

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІСНИК

**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

Серія «Технічні науки»

№ 2 (108), 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)

**№2 (108)
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-Данченка, 2

Головний редактор:

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

Заступник

головного редактора:

Каплун В.В., д.т.н., професор

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

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

Тематична спрямованість журналу «Вісник КНУТД»: Мехатронні системи. Енергоефективність та ресурсозбереження. Матеріалознавство, швейне і текстильне виробництво. Метрологія та сертифікація. 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-Данченка, 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 № 8 від 22.03.2017 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

№2 (108), 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)

**№2 (108)
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-Danchenka, Str.

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

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

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

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

Scientific fields: Mechatronic Systems. Energy Efficiency & Resource Saving. Materials Science. Textile and Apparel Manufacturing. Metrology, testing and quality certification. Chemical, 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-Danchenka, 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 № 8, originating date 22.03.2017

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. **БЕРЕЗІН Л.М.** Проектний розрахунок селекторів шкарпеткових автоматів на втомленісну довговічність 11
2. **БІДЮК П.І., ДЕМКІВСЬКА Т.І., ДЕМКІВСЬКИЙ Є.О.** Методика побудови регресійних моделей за часовими рядами 18
3. **ШТЕПА В.М., КАПЛІН В.В.** Метод побудови систем енергоефективного управління комбінованою електротехнологічною очисткою стічних вод різногалузових промислових об'єктів 27
4. **ЛОБОДЗИНСЬКИЙ В.Ю.** Аналіз перенапруг та струмів однорідної довгої лінії при несиметричних коротких замиканнях 38
5. **ЛИСІН В.І., МАКЄЄВА І.С., КОВАЛЕНКО І.В.** Вольтамперометрія як метод визначення електронної складової електропровідності розплавів 45
6. **ОЛІЙНИК О.Ю., РУБАНКА М.М.** Оптимізація часу гальмування круглов'язальних машин 52
7. **СЕБКО В.В., ЗДОРЕНКО В.Г.** Дослідження двохпараметрового методу контролю електричних та температурних параметрів виробів, що нагріваються у процесі контролю 59
8. **БАЖАНОВА А.Ю., БАЛДУК П.Г., СУРЬЯНИНОВ Н.Г.** Устойчивость плоской формы изгиба круговой тонкостенной арки 68
9. **КОСТЮК А.И., СТОЛЕВИЧ И.А., СТОЛЕВИЧ О.И.** Общие параметры моделирования в численном эксперименте с использованием ПК ANSYS Mechanical 74
10. **ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Є.О.** Вплив гальмівного моменту круглов'язальної машини на динамічні навантаження товароприйомного механізму 83
11. **ШАВЁЛКИН А.А.** Однофазный каскадный многоуровневый преобразователь для комбинированных систем электроснабжения с фотоэлектрическими солнечными батареями 89

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

12. **КАЛІНІНА О.С., БАЙЦАР Р.І.** Нанотехнології в пакувальній галузі 99
13. **ОМЕЛЬЧЕНКО В.Д., ГАЛАВСЬКА Л.Є., РОЗСОХА Т.І.** Гармонізація українських стандартів з міжнародними в галузі трикотажної промисловості 107
14. **КУРГАНСЬКИЙ А.В., ВАСИЛЕНКО В.М., КУРГАНСЬКА М.М., САКОВЕЦЬ В.В.** Система дистанційного моніторингу мікроклімату та тиску в режимі реального часу на базі натільних сенсорних мереж 114

ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

15. **РЕЗАНОВА В.Г., РЕЗАНОВА Н.М., КОРШУН А.В.** Розробка програмного забезпечення для дослідження морфології сумішей полімерів 120
16. **ВІТРЕНКО О.М., РАДУК М.Є., САРІБЄКОВА Д.Г.** Дослідження можливості використання ефірних олій в якості консервантів у складі крему для рук 127
17. **КАТАШИНСЬКИЙ А. С., БАРСУКОВ В. З., СЕНИК І. В.** Адсорбційні властивості шпінелі $MnCo_2O_4$ 134
18. **КИСЛОВА О.В.** Сучасні способи модифікації електрохімічних сенсорів із застосуванням наноматеріалів та нанотехнологій 140

ДИЗАЙН ТА МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

19. **АНТОНЕНКО І. В., САФРОНОВА О. О., КОСТЮК О. О.** Принципи дизайну внутрішнього простору групових житлових будинків для людей з особливими потребами 148
20. **ПАВЛЕНКО А.Ф., ПАШУКОВА С.Г.** Роль композиції та її особливості в системі образотворчої підготовки дизайнерів-графіків 159
21. **МУСІЄНКО В. О.** Дослідження творчості українського художника Миколи Прокопенка 168
22. **САФРОНОВА О.О., АГЛУЛЛІН Р.М., ЧЕБИКІНА М.В., ВОЗНЮК А.М.** Особливості дизайну громадських приміщень в умовах реновації інженерних споруд баштового типу 177

УДК 677.055.548

БЕРЕЗІН Л.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК СЕЛЕКТОРІВ ШКАРПЕТКОВИХ АВТОМАТІВ НА ВТОМЛЕНІСНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ

Мета. Розвиток методології розв'язку прикладних задач з багатоваріантністю рішень щодо прийняття на етапі проектування обґрунтованих заходів по забезпеченню заданого рівня довговічності деталей складних форм без надлишку запасів міцності на прикладі селекторів в'язальних механізмів шкарпеткових автоматів.

Методика. Використано сучасні методи розрахунків довговічності деталей машин загального призначення за втомленісної міцністю в детермінованій постановці та положення, які регламентують використання даних експлуатаційних спостережень обладнання при проектуванні нових моделей за умови спадковості конструкцій.

Результати. Представлені основні положення по коригуванню та доопрацюванню конструкцій-прототипів замкових систем шкарпеткових автоматів, які сприяють математичній підтримці прийняття раціональних конструкторських рішень та дозволяють оцінювати заходи з модернізації в'язальних механізмів. Отримано умови одночасного забезпечення швидкісної інтенсифікації автомату та підвищення заданої довговічності селекторів, узагальнені напрямки по їх досягненню.

Наукова новизна. Вперше запропонований системний підхід, який відмінний від загально прийнятого в практиці проектування шкарпеткових автоматів, що полягає в розв'язуванні оберненої задачі удосконалення замкових систем клинів за їх кількістю, геометричними та пружними параметрами при заданих нормах довговічності стержньових елементів голкового циліндру.

Практична значимість. Представлені практичні рекомендації, які дозволяють на стадії проектування приймати прогресивні конструкторські рішення в замкових системах в'язальних механізмів та аналізувати ефективність цих змін за умовою забезпечення заданої довговічності селекторів, а також скоротити тривалість та витрати на проектування.

Ключові слова: проектування, шкарпетковий автомат, селектор, розрахунки, втомленісна довговічність.

Вступ. Підвищення ефективності експлуатації шкарпеткових автоматів першочергово залежить від рівня їх надійності. Визначальним фактором надійності автомату при інтенсифікації технологічної швидкості є значна кількість відмов стержньових елементів голкового циліндру (в'язальних голок, селекторів та штовхачів) в'язального механізму, на яку впливає ударне навантаження при їх взаємодії з відповідними клинами замкової системи. Домінуючим напрямком підвищення довговічності стержньових елементів є комплексне удосконалення їх конструкцій та покращення умов їх взаємодії, передусім з клинами. Оскільки дослідження переважно стосуються конструкцій стержньових елементів, що найбільш систематизовано в [1], автор вважає за доцільне розглянути питання математичної підтримки прийняття раціональних конструкторських рішень стосовно замкових систем клинів, враховуючи задані на проектування норми довговічності стержневих елементів. В роботі [2] представлені розрахунки клинів з податливою робочою гранню, що зменшують динамічні навантаження за рахунок зміни приведеної жорсткості в парі п'ятка стержньового елемента – клин, в [3] - оцінка довговічності голок при модернізації клинів в'язальних систем за кутами їх нахилу при підвищенні швидкісних режимів та за умови сталості ресурсу голок. З позицій конструктора не виникає сумнівів в необхідності комплексного підходу в

проектуванні замкових систем клинів за їх кількістю, геометричними та пружними характеристиками, що забезпечить цілісність розрахунків за конструктивними і швидкісними параметрами автоматів та довговічності стержневих елементів, зокрема селекторів.

Постановка завдання. Об'єктом досліджень вибрано селектори серійних одноциліндрових шкарпеткових автоматів, які призначені для відбору голок механізмом утворення рисунку. Вертикальний рух селекторів відносно циліндричної гольниці забезпечує взаємодія їх п'яток з клинами відповідної замкової системи, а радіальне переміщення – шибері рисунчастих барабанів. Метою роботи є розв'язок прикладної задачі щодо прийняття на етапі проектування обґрунтованих конструктивних заходів по забезпеченню заданого рівня довговічності деталей складних форм без надлишку запасів міцності на прикладі селекторів в'язальних механізмів шкарпеткових автоматів. Необхідно зазначити, що базовими вимогами даного проектного розрахунку повинні слугувати спадковість конструкцій автоматів та результати їх експлуатаційних спостережень, що не підпадає традиційному підходу.

Результати досліджень. Розглядаємо детермінований розрахунок селекторів панчішних автоматів на втомленісну довговічність. Під втомленісною довговічністю розуміємо ресурс T_{pi} як сумарний час в годинах безвідмовної роботи селекторів до втомленісного руйнування. В роботі [4] подано загальні положення переходу від ресурсу селекторів T_{pi} до втомленісного руйнування, який встановлюють за даними експлуатаційних спостережень до числа ударів п'ятки селектора (циклів навантаження) N_{pi} при взаємодії з усіма клинами замкової системи на робочих швидкісних режимах виготовлення різних ділянок виробу. Запропоновано формулу

$$N_{pi} = 60T_{pi}n_iN_i, \quad (1)$$

де n_i , N_i - частота обертання голкового циліндру при виготовленні різних ділянок виробу і число ударів п'ятки селектора з клинами замкової системи за один оберт циліндру. Розрахунку N_i передував аналіз траєкторії руху п'ятки селектора відносно клинів в замкових системах.

До детермінованих, зручних при розгляді однотипних конструктивних елементів, до яких належать селектори, відносять метод розрахунку втомленісної довговічності за рівнянням Веллера. Його доцільно використовувати як залежність між еквівалентними напруженнями $\sigma_{екв_i}$ в небезпечному перерізі селектора та відповідними розрахунковими числами циклів навантаження його до руйнування N_{pi} :

$$\sigma_{екв_i}^m \cdot N_{pi} = const \quad \text{або} \quad \sigma_{екв1}^m N_{p1} = \sigma_{екв2}^m N_{p2}, \quad (2)$$

де i - індекс параметру до ($i = 1$) та після ($i = 2$) модернізації.

Параметр m , за яким враховується нахил ділянки кривої втомленості селекторів, слід обчислювати за формулою $m = (\lg N_1 - \lg N_2) / (\lg \sigma_2 - \lg \sigma_1)$ при наявності даних експлуатаційних спостережень T_{pi} (з переходом до N_{pi}) та результатів розрахунку напружень $\sigma_i = y_{max_i} / A$ в небезпечному перерізі стержня селектора за відповідними значеннями максимального навантаження y_{max_i} та площі перерізу стержня A .

Еквівалентні напруження $\sigma_{екв_i}$ обчислювали як заміну реального ступінчастого навантаження селектора з вираженою закономірністю чергування різних рівнів за цикл виготовлення одного типового виробу за формулою [5]:

$$\sigma_{екв_i} = \sqrt[m]{\sum_i^k (\sigma_i^m \cdot N_i) / N_{pi}} . \quad (3)$$

Розглядали загальний випадок розрахунків при одночасній інтенсифікації швидкісного режиму ($n_2 > n_1$) та підвищенні ресурсу селекторів ($T_{p2} > T_{p1}$). Таким чином, вихідними даними на проектування приймали швидкісні параметри автоматів – частоти обертання голкового циліндру n_1 та n_2 ; геометричні параметри замкової системи до модернізації; ресурс T_{p1} селекторів за результатами експлуатаційних спостережень в виробничих умовах. Також враховувалась зміна кількості клинів замкової системи.

У відповідності до (1) селектору до втомленісного руйнування необхідно витримати в $K_N = N_{p2} / N_{p1} = T_{p2} \cdot n_2 / T_{p1} \cdot n_1 = K_T \cdot K_n$ раз більше число навантажень. Тоді

$$N_{p2} = K_T \cdot K_n \cdot N_{p1} = \frac{T_{p2} n_2}{T_{p1} n_1} \cdot N_{p1} . \quad (4)$$

Після підстановки (4) в (2) та виконання певних перетворень, отримаємо:

$$\sigma_{екв2} = \sigma_{екв1} \sqrt[m]{N_{p1} / N_{p2}} = \sigma_{екв1} \sqrt[m]{(T_{p1} \cdot n_1) / T_{p2} \cdot n_2} = \sigma_{екв1} \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} . \quad (5)$$

Таким чином, для виконання умов $n_2 > n_1$ та $T_{p2} > T_{p1}$ конструктивними мірами необхідно передбачити зменшення еквівалентного напруження в небезпечному перерізі стержня селектора в $\sqrt[m]{K_T \cdot K_n}$ раз. Очевидно, що практично зменшення напружень досягається зміною умов взаємодії селекторів з клинами.

Модернізація замкової системи для селекторів за кількістю клинів (рисунок) полягає в заміні нахилоного клина 2 для опускання селектора через штовхач, на клин 4 для роздільного їх опускання, що безпосередньо забезпечує аналогічну траєкторію селекторів та підвищує функціональну надійність системи штовхач – селектор. Тому необхідно вносити доповнення в розрахунок, в якому враховується зміна кількості клинів в системі. В іншому маємо спадковість конструкції замкових систем.

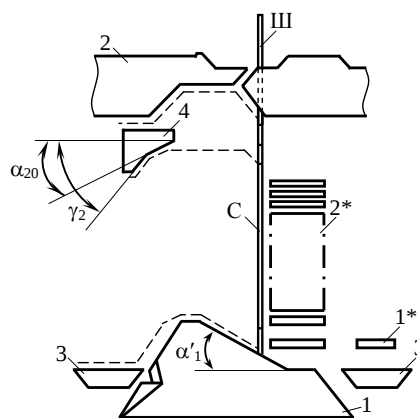


Рис. Замкова система селекторів *C* та штовхачів *III* в'язальних механізмів шкарпеткових автоматів: 1 – підйомний клин заclusionення; 2,4 - кулірні (нахилені) клини; 3 – горизонтальний обмежувальний клин; 1*, 2* - шибери барабанів утворення рисунків; кути нахилу робочих граней клинів

α_1 ; α_{20} та γ_2

Враховуючи (1), обчислювали розрахункове число циклів N_{pi} навантаження селекторів до руйнування за формулою:

$$N_{pi} = 60T_{pi}n_i(N_1 + N_2 + N_3), \quad (6)$$

де N_1, N_2, N_3 - число ударів селектора з клинами 1, 2 та 3 за один оберт голкового циліндру.

За рівнянням (3), маємо наступні еквівалентні напруження селекторів:

- до модернізації

$$\sigma_{екв1} = \left(\frac{1}{N_{p1}} (\sigma_1^m N_1 + \sigma_2^m N_2 + \sigma_3^m N_3) \right)^{\frac{1}{m}}; \quad (7)$$

- після модернізації, враховуючи перетворення

$$\sigma_{екв2} = \left(\frac{1}{N_{p1}} (\sigma_{1м}^m N_1 + \sigma_{3м}^m N_3 + \sigma_{4м}^m N_4) \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (8)$$

де σ_1 та $\sigma_{1м}$ - напруження в селекторі при взаємодії з клином 1 до та після модернізації; σ_3 та $\sigma_{3м}$ - аналогічні напруження при взаємодії з клином 3; σ_2 - напруження в селекторі при взаємодії з клином 2 через штовхач в конструкції до модернізації; $\sigma_{4м}$ - напруження в селекторі при взаємодії з введеним в конструкцію клином 4; N_1, N_3 та $N_{1м}, N_{3м}$ - число циклів навантаження селектора до руйнування з клинами 1 та 3 до модернізації та після; N_2 та $N_{4м}$ - аналогічно при взаємодії з клинами 2 та 4.

Виконавши підстановки (7) та (8) в (5) з урахуванням $N_2 = N_4$, отримаємо

$$\left(\frac{1}{N_{p1}} (\sigma_{1м}^m N_1 + \sigma_{3м}^m N_3 + \sigma_{4м}^m N_4) \right)^{\frac{1}{m}} = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \left(\frac{1}{N_{p1}} (\sigma_1^m N_1 + \sigma_2^m N_2 + \sigma_3^m N_3) \right)^{\frac{1}{m}}$$

або

$$(\sigma_{1м}^m N_1 + \sigma_{3м}^m N_3 + \sigma_{4м}^m N_4)^{\frac{1}{m}} = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} (\sigma_1^m N_1 + \sigma_2^m N_2 + \sigma_3^m N_3)^{\frac{1}{m}}. \quad (9)$$

Зрозуміло, що здійснення умови (9) можливе при рівності складових

$\sigma_{1м}^m N_1 = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_1^m N_1$; $\sigma_{3м}^m N_3 = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_3^m N_3$ та $\sigma_{4м}^m N_4 = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_2^m N_2$ або при $N_2 = N_4$

$$\sigma_{1м}^m = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_1^m; \quad \sigma_{3м}^m = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_3^m \quad \text{та} \quad \sigma_{4м}^m = \sqrt[m]{K_T \cdot K_n} \sigma_2^m \quad (10)$$

Тоді для зміни ресурсу селектора в K_T раз за критерієм втомленісної міцності та частоти обертання голкового циліндру в K_n раз, необхідно зменшувати еквівалентні напруження в небезпечному перерізі в $\sqrt[m]{K_T \cdot K_n}$ рази. Допустимим також є перерозподіл еквівалентних напружень $\sigma_{1м}$, $\sigma_{2м}$ та $\sigma_{3м}$ при взаємодії селектору з різними клинами при збереженні умови (9). До загальних рекомендацій зменшення напружень відносять:

а) збільшення розмірів небезпечного перерізу селектору, що неприпустимо без зміни класу автомату;

б) зниженням швидкості ударів п'ятки селектора з клинами, що суперечить завданню інтенсифікації швидкісного режиму $n_2 > n_1$;

в) зменшенням ударних навантажень на селектор за рахунок зміни умов взаємодії його п'ятки з клинами, що практично можливо реалізувати.

Висновки. Представлені основні положення розрахунків, які на стадії проектування дозволяють аналізувати ефективність конструкторських рішень замкових систем в'язальних механізмів за встановленим рівнем втомленісної довговічності селекторів при заданому числі циклів навантаження, яке обумовлене конструкцією клинів за призначенням та їх кількістю. Отримано умови одночасного забезпечення швидкісної інтенсифікації автомату та підвищення заданої довговічності селекторів, узагальнені напрямки по їх досягненню. Практичні рекомендації за математичної підтримки прийняття раціональних конструкторських рішень дозволяють також скоротити тривалість та витрати на проектування.

Список використаної літератури

1. Піпа Б. Ф. Удосконалення робочих органів механізмів в'язання круглов'язальних машин: Монографія [Текст] / Б. Ф. Піпа, С. А. Плешко. – К.: КНУТД, 2012. – 471 с.
2. Березін Л. М. Розрахунок податливої грані клину за критеріями жорсткості та довговічності [Текст] / Л. Березін // Вісник КНУТД. – 2016. – №3 (98). – С.68-74.
3. Березін Л. М. Розрахунки довговічності та надійності стержньових елементів голкового циліндру панчішно-шкарпеткових автоматів [Текст] / Л. Березін // Вісник ХНУ (Технічні дисципліни). – 2011. – №5. – С.17-20.
4. Березін Л. М. Експлуатаційні спостереження як інструмент дослідження надійності обладнання [Текст] / Л. Березін, Ю. Ковальов // Вісник КНУТД. – 2015. – №2 (84). – С.18-25.
5. Когаев В. П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность: Справочник [Текст] / В. П. Когаев, Н. А. Махутов, А. П. Гусенков. - М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.

