атрибутом професій танцівниць і жінок для сексуальних утіх вельмож.

Досить таки цікава знахідка археологів це гробниця з мумією жриці Амунет (Амеут) - наложниці фараона Ментухотепа II, жриці богині любові, жіночності, материнства і краси - Хатхор (періоду близько 2000 року до н.е.). Татуювання на тілі мумії Амунет представляли собою набір геометричних орнаментів з точок і рисок, на руках і стегнах зображені паралельні лінії, нижче пупка знаходиться малюнок з концентричних кіл, символ родючості і захисту. Схожі малюнки були виявлені і на саркофагах деяких фараонів. Оскільки татуювання було в ті часи показником соціальної приналежності, можна також сказати, що воно могло бути свого роду посвідченням, в підтвердженні статусу власника і після смерті. Також татуювання було позначенням статусу раба або визначенням професії. Рабам наносилися татуювання з вказівкою ім'я господаря а повії наносили собі тату для захисту від насильницьких дій чоловіків і захисту від венеричних захворювань.

В Стародавньому Єгипті релігійна функція татуювання переважала над усіма іншими функціями. Належність до богів, приналежність до вищих сил були прагненням до пізнання людської суті. Також були знайдені бронзові вироби для нанесення татуювань датовані 1450 роком до н.е. та малюнки на стінах гробниць Сеті датовані 1330р. до н.е. ізображенням татуювань на руках та ногах чоловіків. (Рис. 4)



Рис.4. Лівійські фігури з гробниці Сеті (1330 р. До н.е. е.). Видно татуювання на руках і ногах.
(Знак А - символ богині Нейт)

Великі археологічні знахідки татуювань має так звана пазирикська культура - археологічна культура (VI-III ст. До н. Е.), що є величезним джерелом досліджень походження татуювання. В курганах, знайшли двох небіжчиків: чоловіка і жінку. Вони перебували в одній долбленій колоді - труні. Трупі були муміфіковані і татуювані в скіфо-сибірському звіриному стилі.

Але найвідоміша знахідка, періоду пазирикської культури, на якій чітко видно татуювання, це «принцеса Укока», датується V ст. до н. е. (Рис.5).



Рис. 5. Татуювання принцеси Укока. Пазирикський курган. Сибір

Принцеса Укока - Алтайська принцеса - Очи-бала - Ак-Кадин (Біла Пані) так прозвали мумію місцеві жінки, присутні при розкопках на могильнику Ак-Алаха в 1993 році. За віруваннями, принцеса була берегинею спокою і стояла на сторожі воріт підземного світу.

« Зовнішній вигляд мумії свідчив про своєрідну моду тих часів: на поголеній наголо голові надіта перука з кінського волоса, руки і плечі покриті численними татуюваннями. Зокрема, на лівому плечі був зображений фантастичний олень з дзьобом грифона і рогами козерога - сакральний алтайський символ, що не допускає проникнення зла з нижчих світів. » [2]

Зображення на тілах пазирикців риб, тварин, реальних та вигаданих - це образна мова Пазирикської культури, мова предків. Малюнки та тілах були "переоформленням" людської подоби в образотворчий символ племінної мудрості. Зображення з одягу, головних уборів, посуду і зброї перегукувалися з тими, що були нанесені на тіла. Це були знаки однієї мови. Дуже цікава техніка тату у пазирикських майстрів тату. З метою зробити малюнок на тілі більш виразним і яскравим, окремі темні місця татуювали за допомогою пучка голок, пов'язаних разом, що полегшувало і прискорювало роботу татуювальника та в одночас робило татуювання більш художнім і мальовничим. До речі, сучасні майстри тату теж використовують цей спосіб в так званому стилі «реалізм». За ступенем збереження, художньої цінності та віку, Пазирикські татуювання, є справжнім витвором мистецтва (Рис.6).

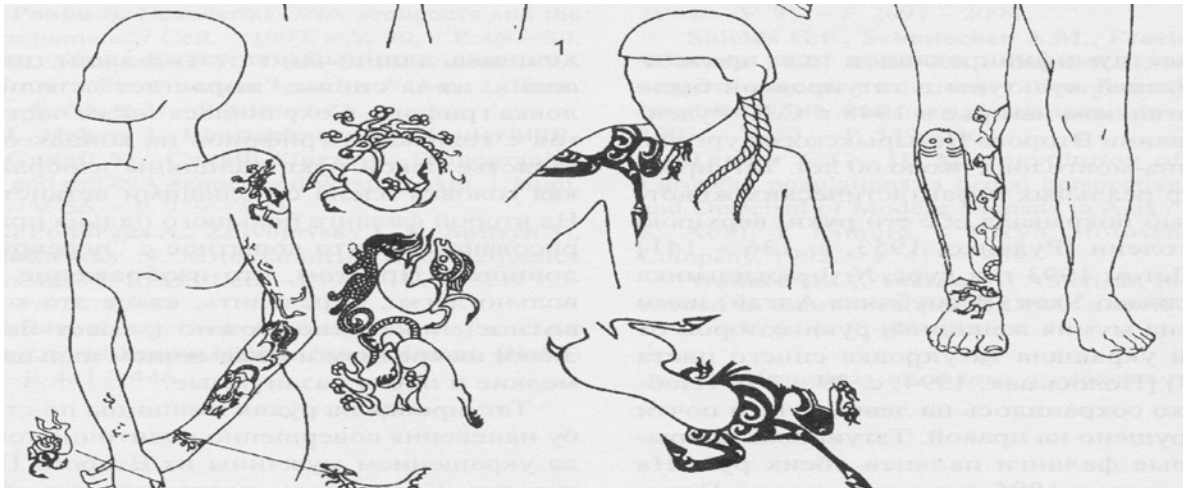


Рис.6. Татуювання на тілах пазирикських мумій з кургану могильника Ак-Алах та тату Принцеси Укока