References

1. Pipa B. F., Pleshko S.A. Udoskonalennia robochykh orhaniv mekhanizmv v'iazannia kruhlov'iazalnykh mashyn: Monohrafiia [Improving the working details of knitting mechanisms of knitting machines: Monograph] Kyiv, KNUTD Publ., 2012. 471 p.
2. Berezin L. M. Rozrakhunok podatlyvoi hrani klynu za kryteriiamy zhorstkosti ta dovhovichnosti [Calculation of the flexibility plate of the cam according to the criteria of rigidity and longevity]. Visnyk kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu - Bulletin of Kiev National University of Technologies & Design, 2016. Vol. 3. pp. 68-74.
3. Berezin L. M. Rozrakhunky dovhovichnosti ta nadiinosti sterzhnovykh elementiv holkovoho tsylindru panchishno-shkarpetkovykh avtomativ [Calculations of the longevity and reliability for rod elements in cylinder of hosiery machines]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho Universytetu - Bulletin of Khmelnytsky National University, 2011. Vol. 5. pp. 17-20
4. Berezin L. M., Kovalov Iu. A. Ekspluatatsiini sposterezhennia yak instrument doslidzhennia nadiinosti obladnannia [Operating monitoring as instrument of research of equipment

reliability]. Visnyk kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu - Bulletin of Kiev National University of Technologies & Design, 2015. Vol. 2. pp. 18-25.

5. Kohaev V. P., Makhutov N. A., Husenkov A. P. Raschetы detalei mashyn y konstruksyi na prochnost y dolhovechnost: Spravochnyk [The calculations the details and structures of machines on strength and longevity: Handbook] Moscow, Mashynostroenye Publ., 1985. 224 p.

ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ СЕЛЕКТОРОВ НОСОЧНЫХ АВТОМАТОВ НА УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

БЕРЕЗИН Л.Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Развитие методологии решения прикладных задач с многовариантностью решений применительно принятию на этапе проектирования обоснованных усовершенствований по обеспечению заданного уровня долговечности деталей сложных форм без излишка запасов прочности на примере селекторов вязальных механизмов носочных автоматов.

Методика. Используются современные методы расчетов долговечности деталей машин по критерию усталостной прочности в детерминированной постановке и положения, которые регламентируют использование данных эксплуатационных наблюдений оборудования при проектировании новых моделей при условии наследственности конструкций.

Результаты. Представлены основные положения для корректировки и доработке конструкций-прототипов замковых систем носочных автоматов, которые способствуют математической поддержке принятия рациональных конструкторских решений и позволяют оценивать эффективность решения по модернизации вязальных механизмов. Получены условия одновременного обеспечения скоростной интенсификации автомата и повышения заданной долговечности селекторов, обобщены направления по их достижению

Научная новизна. Впервые предложенный системный подход, который отличается от общепринятого в практике проектирования носочных автоматов, заключающийся в решении обратной задачи усовершенствования замковых систем клиньев по их количеству, геометрическим и упругим параметрам при заданных нормах долговечности селекторов игольного цилиндра.

Практическая значимость. Представлены практические рекомендации, использование которых позволяет на стадии проектирования принимать прогрессивные конструкторские решения в замковых системах вязальных механизмов и анализировать эффективность этих изменений по условию обеспечения заданной долговечности селекторов, сократить продолжительность и расходы на проектирования

Ключевые слова: проектирование, носочный автомат, селектор, расчеты, усталостная долговечность.

DESIGN ANALYSIS OF SELECTORS OF HOSIERY MACHINES ON FATIGUE
LONGEVITY

BEREZIN L. N.

Kiev National University of Technologies & Design

Purpose. Development of the methodology for solution applied tasks for accepting by the design stage of rationale improvements for a given level of longevity on the example of selectors of knitting mechanism of hosiery machinery.

Methodology. Were used modern methods of analysis of machine parts by the criterion of fatigue strength in the deterministic approach and provisions on the use of observational data of operating equipment in the design of new models with structural heredity.

Findings. Were presented the main provisions that promote for mathematical support of adoption of rational design solutions and allows evaluate the effectiveness of solutions for the modernization of knitting mechanism. Were obtained the conditions for simultaneously increasing the speed of the machine and by the longevity of the selectors; summarizes the directions for their achievement.

Originality. Complex approach is first presented which differs from that design in practice hosiery machines and consists in solving the inverse problem to improve of the cams in their number, geometric and elastic parameters depending on the given longevity of the selectors.

Practical value. Were presents practical recommendations for adoption at the design stage of advanced design solutions to systems of cams of knitting mechanism and for analysis of the effectiveness of these solutions according to the criterion of durability the selectors. This cuts the duration and costs of the design.

Keywords: cam, selector, design, calculation, hosiery machines, fatigue longevity.

УДК: 677.074

БІДЮК П.І., ДЕМКІВСЬКА Т.І., ДЕМКІВСЬКИЙ Є.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ЗА ЧАСОВИМИ РЯДАМИ

Мета. Розробка методики побудови регресійних моделей часових рядів із застосуванням кореляційного аналізу даних та множини критеріїв адекватності моделей-кандидатів.

Методика ґрунтується на принципах системного аналізу даних та ієрархічного оцінювання структури і параметрів моделей.

Результати. Створено зручну для практичного використання методику побудови регресійних моделей часових рядів, яка забезпечує отримання адекватних моделей за умов наявності інформативних даних необхідної повноти.

Наукова новизна. Показана можливість застосування системного підходу до побудови регресійних моделей часових рядів і наведена послідовність виконання операцій при побудові моделей зазначеного типу.

Практична значимість. Запропонована методика забезпечує побудову моделей прийнятної адекватності за умов повноти та інформативності статистичних даних, представлених часовими рядами.

Ключові слова. Часовий ряд, побудова моделі, критерії адекватності, методика Дженкінса Бокса, прогнозування.

Вступ. Для забезпечення умов прийняття високоякісних управлінських рішень необхідно удосконалювати існуючі та створювати нові методики моделювання на основі статистичних (експериментальних) даних.

Об'єкт та методи дослідження є статистичні (експериментальні) дані, які характеризують динаміку досліджуваних процесів. Методи дослідження: статистичний аналіз даних, методи оцінювання структури і параметрів математичних моделей і методи оцінювання прогнозів.

Постановка завдання. Для забезпечення належних умов для прийняття коректних управлінських рішень необхідно будувати адекватні математичні моделі процесів та об'єктів. Для створення методики моделювання часових рядів необхідно розв'язати такі задачі: скористатись принципами системного аналізу, забезпечити належну підготовку даних для моделювання, оцінити структуру і параметри моделей, а також сформулювати критеріальну базу для коректного вибору кращих моделей із множини оцінених кандидатів.

Результати дослідження. Основи методики побудови моделей часових рядів запропоновані Боксом і Дженкінсом в роботі [1]. Ця методика використовується для побудови моделей фінансово-економічних, технологічних, соціальних та екологічних процесів, для яких характерно те, що для таких процесів не завжди можна отримати інформативні дані в достатньому об'ємі.

Модифікована методика побудови математичної моделі процесу, в основу якої покладено ідеї Бокса і Дженкінса, запропонована в [2]. Вона передбачає оцінювання структури і параметрів регресійних моделей часових рядів на основі кореляційного аналізу статистичних даних. Для оцінювання параметрів пропонується використовувати альтернативні методи, такі як метод найменших квадратів (МНК), метод максимальної

правдоподібності (ММП), нелінійні методи і метод Монте-Карло для марковських ланцюгів (МКМЛ) [3].

На основі вище наведеної методики в даній роботі запропоновано удосконалений алгоритм побудови регресійних моделей процесів, представлених часовими рядами. Відмінністю методики, що пропонується у даній роботі, є можливість врахування невизначеностей, які зустрічаються у процесі попередньої обробки даних і побудови математичних моделей.

Розглянемо етапи побудови моделі за часовими рядами.

1. Виконати аналіз процесу, для якого будується модель на підставі вимірів вхідних і вихідних змінних, представлених у вигляді часових рядів.

Аналіз процесу – це надзвичайно важливий етап, ігнорування якого призводить до неможливості побудови моделі високого ступеня адекватності. Він включає такі задачі:

- визначення кількості входів і виходів, тобто визначення розмірності процесу;
- встановлення логічних зв'язків між змінними та аналіз можливостей їх математичного опису (коректного об'єднання в одному математичному виразі);
- визначення кількості зовнішніх збурень та їх типу (детерміноване чи стохастичне, а також встановленні типу розподілу цих випадкових впливів);
- встановлення можливості декомпозиції процесу на окремі підпроцеси, які є простішими як з точки зору їх функціонування, так і з точки зору математичного опису; декомпозиція – це досить складний процес, який ґрунтується на спеціальних математичних методах;
- якщо процес має ієрархічну структуру (верхній та нижній рівень функціонування), то необхідно чітко розмежувати ці рівні, визначити функції кожного з них і встановити які типи зв'язків існують між ними; наприклад, технологічні процеси часто можна розмежувати на два та більше рівнів керування ними;
- використання знань із спеціальної літератури щодо особливостей функціонування процесу, відомих законів та закономірностей його протікання, виявлення існуючих моделей процесу та досвіду його теоретичного чи експериментального дослідження;
- за наявності розроблених моделей досліджуваного процесу необхідно встановити їх недоліки та переваги, а також визначити можливість подальшого використання (модифікації); аналіз і використання існуючих моделей надає можливість суттєво скоротити час та інші витрати на побудову та використання моделі.

2. Виконати попередню обробку даних.

Процес попередньої обробки (підготовки) експериментальних (статистичних) даних, як правило, включає такі операції:

- нормування та візуальну перевірку даних і, при необхідності, їх корегування; нормування даних означає їх логарифмування або приведення до зручного діапазону їх зміни, наприклад, від 0 до 1; від -1 до $+1$; від $+10$ до -10 і т. ін.;
- корегування даних полягає у заповненні пропусків та зменшенні викидів (екстремальних значень), що виходять за основний діапазон значень змінних.
- формування перших або різниць вищих порядків, які необхідні для аналізу відповідних складових часового ряду; використання різниць надає можливість вилучити тренд із даних, тобто привести його до стаціонарної форми.

3. Оцінити структури моделей-кандидатів, для чого необхідно виконати такі операції: обчислити і виконати аналіз кореляційної матриці для часових рядів залежної і незалежних змінних із метою визначення змінних, які необхідно включити в модель; обчислити автокореляційну (АКФ) і часткову автокореляційну функцію (ЧАКФ), тобто значення коефіцієнтів кореляції в моменти часу $k-i$, $i = 1, 2, \dots$, для залежної змінної з метою вибору порядку авторегресії p .

4. Вибрати метод (методи) для оцінювання коефіцієнтів (параметрів) моделей-кандидатів і оцінити їхні параметри (МНК, ММП або інші).

5. Вибрати кращу (адекватну) модель з отриманої на попередньому етапі множини кандидатів, використовуючи для цієї мети множину відповідних статистичних критеріїв.

Критерії адекватності моделей. Діагностика моделей складається з таких кроків:

а) *Візуальне дослідження графіка похибок* моделі $e(k) = y(k) - \hat{y}(k)$, де $\hat{y}(k)$ – оцінка змінної, отримана за допомогою побудованої моделі. На графіку не повинно бути значних викидів та довгих інтервалів, на яких похибка приймає великі значення (тобто довгих інтервалів суттєвої неадекватності). У випадку застосування рекурсивних методів оцінювання найбільші похибки будуть у перехідному процесі, коли інформаційна матриця ще не містить достатньо інформації про процес.

б) *Похибки моделі не повинні бути корельовані між собою.* Для аналізу наявності кореляції між значеннями похибок необхідно обчислити АКФ та ЧАКФ для ряду $\{e(k)\}$ і за допомогою Q – статистики визначити ступінь корельованості (наприклад, Q – статистика вважається несуттєвою до рівня 10%).

Крім того, корельованість похибок визначають за допомогою статистики Дарбіна-Уотсона (DW), яка розраховується за формулою:

$$DW = 2 - 2\rho,$$

де $\rho = E[e(k)e(k-1)]/\sigma_e^2$ – коефіцієнт кореляції між сусідніми значеннями похибки; σ_e^2 – дисперсія послідовності похибок $\{e(k)\}$. Таким чином, при повній відсутності кореляції між похибками $DW = 2$ – це ідеальне значення. Граничними значеннями для $DW \in 0$ (при $\rho = 1$) та $+4$ (при $\rho = -1$).

Отримати формулу $DW = 2 - 2\rho$ можна досить просто. Автори цієї статистики (Durbin і Watson) запропонували скористатись для перевірки корельованості похибок моделі таким виразом:

$$DW = \frac{\sum_{k=2}^N [e(k) - e(k-1)]^2}{\sum_{k=1}^N e^2(k)} = \frac{\sum_{k=2}^N [e(k) - e(k-1)][e(k) - e(k-1)]}{\sum_{k=1}^N e^2(k)},$$

тобто, DW можна, в деякій мірі, трактувати як коефіцієнт автокореляції для (перших різниць) приростів похибок.

Розкриваючи квадрат різниці в чисельнику, отримаємо:

$$DW = \frac{\sum_{k=2}^N e^2(k)}{\sum_{k=1}^N e^2(k)} + \frac{\sum_{k=2}^N e^2(k-1)}{\sum_{k=1}^N e^2(k)} - 2 \frac{\sum_{k=2}^N e(k)e(k-1)}{\sum_{k=1}^N e^2(k)},$$

$$\text{де } \frac{\sum_{k=2}^N e^2(k)}{\sum_{k=1}^N e^2(k)} \approx 1; \quad \frac{\sum_{k=2}^N e^2(k-1)}{\sum_{k=1}^N e^2(k-1)} \approx 1; \quad \text{а } \frac{\sum_{k=2}^N e(k)e(k-1)}{\sum_{k=1}^N e^2(k-1)} = \rho.$$

Тому можна записати, що $DW = 2 - 2\rho$.

в) Для лінійної моделі 2-3 порядку оцінки параметрів повинні збігатися до усталених значень після 30-40 (не більше) ітерацій алгоритму оцінювання. Якщо кількість ітерацій набагато перевищує вказані числа, то це свідчить про те, що процес може бути нестационарним.

г) Перевірка значимості параметрів моделі. Статистика Стюдента або t -статистика (випадкова величина, що має t -розподіл), яка використовується для визначення значимості оцінки кожного коефіцієнта в статистичному сенсі, визначається за виразом:

$$t = \frac{\hat{a} - a^0}{SE_{\hat{a}}},$$

де $\hat{a}$ – оцінка коефіцієнта (параметра) моделі; a^0 – нуль-гіпотеза (початкова гіпотеза) щодо цієї оцінки; $SE_{\hat{a}}$ – стандартна похибка оцінки. За нуль-гіпотезу щодо значимості оцінки можна висувати будь-яку: що коефіцієнт значимий, тобто, $(H_0 : a^0 \neq 0)$ або незначимий $(H_0 : a^0 = 0)$. Статистична теорія перевірки гіпотез пропонує висувати нуль-гіпотезу, яка є протилежною бажаному результату. В даному випадку бажаним результатом є значимість коефіцієнтів математичної моделі і адекватна модель. Таким чином, необхідно висувати таку нульову гіпотезу, що коефіцієнт незначимий. Це дає можливість коректно підійти до визначення значимості оцінок коефіцієнтів та дещо спростити розрахунки.

Для того щоб встановити, чи є оцінка коефіцієнта значимою, необхідно знати довжину вибірки даних N (потужність вибірки); число ступенів свободи $f = N - p$, де p – число коефіцієнтів моделі, які оцінюються на основі ряду даних, і вибрати рівень значимості $\alpha = 1\%$ або $\alpha = 5\%$ або $\alpha = 10\%$ (для цих значень існують розраховані таблиці для критичних значень t -статистики). Фактично, рівень значимості означає ймовірність припуститись помилки першого роду при перевірці гіпотези. Згадаємо, що

$$\alpha = p\{X \in G/\omega | H_0\} = \int_{n-m(G/\omega)} L_{H_0}(X) dx,$$

де $X = [x_1, \dots, x_n] \in R^n$ – вся вибірка, яка розбивається на дві множини, що перетинаються: ω і G/ω (ω – область прийняття нуль-гіпотези); G/ω – критична область: якщо $X \in G/\omega$, то H_0 відхиляється; $L_{H_0}(X)$ – закон розподілу X . Помилка першого роду означає відхилення вірної гіпотези.

Користуючись значеннями N , f і α , з таблиць для t – розподілу знаходять критичне значення t – статистики, тобто $t_{кр}$. Для перевірки правильності висунутої гіпотези розраховане значення t порівнюють з критичним $t_{кр}$. Якщо

$$-t_{кр} < t < t_{кр} \quad \text{або} \quad |t| < |t_{кр}|,$$

то нуль-гіпотеза щодо незначимості коефіцієнта приймається (його можна не враховувати в регресії). Звідси випливає, що чим більшим є значення t – статистики для оцінки коефіцієнта, тим імовірніше, що цей коефіцієнт є значимим.

Загалом послідовність дій при перевірці значимості оцінок коефіцієнтів побудованої моделі можна сформулювати так:

- сформулювати нуль-гіпотезу щодо значимості коефіцієнта;
- обчислити значення t – статистики для кожного коефіцієнта регресії (це робить кожний пакет для математичного моделювання);
- за допомогою значень N , f і α знайти із таблиць для t – статистики її критичне значення;
- перевірити нуль-гіпотезу за наведеним вище простим правилом (аналіз виконання нерівності $-t_{кр} < t < t_{кр}$).

д) Коефіцієнт множинної детермінації R^2 , який обчислюється так:

$$R^2 = \frac{\text{var}(\hat{y})}{\text{var}(y)} = 1 - \frac{SSE}{SST},$$

де $\text{var}(\hat{y})$ – дисперсія залежної змінної, оціненої за допомогою побудованої моделі;

$\text{var}(y)$ – дисперсія вимірів залежної змінної; $SSE = \sum_{k=1}^N [y(k) - \hat{y}(k)]^2$ – сума квадратів

похибок (залишків) моделі (*sum of squared errors*); $SST = \sum_{k=1}^N [y(k) - \bar{y}]^2$ – загальна сума

квадратів (*total sum of squares*); $\bar{y}$ – середнє значення; $SST = SSE + SSR$, де

$SSR = \sum_{k=1}^N [\hat{y}(k) - \bar{y}]^2$ – загальна сума квадратів для регресії (*sum of squares for regression*).

Очевидно, що найкращим значенням є $R^2 = 1$, тобто, коли дисперсії вимірів змінної, та цієї ж змінної, оціненої за рівнянням, збігаються. Цей параметр можна трактувати, також, як міру інформативності моделі, якщо вибрати за міру інформативності дисперсію. Таким

чином, R^2 показує рівень інформативності моделі по відношенню до інформативності вибірки даних, за допомогою якої вона була оцінена.

е) Сума квадратів похибок для вибраної моделі повинна бути мінімальною, тобто

$$\sum_{k=1}^N e^2(k) = \sum_{k=1}^N [\hat{y}(k) - y(k)]^2 \rightarrow \min_{\hat{\theta}}$$

порівняно з усіма іншими моделями.

є) Для оцінки адекватності моделі також використовують інформаційний критерій Акайке

$$AIC = N \ln \left(\sum_{k=1}^N e^2(k) \right) + 2n$$

та критерій Байєса-Шварца

$$BSC = N \ln \left(\sum_{k=1}^N e^2(k) \right) + n \ln(N),$$

де $n = p + q + 1$ – число параметрів моделі, які оцінюються за допомогою статистичних даних (p – число параметрів авторегресійної частини моделі; q – число параметрів ковзного середнього; 1 з'являється тоді, коли оцінюється зміщення (або перетин), тобто a_0).

Критерії Акайке і Байєса-Шварца містять в правій частині суму квадратів похибок, а тому за цими критеріями вибирають ту модель, для якої критерії приймають найменші значення. Введення нового регресора приводить до збільшення критерію (при цьому збільшується n), але, разом з тим, зменшується сума квадратів похибок і критерій в цілому зменшується. Якщо регресор не покращує модель, то критерій збільшується. Необхідно також зазначити, що асимптотичні властивості для довгих виборок кращі у критерія Байєса-Шварца, тобто, його рекомендують застосовувати при відносно великих значеннях N ($N > 100$).

ж) Окрім згаданих параметрів, для визначення адекватності моделі в цілому використовують F – статистику Фішера, яка пропорційна відношенню:

$$F \sim \frac{R^2}{1 - R^2},$$

а для множинної (багатофакторної) регресії вона визначається за виразом

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{(N - p - 1)}{p},$$

де, як і раніше, N – число значень ряду; p – число параметрів моделі без врахування перетину (константи).

Таким чином, якщо $R^2 \rightarrow 1$, то $F \rightarrow \infty$. Порядок застосування F –статистики такий же, як і t –статистики. Нуль-гіпотезою є в даному випадку припущення про те, що модель неадекватна в цілому, тобто,

$$H_0 : a_1 = a_2 = \dots = a_p = 0$$

проти альтернативної гіпотези

$$H_1 : \text{хоча б одне значення } a_i \text{ відмінне від нуля в статистичному смислі.}$$

Значення $F_{\text{крит}}$ знаходять із таблиць для F – розподілу. Послідовність застосування цієї статистики відповідає загальній процедурі перевірки статистичних гіпотез.

Коректне застосування методики Бокса-Дженкінса забезпечує побудову адекватної математичної моделі процесу, якщо експериментальні дані відповідають *вимогам представництва та інформативності*. Перша вимога означає, що вибірка даних повинна охоплювати досить довгий проміжок часу, щоб повністю відображати поведінку того режиму функціонування процесу, для яких будується модель. Вимога *інформативності* означає, що вибірка повинна містити в собі об'єм інформації, достатній для оцінювання коефіцієнтів моделі. Наприклад, якщо моделюється процес другого порядку, то вибірка повинна забезпечувати коректне обчислення першої та другої похідної. Іноді формально інформативність оцінюють за допомогою величини дисперсії процесу, а також за кількістю гармонічних складових, які містяться в процесі. Чим більше гармонік містить вибірка, тим вищою є її інформативність.

Умову інформативності даних пов'язують з *умовою достатнього збудження* процесу. Достатнє збудження означає, що вхідний сигнал повинен охоплювати всю смугу частот, які може пропускати на вихід процес (об'єкт). Тобто вхідний сигнал повинен охоплювати всю амплітудно-частотну характеристику процесу. Ця вимога залишається однаковою для процесів будь-якої природи. Приклади побудови математичних моделей за часовими рядами будуть подані у наступній статті.

Висновки.

1. Розроблена методика побудови регресійних моделей за даними у формі часових рядів. Вона складається з п'яти етапів: аналіз досліджуваного об'єкта, попередня обробка даних, оцінювання структури моделі, оцінювання параметрів (коефіцієнтів) моделі і діагностика побудованих моделей кандидатів з метою вибору кращої альтернативи.

2. Попередня обробка даних – це необхідний етап моделювання, який забезпечує приведення даних до форми, зручної для виконання подальших обчислень. Цей етап забезпечує заповнення пропусків даних, обробку екстремальних значень, нормування та фільтрацію вимірів.

3. Оцінювання структури моделі включає аналіз кореляційної матриці з метою вибору регресорів для включення у модель, визначення порядку авторегресії за допомогою автокореляційної та часткової автокореляційної функцій, а також виявлення не лінійності і ідентифікацію випадкових складових у вимірах, тобто визначення типу розподілу зовнішніх збурень.

4. Наведені статистичні критерії якості для оцінювання адекватності моделей-кандидатів, використання яких забезпечує вибір кращої моделі для подальшого обчислення оцінок прогнозів.

5. Загалом коректне використання запропонованої методики забезпечує отримання моделей високого ступеня адекватності за умови достатньої інформативності та повноти статистичних (експериментальних) даних.

6. При виконанні майбутніх досліджень доцільно модифікувати методику на побудови моделей нелінійних процесів і застосувати ймовірнісні моделі для отриманні додаткових альтернатив при прогнозуванні.

Список використаної літератури

1. Box, George; Jenkins, Gwilym Time series analysis: forecasting and control, rev. ed. // Oakland, California: Holden-Day. — 1976. — 712 p.
2. Бідюк П.І., Романенко В.Д., Тимошук О.Л. Аналіз часових рядів: Навчальний посібник. — Київ.: НТУУ КПІ, 2013. — 599 с.
3. Tsay R.S. Analysis of financial time series. — Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2010. — 715 p.

References

1. Box, George; Jenkins, Gwilym Time series analysis: forecasting and control, rev. ed. // Oakland, California: Holden-Day. — 1976. — 712 p.
2. Bidiyuk P.I., Romanenko V.D., Timoshchuk O.L. Analiz chasovikh ryadiv: Navchal'niy posibnik. — Kiïv.: NTUU KPI, 2013. — 599 s.
3. Tsay R.S. Analysis of financial time series. — Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2010. — 715 p.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПО ЧАСОВЫМ РЯДАМ

БИДЮК П.И., ДЕМКОВСКАЯ Т.И., ДЕМКОВСКИЙ Е.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка методики построения регрессионных моделей временных рядов с применением корреляционного анализа данных и множества критериев адекватности моделей-кандидатов.

Методика основывается на принципах системного анализа данных и иерархического оценивания структуры и параметров моделей.

Результаты. Создана удобная для практического использования методика построения регрессионных моделей временных рядов, которая обеспечивает получение адекватных моделей при наличии информативных данных необходимой полноты.

Научная новизна. Показана возможность применения системного подхода к построению регрессионных моделей временных рядов и приведена последовательность выполнения операций при построении моделей указанного типа.

Практическая значимость. Предложенная методика обеспечивает построение моделей приемлемой адекватности при полноте и информативности статистических данных, представленных временными рядами.

Ключевые слова. Часовой ряд, построение модели, критерии адекватности, методика Дженкинса-Бокса, прогнозирование.

METHODS OF DEVELOPMENT REGRESSIVE MODELS OF TIME SERIES

BIDYUK P.I., DEMKIVSKA T.I., DEMKIVKIY E.A.

Kyiv National University of Technology and Design

Objective. Development of construction methods of time series regression models using correlation data analysis and adequacy criteria set of candidate models.

Methods is based on principals of system data analysis and hierarchical evaluation of structures and parameters of the models.

Results. A convenient for practical use method of construction regression time series is developed that provides obtaining adequate models subject to the availability of necessary informative data which is enough complete.

Scientific novelty. The possibility of a systematic approach to developing regression models of time series is shown and the sequence of operations under the construction of stated models is described.

Practical significance. The method provides development of models with suitable adequacy on the base of complete and informative statistical data presented by time series.

Keywords. Time series, building of a model, the adequacy criteria, The Box-Jenkins method, prediction.

УДК 628.3:621.3

ШТЕПА В.М., КАПЛУН В.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

**МЕТОД ПОБУДОВИ СИСТЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО
УПРАВЛІННЯ КОМБІНОВАНОЮ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЮ
ОЧИСТКОЮ СТИЧНИХ ВОД РІЗНОГАЛУЗЕВИХ
ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ**

Мета. Розробити метод синтезу систем енергоефективного управління комбінованими електротехнологічними системами очистки стічних вод для подальшого його використання при проектуванні різногалузових промислових об'єктів.

Методика. Оцінюються недоліки та переваги побудови промислових систем водоочистки із використанням фізичного та математичного способів моделювання відповідних технологічних процесів. Досліджуються виробничі фактори, які впливають на ефективність таких процесів, на їх основі формується та аналізується структура нечіткої когнітивної карти. На основі створеної моделі розробляється концепція адаптації значень концептів у режимі реального часу. Виконується аналіз енергоефективності синтезованої у відповідності до обраної концепції системи управління очисткою промислових стічних вод. Формується послідовність побудови відповідних інформаційно-управляючих систем.

Результати. У роботі розроблено метод синтезу систем енергоефективного управління комбінованими електротехнологічними системами очистки стічних вод різногалузових промислових об'єктів із використанням інформаційно-функціональних моделей.

Наукова новизна. Вперше розроблено метод синтезу систем енергоефективного управління комбінованими електротехнологічними системами очистки стічних вод різногалузових промислових об'єктів на основі нейромережевого та когнітивного моделювання із використанням результатів фізичного моделювання, що дало можливість оптимізувати базові процеси водоочистки в умовах нештатних ситуацій.

Практична значимість. У роботі розроблено структурно-функціональну схему та алгоритм синтезу систем енергоефективного управління комбінованими електротехнологічними системами очистки стічних вод різногалузових промислових об'єктів.

Ключові слова: моделювання, комбінована електротехнологічна система водоочистки, стічні води, система управління, нейронна мережа, нечітка когнітивна карта.

Вступ. Стічні води (побутові, виробничі та атмосферні) містять зазвичай велику кількість неорганічних і органічних компонентів [1], причому їх точний склад, навіть в якісному відношенні, не завжди можна заздалегідь передбачити. У переважній більшості випадків це зробити надзвичайно складно або практично неможливо [2]. Навіть при простому змішуванні стоків з різних технологічних циклів підприємства відбуваються хімічні реакції між компонентами, що призводять до утворення нових речовин. При хлоруванні, наприклад, з'являються продукти окислення неорганічних і органічних речовин та їх хлорпохідні [1]; під час біохімічної очистки промислові стічні води можуть змішуватись із господарсько-побутовими і тоді в очищених водах можна нерідко виявити нові органічні сполуки [2]. У той же час в умовах нинішнього виробництва не існує ефективних та економічно обґрунтованих способів адекватного метрологічного оцінювання складу водних стоків за нормативними показниками в режимі реального часу [1-3]. Загалом, можна

стверджувати, що одночасне поєднання фізичного та математичного моделювання з використанням інформаційно-функціональних підходів на основі когнітивних карт та теорії нейронних мереж (НМ), дозволить посилити використання сильних сторін обох способів дослідження і мінімізувати слабкі [4, 5].

Постановка завдання. Теорія когнітивного моделювання використовується для аналізу і прийняття рішень в непередбачуваних ситуаціях та заснована на моделюванні суб'єктивних уявлень експертів про ситуацію і включає: структурування ситуації; модель подання знань експерта, у вигляді знакового орієнтованого графа; методи аналізу ситуації. Особливо перспективним є використання для таких цілей математичного апарату інтелектуальних систем [5], здатних працювати в умовах невизначеності та розмитості вхідної інформації [1,2,4-6] із можливістю поєднання фізичного та математичного моделювання (табл. 1).

Таблиця 1

Особливості підходів щодо моделювання процесів водоочистки

Показники	Фізичні моделі	Математичні моделі
Доступність перенесення на виробничий об'єкт	При роботі із фактичними стоками, а не модельними, переносяться досить ефективно	Потребують тривалого процесу адаптації на виробництві та ітераційної перевірки адекватності
Вартість досліджень	Для отримання якісного обладнання необхідні значні фінансово-матеріальні та часові затрати	Фінансові затрати незначні, часові – співвимірні із фізичним моделюванням
Вимоги до персоналу при постійному використанні на виробництві	Висококваліфіковані фахівці	Висококваліфіковані фахівці
Вимоги до засобів створення моделей	Спеціалізоване виробництво, включаючи конструкторську групу	Наявність математичного та програмного забезпечення

Відповідно, постає питання обґрунтування та розроблення методів синтезу інформаційно-функціональних моделей одержання та ефективного опрацювання метрологічної інформації на основі поєднання розрахункових та фізичних даних для забезпечення оптимального управління режимами комбінованих електротехнологічних установок водоочистки на різногалузевих промислових об'єктах.

Результати досліджень. Процес формування і використання когнітивних карт можна представити у вигляді запропонованої послідовності:

- визначення списків концептів (згідно зі списком концептів у разі опитування групи експертів);
- визначення відносин причинності (впливу) між кожною парою концептів (узгоджених відносин причинності);
- побудова когнітивної карти;
- динамічне моделювання;
- аналіз системних характеристик когнітивних карт;
- аналіз стійкості.

Одним із найскладніших завдань при створенні когнітивних карт є розроблення матриці взаємовпливів концептів на початковому етапі, до запуску системи управління у штатному режимі. Це викликано тим, що фактична інформація про об'єкт управління носить, як правило, суб'єктивний характер і базується на оцінюванні експерта. Варто зауважити, що думки експертів можуть суттєво, а інколи радикально різнитись.

Ситуація ускладнюється тим, що підстроювання параметрів когнітивних карт у класичних підходах неможливо без зупинки обладнання [5]. Очевидно, що під час очистки промислових стічних вод, часті та/або тривалі зупинки обладнання неможливі, оскільки їх наслідки можуть носити катастрофічний характер.

Для вирішення поставленого завдання структура нечіткої когнітивної карти (НKK) розроблялася виходячи з попередніх досліджень на основі використання обраного електротехнологічного обладнання [4-6] і об'єктно-орієнтованого аналізу функціонування підприємств [2]. При чому, для урахування ефективності подальшого застосування одержаних інформаційно-функціональних моделей шляхом створення і реалізації технологічних регламентів водоочистки на різногалузевих об'єктах, у якості вихідного параметра до моделі включені економічні показники.

До матриці взаємовпливу НKK входять такі елементи:

1. Проміжні концепти: E_1 – технічне і технологічне оснащення установок водоочистки; E_2 – ступінь використання обладнання; E_3 – управління виробництвом.

2. Вхідні дії: X_1 – ціни на енергоносії; X_2 – витрата води; X_3 – рН вхідної води; X_4 – концентрація завислих частинок у вхідній воді; X_5 – концентрація нітратів у вхідній воді; X_6 – концентрація фосфатів у вхідній воді; X_7 – біологічне споживання кисню (БСК) вхідної води; X_8 – концентрація синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) у вхідній воді; X_9 – мутність вхідної води; X_{10} – температура вхідної води; X_{11} – рН вихідної води; X_{12} – концентрація завислих частинок у вихідній воді; X_{13} – концентрація нітратів у вихідній воді; X_{14} – концентрація фосфатів у вихідній воді; X_{15} – БСК вихідної води; X_{16} – концентрація СПАР у вихідній воді.

3. Вихідні дії: Y_1 – фінансові витрати; Y_2 – показники енергоефективності.

Модель процесів у комбінованій електротехнологічній установці водоочистки представлено у вигляді відповідного орієнтованого графа (нечіткої когнітивної карти), яка приведена на рисунку 1 і ілюструє множинні зв'язки і характер взаємодії факторів. Концепт енергоефективність (Y_2) є інтегральним показником, який об'єднує витрати електроенергії і якість водоочистки.

Концепти класифікували за характером інформації, яка визначала значення вагових коефіцієнтів: лише троє із них встановлюються експертами (E_1 – технічне і технологічне оснащення установок водоочистки E_2 – ступінь використання обладнання E_3 – управління виробництвом), решту можна визначити із використанням програмного забезпечення [6] і даних від існуючих інформаційно-вимірjuвальних комплексів (ІВК).

Із урахуванням специфіки одержання інформації, блок адаптивної корекції вагових коефіцієнтів НKK поділено на два підблоки і розроблено окремо відповідні інформаційно-аналітичні забезпечення опрацювання метрологічних даних (рис. 2) [7].

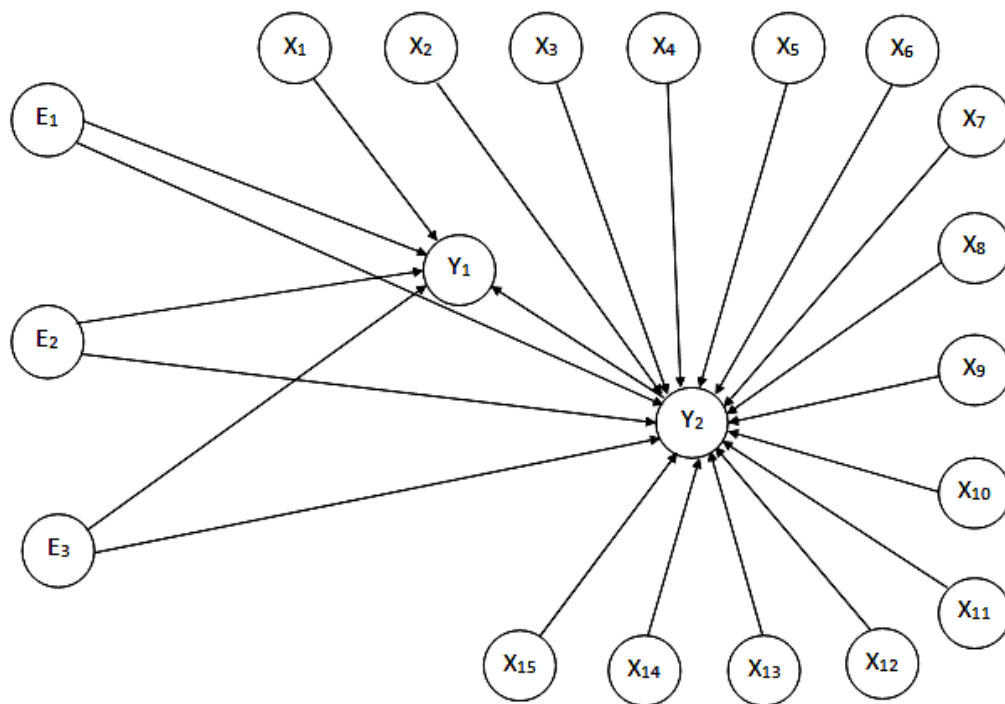


Рис. 1. Орієнтований граф інформаційно-функціональної моделі комбінованої електротехнологічної водоочистки (нечітка когнітивна карта)

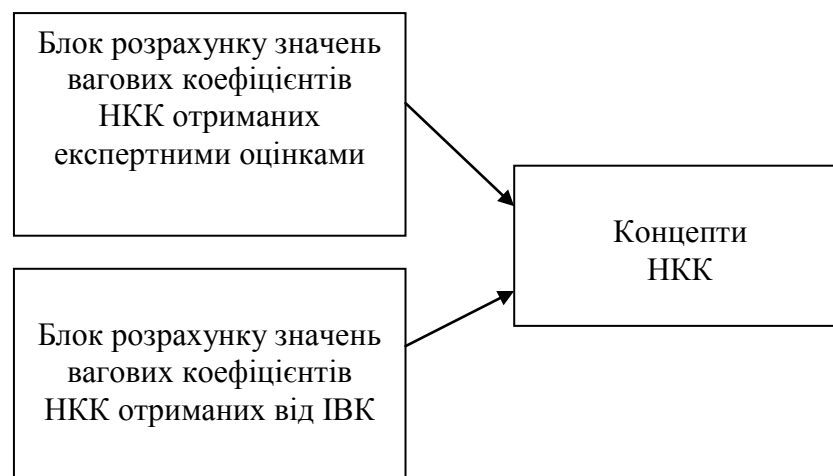


Рис. 2. Структурна схема використання блоків адаптивної корекції значень вагових коефіцієнтів НКК водоочистки

Для розроблення і дослідження НКК застосовувався спеціалізований програмний продукт FCMapper, у якому реалізовано математичний апарат узагальнених нечітких когнітивних карт.