В Альпах був виявлений артефакт Бронзового Віку - "Озі"чи Отці (Oetzi), крижану мумію епохи халколіту, що пролежала в льодовикової могилі більше 5 000 років, на тілі якої чітко виднілися сліди татуювань. На внутрішній стороні лівого коліна та на руці був витатуюваний хрест, на спині - шість прямих ліній, а на щиколотках, ногах і зап'ястях - паралельні лінії. При скануванні мумій вчені виявили захворювання суглобів під цими татуюваннями. Тому вважається, що дані татуювання були призначені для полегшення болю.

Інструменти та пігменти для татуювань були різними. Був проведений аналіз 15 обсидіанових шматків вулканічного скла, які були знайдені на Соломонових островах. Кожен фрагмент мав невелику закруглену піку на кінчику. На артефактах були знайдені сліди крові, охри і вугілля. Це були древні інструменти для татуювань в Океанії. Були ще такі інструменти, які дещо нагадували невелику гребінку. у них було від шести до шістдесяти зубів, зроблені вони з кісток крил диких качок. Після змочування в суміші сажі і води, майстер тату починав проколувати шкіру, б'ючи по «гребінці» паличкою із зеленої гілки кокоса. Коли шкіра починала кровоточити, татуювальник періодично змивав кров

холодною водою, і оскільки це дуже болісний процес, невелика його частина робиться відразу, а друга частина після відпочинку в три або чотири доби, після чого продовжувався процес татуювання. Ця операція могла тривати до двох місяців. Пігменти використовувались різні: сажа, вугілля, охра, природні сушені та ростерті рослини, земля, сеча та кров. На схемі показано використання первісною людиною пігментів та інструментів для тату (Рис. 7).

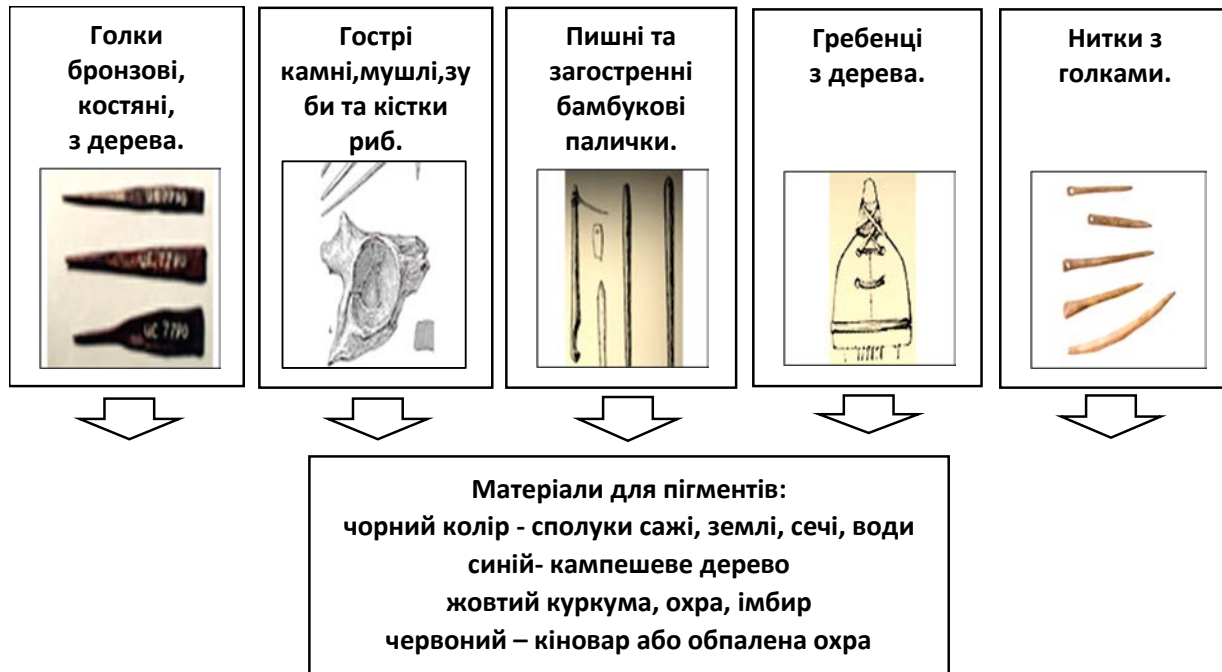


Рис.7. Матеріали, пігменти та інструменти для нанесення татуювань в давнину

Пазирикські майстри тату були професіоналами - художниками високого класу. Користуючись найпростішими засобами - однієї голкою, вони досягли вершин у своїй майстерності. Для татуювання був потрібний талант, в роботі майстра не могло бути виправлень і неточностей. Майстри тату відносилися до категорії осіб, наділених особливим даром і особливими знаннями, вони високо цінувалися та були служителями культу: шаманами і жрецькими. Приналежність людини до вищих верств пазирикського суспільства була можливою лише при наявності татуювання. Лише на одне тату мали право рядові воїни-пазирикці та звичайні жінки, як ознаку приналежності до клану, племені чи роду.