Реалізувавши матрицю вагових коефіцієнтів концептів НКК, аналіз її структурних характеристик показав, що 19 концептів виконують функції тільки передавачів (Transmitter); 1 концепт тільки отримує інформацію (Receiver); 1 концепт є "приймально-передавачем" (Ordinary) (рис. 3).

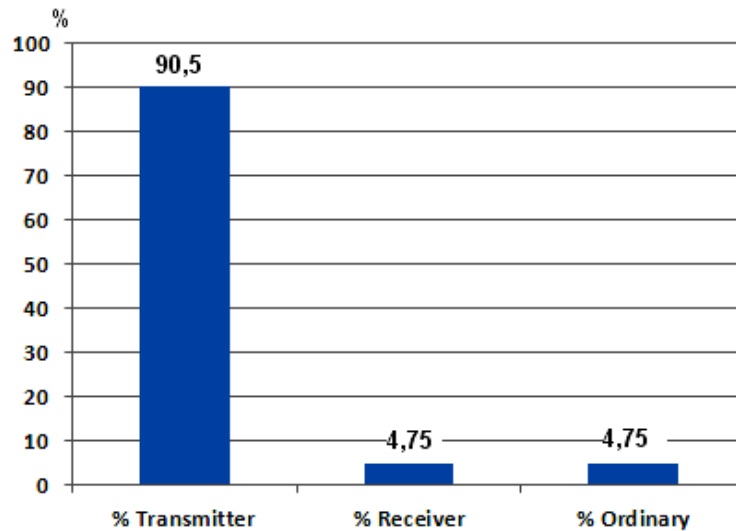


Рис. 3. Структурні характеристики НКК моделювання процесів в комбінованих електротехнологічних системах водоочистки

На базі матриці концептів НКК були розраховані функціональні індекси консонансів (Outdegree), дисонанс (Indegree) і вплив одного фактора на інший (Centrality) (рис. 4).

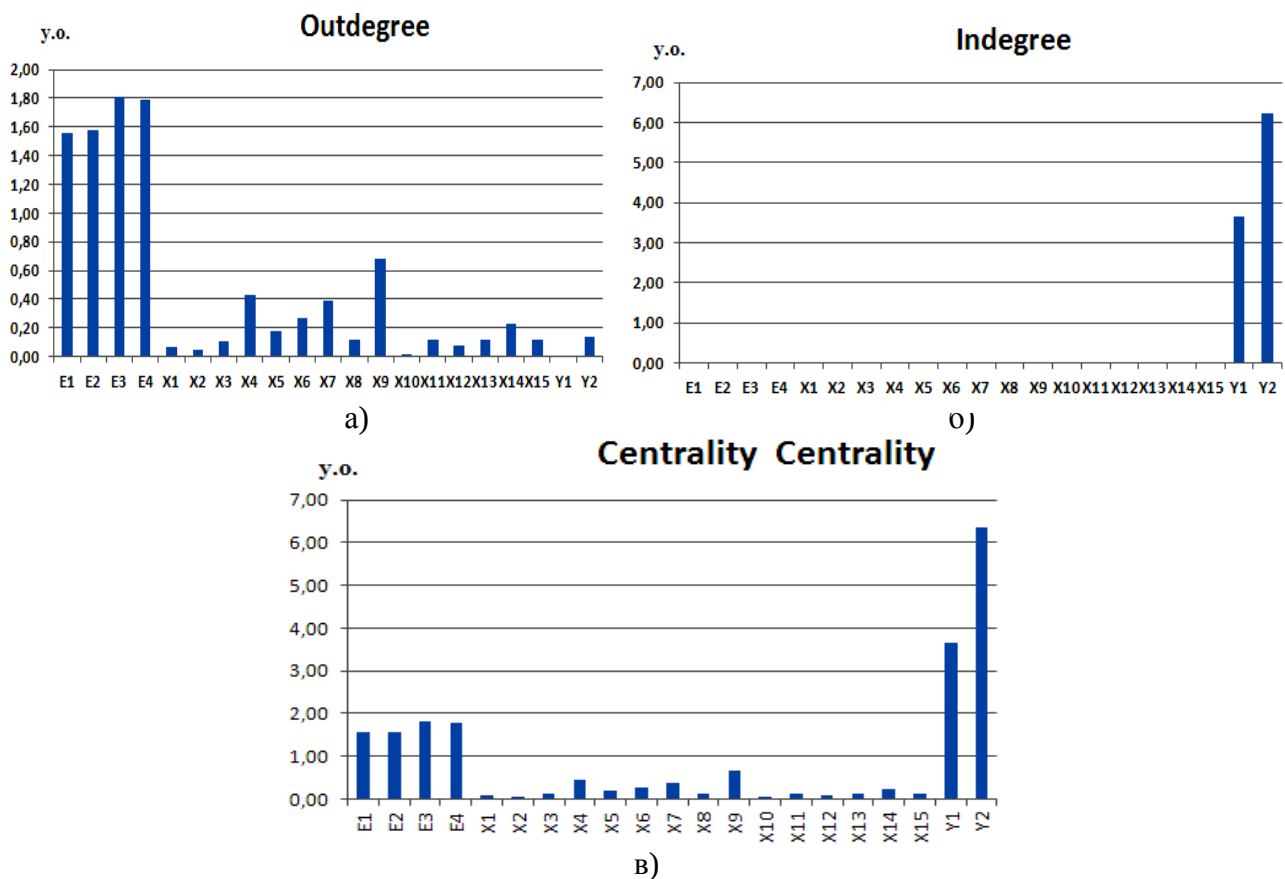


Рис. 4. Структурно-функціональні характеристики матриці концептів НКК:
а – консонанс, б – дисонанс, в – взаємовплив факторів

Імітаційні дослідження функціонування синтезованої із використанням сценарно-когнітивного моделювання енергоефективної системи управління комбінованою електротехнологічною водоочисткою (вихідні дані одержані з використанням програмного середовища FCMapper) реалізовані з використанням прикладного математичного програмного забезпечення "MatLAB Simulink" (рис. 5) [6,7,8]. Підсистеми Subsystems виконують такі завдання: *Subsystems1* – розрахунок коефіцієнта енергоефективності після розрахунку НМ-моделі процесів водоочистки; *Subsystems2* – розрахунок значення заданого значення коефіцієнта енергоефективності.

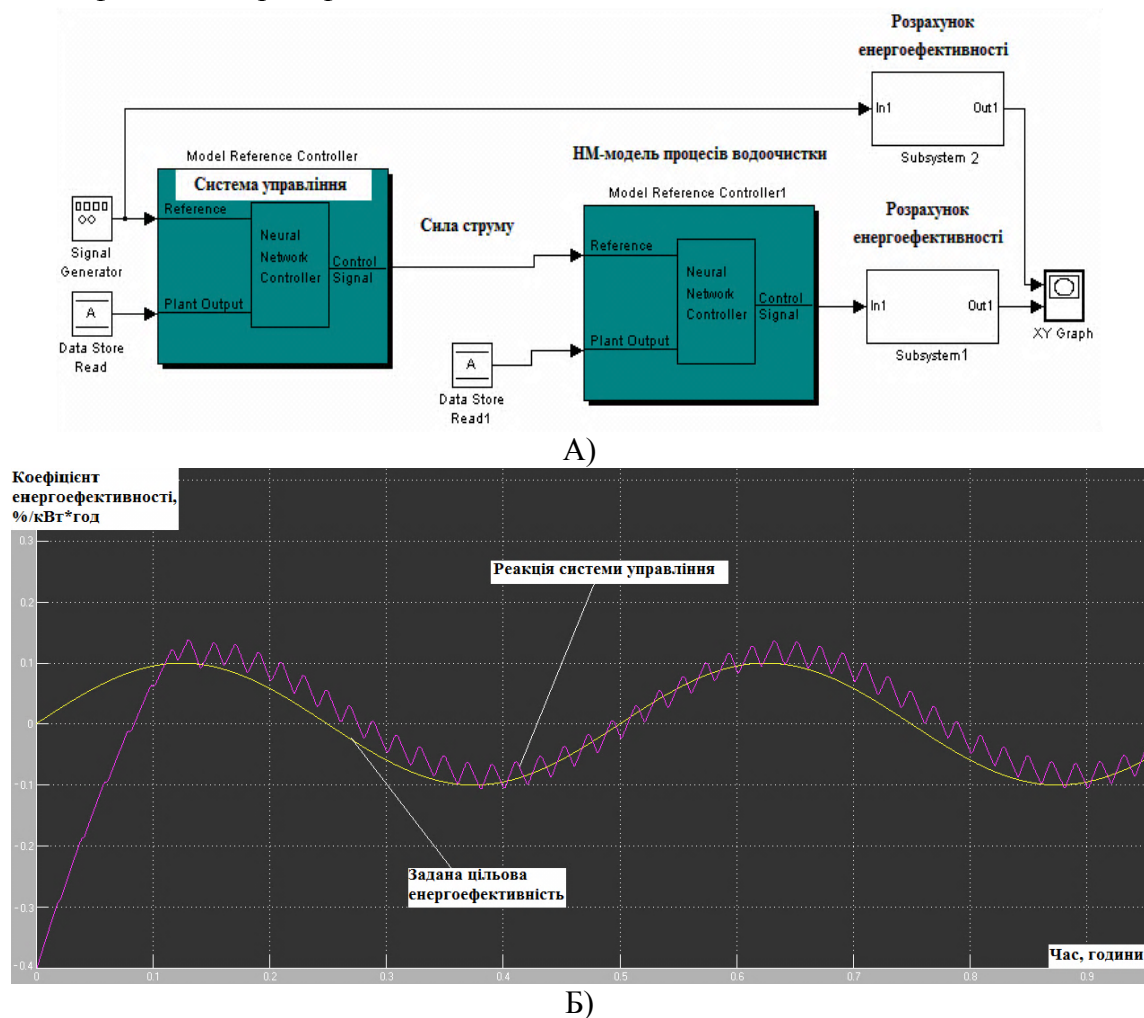


Рис. 5. Імітаційне моделювання ефективності функціонування системи управління водоочисткою: А - структура імітаційної моделі, Б - якість функціонування нейромережевої системи управління

Характеристики синтезованих інформаційно-функціональних моделей енергоефективності водоочистки відповідають технологічним вимогам і можуть бути використані у подальших дослідженнях (див. рис. 5): середньоквадратична похибка реакції системи при виході на задане значення – 3,82%.

Отже, розроблена і апробована послідовність обґрунтованих кроків включає використання інформаційно-функціональних підходів та техніко-технологічних засобів створення енергоефективних систем водоочистки. Алгоритм синтезу методу побудови відповідних інтелектуальних систем управління моделюється в уніфікованій мові

моделювання UML. Зазначаємо, що в системі задіяні люди-фахівці як експерти, що беруть участь у формуванні значень концептів НКК.

Більшість же елементів системи є зовнішніми: технічні засоби моделювання комбінованої електротехнологічної водоочистки (МКЕВ) – ТЗМКЕВ; база знань комбінованої електротехнологічної водоочистки конкретного підприємства – БЗКЕВ; математичні засоби МКЕВ (нейромережа модель – багатошаровий персептрон) – МЗМКЕВ; блок фільтрації метрологічної інформації (перетворення Гільберта-Хуанга) – БФМІ; радіально-базисна нейромережа формування значень концептів НКК отриманих від вимірювальних пристроїв – НМРБФ; нейромережа Кохонена групування концептів НКК встановлених експертами – НМК; ймовірнісна Байєсівська нейромережа визначення значень концептів НКК встановлених експертами – НМБ; нечітка когнітивна карта сценарного моделювання комбінованих електротехнологічних процесів водоочистки – НКК; база знань енергоефективного управління комбінованою електротехнологічною водоочисткою – БЗЕУ; нейромережа типу багатошаровий персептрон енергоефективного управління – НМУБП.

Розглядатимемо один із сценаріїв синтезу – «Розробка системи енергоефективного управління» (у режимі лише основного потоку подій). Основний потік подій побудови інтелектуальних систем управління комбінованою електротехнологічною водоочисткою [6, 7] має вигляд:

1. Проведення експериментальних досліджень (ТЗМКЕВ).
2. Формування бази комбінованої електротехнологічної водоочистки конкретного підприємства (БЗКЕВ) [6].
3. Створення нейромережевої моделі процесів комбінованої електротехнологічної водоочистки (МЗМКЕВ).
4. Фільтрація метрологічної інформації (БФМІ) [5].
5. Розрахунок значень концептів НКК, які будуть передаватись у систему управління від вимірювальних пристроїв (НМРБФ).
6. Формування експертами значень концептів.
7. Опрацювання концептів НКК встановлених експертами (НМК).
8. Визначення значень концептів НКК встановлених експертами (НМБ).
9. Формування НКК та проведення сценарно-когнітивного моделювання.
10. Створення БЗЕУ.
11. Синтез системи енергоефективного управління комбінованою електротехнологічною водоочисткою (НМУБП).

Розроблений метод, крім етапу проектування системи управління, забезпечує штатне функціонування із адаптацією налаштувань обладнання в режимі реального часу, оскільки періодично поновлюється база знань процесу видалення забруднювачів (БЗКЕВ), перенавчається МЗ МКЕВ, розраховуються значення концептів НКК отримуваних від вимірювальних пристроїв, переналаштовується НКК із збереженням даних у БЗЕУ, коректуються параметри НМУБП.

Безпосередньо на підприємстві не змінюються лише значення концептів пов'язаних із експертними оцінками: E_1 – технічне і технологічне оснащення установок водо очистки; E_2 – ступінь використання обладнання; E_3 – управління виробництвом. Однак, використання сучасних телекомунікаційних засобів дає можливість реалізувати віддалене одержання

метрологічної інформації експертами і, відповідно, включення до моделювання їх концептів. Тоді НМК і НМБ в режимі реального часу виконують адаптація НКК, яка, на основі сценарно-когнітивного моделювання створює базу знань для перенавчання управляючої нейромережі [7].

Такий метод дає можливість корегувати функціональні параметри електротехнологічного водоочисного обладнання у режимі реального часу та оперативно підлаштовувати його під дію нештатних ситуацій: залпових викидів забруднювачів, виходу із ладу технологічних вузлів і ін.

Висновки. Одержаний метод синтезу побудови систем управління комбінованою електротехнологічною водоочисткою стічних вод різногалузевих промислових об'єктів на основі інформаційно-функціональних моделей, метрологічної інформації та результатів функціонування обладнання на реальних підприємствах, що дає можливість розв'язати наукові завдання розроблення і впровадження системи управління у режимі реального часу на основі критеріїв енергоефективного видалення забруднювачів, включаючи нештатні ситуації.

Список використаних джерел

1. Мазоренко Д.І., Цапко В.Г., Гончаров Ф.І. та інші Інженерна екологія сільськогосподарського виробництва. – К.: Знання, 2006 – 376 с.
2. Гончаров Ф.І. Методологія підвищення екологічної безпеки об'єктів агропромислової та харчової індустрій / Ф.І. Гончаров, В.М. Штепа // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України : зб. наук. пр. / Укр. н.-д. ін-т прогноз. та випробув. техн. і технол. для с.-г. вир-ва ім. Леоніда Погорілого; ред. колегія.: В.І. Кравчук (голов. ред.) [та ін.]. – Дослідницьке (Київ. обл.): [б. в.]. – 2012. – Вип. 16 (30), кн. 2. – С. 97-104.
3. Вертай С.П. Обоснование структуры и заданий системы поддержки принятия решений обобщённой оценки перспективности инновационных технологий / С. П. Вертай, В. Н. Штепа // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК : збірник наукових праць / Національний університет біоресурсів і природокористування України ; ред. кол. С.М. Ніколаєнко (відпов. ред.) [та ін.]. – Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2016. – Вип. 240. – С. 86-93.
4. 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.
5. Штепа В. М. Оцінка енергетичних характеристик процесів очищення стічних вод агропромислових підприємств електротехнічними комплексами / В. М. Штепа // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіП України. – 2014. – Вип. 194. – Частина 3. – С. 259 – 265.
6. Штепа В. М. Обґрунтування алгоритму експериментально-аналітичних досліджень режимів електротехнічної очистки стічних вод агропромислових об'єктів з метою побудови енергоефективних систем управління / В. М. Штепа // Енергетика і автоматика, 2012-01 (11), http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia_2014_2_10.pdf

7. Штепа В.Н. Оптимизация функционирования нечетких когнитивных карт с использованием нейронных сетей (на примере управления процессами водоочистки) / В. Н. Штепа // Вестник ГГТУ имени П.О.Сухого : научно-практический журнал. – 2016. – № 4 (67). – С. 97-105.

8. Штепа В.М. Обґрунтування та розробка критерію енергоефективності функціонування електротехнологічних систем водопідготовки / В.М. Штепа, Ф.І. Гончаров, М.А. Сироватка // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК: збірник наукових праць. – Київ: НУБіПУ, 2011. – Вип. 161. – С. 187–193.

References

1. Mazorenko D. I., Tsapko V. H., Honcharov F. I. ta inshi. (2006) *Inzhenerna ekolohiya sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva*. [Agricultural Engineering Ecology] – K.: Znannya. 376 p. [in Ukrainian]

2. Honcharov F. I. (2012) *Metodolohiya pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky ob'yektiv ahropromyslovoyi ta kharchovoyi industriy* [Methodology improve the environmental safety of agricultural and food industries] F. I. Honcharov, V. M. Shtepa. Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuвання novoyi tekhniky i tekhnolohiy dlya sil's'koho hospodarstva Ukrayiny Kyiv. 16 (30), p. 97-104. [in Ukrainian]

3. Vertay S. P. (2016) *Obosnovanie struktury i zadaniy sistemyi podderzhki prinyatiya resheniy obobschyonnoy otsenki perspektivnosti innovatsionnyih tehnologiy* [Justification of the structure and tasks of the system to support the adoption of a generalized evaluation of promising innovative technology solutions] S. P. Vertay, V. N. Shtepa. Naukoviy Visnyk Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokorystuvannya Ukrayini. Kyiv. 240.p. 86-93. [in Russian]

4. Shtepa V. N. (2016) *Kontseptualnyie osnovy energoeffektivnoy sistemyi upravleniya kombinirovannymi sistemami vodoochistki* [Conceptual bases of energy-efficient control system combined water treatment systems] Izvestiya vysshih uchebnyih zavedeniy i energeticheskikh ob'edineniy SNG. Energetika: nauchno-tehnicheskyy zhurnal. № 5. p. 479 – 487. [in Russian]

5. Shtepa V. M. (2014) *Otsinka enerhetychnykh kharakterystyk protsesiv ochyshchennya stichnykh vod ahropromyslovykh pidpryyemstv elektrotekhnichnykh kompleksamy* [Evaluation of energy characteristics of wastewater treatment processes agricultural enterprises by electrotechnical complexes] Naukovyy Visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Kyiv. 194. p. 259 – 265. [in Ukrainian]

6. Shtepa V. M. (2012) *Obgruntuvannya alhorytmu eksperymental'no-analitychnykh doslidzhen' rezhymiv elektrotekhnichnoyi ochystky stichnykh vod ahropromyslovykh ob'yektiv z metoyu pobudovy enerhoefektyvnykh system upravlinnya* [Justification algorithm experimental and analytical studies of electrical regimes agricultural wastewater treatment facilities to build energy-efficient control systems] Enerhetyka i avtomatyka, 1(11), http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia_2014_2_10.pdf [in Ukrainian]

7. Shtepa V.N. (2016) *Optimizatsiya funktsionirovaniya nechetkih kognitivnykh kart s ispolzovaniem neyronnykh setey (na primere upravleniya protsessami vodoochistki)* [Optimizing the functioning of fuzzy cognitive maps using neural networks (in the example process control

purification)] Vestnik GGTU imeni P.O.Suhogo : nauchno-prakticheskiy zhurnal. № 4 (67). p. 97-105. [in Russian]

8. Shtepa V.M. (2011) *Obhruntuvannya ta rozrobka kryteriyu enerhoefektyvnosti funktsionuvannya elektrotekhnologichnykh system vodopidhotovky* [Justification and development of energy efficiency criteria for electro-technological water treatment systems] V. M. Shtepa, F. I. Honcharov, M. A. Syrovatka. Naukovyy Visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriya: Tekhnika ta enerhetyka APK. Kyiv. 161. p. 187–193. [in Ukrainian]

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКОЙ СТОЧНЫХ ВОД РАЗНООТРАСЛЕВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

ШТЕПА В.М., КАПЛУН В.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработать метод синтеза систем энергоэффективного управления комбинированными электротехнологическими системами очистки сточных вод для дальнейшего его использования при проектировании разноотраслевых промышленных объектов.