Є також дані, що в скіфських племенах в обиході були татуювання досить естетичні, з точки зору художнього смаку. Так С. І. Руденко в своїй праці «Культура населення гірського Алтаю в скіфський час» пише: «Плем'я це (скіфи) розфарбовувало все тіло блакитним візерунком ... даки і сармати розписували собі тіло ... татуювання могло бути виконане або прошиванням шкіри, або нанесенням уколів з введенням глибоко під шкіру чорного барвника, цілком ймовірно сажі. Прийом наколювання більш імовірний, ніж прошивання, хоча алтайці в цей час мали найтонші голки і нитки, за допомогою яких могли користуватися і останнім прийомом. Значна глибина проникнення барвника в тіло дозволяє думати, що татуювання було виконано не прошиванням шкіри, а шляхом наколів. [3]

Згідно спогадів Геродота татуюванням користувалися греки для конспіративного листування. Так на голові раба витатуювали послання, потім волосся відросло і гонець

безперешкодно пройшов повз варту ворога, таким чином донісши важливу звістку до своїх соплеменників.

Татуювання у древніх народів Греції повинно було служити для позначення благородного походження та було ознакою відваги та шляхетності. Фракійські воїни татуювали своїх дружин. Ковалів фракійців називали циклопами (Cyclops означає "круглоглазий"), звалися вони так тому, що на лобі у них було татуювання у вигляді концентричних кіл на честь сонця-джерела вогню в їх печях. Ідентифікаційна функція тату в приналежності до ремесла була дуже розвинена у ті часи.

Інструменти для татуювання в ті далекі часи були примітивні: дерев'яні голки, кістки риб, зуби піраній, заточені або загострені камені. Основними пігментами були мінеральні сполуки, що добуваються з природних ресурсів: охра, сажа, кам'яне вугілля, кіновар, деякі суміші зазначених компонентів з сечею або слиною. Можна визначити, що татуювання знайшло себе в історичному розвитку, в основному у світлошкірих народів світу, тому що на темній шкірі представника негроїдної раси тату не так чітко видно на відміну від об'ємного рубця або шраму. Стародавні слов'яни, наші предки, для нанесення татуювань користувалися глиняними штампами або печатками - пінтадерами. Ці своєрідні преси з елементами орнаменту дозволяли покрити все тіло суцільним ромбо-меандровим килимовим візерунком, вкрай необхідним у магічних ритуалах древнього культу родючості та плодovitості. В ході історії, з поширенням християнства, звичай татуювання став безжально викорінюватися, перш за все як складова частина язичних обрядів.

Проводиться паралель, що сучасні дикі народи, в історичному сенсі, є прямими спадкоємцями колись існуючих доісторичних народів, творчість яких дає нам можливість зрозуміти багато сторінок первинної художньої діяльності.

Татуювання несло в собі різні функціональні навантаження: орнаменти і малюнки повторювалися і це було своєрідним текстовим повідомленням для майбутніх поколінь. Функції тату були різноплановими в своїй значимості, що представлено на схемі (Рис. 8).

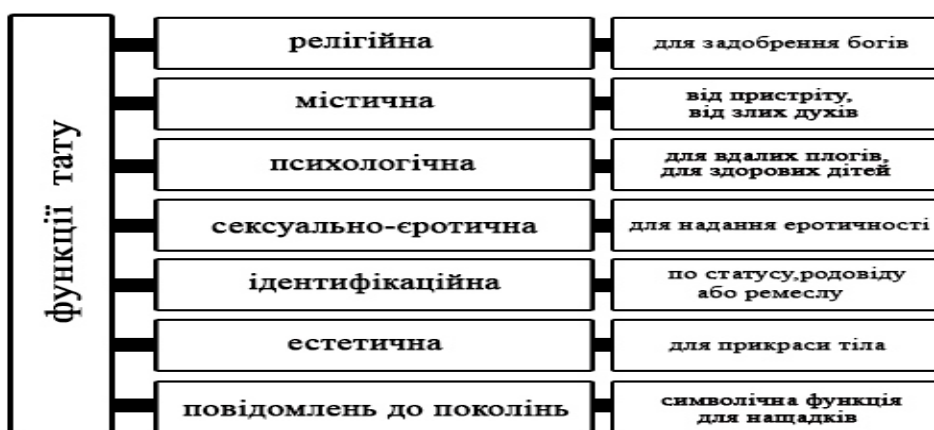


Рис. 8. Функції та завдання тату в первісному устрої

Висновок. Татуювання первісних і сучасних примітивних народів є прикладом тяжіння до прекрасного, художнього і культурного початку. Цим можна обґрунтувати тяжіння сучасних цивілізованих особистостей до древніх звичаїв, обрядів, інтересу до мистецтва прикрашати своє тіло, у тому числі за допомогою татуювання. Ймовірно

татуювання як відгомін первісного минулого, як психологічний ген, невтомно виринає назовні, незалежно від впливу процесів цивілізації та прогресу людства, невинно удосконалюється даючи все більше і більше розмаху для творчої особистості. Татуювання досягло такої досконалості у виготовленні, застосуванні, тривалості збереження, соціальної, культурної та мистецької цінності, що по праву може бути віднесено до одного найбільш стародавніх видів мистецтва. Значення проведених досліджень важливо для розуміння факторів, де татуювання визначається соціальними умовами в кожному конкретному випадку. Проведені наукові дослідження визначають культурологічний вплив феномену тату на мистецтво в цілому зі своїми характерологічними рисами та психологічними проявами особистості.