Методика. Оцениваются недостатки и преимущества построения промышленных систем водоочистки с использованием физического и математического способов моделирования соответствующих технологических процессов. Исследуются производственные факторы, которые влияют на эффективность таких процессов, на их основе формируется и анализируется структура нечеткой когнитивной карты. На основе созданной модели разрабатывается концепция адаптации значений концептов в режиме реального времени. Выполняется анализ энергоэффективности синтезированной в соответствии с выбранной концепцией системы управления очисткой промышленных сточных вод. Формируется последовательность построения соответствующих информационно-управляющих систем.

Результаты. В работе разработан метод синтеза систем энергоэффективного управления комбинированными электротехнологическими системами очистки сточных вод разноотраслевых промышленных объектов с использованием информационно-функциональных моделей.

Научная новизна. Впервые получен метод синтеза систем энергоэффективного управления комбинированными электротехнологическими системами очистки сточных вод разноотраслевых промышленных объектов на основе нейросетевого и когнитивного моделирования с использованием результатов физического моделирования, что позволило оптимизировать базовые процессы водоочистки в условиях нештатных ситуаций.

Практическая значимость. В работе разработаны структурно-функциональная схема и алгоритм синтеза систем энергоэффективного управления комбинированными электротехнологическими системами очистки сточных вод разноотраслевых промышленных объектов.

Ключевые слова: моделирование, комбинированная электротехнологическая система водоочистки, сточные воды, система управления, нейронная сеть, нечеткая когнитивная карта.

ENERGY EFFICIENT MANAGEMENT METHOD
OF COMBINED ELETRO-TECHNOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT
OF DIFFERENT-INDASTRIAL OBJECTS

SHTEPA V.N., KAPLUN V.V.

Kyiv National University of Technologies & Design

Purpose. Develop a method for the synthesis of energy-efficient control of electro-technological combined wastewater treatment system for further use in the design of different-industrial facilities.

Methods. Evaluated advantages and disadvantages of constructing industrial water treatment systems using physical modelling and mathematical methods relevant processes. Considered the production factors that influence the effectiveness of these processes and on these basis formed the structure of fuzzy cognitive map for creating model adaptation concepts in real time. Analysing energy efficiency of synthesized according to the chosen concept of management of industrial waste water purification. Formed construction sequence corresponding information and control systems.

Results. The method for the synthesis of energy efficient control of electro-technological combined wastewater treatment system for further use in the design of different-industrial facilities using information and functional models.

Originality. Developed a method for the synthesis of energy-efficient control of electro-technological combined wastewater treatment system for further use in the design of different-industrial facilities based on the neural grids and cognitive modelling results using physical modeling, enabling optimized purification basic processes in terms of emergency situations.

The practical significance. The structural and functional circuit and algorithm synthesis of energy-efficient control systems electro-technological combined wastewater different-industrial facilities.

Keywords: modelling, combined electro-technological water treatment system, wastewater, management system, neural network, fuzzy cognitive map.

УДК 621.315.2.016.2

ЛОБОДЗИНСЬКИЙ В.Ю.

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

АНАЛІЗ ПЕРЕНАПРУГ ТА СТРУМІВ ОДНОРІДНОЇ ДОВГОЇ ЛІНІЇ ПРИ НЕСИМЕТРИЧНИХ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ

Мета. Аналіз впливу перенапруг при несиметричних коротких замиканнях в однорідних довгих лініях.

Методика. В основу роботи покладені чисельні методи розрахунку розподілу напруг та струмів по лінії при коротких замиканнях.

Результати. Розроблена чисельна методика дозволяє розраховувати та аналізувати підвищення напруги при несиметричних коротких замиканнях для рішення питань безпеки експлуатації елементів електропередачі.

Наукова новизна. Визначено відношення модулів струму несиметричного короткого замикання до модуля струму трифазного короткого замикання та модулів напруги на непошкоджених фазах до модуля напруги в точці короткого замикання в попередньому (усталеному) режимі від різних вхідних опорів прямої та нульової послідовності.

Практична значимість. Розроблена методика чисельного розрахунку розподілу напруги та струму по лінії при короткому замиканні та виведені розрахункові вирази для аналізу та способу обмеження перенапруг та струмів при несиметричних коротких замиканнях.

Ключові слова: напруга, струм, однорідна довга лінія, короткі замикання, перенапруга.

Вступ. Квазістаціонарні перенапруги в електропередачах високого класу напруг можуть виникати як в режимах примикання високовольтних ліній к системам, так і в режимах їх живлення з однієї сторони, наприклад при синхронізації системи, до якої підключена лінія або в стаціонарних режимах, які відповідають плановому чи аварійному відключенню лінії. Основні співвідношення, які визначають стаціонарний режим роботи довгої однопровідної лінії електропередач, можуть бути отримані на основі рівнянь однорідної ділянки [1]. Ці співвідношення будуть справедливими і при розгляданні процесів в будь-якому модальному каналі трифазної лінії електропередачі. При нехтуванні активними опорами рівняння лінії можна записати у наступному вигляді:

$$\dot{U}_n = \dot{U}_k \cos \lambda + j \dot{Z}_g \dot{I}_k \sin \lambda; \quad \dot{I}_n = \dot{I}_k \cos \lambda + j \frac{\dot{U}_k}{\dot{Z}_g} \sin \lambda$$

де $\dot{U}_n$, $\dot{U}_k$, $\dot{I}_n$, $\dot{I}_k$ – комплекси напруг та струмів на початку і в кінці лінії;

$\dot{Z}_g$ – хвильовий опір;

λ – хвильова довжина лінії;

L , C погонні індуктивності та ємності лінії.

Аналіз несиметричних режимів однорідних довгих ліній може бути проведений в різних системах координат. Дослідження несиметричних режимів базується на вирішенні рівнянь лінії та крайових умов, які описують вид несиметрії в тій чи іншій точці, записаних відносно фазних величин струмів та напруг. При цьому, раціональність цього підходу залежить від типу задачі, що вирішується [2]. Крайові умови у несиметричному режимі, найпростіше записувати у фазних координатах [3, 4].

Тому, при відносно простих випадках несиметрії найбільш прості випадки рішення задачі може бути отримані при записі рівнянь елементів лінії та крайових умов в незалежних режимних координатах. При складних видах несиметрії найбільш простий шлях рішення полягає у безпосередньому використанні фазних координат. Останній шлях дозволяє також записувати рішення при різних видах несиметрії та в значній мірі формалізувати рішення, які особливо істотно застосовуються при використанні обчислювальної техніки [5].

Постановка завдання. В статті розглядається аналіз впливу перенапруг при несиметричних коротких замиканнях (КЗ) в однорідних довгих лінях для оцінки небезпеки виникаючих перенапруг для ізоляції елементів електропередачі, а також розробка методики чисельного розрахунку розподілу напруги та струму по лінії при КЗ та доведення розрахункових виразів до виду, за допомогою яких можливе ефективне програмування з використанням сучасної комп'ютерної техніки.

Результати дослідження. Рівняння електропередачі, яка представлена на рис.1, можуть бути отримані шляхом компонування розрахункових рівнянь елементів лінії у фазних координатах [6]. При прийнятих на рис. 1 позначеннях маємо систему

$$\begin{cases} \dot{E}_n = \dot{U}_n + jX_n \dot{I}_{n-} \\ \dot{I}_{n-} = -\dot{I}_{n+} - jB_{pn} \dot{U}_n \\ \dot{U}_n = A_x \dot{U}_x + jB_x \dot{I}_{x-} \\ \dot{I}_{n+} = -A_x \dot{I}_{x-} - jC_x \dot{U}_x \end{cases}$$

де струми з індексами «-» та «+» позначають відповідні величини струмів зліва та справа від будь-якого поперечного відгалуження;

A_x , B_x , C_x – постійну ділянки лінії від її початку до точки з напругою $\dot{U}_x$;

$B_{pn} = 1/X_p$ – провідність реактора.

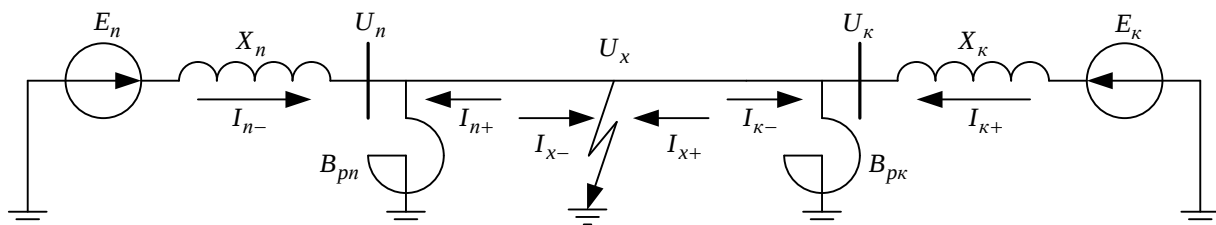


Рис. 1. Розрахункова схема електропередачі при несиметричному КЗ

Якщо права частина електропередачі, відносно точки x , має той же вигляд, що і рис. 1 для її лівої частини, то схема заміщення всієї електропередачі при несиметричному КЗ в точці x буде мати вигляд, приведений на рис. 2, де $\dot{U}_x$ – напруга в точці лінії зі сторони приймача при повному розриві лінії в цій точці

$$\dot{E}_{ek} = \left[(1 + X_k B_{pk}) A_{l-x} - X_k C_{l-x} \right]^{-1} \dot{E}_k,$$

а Z_{x-k} вхідний опір правої частини схеми відносно точки x

$$Z_{x-k} = j \left[(1 + X_k B_{pk}) A_{l-x} - X_k C_{l-x} \right]^{-1} \left| (1 + X_k B_{pk}) B_{l-x} - X_k A_{l-x} \right|$$

де A_{l-x} , B_{l-x} , C_{l-x} – постійні правої частини лінії відносно точки КЗ.

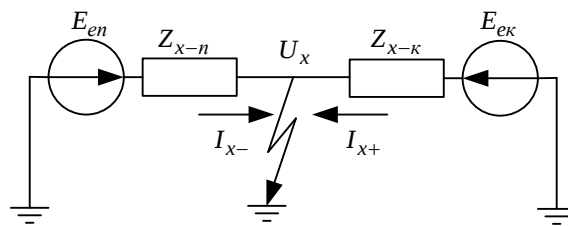


Рис. 2. Схема заміщення при несиметричному КЗ

Для визначення струму КЗ $\dot{I}_x = \dot{I}_{x-} + \dot{I}_{x+}$ та напруг на непошкоджених фазах скористаємось рівняннями

$$\dot{E}_{en} = \dot{U}_x + Z_{x-n} \dot{I}_{x-}; \quad \dot{E}_{ek} = \dot{U}_x + Z_{x-k} \dot{I}_{x+} \quad (1)$$

Розподіл напруги по лінії при КЗ у деякій точці x знайдемо наступним чином. Напруга у точці у лінії, розташована зліва або справа від точки КЗ, і визначається відповідним рівнянням

$$\dot{U}_y = A_{xy} \dot{U}_x + jB_{xy} \dot{I}_{x-}, \quad \dot{U}_y = A_{xy} \dot{U}_x + jB_{xy} \dot{I}_{x+} \quad (2)$$

де A_{xy} , B_{xy} – постійні ділянки лінії між точкою КЗ та точкою лінії у якій визначається напруга.

В останні вирази підставимо значення струмів $\dot{I}_{x-}$ та $\dot{I}_{x+}$, отримаємо:

значення напруги для лівої ділянки відносно точки КЗ

$$\dot{U}_y = (A_{xy} + jB_{xy} Z_{x-n}^{-1}) \dot{U}_x + jB_{xy} Z_{x-n}^{-1} \dot{E}_{en} \quad (3)$$

значення напруги для правої ділянки відносно точки КЗ

$$\dot{U}_y = (A_{xy} + jB_{xy} Z_{x-k}^{-1}) \dot{U}_x + jB_{xy} Z_{x-k}^{-1} \dot{E}_{ek} \quad (4)$$

У виразах (3) та (4) напруга $\dot{U}_x$

$$\dot{U}_x = (YK_u + K_i Y_x)^{-1} K_i Y_x \dot{U}_x^n \quad (5)$$

де Y – діагональна матриця одиничних активних провідностей;

$Y_x = Z_{x-n}^{-1} + Z_{x-k}^{-1}$ – матриця провідностей всієї електропередачі відносно точки КЗ;

K_u , K_i – матриці комутацій по напрузі та струму;

$\dot{U}_x^n$ – напруга попереднього (усталеного) режиму до КЗ, яку знаходимо, підставляючи крайові умови $\dot{I}_{x-} = -\dot{I}_{x+}$ ($\dot{I}_x = 0$) у рівняння (2)

$$\dot{U}_x^n = Y_x^{-1} (Z_{x-n}^{-1} \dot{E}_{en} + Z_{x-k}^{-1} \dot{E}_{ek})$$

Струм КЗ, знайдемо шляхом виразу з (1) струмів

$$\dot{I}_{x-} = Z_{x-n}^{-1} (\dot{E}_{en} - \dot{U}_x); \quad \dot{I}_{x+} = Z_{x-k}^{-1} (\dot{E}_{ek} - \dot{U}_x)$$

отже

$$\dot{I}_x = \dot{I}_{x-} + \dot{I}_{x+} = [1 - Y_x (YK_u + K_i Y_x)^{-1} K_i] Y_x \dot{U}_x^n \quad (6)$$

Розглянемо випадки однофазного, двофазного на землю та між фазами (без землі) короткого замикання, розрахункові формули (5) та (6) будуть видозмінюватись в залежності від граничних умов та виду матриць комутацій K_u , K_i для різних видів КЗ.

При однофазному короткому замиканні (фаза a):

$$\dot{I}_{a,x} = \frac{3\dot{U}_{a,x}^n}{2Z_x + Z_{0x}}, \dot{I}_{b,x} = \dot{I}_{c,x} = 0$$

$$\dot{U}_{a,x} = 0, \dot{U}_{b,c,x} = -\left(\frac{3}{2} \frac{Z_{0x}}{2Z_x + Z_{0x}} \pm j \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \dot{U}_{a,x}^n$$

де Z_x та Z_{0x} – входні опори прямої та нульової послідовності електропередачі відносно точки КЗ.

При $\operatorname{Re} Z_x = \operatorname{Re} Z_{0x} = 0$ модулі напруг на пошкоджених фазах у точці КЗ рівні

$$U_{b,x} = U_{c,x} = \frac{\sqrt{3(m^2 + m + 1)}}{2 + m} U_{a,x}^n$$

а співвідношення струму однофазного КЗ до струму трифазного КЗ в тій же точці x рівне

$$\frac{I_{a,x}^{(1)}}{I_{a,x}^{(3)}} = \frac{3}{2 + k}$$

де $k = \frac{Z_{0x}}{Z_x}$.

При двофазному короткому замиканні на землю (фаз b та c):

$$\dot{I}_{a,x} = 0, \dot{I}_{b,c,x} = -\left(\frac{3}{2} \frac{1}{2Z_{0x} + Z_x} \pm j \frac{\sqrt{3}}{2Z_x}\right) \dot{U}_{a,x}^n$$

$$\dot{U}_{a,x} = \frac{3Z_{0x}}{2Z_{0x} + Z_x} \dot{U}_{a,x}^n, \dot{U}_{b,x} = \dot{U}_{c,x} = 0$$

При $\operatorname{Re} Z_x = \operatorname{Re} Z_{0x} = 0$ співвідношення модулів струмів двофазного КЗ на землю та трифазного КЗ рівне

$$\frac{I_{b,x}^{(2)}}{I_{b,x}^{(3)}} = \frac{I_{c,x}^{(2)}}{I_{c,x}^{(3)}} = \frac{\sqrt{3(m^2 + m + 1)}}{2m + 1}$$

а модуль напруги на непошкодженій фазі в точці КЗ буде

$$U_{a,x} = \frac{3m}{2m + 1} U_{a,x}^n$$

Двофазне коротке замикання без землі (між фазами b та c):

$$\dot{I}_{a,x} = 0, \dot{I}_{b,x} = -\dot{I}_{c,x} = -j \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\dot{U}_{a,x}^n}{Z_x}$$

$$\dot{U}_{a,x} = \dot{U}_{a,x}^n, \dot{U}_{b,x} = \dot{U}_{c,x} = -\frac{1}{2} \dot{U}_{a,x}^n$$

На рис. 3 показані залежності від параметру k співвідношення модулів струму несиметричного короткого замикання до модуля струму трифазного короткого замикання, а також співвідношення відповідних модулів напруг на непошкоджених фазах в точці КЗ до модуля напруги в тій же точці у попередньому режимі до КЗ.