Література

1. Барановський В.А. Мистецтво татуювання. Изд: Слов'янський будинок книги. 2002. 320 с.
2. Полосьмак Н. В. Поховання знатної Пазирикського жінки - 1996. 167с
3. Руденко С.І. Культура населення Гірського Алтаю в скіфський час // М.-Л. : 1953. 402 с.

References

1. Baranovsky V.A. (2002) *Mystetstvo tatuyuvannya* [The art of tattoos]. Izd: Slavic House of Books. p. 320. [In Russian]
2. Polosmak N.V. (1996) *Pokhovannya znatnoyi Pazyryks'koho zhinky* [Burial of the noble Pazyryk woman] 1996. p. 167. [In Russian]
3. Rudenko S.I. (1953) [Culture of the Altai population in Scythian time]. p. 40. [In Russian]

КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ИСКУССТВА ТАТУИРОВКИ В ПЕРВОБЫТНОМ ОБЩЕСТВЕ. КРОТЕВИЧ А.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Выявление факторов и особенностей в развитии, трансформации искусства татуировки, которые влияют на формирование субъективной и общественного мнения, на эстетическое развитие различных социальных групп в первобытном обществе на протяжении возникновения и развития тату.

Методика. Используются такие методы как: сравнительный метод, типологический метод, системный метод, метод анализа. В процессе написания статьи использованы компьютерной программы Adobe Photoshop, CorelDRAW, Microsoft Excel.

Результаты. В ходе исследования было выявлено хронологию развития татуировки, разработаны схемы и определенные способы, инструменты и функции присущие в древнем мире.

Научная новизна. Упорядочены и систематизированы функции татуировки в первобытном обществе. Определена социальная значимость татуировок.

Практическая значимость. Представленных результатов исследования заключается в возможности использования таковых при построении современных эстетических эскизов татуировок.

Ключевые слова: тату, татуировки, идентификации, эффект тату, функции тату, культурологическая и социальная значимость татуировки.

**CULTUROLOGICAL ASPECTS OF DETERMINATION OF PECULIARITIES OF
TRANSFORMATION OF THE ART OF TATTUATION IN FAMILY SOCIETY.**

KROTEVYCH A.V.

Kyiv National University of Technology and Design

Goal. Identification of factors and features in the development, transformation of the art of tattooing, which affect the formation of subjective and public opinion, the aesthetic development of various social groups in primitive society throughout the emergence and development of tattoos.

Methodology. The following methods are used: comparative method, typological method, system method, method of analysis. In the process of writing the article we used the computer program Adobe Photoshop, CorelDRAW, Microsoft Excel.

Results. During the study, the chronology of tattoo development was revealed, schemes and certain methods, tools and functions inherent in the ancient world were developed.

Scientific novelty. The functions of tattooing in a primitive society are organized and systematized. The social importance of tattoos has been determined.

Practical significance. The presented research results consist in the possibility of using those in the construction of modern aesthetic sketches of tattoos.

Keywords: tattoo, tattoos, identification, tattoo effect, tattoo functions, cultural and social significance of tattooing.

УДК 77.012:004.928

ГОНЧАРУК О. О., ДОВЖЕНКО І. Б., ОВЧАРЕК В. Є.

Київський національний університет технологій та дизайну

ПАРАЛАКС І МНОЖИННІСТЬ СМИСЛІВ: ДО ПРОБЛЕМИ АДАПТАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ ФОТОВІДЕОДИЗАЙНУ

Мета. Дослідження особливості використання ефекту паралаксу у сфері дизайну.

Методика. В роботі над статтею були використані наступні методи дослідження: аналізу і синтезу, порівняння і узагальнення.

Результати. Охарактеризовано і визначено поняття «паралакс», сформульовані практичні дії по адаптуванню ефекту паралаксу до дизайн об'єктів, обґрунтована його актуальність для різних сфер культури, створено 2,5D ефект на основі фотографії. проаналізовано взаємозв'язок між застосуванням сучасних інноваційних технологій до фотографічного зображення і набуття ним глибини і множинності смислів.

Наукова новизна. Визначення необхідності впровадження технології паралакс-ефекту до дизайн об'єктів, як новітнього інструменту творчості фотовідеодизайнера.

Практична значимість. В результаті проведеного дослідження визначено способи і технологія застосування паралакс-ефекту до фотографічного зображення.

Ключові слова: паралакс, паралакс ефект, фотографія, анімація, множинність смислів.

Вступ. Паралакс – це видиме зміщення певного нерухомого об'єкту відносно інших, внаслідок зміщення точки спостереження. У перекладі з грецької (παράλλαξις – зміна) означає відхилення [1]. Розглядається за допомогою двох ліній та вимірюється кутом нахилу між ними. Завдяки ракурсу об'єкти, що знаходяться ближче до спостерігача мають більший паралакс, ніж віддалені. Принцип паралаксу використовується в астрономії, оптиці, веб-дизайні, культурі (філософія, література, екранне мистецтво), як метод для визначення відстаней, як ефект, заснований на зміні базису очей (стерео-базис), як прокрутка для анімації елементів DOM, для досягнення ефекту глибини та реалістичності, як зміна точки зору на об'єкт. Так, словенський психоаналітик, філософ та культуролог Славој Жижек у роботі «Пристрій розриву. Паралакський погляд» [2], натхнений філософською теорією «паралакського погляду» японського філософа і літературного критика Коджин Каратані [3], бере на озброєння поняття «паралакс», перетворюючи його на метафору і позначає ним власний теоретичний підхід, в рівній мірі дотичний до філософії, політичної теорії, літератури та мистецтв. Його сутність не стільки зміна самого об'єкту, скільки зміна відношення до нього автора, читача, глядача. Автори ж медіатворів застосовують термін «паралакс» не лише у назвах («Змова Паралакс» (1974), режисер А.Пакула), але й саму сутність поняття у драматургічній побудові екранних творів (епізод «Паралакс» з телесеріалу «Зоряний шлях: Вояджер» (1995), режисер К. Фрейман, «Змова Паралакс», «Точка обстрілу» (2008), режисер П.Тревис.

Невід'ємною складовою візуального мистецтва є різноманітність стилістичних напрямів, його постійне збагачення новими ідеями. Світ не стоїть на місці він завжди розвивається, створюючи нові напрями, модернізуючи вже існуючі. В рамках творчого процесу – це проекти які поєднують в собі різні напрями, підходи та стилі. В результаті чого з'являються нові мистецькі твори, що поєднують соціологічні, філософські, етичні та естетичні складові. Такі розширені межі мистецтва дають більше простору для розвитку

інноваційних та індивідуальних проєктів. Завдяки сучасним зображальним засобам, таким як фото- та відеокамери, графічні редактори, сьогодні кожен може оволодівши технічними навичками відтворювати існуючий світ, або, навіть, моделювати іншу реальність. Інша річ – творення змістовного, смислового контенту. Проблема творення смислового навантаження дизайн-об'єктів за допомогою ефекту паралаксу та її особливості є предметом уваги даної статті.

Постановка завдання. Ще на початку минулого сторіччя фотографію вважали невідомим доказом певного явища чи події, вона свідчила про природність фіксованого моменту. Нині завдяки інноваційним технологіям ситуація змінилась. Використовуючи фотографію в поєднанні з графічними редакторами можна створити нове, розширити межі сприйняття, наділити більшим змістовим навантаженням.

Актуальність визначеної проблеми та необхідність її вивчення спонукають розглянути особливості застосування ефекту паралаксу у сфері фотовідеодизайну як новітнього інструменту творчості.

Результати дослідження. Паралакс пристосований і для комп'ютерної графіки, і для веб-дизайну. Цей цікавий і водночас простий прийом дозволяє двохвимірну графіку робити об'ємною. Зображення формується з декількох шарів, при чому шари які знаходяться ближче до глядача, рухаються швидше. Це дозволяє відчувати глибину зображення в 2D, відкрити множинність змістовного наповнення. Схожа техніка використовувалась в техніці багатопланової камери, для створення традиційної анімації. Такий ефект дуже затребуваний для розробки комп'ютерних ігор, де використовується паралакс-скролінг. Існує декілька методів паралакс-скролінгу: метод шарів, спрайт, повторювання анімації. Перший полягає в тому, що деякі системи підтримують декілька фонових шарів, які можна прокручувати незалежно один від одного в горизонтальному і вертикальному напрямках. Наступний - спрайт (комп'ютерна графіка), завдяки якому можна створювати псевдо шари, індивідуально контрольовані рухомі об'єкти, створенні ззаду або поверх шарів. Третій - метод повторювання анімації, коли задній фон складається з постійно повторюваного анімованого зображення. Вони збагачують арсенал митця і допомагають урізноманітнювати зображення.

Застосування паралакс-ефекту у сфері веб-дизайну почалось у 2011 році, з використання HTML5 та CSS3. Він дозволяв прив'язати анімацію до прокрутки і відкривав можливість досягти неймовірних ефектів, які були не властиві сайтам до його використання. Паралакс-ефект став вигідно виділяти сайт з поміж інших. Сучасні дизайнери створюють цілі анімовані історії, які розвиваються по мірі прокрутки, а користувач може сам регулювати швидкість переходу між елементами дизайну. Не зважаючи на те що в основі лежить лише один ефект, результати кардинально відрізняються один від одного.