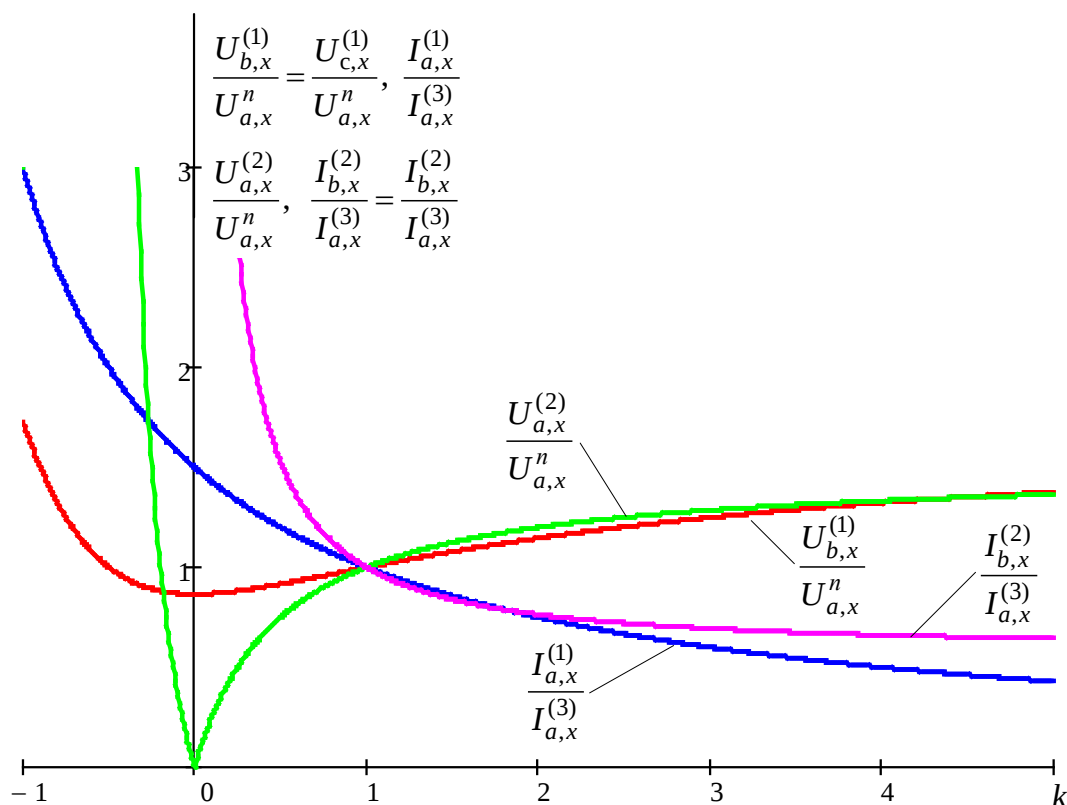


Рис 3. Залежності відношень модулів струмів та напруг

Із рис. 3 видно, що найбільшу небезпеку при виникненні перенапруги при несиметричних КЗ являють собою випадки, коли вхідні опори електропередачі прямої та нульової послідовності відносно точки КЗ мають протилежні знаки. Останнє, має місце при короткому замиканні в кінці, хвильова довжина нульової послідовності якої істотно перевищує хвильову довжину прямої послідовності, в результаті чого вхідний опір нульової послідовності відносно точки КЗ може мати ємнісний характер, тоді як вхідний опір прямої послідовності індуктивний характер. Умови, близькі до резонансних, можуть виникати при живленні від систем малої потужності.

Висновок. Чисельна методика дозволяє розраховувати та аналізувати підвищення напруги при несиметричних коротких замиканнях, які можуть представляти небезпеку для обладнання підстанцій при тривалій дії такого режиму. Очевидно, що підвищення напруг при таких режимах повинні враховуватися при врахуванні квазістаціонарних складових перехідних процесів, які супроводжуються комутаціями, пов'язаних з виникненням та ліквідацією коротких замикань на лініях електропередачі.

Використання розробленої методики дозволяє аналізувати різні режими роботи ліній та оцінювати необхідні параметри засобів захисту в аварійних режимах.

Список використаної літератури

1. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники: в 3-х т. / Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. – СПб.: Питер, 2003. – Т.3 – 377 с.
2. Левинштейн М.Л. Операционное исчисление в задачах электротехники: изд. 2-е, доп. / Левинштейн М.Л. – Л.: Энергия, 1972. – 360 с.

3. Безносова О.И. Обобщенный подход к моделированию электрических цепей с разнородными элементами / О.И. Безносова, Э.П. Семагина // Наукові праці ДонНТУ. – 2010. – №11(164). – С. 147-153.
4. Semagina E.P. Nransmission line analysis via Taylor series / E.P. Semagina, O.I. Beznosova // International journal of Circuit Theory and Application. – 1992. – 20. – pp 371-386.
5. Костенко М.В. Перенапряжения и защита от них в воздушных и кабельных электропередачах высокого напряжений / Костенко М.В., Кадомская К.П., Левинштейн М.Л., Ефремов И.А. – Л.: Наука, 1988. – 302 с.
6. Lobodzinskiy V. Mathematical modeling of the three-phase high-voltage cable lines under the theory of multiterminal networks / V. Lobodzinskiy, L. Maslak // Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE), 2015 16th International Conference on. – IEEE, 2015. – pp. 96-98.

References

1. Demyrchian K.S. Teoretycheskye osnovi elektrotekhniki: v 3-kh t. [Theoretical Foundations of Electrical Engineering] / Demyrchian K.S., Neiman L.R., Korovkyn N.V., Chechurn V.L. – SPb: Piter, 2003. T.3 – 377 s.
2. Levinshteyn M.L. Operatsyonnoe yschyslenye v zadachakh elektrotekhniki: yzd. 2-e, dop [Operational calculus in electrical engineering problems] / Levinshteyn M.L. – L.: Energiya, 1972. – 360 s.
3. Beznosova O.Y. Obobshchenniy podkhod k modelyrovaniyu elektrycheskykh tsepei s raznorodnymi elementamy [A generalized approach to modeling electrical circuits with different elements] / O.Y. Beznosova, E.P. Semahyna // Naukovi pratsi DonNTU. – 2010. – №11(164). – s. 147-153.
4. Kostenko M.V. Perenapryazheniya i zaschita ot nih v vozdushnyih i kabelnyih elektroperedachah vyisokogo napryazheniya [Overvoltage and protection against them in the overhead power line and cable transmission of high voltage] / Kostenko M.V., Kadomskaya K.P., Levinshteyn M.L., Efremov I.A. – L.: Nauka, 1988. – 302 s.
5. Lobodzinskiy V., Maslak L. Mathematical modeling of the three-phase high-voltage cable lines under the theory of multiterminal networks // Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE), 2015 16th International Conference on. – IEEE, 2015. – s. 96-98.

АНАЛИЗ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ ОДНОРОДНОЙ ДЛИННОЙ ЛИНИИ ПРИ НЕСИМЕТРИЧЕСКИХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ ЛОБОДЗИНСКИЙ В.Ю.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени
Игоря Сикорского»

Цель. Анализ влияния перенапряжений при несимметрических коротких замыканиях в однородных длинных линиях.

Методика. В основе работы используются численные методы расчета распределения напряжений и токов по линии при коротких замыканиях.

Результаты. Разработанная численная методика позволяет рассчитывать и анализировать повышение напряжения при несимметричных коротких замыканиях для решения вопросов безопасности эксплуатации элементов электропередачи.

Научная новизна. Определено отношение модулей токов несимметричных коротких замыканий к модулю тока трехфазного короткого замыкания и модулей напряжения на неповрежденных фазах к модулю напряжения в точке короткого замыкания в предшествующем режиме от разных входных сопротивлений прямой и нулевой последовательности.

Практическая значимость. Разработана методика численного расчета распределения напряжения и тока по линии при коротком замыкании та выведены расчетные выражения для анализа и способа ограничения перенапряжений и токов при несимметричных коротких замыканиях.

Ключевые слова: напряжение, ток, однородная длинная линия, короткие замыкания, перенапряжения.

ANALYSIS OF OVERLOADS AND CURRENTS OF A HOMOGENEOUS LONG LINE IN NONSYMMETRIC SHORT CIRCUITS LOBODZINSKIY V.U.

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

Purpose. The analysis of overvoltage impact on homogeneous long lines during asymmetric short-circuit.

Methodology. The research is based on numerical calculation methods of voltage and current distribution on the lines during short-circuit.

Findings. Developed numerical method allows to calculate and analyze the voltage increasing during asymmetric short-circuits for security solutions of power transmission elements exploitation.

Originality. The relations between current modulus of asymmetric short-circuit and current modulus of three-phase short-circuit and between voltage modulus of undamaged phases and voltage modulus in a point of short-circuit in steady regime from different input resistances of direct- and zero-sequence were found.

Practical value. Numerical calculation method of voltage and current distribution on line during short-circuit were developed. Also calculated formulas were derived for analysis and limitation of overvoltage and current during asymmetric short-circuit.

Keywords: voltage, current, uniform transmission lines, short circuit, overvoltage .

УДК 546.123.2:548.55

ЛИСІН В.І.¹, МАКЄЄВА І.С.², КОВАЛЕНКО І.В.¹

¹Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”

²Київський національний університет технологій та дизайну

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ ЯК МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СКЛАДОВОЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ РОЗПЛАВІВ

Мета. полягала у визначенні з поляризаційних кривих розплавів з іонно-електронною електропровідністю величин її електронної складової (шляхом оцінки залишкових струмів), співставлення її зі значеннями іонної частки електропровідності і на основі одержаних даних – приходу до висновку про можливість ефективного електрохімічного розкладу розплаву, а також - про можливість застосування цього методу для інших розплавів зі змішаною іонно-електронною провідністю.

Методика. Халькогеніди талію одержували при безпосередній взаємодії простих речовин; хлорид талію осаджувався з розчину нітрату талію хлоридом амонію; як йодид талію використовувався продажний препарат кваліфікації „чда”; для зняття поляризаційних кривих використовувався потенціостат ПИ-50-1.1; іонна частка електропровідності розраховувалась за методикою, описаною в [4] в гальваностатичному режимі; залишкові струми визначались при потенціалах, що відповідали зламам на поляризаційних кривих.

Результати. На основі визначення з вольт-амперних кривих величин залишкових струмів були встановлені значення електронних складових електропровідності досліджених модельних розплавів з іонно-електронною провідністю. Одержані величини електронного внеску в електропровідність повністю узгоджуються із значеннями іонної частки провідності, визначеними за іншою методикою. Таким чином, вольтамперометрію можна успішно застосовувати для оцінки співвідношення іонної і електронної складових провідності розплавів.

Наукова новизна. Вперше, виходячи з аналізу вольт-амперних кривих, були встановлені величини електронних складових електропровідності розплавів зі змішаною іонно-електронною провідністю.

Практична значимість. даний метод може стати в нагоді при приведенні розплавів з іонно-електронною провідністю до „області електрохімічної ефективності”, тобто до області складів систем (зі змішаною провідністю), в якій можливий ефективний електрохімічний розклад, що, внаслідок електролізу, приведе до одержання кольорових металів з достатнім виходом за струмом.

Ключові слова: вольтамперометрія, залишкові струми, електронний внесок.

Вступ. Змішана іонно-електронна провідність виявлена у великого числа розплавлених сполук важких металів з киснем, сульфуром, селеном і телуrom [1]. За своєю природою оксиди і халькогеніди металів знаходяться в проміжку між інтерметалідами, в яких переважає електронна провідність, і галогенідами металів – типовими електролітами. Електронна провідність, поряд з переважаючою іонною, в незначному ступені проявляється і в галогенідних сполуках металів [2]. Більшість оксидів і халькогенідів металів мають проміжний іонно-ковалентний тип хімічного зв'язку з певною домішкою металічної складової, що і є причиною виникнення змішаної іонно-електронної провідності.

А.А.Велікановим [1] був показаний взаємозв'язок різних механізмів переносу зарядів в халькогенідних розплавах, а також характер зміни їх провідності з температурою і складом.

Цей взаємозв'язок автор відобразив в запропонованому терміні рідкі „поліфункціональні провідники” (ПФП).

З точки зору можливості проведення електролізу розплави, що мають значну електронну провідність, електрохімічно малоефективні. Тому, наприклад, для кольорової металургії, основу сировини якої складають сульфідні руди, вивчення можливості управління природою провідності ПФП з метою підвищення їх „електрохімічної ефективності” представляє не тільки науковий, але і практичний інтерес. Трансформація електропровідності може здійснюватись шляхом введення в досліджуваній розплав, що має певну частку електронної провідності, спеціальних добавок, які називають гетерополярними (ГД), з метою посилення іонності розплаву. Як ГД застосовуються речовини, що мають переважно іонну природу, іонну провідність і які утворюють гомогенну фазу з вихідними іонно-електронними провідниками. А.А.Веліканов ввів поняття „області електрохімічної ефективності” [1], тобто області складів систем ПФП – ГД, де найбільш повно подавлена електронна складова електропровідності і можливе ефективне проведення електролізу. Поляризаційні криві в цьому випадку мають чіткі злами, що свідчить про хімічну поляризацію електродів, а електроліз виявляється ефективним і веде до виділення металу з достатнім виходом за струмом. Ступінь гетерополярності сполук, які входять до складу розплавів систем ПФП – ГД повинен впливати на перенос зарядів і вигляд вольтамперних характеристик досліджуваних систем.

Характерною особливістю багатьох вольт-амперних кривих розплавів є наявність припіднятості по осі струмів їх первинних ділянок, так званих „залишкових струмів”, особливо помітних для розплавів зі змішаною іонно-електронною провідністю. Ю.К.Делімарський [3] пов'язує виникнення залишкових струмів з розрядом домішок в розплаві, з взаємодією продуктів електролізу з речовиною електроду або з електролітом, розрядом іонів, які мають різну енергію, зовсім не беручи до уваги наявності електронної складової провідності.

Як показали попередні дані по вольтамперометрії розплавів систем ПФП – ГД, всі поляризаційні криві мають області залишкових струмів, пропорційні величині електронного внеску в електропровідність. Тому представляло значний інтерес, застосувавши метод вольтамперометрії, визначити за поляризаційними кривими модельних систем значення залишкових струмів, співставити їх з величинами іонних (електронних) часток провідності і спрогнозувати ефективність проведення електролізу розплаву з метою одержання кольорового металу. Обов'язковою умовою використання цих систем є наявність в них співвимірних електронного і іонного внесків в провідність. Як модельні були обрані системи на основі халькогенідів і галогенідів талію. Такий вибір обумовлений (крім вказаної вище вимоги) відносно невисокими температурами плавлення систем, і гомогенністю розплавів на всьому інтервалі складів систем ПФП – ГД. Аналогічний підхід для визначення можливості електрохімічного вилучення кольорових металів з іонно-електронних розплавів доцільно застосувати для систем з іншою хімічною природою компонентів.

Постановка завдання. Метою роботи є визначення з поляризаційних кривих розплавів з іонно-електронною електропровідністю величин її електронної складової (шляхом оцінки залишкових струмів), співставлення її зі значеннями іонної частки електропровідності і на основі одержаних даних приходу до висновку про можливість

ефективного електрохімічного розкладу розплаву, а також про можливість застосування цього методу для інших розплавів зі змішаною іонно-електронною провідністю.

Сульфід талію (Tl_2S) одержували сплавленням розрахованих кількостей Tl_2S_3 і металічного талію. Tl_2S_3 готувався з елементарного талію марки „ТУ – 000” і сірки кваліфікації „осч” безпосереднім сплавленням розрахованих кількостей компонентів при температурі, що не перевищувала 573 К. При цій температурі зразок витримувався протягом декількох годин при енергійному струшуванні.

Моноселенід талію (Tl_2Se) одержано безпосереднім сплавленням елементарних речовин, взятих в суворо стехіометричному співвідношенні (Se – кваліфікації „осч”).

Хлорид талію ($TlCl$) осаджувався з розчину нітрату талію кваліфікації „чда” хлоридом амонію тієї ж кваліфікації, висушувався над фосфорним ангідридом і переплавлявся в кварцовому реакторі в середовищі аргону.

Як йодид талію (TlI) використовувався препарат кваліфікації „хч”, попередньо переплавлений в інертному середовищі.

Для зняття поляризаційних кривих використовувався потенціостат ПИ – 50 – 1.1.

Швидкість розгортки потенціалу – 40 мВ/с. Вимірювання проводились в трьохелектродній комірці. Робочий електрод являв собою графіт, щільно запресований в алундову трубку діаметром 2 мм і ретельно зашліфований з торця. При знятті серії кривих для кожної температури поверхня робочого електроду поновлювалась механічно. Відстань між електродами фіксувалась стінками скловуглецевого тигля, що грав роль допоміжного електроду і містив розплав, і була постійною в усіх дослідях. Комірка вміщувалась в кварцовий реактор, де створювалась інертне середовище аргону. Температура визначалась за допомогою платина-платинородієвої термопари.

Іонна частка електропровідності розраховувалась за методикою, описаною в [4] в гальваностатичному режимі.

Залишкові струми визначались при потенціалах, що відповідали зламам на поляризаційних кривих.

Результати досліджень. В роботі досліджено зв’язок між характером катодних поляризаційних кривих і іонною часткою електропровідності в халькогенід-галогенідних розплавах на основі талію.

Як слідує з представлених на рис. 1 кривих, катодна поляризація для розплавів системи Tl_2S – TlI , які містять 20 – 50 мол.% TlI , проявляється незначно: злами на кривих виражені досить слабо, залишкові струми досягають величин порядку тисячі А/м², що як і у випадку системи Tl_2Se – TlI , обумовлено суттєвим електронним внеском в провідність вказаних розплавів. При вмісті TlI в розплаві 60 мол.% і більше перегини на кривих стають більш чіткими, залишкові струми значно зменшуються – до сотень А/м². Таким чином, по мірі посилення гетерополярності середовища і подавлення електронної провідності поляризаційні криві все більше приймають вигляд, характерний для розплавлених електролітів. Аналогічний хід зміни вигляду поляризаційних кривих простежується і для системи Tl_2S – $TlCl$. В усіх досліджуваних системах роль ПФП грав халькогенід талію, а ГД – його галогенід.

Вплив температури на характер катодної поляризації цілком однозначний: злами на катодних кривих стають все менше чіткими внаслідок зростання залишкових струмів.

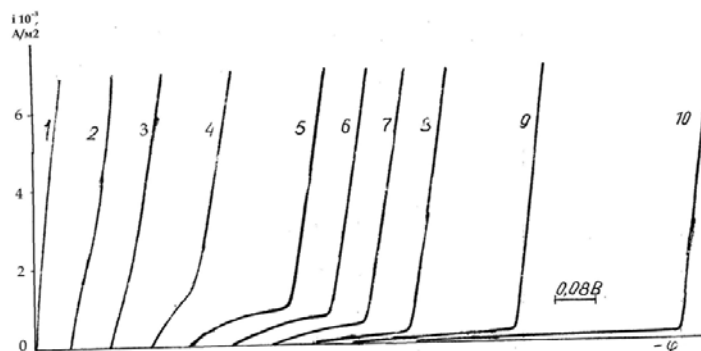


Рис.1. Катодні поляризаційні криві розплавів системи $Tl_2S - TlI$: 1 – 20; 2 – 30; 3 – 40; 4 – 50; 5 – 60; 6 – 70; 7 – 80; 8 – 90; 9 – 96; 10 – 100 мол.% TlI , $T = 765\text{ K}$

Ступінь гетерополярності сполук, що входять до складу халькогенід-галогенідних розплавів повинен впливати на перенос зарядів і вигляд поляризаційних характеристик досліджуваних систем. Очевидно, що розглянуті системи по збільшенню ступеню подавлення електронної складової (виходячи з величин іонних часток індивідуальних халькогенідів і гетерополярності іон-провідних добавок) можна розташувати в наступний ряд: $Tl_2Se - TlI$, $Tl_2S - TlI$, $Tl_2S - TlCl$. З таким розташуванням повністю узгоджується вигляд поляризаційних кривих і величини іонних часток провідності для області складів, де найбільш яскраво простежується процес трансформації природи провідності із збільшенням вмісту ГД, про що свідчать дані, наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Величини залишкових струмів ($i_{\text{зал.}}$) і іонні частки провідності (v_i) розплавів халькогенід – галогенід талію при 753 K

Система x, мол.% ГД	$Tl_2Se - TlI$		$Tl_2S - TlI$		$Tl_2S - TlCl$	
	$i_{\text{зал.}} \cdot 10^{-3}, \text{A/m}^2$	$v_i, \%$	$i_{\text{зал.}} \cdot 10^{-3}, \text{A/m}^2$	$v_i, \%$	$i_{\text{зал.}} \cdot 10^{-3}, \text{A/m}^2$	$v_i, \%$
50	5,0	60	1,2	86	1,1	88
60	3,0	80	0,9	90	0,7	92
70	2,0	89	0,7	95	0,6	96

Як свідчать дані таблиці, величини залишкових струмів закономірно зменшуються в даному ряді систем для всіх наведених складів (x) при одночасному збільшенні іонної частки провідності, що особливо помітно при аніонній заміні в халькогеніді (Se на S).