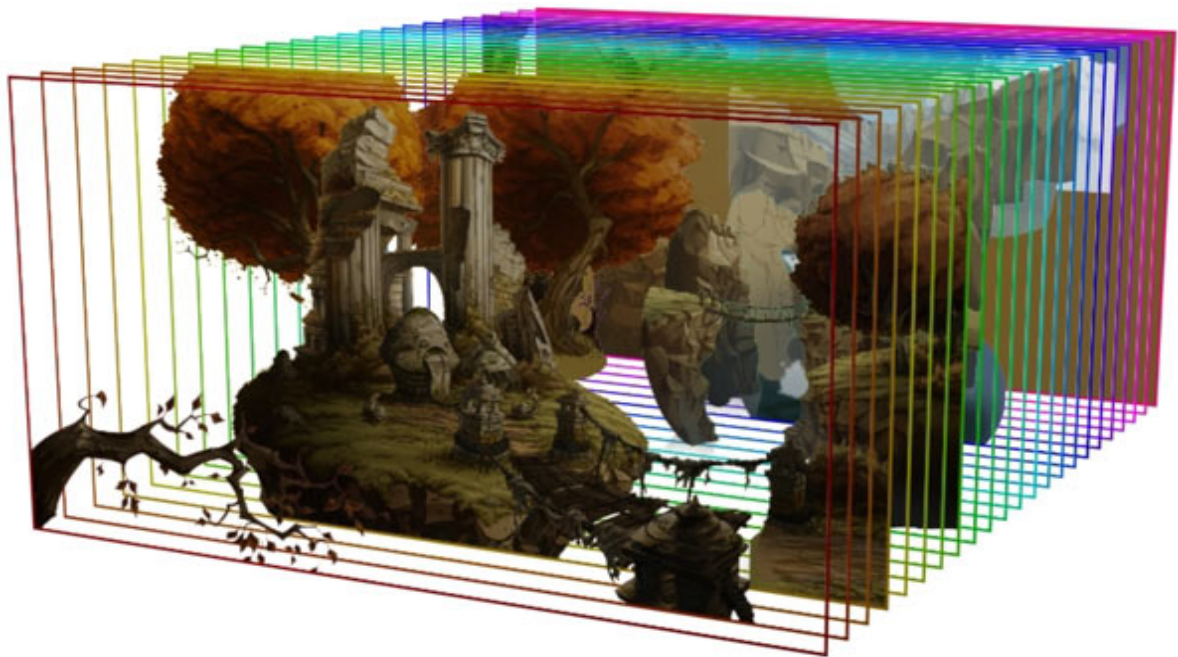
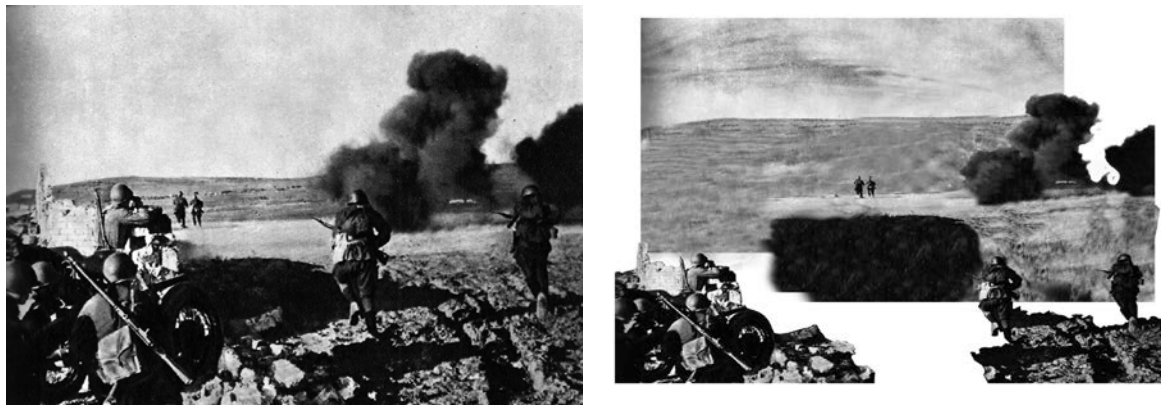


Рис. 1. Система слоїв для паралакс-прокрутки в «розрізі»

Сучасне мистецтво щільно пов'язане з інноваційними технологіями. Комп'ютерна графіка є одним зі способів презентації візуальної інформації в різних сферах діяльності. Цифрове середовище поєднує різні типи дизайнерської діяльності, види мистецтв. Застосовуючи цифрові технології до статичних дизайн-об'єктів, таких, наприклад, як фотографія, візуально трансформуючи їх, отримуємо не лише зміну форми, а й змісту. А при перетворенні статичної фотографії на анімацію у глядача з'являється відчуття атмосфери зображуваного, присутності, наближення до зображених подій. Адже фотографія - спосіб оповідання про оточуючу реальність, а точніше – її фіксація, відображення – процес, основу якого складає відбір. Відбір ситуації, об'єкту зйомки, моменту, в якому найкраще реалізується авторська уява про об'єкт зйомки. Свого часу досліджуючи природу фототворчості відомий теоретик кіномистецтва Зігфрід Кракауер у своїй книзі «Природа фільму. Реабілітація фізичної реальності» відзначав схожість автора фотографії з «вдумливим, наділеним уявою читачем, який наполегливо дошукується до смислу незрозумілого тексту» [4, с.40]. А найяскравіший майстер фотографії початку XX століття Едвард Уестон стверджував, що за допомогою фотокамери можна зазирнути глибоко в природу речей і виявити їх реальну сутність у фотографічному зображенні - «фотоапарат бачить більше ніж око...» [5]. Сучасні інноваційні технології надають можливості проникнути в сутність зображуваного, розкрити інші смисли невігдаливої, чорно-білої військової фотографії, що зафіксувала момент атаки і вибух, простих вояків, які біжать на ворога з автоматами на перевагу, командирів, котрі вдивляються в позиції ворога, аби дати кулеметнику команду «Вогонь!» і підтримати піхотинців.