Таким чином, кривим катодної поляризації, одержаним в системах $Tl_2Se - TlI$, $Tl_2S - TlI$, $Tl_2S - TlCl$, властиві загальні риси, що визначаються особливостями транспорту струму в халькогенід-галогенідних розплавах, а саме, ступенем і характером впливу ГД – галогеніду талію. При відносно великих його вмістах властивості відповідних розплавів як іонпровідних об'єктів проявляються у вигляді чітко фіксованої електродної поляризації. В даних областях складів катодні поляризаційні криві за своїм загальним виглядом і характером функціональної залежності від густини струму і температури тотожні поляризаційним кривим, які спостерігаються в чисто іонних розплавах. Ці дані добре корелюють з даними по іонним часткам провідності розплавів досліджуваних систем і підтверджують висновки про подавлення електронного внеску в провідність. Характерною рисою даних розплавів є наявність на початкових ділянках поляризаційних кривих залишкових струмів у всій області досліджуваних розплавів. Їх значення зростають по мірі збагачення розплавів

халькогенідами талію, а також при підвищенні температури. Обговорюючи причини існування залишкових струмів, обумовлених наявністю певної електронної провідності, слід мати на увазі значну частку ковалентності в хімічному зв'язку метал – халькоген і відносно низьку термічну стійкість халькогенідних сполук [5]. Поява ж в розплаві навіть незначного надлишку до стехіометрії того чи іншого компонента веде до можливості здійснення електронних переходів, що фактично відповідає наявності в розплаві делокалізованих електронів. Не виключене також існування електронних струмів, обумовлених частковим розривом хімічних зв'язків метал – халькоген, а також дією зв'язків метал – метал. Збільшення концентрації сульфідів талію до 40 мол.%, а селенідів до 30 мол.% веде лише до незначного зростання ділянок залишкових струмів. В зв'язку з цим можна вважати, що при даних співвідношеннях концентрацій халькогенідів і галогенідів талію зберігається його близький до критичного вплив, який обумовлює подавлення неіонного внеску в провідність.

При подальшому збідненні розплавів гетерополярною добавкою має місце різке зростання залишкових струмів і згладжування перегинів на кривих аж до їх повного зникнення. Для таких складів на відповідних ізотермах іонної частки і електропровідності спостерігаються, відповідно, різке падіння і зростання їх чисельних значень і відхилення температурної залежності електропровідності від лінійної. При значних частках електронної провідності поляризаційні криві є відображенням не чисто електрохімічного акту, а деякого сумарного процесу переносу електричного заряду, тому пов'язувати незначну поляризацію, що спостерігається в таких розплавах, з тим чи іншим електрохімічним процесом неправомірно, а ефективний електрохімічний розклад даних композицій не може бути досягнутий. У випадку повного маскування зламів на поляризаційних кривих, коли іонна і електронна провідності мають співвимірні значення, тобто навіть в розплавах, де внесок іонних носіїв зберігається ще значним, участь їх в переносі струму не проявляється на поляризаційних кривих внаслідок „шунтування” границі електрод – розплав, обумовленого переносом електронів. Отже відсутність перегинів на поляризаційних кривих ще не може служити однозначним критерієм відсутності іонної провідності розплаву або її незначної частки.

Таким чином, зміна характеру катодної поляризації в системах $Tl_2Se - TlI$, $Tl_2S - TlI$, $Tl_2S - TlCl$, що проявляється у величинах залишкових струмів, відображає трансформацію електрохімічних властивостей халькогенід-галогенідних розплавів під дією ГД, чітко корелюючи з величинами іонних часток провідності, визначених для даних систем. В достатньо широкому інтервалі концентрацій галогенідів талію – від 50 мол.% і вище формування електрохімічної поведінки систем визначається вирішальним внеском носіїв іонної природи, що характеризує максимальну ефективність таких складів для електрохімічного розкладу.

Висновки. В результаті проведення досліджень встановлено, що вольтамперометрію можна успішно застосовувати як метод оцінки електронної складової електропровідності розплавів зі змішаною іонно-електронною електропровідністю шляхом визначення величин залишкових струмів на поляризаційних кривих модельних систем. Одержані значення величин залишкових струмів чітко узгоджуються з іонними (електронними) частками електропровідності досліджених розплавів.

Даний метод може стати в нагоді при приведенні розплавів з іонно-електронною провідністю до „області електрохімічної ефективності”, тобто до області складів систем ПФП – ГД, в якій можливий ефективний електрохімічний розклад, що приведе внаслідок електролізу до одержання кольорових металів з достатнім виходом за струмом.

Список використаної літератури

1. Великанов А.А. Электрохимическое исследование халькогенидных расплавов. – Дис. д-ра хим. наук. – Киев, 1971. – 230 с.
2. Мотт Н., Герни Р. Электронные процессы в ионных кристаллах. – М.: Иностранная литература, 1950. – 304 с.
3. Делимарский Ю.К. Электрохимия ионных расплавов. – М.: Металлургия, 1978. – с. 200 – 201.
4. Лисін В.І. Теоретична електрохімія. К.: КНУТД, 2014. – с. 149 – 150.
5. Карапетянц М.Х., Карапетянц М.Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ. – М.: Химия, 1968. – 536 с.

References

1. Velikanov A. (1971) *Electrochimicheskoe issledovanie xalkogenidnux rasplavov* [Electrochemical investigation of chalcogenide melts]. - Dis. Dr. Chem. Sciences. - Kiev, 230 p [in Russian].
2. Mott N., Gerny R. *Electronue procesu v ionux kristalax* [Electronic processes in ionic crystals]. Moskva: Foreign Literature, 1950, 304 p [in Russian].
3. Delimarsky U. *Electrochimia ionux rasplavov* [Electrochemistry of ionic melts]. Moskva: Metallurgy, 1978, p. 200-201 [in Russian].
4. Lysin V. *Teoretuchna electrochimia* [Theoretical Electrochemistry]. Kiev: KNUOTD, 2014, p. 149-150 [in Ukrainian].
5. Karapetyanc M. *Osnovnye termodinamicheskie konstanty neorganicheskux I organicheskux veshchestv* [Basic thermodynamic constants of inorganic and organic substances]. Moskva: Chemistry, 1968, 536 p [in Russian].

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ КАК МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ РАСПЛАВОВ

ЛЫСИН В.И.¹, МАКЕЕВА И.С.², КОВАЛЕНКО И.В.¹

¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

²Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель работы состояла в определении из поляризационных кривых расплавов с ионно-электронной электропроводностью величины ее электронной составляющей (путем оценки остаточных токов), сопоставление ее со значениями ионной составляющей электропроводности и на основе полученных данных – приход к выводу про возможность эффективного электрохимического разложения расплава, а также – про возможность применения этого метода для других расплавов со смешанной ионно-электронной проводимостью.

Методика. Халькогениды талия получали при непосредственном взаимодействии простых веществ; хлорид талия осаждался с раствора нитрата талия хлоридом аммония; как иодид талия использовался продаваемый препарат квалификации „чда”; для снятия поляризационных кривых использовали потенциостат ПИ-50-1.1; ионная составляющая электропроводности рассчитывалась по методике, описанной в [4] в гальваностатическом

режиме; остаточные токи определялись при потенциалах, которые соответствовали изломам на поляризационных кривых.

Результаты. На основе определения из вольтамперных кривых величин остаточных токов были определены значения электронных составляющих электропроводности исследованных модельных расплавов с ионно – электронной проводимостью. Полученные величины электронной составляющей в электропроводность полностью согласовываются со значениями ионной составляющей проводимости, которые определялись по другой методике. Таким образом, вольтамперометрию можно успешно применять для оценки соотношения ионной и электронной составляющих проводимости расплавов.

Научная новизна. Впервые, проанализировав вольтамперные зависимости были установлены величины электронных составляющих электропроводности расплавов со смешанной ионно-электронной проводимостью.

Практическая значимость. Данный метод может стать пригодным при приведении расплавов с ионно – электронной проводимостью к «области электрохимической эффективности», то есть к области составов систем (со смешанной проводимостью), в которой возможно эффективное электрохимическое разложение. Это явление, вследствие электролиза, приведет к получению цветных металлов с достаточным выходом по току.

Ключевые слова: вольтамперометрия, остаточные токи, электронная составляющая.

VOLTAMMETRY AS A METHOD OF DETERMINATION THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY ELECTRONIC COMPONENT OF THE MELTS

LYSIN V. I.¹, MAKYEYEVA I. S.², KOVALENKO I. V.¹

¹ 1 National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (NTUU «KPI»)

² Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. The aim of work lies in determination of electroconductivity electronic component from voltammetry curves for the melts with ion-electron conductivity (by estimation of residual currents), in it correlation with electroconductivity ion part values and basing on data obtained – in making the conclusion about the possibility of effective electrochemical melt decomposition and implementation of this method to another melts with ion-electron conductivity.

Methodology. Thallium chalcogenides were obtained by immediate interaction of simple substances; thallium chloride was precipitated from thallium nitrate solution by ammonium chloride; the commercial chemical with “pure for analysis” qualification was used as thallium iodide; for I-V-curves obtaining the potentiostate PI-50-1.1 was utilized; ionic part of electroconductivity was calculated by methodic, described in [4] in galvanostate regime; the residual currents were determined at potentials of I-V-curves breaks.

Findings. Basing on values of residual currents determination from I-V-curves, the electronic components of electroconductivity for investigated model melts were determined. The values of electron contribution in electroconductivity are in correlation with values of conductivity ionic part, determined by another method. Thus, voltammetry can be successfully utilized for estimation the correlation of ion and electron parts in conductivity of melts.

Originality. For the first time proceeding from I-V-curves analysis the values of electroconductivity electron parts for the melts with mixed ion-electron conductivity were determined.

Practical value. This method will help to lead the melts with ion-electron conductivity to “the area of electrochemical efficiency” that is - to the area of compositions for systems with mixed conductivity where the effective electrochemical decomposition can takes place.

Key words: voltammetry, residual currents, electron contribution.

УДК 677.055.5-58

ОЛІЙНИК О.Ю.¹, РУБАНКА М.М.²

¹ Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

² Київський національний університет технологій та дизайну

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ЧАСУ ГАЛЬМУВАННЯ КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН

Мета. Розробка методу вибору раціонального часу гальмування круглов'язальних машин.

Методика. Використані сучасні методи досліджень процесу гальмування механічних систем з метою оцінки впливу часу гальмування круглов'язальних машин на ефективність їх роботи та на якість трикотажного полотна.

Результати. Встановлена необхідність оснащення привода круглов'язальних машин ефективною системою гальмування, здатною створювати необхідний гальмівний момент, що запобігає в'язанню неякісного трикотажного полотна. Результати досліджень можуть бути використані при удосконаленні діючих та при розробці нових типів систем гальмування як круглов'язальних, так і інших типів в'язальних машин.

Наукова новизна. Розроблено метод вибору раціонального часу гальмування круглов'язальних машин, здатного підвищити якість в'язання трикотажного полотна.

Практична значимість. Запропоновано привід круглов'язальної машини з ефективною системою гальмування, що дозволяє відключати при зупинці частину обертових мас від вертикального приводного вала.

Ключові слова: круглов'язальна машина, привід в'язальної машини, система гальмування в'язальної машини, час гальмування в'язальної машини, вплив швидкості в'язальної машини на час її гальмування.

Вступ. Особливістю роботи круглов'язальних машин є обертальний рух голкового циліндра [1, 2], що вимагає відповідного ставлення до вибору раціонального часу їх гальмування, зумовленого обривом ниток, поломкою голок, платин та іншим. При цьому необхідно виходити з двох вимог, які взаємно виключають одна одну, а саме: збільшення часу гальмування машини підвищує надійність та довговічність роботи механізмів машини, зокрема механізму в'язання (зменшуються динамічні навантаження). Але при цьому збільшується кількість бракованого трикотажного полотна. Зменшення часу гальмування машини ліквідує цей недолік, однак при цьому значно збільшуються динамічні навантаження в механізмах машини [3], що призводить до їх відмов і, таким чином, зменшує ефективність роботи круглов'язальної машини. Тому проблема розробки нових та удосконалення діючих систем гальмування круглов'язальних машин є актуальною та своєчасною [4]. Ефективне вирішення цієї проблеми без удосконалення систем гальмування приводів круглов'язальних машин неможливе.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин за рахунок удосконалення систем гальмування [4], завданням досліджень є розробка методу вибору раціонального часу гальмування круглов'язальних машин в залежності від швидкісного режиму їх роботи.

Результати дослідження. Як відомо [4], необхідний час зупинки (гальмування) круглов'язальної машини t_T визначається з умови:

$$t_T \leq t_H, \quad (1)$$

де t_H - час, що виключає попадання кінця обірваної нитки в зону в'язання,

$$t_H = \frac{2L_H}{KV_H}; \quad (2)$$

L_H - довжина відрізка нитки в зоні її заправлення між нитководом та нижнім вічком електрозупинника при обриві чи затягуванні нитки;

K - коефіцієнт, що враховує можливість (зручність) з'єднання кінців обірваної нитки;

V_H - швидкість споживання нитки при в'язанні трикотажу.

Згідно з [4]:

$$V_H = V_{II} \frac{zl}{\pi d_{II}}, \quad (3)$$

де V_{II} - лінійна швидкість голкового циліндра машини;

z - кількість голок у голковому циліндрі;

l - довжина петлі трикотажу;

d_{II} - діаметр голкового циліндра.

Прийнявши $K = 2$ і підставляючи (3) у (2), одержимо:

$$t_H = \frac{\pi d_{II} L_H}{V_{II} z l}. \quad (4)$$

З огляду на те, що

$$z = \frac{\pi d_{II}}{p} = \frac{\pi d_{II} E}{25,4}, \quad (5)$$

де p - голковий крок, $p = \frac{25,4}{E}$; E - клас машини,

рівняння (4) приймає вигляд:

$$t_H = \frac{25,4 L_H}{V_{II} E l}. \quad (6)$$

Оскільки для круглов'язальних машин типу КО $L_H = 320$ мм, $E = 22$ [2] і прийнявши $l = 3,59$ мм, рівняння (6) остаточно приймає вигляд (V_{II} у м/с):

$$t_H = \frac{0,1029}{V_{II}}. \quad (7)$$

Час вільного вибігу круглов'язальної машини визначається з умови (процес зупинки машини приймаємо рівномірно уповільненим):

$$t_B = \frac{J\omega}{T_C}, \quad (8)$$

де J - сумарний момент інерції обертових мас машини (приведений);

ω - кутова швидкість вала приведення (вала електродвигуна);

T_C - сумарний приведений момент сил опору механізмів машини.

Прийнявши в якості вала приведення вал електродвигуна, одержимо:

$$\omega = \omega_{II} u = \frac{2V_{II} u}{d_{II}}, \quad (9)$$

де ω_{II} - кутова швидкість голкового циліндра;

u - передаточне число привода.

Підставляючи (9) у (8), знаходимо:

$$t_B = \frac{2JuV_{II}}{T_C d_{II}}. \quad (10)$$

Використовуючи результати досліджень [3], для круглов'язальних машин типу КО масмо: $J = 0,085 \text{ кгм}^2$; $T_C = 22,1 \text{ Нм}$.

Тоді, з огляду на те, що для $d_{II} = 450$ і $n_{об} = 950 \text{ об/хв}$. (частота обертання вала електродвигуна) $u = 20,349$, вираз (10) приймає вигляд:

$$t_B = 0,3478V_{II}. \quad (11)$$

З метою скорочення часу вибігу машини в роботі [5] був запропонований привід, що дозволяє відключати при зупинці круглов'язальних машин типу КО частину обертів його мас від вертикального приводного вала. У цьому випадку $J = J' = 0,047 \text{ кгм}^2$ (J' - приведений до вала електродвигуна сумарний момент інерції механізмів в'язання і товароприйому). Тоді, використовуючи рівняння (10), час вільного вибігу машини складе:

$$t_{B1} = 0,1923V_{II}. \quad (12)$$

В якості можливого діапазону лінійної швидкості голкового циліндра машин типу КО з урахуванням перспектив їхнього удосконалювання [1] можна прийняти $V_{II} = (0,7...2,5) \text{ м/с}$.

Використовуючи залежності (7), (11), (12), визначаємо необхідні параметри процесу гальмування круглов'язальних машин типу КО. Результати обчислень представлені в табл. 1 і на рис. 1.

Таблиця 1

**Вплив лінійної швидкості голкового циліндра V_{II}
круглов'язальної машини типу КО на параметри t_n , t_b , t_{b1} , T_T і T_{T1}**

$V_{II}, \text{ м/с}$	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5
$t_n, \text{ с}$	0,147	0,114	0,094	0,079	0,069	0,060	0,054	0,049	0,045	0,041
$t_b, \text{ с}$	0,243	0,313	0,383	0,452	0,522	0,591	0,661	0,73	0,8	0,869
$t_{b1}, \text{ с}$	0,135	0,173	0,211	0,25	0,288	0,327	0,365	0,404	0,442	0,481
$T_T, \text{ Нм}$	14,51	38,41	68,29	104,15	146	193,8	247,6	307,3	373,1	444,8
$T_{T1}, \text{ Нм}$	-1,86	11,36	27,9	47,7	70,8	97,3	127	160,1	196,4	236,1

Аналіз отриманих результатів свідчить про необхідність використання як у звичайному, так і в модернізованому приводі круглов'язальної машини типу КО [5] системи гальмування. При цьому величина гальмівного моменту системи гальмування може бути визначена з умови (прийнято $t_T = t_H$):

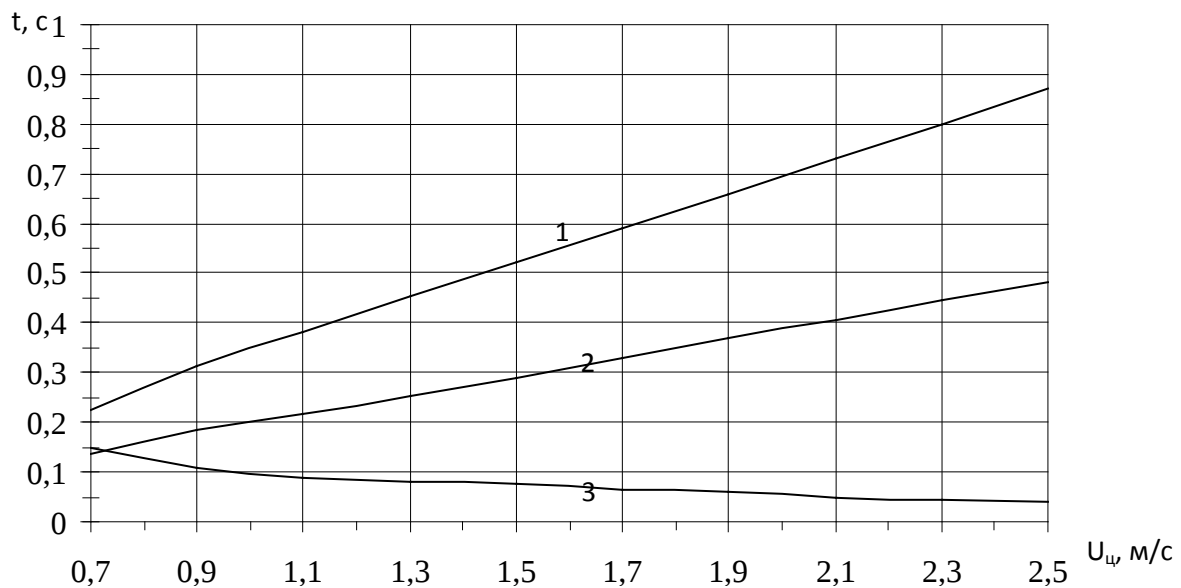


Рис. 1. Вплив лінійної швидкості голкового циліндра круглов'язальної машини типу КО на величину часу вільного вибігу машини при існуючій конструкції привода (1) і при модернізованому приводі (2) та на величину необхідного часу гальмування машини (3)

- для існуючої конструкції привода [2] (параметри приведені до вала електродвигуна,

$$\omega_{\partial\partial}): \quad T_T = \frac{J\omega_{\partial\partial}}{t_H} - T_C ; \quad (13)$$

- для модернізованого привода [5] (параметри, приведені до вертикального

$$\text{приводного вала):} \quad T_{T1} = \frac{J'\omega_B}{t_H} - T'_C , \quad (14)$$

де ω_B - кутова швидкість вертикального приводного вала;

J', T' - приведені до вертикального приводного вала відповідно момент інерції обертових мас машини і моменти сил опору механізмів машини з модернізованим приводом ($T'_C = T_C$).