а

б

Рис. 2. а) Оригінальна фотографія. Контратака. Кримський фронт, травень 1942 р.; б) Фотографія розділена на шари за допомогою графічного редактора

Обрана для дослідження і створення анімованого зображення з використанням ефекту паралаксу фотографія «Контратака. Кримський фронт», травень 1942 р. (рис. 2 а), довела обґрунтованість нашої гіпотези. На жаль визначити точно авторство даного зображення не довелося можливим. За одними даними [6] фотографія зроблена в травні 1942 року, на кримському фронті, під час бойових дій в районі Севастополя невідомим автором, за іншими - в районі Керчі в 1942 році і, можливо, належить військовому кореспонденту Анатолію Гараніну [7]. Так чи інакше принципового значення для даної статті це не має, оскільки є фотографічне зображення, естетичні, художні, змістовні якості якого, говорять красномовно про цінність закарбованого у часі фотофакту. За допомогою програми Adobe Photoshop фотографія була розділена на шари, а головні об'єкти - відокремлені від фону (рис. 2 б). Наступні етапи зі створення анімації проходили в програмі Adobe After Effects, за допомогою якої створювався 3D простір, а інструментом творення слугувала камера. Далі налаштовувалися всі параметри руху, щоб в результаті отримати об'ємну анімацію. Обрана фотографія побудована за принципами нестійкої композиції, коли «лінії взаємодії об'єктів перетинаються під гострими кутами, утворюючи відчуття динаміки і занепокоєння» [8, с.35]. Переконають в цьому діагональні лінії у вигляді зброї солдат. Така композиція підказала розподіл шарів при роботі над створенням «рухомої фотографії». Важливу роль відіграв і вільний простір перед об'єктами, що дав відчуття свободи духу, сили і впевненості у непереможності воїнів, акцентував момент кульмінації руху. Динамізм фотографії посилюється рухом одного з п'яти шарів, на які вона поділена (п'ять груп елементів фотографії). Поступове зміщення об'єктів акцентує увагу на одній з груп (напр., вибух снаряду) і підсилює відчуття жаху, невідворотності катастрофи. Завдяки світлотональному рішення зображення погляд глядача притягує група солдат розташованих зліва. Далі - рухається до фігур солдатів, які пересуваються на фоні темної вибухової хмари. Дуло їх рушниць спрямовує глядача на двох солдатів на дальньому плані, які й складають композиційний центр зображення, після чого глядач знову повертається до першої групи. Такий рух ніби підкреслює певну циклічність події. Обраний ракурс дає глядачу розуміння перебігу розвитку події, можливість ідентифікувати себе з героями зображення. У поєднанні з графічними редакторами невіддільна, чорно-біла фотографія, що зафіксувала момент

атаки і вибух, простих вояків, які біжать на ворога з автоматами на перевагу, збільшила межі сприйняття. «Неінсценована дійсність» [4, с.27] анімована паралакс ефектом оживила фотографію, розширила смислове звучання, підкреслила мужність військових і, водночас, трагічність ситуації. Темна хмара з землі, піску, трави ось-ось «накриє» військових, а вони без зволікань просуваються в гущу подій. Анімація моменту невідомості, що чекає попереду, за вибухами, ще більше затамовує подих ніж статичне зображення (Рис.3).

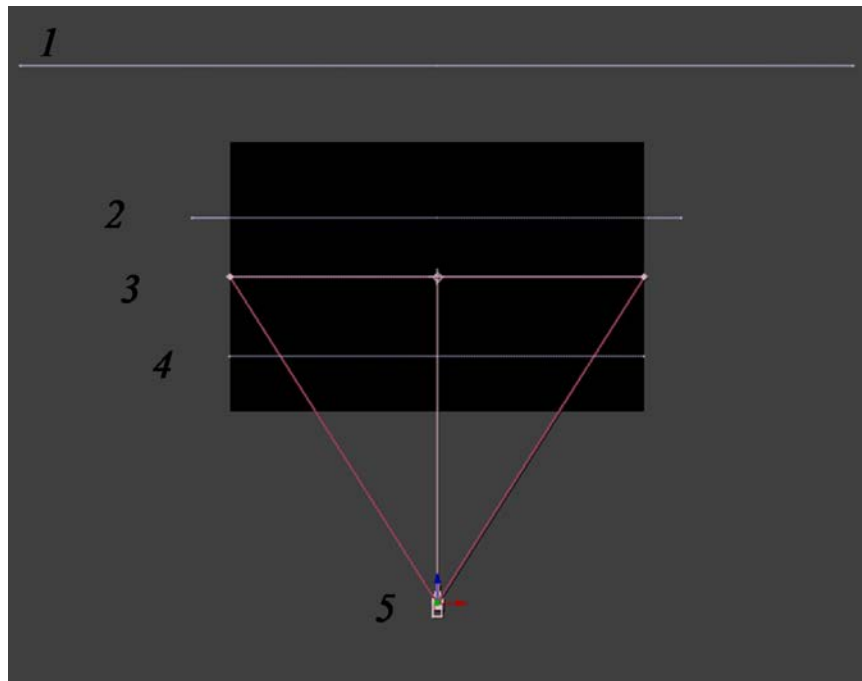


Рис. 3. Структура об'єктів в Adobe After Effects. 1 – фоновий шар, 2-4 - проміжні шари, 5 – положення камери

Розподіл фотографії на 5 шарів (п'ять груп елементів фотографії), їх поступове зміщення дає можливість акцентувати увагу на одній групі елементів (вибух снаряду), підсилюючи відчуття жаху і невідворотності катастрофи.

Висновки. Проведене дослідження особливості використання ефекту паралаксу у сфері дизайну переконливо довело актуальність і затребуваність сучасною сферою культури інноваційних прийомів і засобів, що складають арсенал фотовідеодизайнера, перспективність розвитку застосування паралакс ефекту як у медійній сфері, так і в розробці виставкових експозицій, оскільки надає можливість митцям по-новому поглянути і репрезентувати існуючі мистецькі об'єкти.

Література

1. Паралакс – Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Паралакс>
2. Жижек С. Устройство разрыва. Паралаксноевидение / Славой Жижек. – М.: Европа, 2008. – 516 с.

References

1. Paralaks – Vikipediia [Electronic resource]. – Access mode: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Paralaks> [in Russian]
2. Zhizhek S. Ustroystvo razryva. Paralaksnoe videnie / Slavoy Zhizhek. – M.: Evropa, 2008. – 516 p. [in Russian]

3. Karatani K. Transcritique: On Kant and Marx / Trans. Sabu Koshu / Kojin Karatani. – MIT, 2003. – 336 p.
4. Природа фильма. Реабилитация физической реальности : сокр. перевод с англ. Д.Ф. Соколовой / Зигфрид Кракауэр. – Москва: Искусство, 1974. – 424 с.
5. PhotoIsland : История фотографии : Эдвард Уэстон (Edward Weston ...) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.photoisland.net/pi_hist_text.php? lng=1&hist_id=35
6. Крымский фронт. Севастополь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.surwiki.admsurgut.ru/wiki/index.php/Крымский_фронт_Севастополь
7. Взрывы и фотографии – Солнце село в море и осветило рыбу / Livejournal / Vaga_Land, 3 may 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vaga-land.livejournal.com/351034.html>
8. Медынский С.Е. Компонуем кинокадр / С.Е.Медынский. – Москва: Искусство, 1992. – 239 с.

3. Karatani K. Transcritique: On Kant and Marx / Trans. Sabu Koshu / Kojin Karatani. – MIT, 2003. – 336 p.
4. Priroda fil'ma. Reabilitatsiya fizicheskoy real'nosti : sokr. perevod s angl. D.F. Sokolovoy / Zigfrid Krakauer. – Moskva: Iskusstvo, 1974. – 424 p. [in Russian]
5. PhotoIsland : Istoriya fotografii : Edvard Ueston (Edward Weston ...) [Electronic resource]. – Access mode: http://www.photoisland.net/pi_hist_text.php? lng=1&hist_id=35
6. Krymskiy front. Sevastopol' [Electronic resource]. – Access mode: http://www.surwiki.admsurgut.ru/wiki/index.php/Krymskiy_front_Sevastopol [in Russian]
7. Vzryvy i fotografii – Solntse selo v more i osvetilo rybu / Livejournal / Vaga_Land, 3 may 2010 [Electronic resource]. – Access mode: <http://vaga-land.livejournal.com/351034.html> [in Russian]
8. Medynskiy S.E. Komponuem kinokadr / S.E.Medynskiy. – Moskva: Iskusstvo, 1992. – 239 p. [in Russian]

ПАРАЛЛАКС И МНОЖЕСТВЕННОСТЬ СМЫСЛОВ: К ПРОБЛЕМЕ АДАПТАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ФОТОВИДЕОДИЗАЙНА

ГОНЧАРУК О. А., ДОВЖЕНКО И. Б., ОВЧАРЕК В.Є.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование особенностей использования эффекта параллакса в сфере дизайна.

Методика. В работе над статьей были использованы следующие методы исследования: анализа и синтеза, сравнения и обобщения.

Результаты. Охарактеризовано и определено понятие «параллакс», сформулированы практические действия по адаптированию эффекта параллакса к дизайн-объектам, обоснована его актуальность для разных сфер культуры, создан 2,5D эффект на основе фотографии, проанализирована взаимосвязь между использованием современных инновационных технологий в работе с фотографическим изображением и приобретения им глубины и множественности смыслов.

Научная новизна. Определение необходимости внедрения технологии параллакс-эффекта в дизайн-объекты, как новейшего инструмента творчества фотовидеодизайнера.

Практическая значимость. В результате проведенного исследования определены способы и технология использования параллакс-эффекта к фотографическому изображению.

Ключевые слова: параллакс, параллакс эффект, фотография, анимация, множественность смыслов.

**PARALLAX AND PLURALITY OF MEANINGS: TO THE ISSUE OF ADAPTATION OF
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF PHOTO VIDEO DESIGN.**

GONCHARUK O.O., DOVZHENKO I.B., OVCHAREK V.E.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Study of the peculiarities of using the parallax in the sphere of design.

Methodology. In the work on the article, the following research methods were used: analysis and synthesis, comparison and generalization.

Findings. The concept of "parallax" has been characterized and defined, practical actions have been formulated to adapt the effect of parallax to design objects, its relevance for different spheres of culture is substantiated, a 2.5D effect was created on the basis of photo, the relationship between the application of modern innovative technologies to photographic images and the acquisition of the depth and plurality of meanings.

Scientific novelty. Determination of the need to introduce parallax effect technology into design objects, as the newest tool for creativity of a photo and video designer.

Practical significance. As a result of this study, methods and technology for applying a parallax effect to a photographic image are determined.

Keywords: parallax, parallax effects, photo, animation, plurality of meanings.