Приймаючи до уваги (7), (9) і раніше прийняті значення необхідних параметрів, рівняння (13) приймає вигляд:

$$T_T = 74,707V_u^2 - 22,1. \quad (15)$$

Для співставлення результатів T_T і T_{T1} умовно будемо вважати, що T_{T1} приведено до вала електродвигуна. Тоді:

$$T_{T1} = 41,309V_u^2 - 22,1. \quad (16)$$

Результати обчислень $T_T(V_u)$ і $T_{T1}(V_u)$ представлені в табл. 1 і на рис. 2.

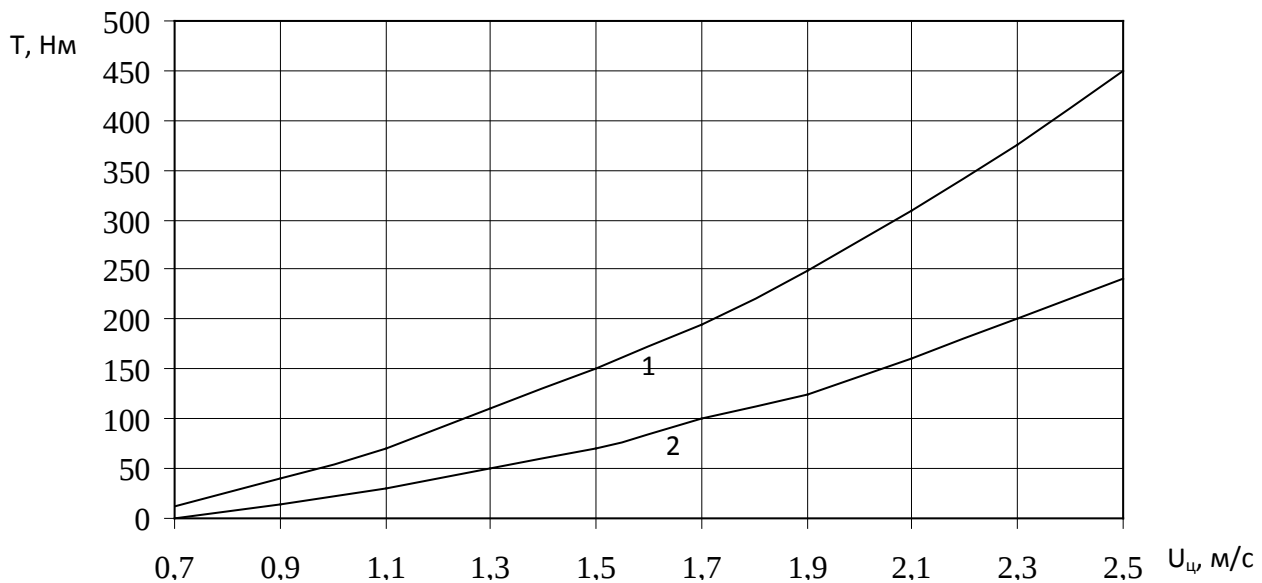


Рис. 2. Вплив лінійної швидкості голкового циліндра круглов'язальної машини типу КО на необхідну величину гальмівного моменту при існуючій конструкції привода (1) та при модернізованому приводі (2)

Визначимо припустиму лінійну швидкість голкового циліндра круглов'язальної машини, що задовольняє умові (1) при вільному вибігу (примусове гальмування відсутнє):

- для існуючої конструкції привода ($t_T = t_B = t_H$; використані вирази (7), (11)):

$$V_{ц} = 0,54 \text{ м/с};$$

- для нової конструкції привода ($t_T = t_{B1} = t_H$; використані вирази (7), (12)):

$$V_{ц} = 0,73 \text{ м/с}.$$

Висновки. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок щодо доцільності вибору раціонального часу гальмування в'язальних машин. Встановлено, що оснащення привода сучасних круглов'язальних машин типу КО ($V_{ц} \geq 1,1 \text{ м/с}$) системою гальмування, здатною створювати необхідний гальмівний момент, величина якого визначається з умов (15) при існуючій конструкції привода [2] і (16) для машин з модернізованим приводом [5], дозволить запобігти в'язанню неякісного трикотажного полотна.

Результати досліджень можуть бути використані при удосконаленні діючих та при розробці нових типів систем гальмування як круглов'язальних, так і інших типів в'язальних машин.

Список використаних джерел

1. Хомяк О.Н. Повышение эффективности работы вязальных машин / О.Н. Хомяк, Б.Ф. Пипа. – М. : Легпромбытиздат, 1990. – 208 с.
2. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы. 1992. – 86 с.
3. Піпа Б.Ф. Динаміка круглов'язальних машин / Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, Г.І. Павленко. – К. : КНУТД, 2005. – 294 с.
4. 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.

5. Піпа Б.Ф. Приводи в'язальних машин і автоматів з пристроями зниження динамічних навантажень / Б.Ф. Піпа, О.В. Чабан, С.В. Музичишин. – К. : КНУТД, 2015. – 280 с.

References

1. Khomiak O.N., Pipa B.F. (1990) Povyshenie jeffektivnosti raboty vjazal'nyh mashin [Increase the efficiency of work of the circular knitting machines]. Moscow: Legprombytizdat. [in Russian]
2. Chernovcy (1992) Mashiny kruglovjazal'nye tipa KO-2. Tehnicheskoe opisanie i instrukcija po jekspluatacii [The circular knitting machines of type KO-2. Technical description and operating instructions]. [in Russian]
3. Pipa B.F., Khomiak O.M., Pavlenko H.I. (2005) Dynamika kruglov'jazal'nyh mashyn [Dynamics of the circular knitting machines]. Kyiv: KNUTD. [in Ukrainian]
4. Pipa B.F., Khomiak O.M., Pavlenko H.I. (2003) Naukovi osnovy proektuvannja ta udoskonalennja system gal'muvannja kruglov'jazal'nyh mashyn [Scientific basis of the design and improvement of braking systems of the circular knitting machines]. Kyiv: KNUTD. [in Ukrainian]
5. Pipa B.F., Chaban A.V., Muzychyshyn S.V. (2015) Pryvody v'jazal'nyh mashyn i avtomativ z prystrojamy znyzhennja dynamichnyh navantazhen' [Drives of the knitting machines with devices reduce dynamic loads]. Kyiv: KNUTD. [in Ukrainian]

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ТОРМОЖЕНИЯ КРУГЛОВЯЗАЛЬНЫХ МАШИН

ОЛЕЙНИК Е.Ю.¹, РУБАНКА Н.Н.²

¹ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

² *Киевский национальный университет технологий и дизайна*

Цель. Разработка метода выбора рационального времени торможения кругловязальных машин.

Методика. Используются современные методы исследований процесса торможения механических систем для оценки влияния времени торможения кругловязальных машин на эффективность их работы и на качество трикотажного полотна.

Результаты. Установлена необходимость оснащения привода кругловязальных машин эффективной системой торможения, способной создавать необходимый тормозной момент, предотвращающий вязание некачественного трикотажного полотна. Результаты исследований могут быть использованы при совершенствовании действующих и при разработке новых типов систем торможения как кругловязальных, так и других типов вязальных машин.

Научная новизна. Разработан метод выбора рационального времени торможения кругловязальных машин, способного повысить качество вязания трикотажного полотна.

Практическая значимость. Предложен привод кругловязальной машины с эффективной системой торможения, позволяющей отключать при остановке часть вращающихся масс от вертикального приводного вала.

Ключевые слова: кругловязальная машина, привод вязальной машины, система торможения вязальной машины, время торможения вязальной машины, влияние скорости вязальной машины на время ее торможения.

SELECTION OF A CIRCULAR KNITTING MACHINE RATIONAL BRAKING TIME

OLIINYK O.Y.¹, RUBANKA M.M.²

1 National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

2 Kyiv national university of technologies and design

Objective. Development of the method of rational selection of braking time for circular knitting machines.

Method. Modern methods of research of mechanical systems braking time were used to evaluate the impact of the circular knitting machines braking time on the efficiency of their work and on the quality of the knitted fabric.

Results. It was determined the necessity to equip the drive of the circular knitting machine with the effective braking system that is able to create the required breaking moment, which prevents the knitting of low-quality knitted fabric. The results of the research can be used to improve existing and develop new types of braking systems for circular knitting machines, as well as for other types of knitting machines.

Scientific novelty. It was developed the method of selection of the circular knitting machines rational braking time that is able to improve the quality of knitting the knitted fabric.

Practical significance. It was proposed the type of the circular knitting machine drive with the effective braking system that allows turning off the part of rotating masses from the vertical drive shaft at a stop.

Key words: circular knitting machine, drive of the knitting machine, knitting machine braking system, knitting machine braking time, impact of the knitting machine speed on its braking time.

УДК 620.179

СЕБКО В.В.^{*}, ЗДОРЕНКО В.Г.^{**}

^{*}Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

^{**}Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОХПАРАМЕТРОВОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕМПЕРАТУРНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБІВ, ЩО НАГРІВАЮТЬСЯ У ПРОЦЕСІ КОНТРОЛЮ

Мета. Стаття присвячена дослідженню можливості розширення функціональних та технічних можливостей теплового контактного електромагнітного перетворювача (КЕП) за рахунок реалізації двохчастотного методу вимірювального контролю електричних та температурних параметрів мідного зразка циліндричної форми, що нагрівається у процесі контролю.

Методика. Використана методика дослідження контактного двохпараметрового електромагнітного методу вимірювального контролю параметрів немагнітних виробів на базі теплового контактного електромагнітного перетворювача.

Результати. Розроблено алгоритм вимірювальних та розрахункових процедур визначення електричних та температурних параметрів мідного циліндричного виробу, який піддається нагріву в процесі контролю.

Наукова новизна. Вперше отримані універсальні функції перетворення теплового контактного електромагнітного перетворювача, які дають можливість розширення функціональних та технічних можливостей методів контролю фізико-хімічних параметрів досліджуваних виробів.

Практична значимість. Розроблений алгоритм визначення сигналів теплового контактного електромагнітного перетворювача, діапазони зміни яких відповідають діапазонам зміни електричних та температурних параметрів немагнітних циліндричних виробів, які зондуються магнітним полем двох частот теплового контактного електромагнітного перетворювача.

Ключові слова: варіювання магнітного потоку, інформативні параметри, контактний електромагнітний перетворювач контактного електромагнітного перетворювача (КЕП), вимірювальний контроль, двохчастотний метод, температурні точки, питома електропровідність.

Вступ. На теперішній час у багатьох роботах розглядались теоретичні основи роботи контактного електромагнітного перетворювача (КЕП) стосовно контролю електромагнітних параметрів виробів циліндричної форми [1,2]. При цьому тепловий КЕП розглядається як циліндричний провідник з повздовжнім струмом. Таким чином, зразок, що контролюється (циліндричний стрижень, проба рідини або газу, яка розміщується у скляній трубці) є одночасно і тепловим електромагнітним контактним перетворювачем (якщо зразок, що контролюється, піддається нагріву в процесі проведення контролю нагрівачем) [1,2]. При цьому, використовуючи відомі схеми включення КЕП, вимірюють падіння напруги на зразку, що контролюється, і фазовий кут між струмом та напругою [2]. При цьому інформативними параметрами теплових КЕП є внутрішня індуктивність L_i та опір R_i , які залежать від магнітних, електричних та температурних параметрів зразка [3-6]. При цьому у якості параметрів, які містять інформацію відносно стану кристалічної структури об'єктів, що досліджуються, розглядають відносну магнітну проникність μ_r та питомий електричний опір ρ (або питому електричну провідність σ), які є залежними від температури [7-9]. Інформація щодо значень електромагнітних та температурних параметрів необхідна,

наприклад, під час дослідження впливу різних видів обробки конструкційних матеріалів (механічної, термічної, хімічної, а також зварювання, різання та ін.) на фізико-хімічні характеристики виробів. Слід визначити, що електромагнітні параметри залежать від температури t , тому виникає можливість щодо визначення t , під час здійснення контролю електромагнітних характеристик μ_r та σ [10]. Відомо, що при виготовленні обладнання машинобудівної промисловості, часто застосовують мідь та мідні сплави, галузь застосування яких значно розширюється завдяки високим значенням теплопровідності та електропровідності, хімічної стійкості та ін.

При цьому, при проведенні технологічних процесів, наприклад, термічної і хіміко-термічної теплової обробки виробів та конструкцій, представляє особливий інтерес не тільки відбраковування, а й вимірювальний контроль фізико-хімічних параметрів виробів машинобудування. На теперішній час відсутня методологія створення теплових багатопараметрових електромагнітних контактних пристроїв, яку засновано на побудові простих алгоритмів перетворювань та обробки сигналів контактних електромагнітних перетворювачів з об'єктами, що піддаються нагріву.

Постановка завдання. Метою даною роботи є дослідження можливостей розширення функціональних та технічних можливостей теплового контактного електромагнітного перетворювача (КЕП), за рахунок реалізації двохчастотного методу вимірювального контролю електричних та температурних параметрів мідного зразка циліндричної форми, що піддається нагріву в процесі контролю.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. На основі відомих схем включення КЕП, розробити алгоритм вимірювальних та розрахункових процедур для визначення електричних та температурних параметрів зразка, який піддається нагріву в процесі контролю.

2. Отримати основні співвідношення, які описують контактний електромагнітний двохпараметровий метод вимірювального контролю питомої електричної провідності σ_t та температури t циліндричного мідного виробу, що зондується поперечним двохчастотним магнітним полем теплового КЕП.

Результати дослідження. Теоретичні основи стосовно проведення досліджень щодо визначення магнітних та електричних параметрів виробів за допомогою контактних електромагнітних методів надано в роботах [1-5]. Теорія роботи КЕП полягає у тому, що при використанні схем включення контактних електромагнітних перетворювачів вимірюють падіння напруги на об'єкті контролю U_t та фазовий кут між током I_t і цією ж напругою ϕ_t , (індекс t свідчить, що параметри є залежними від температури). При цьому магнітний потік у виробі Φ_{2t} займає відповідну до його значення глибину проникнення магнітного поля δ [1], при цьому змінені частоти f варіювання магнітного потоку Φ_{2t} призводить до змінення внутрішньої індуктивності L_{it} та активного опору R_t [1,3] теплового контактного електромагнітного перетворювача (немагнітного циліндричного стрижня з повздовжнім електричним струмом, який піддається нагріву). Таким чином, із збільшенням частоти магнітного поля зменшується внутрішня індуктивність стрижня L_{it} та зростає опір R_t [1-3]. У свою чергу, параметри L_{it} та R_t пов'язані з відносною магнітною проникністю μ_r , питомою електричною провідністю σ , радіусом a , довжиною КЕП l , а також з температурою t . У роботах [2-5] наведено універсальні функції перетворення, за допомогою яких було

визначено електромагнітні параметри циліндричних та трубчастих виробів, тобто залежності індуктивності стрижня L_{it} та опору R_t від узагальненого параметра x , $R_n = f(x)$ і $L_{in} = f(x)$ (де R_n і L_{in} нормований опір та нормована внутрішня індуктивність відповідно). На рис. 1 і 2, наведено залежності $R_{nt} = f(x_t)$ і $L_{int} = f(x_t)$ з урахуванням змін температури зразка, що контролюється (на залежностях нанесено температурні точки, які відповідають температурам $t = 20; 60; 100; 150; 180^\circ\text{C}$ мідного зразка, що піддається нагріву). Формула для визначення узагальненого параметру для теплового КЕП з мідним виробом, має наступний вигляд [3-5]:

$$x_t = a\sqrt{\omega_t \sigma_t \mu_0}, \quad (1)$$

де a – радіус зразка, що нагрівається;

μ_0 – магнітна стала [1];

ω_t – циклічна частота теплового КЕП.

Під час реалізації запропонованого методу необхідно здійснювати наступну послідовність вимірювальних та розрахункових операцій: задати значення частот магнітного поля теплового КЕП f_1 та f_2 з досліджуваного частотного діапазону; визначити індуктивність L_0 , опір R_0 на постійному струмі, та питому електричну провідність σ_{01} (при початковій температурі), контрольними методами [1]; знайти зовнішню індуктивність L_e [1]; далі за формулою (1) знаходимо x_{01} , при цьому якщо значення x потрапляють в діапазон $2,2 \leq x_t \leq 2,8$ (тобто якщо x не потрапляє в досліджуваний діапазон, здійснюють процедуру спочатку) визначають нормовані значення опорів R_{n1} і R_{n2} ; після цього визначають питому електричну провідність σ_{02} (на частоті f_2)

$$\sigma_{02} = f_1 \frac{\sigma_{01}}{f_2}. \quad (2)$$

Далі за функцією $R_{nt} = f(x_t)$ знаходять параметри R_{n1} та R_{n2} на двох частотах; після цього використовуючи залежність $L_{int} = f(R_{nt})$ (рис. 3), знаходять параметри L_{in1} та L_{in2} на частотах f_1 та f_2 ; внутрішні індуктивності L_{i1} і L_{i2} (при початковій температурі) КЕП, знаходять за формулами

$$L_{i1} = \frac{L_{in1} \cdot \mu_0 \cdot l}{8\pi} \quad (3)$$

та

$$L_{i2} = \frac{L_{in2} \cdot \mu_0 \cdot l}{8\pi}. \quad (4)$$

Далі визначають сумарні індуктивності $L_{\Sigma 1}$ та $L_{\Sigma 2}$

$$L_{\Sigma 1ж} = L_{i1ж} + L_e, \quad (5)$$

$$L_{\Sigma 2ж} = L_{i2ж} + L_e. \quad (6)$$

Увімкнувши нагрівач, мідний виріб, що контролюється, піддають нагріву на протязі 30-40 секунд до конкретного значення температури. Далі знаходять нормовані опори R_{n1t} і R_{n2t} за залежностями $R_{1nt} = f(x_{1t})$ та $R_{2nt} = f(x_{2t})$, використовуючи функції $L_{inx1t} = f(R_{1nt})$ та $L_{inx2t} = f(R_{2nt})$, визначають нормовані внутрішні індуктивності L_{inx1t} і L_{inx2t} при кожній температурі з досліджуваного температурного діапазону, здійснюючи покрокові вимірювання (крок 10°C).

Далі визначають внутрішні індуктивності на двох частотах при різних температурах, тобто L_{i1t} і L_{i2t} та знаходять сумарні індуктивності $L_{\Sigma 1t}$ і $L_{\Sigma 2t}$. Використовуючи залежність питомої електропровідності σ від температури t [10], визначають σ_{1t} та σ_{2t} мідного зразка, що нагрівається, знаходять значення узагальненого параметра x_{1t} і x_{2t} на двох частотах і визначають температури t_1 та t_2 зразка.

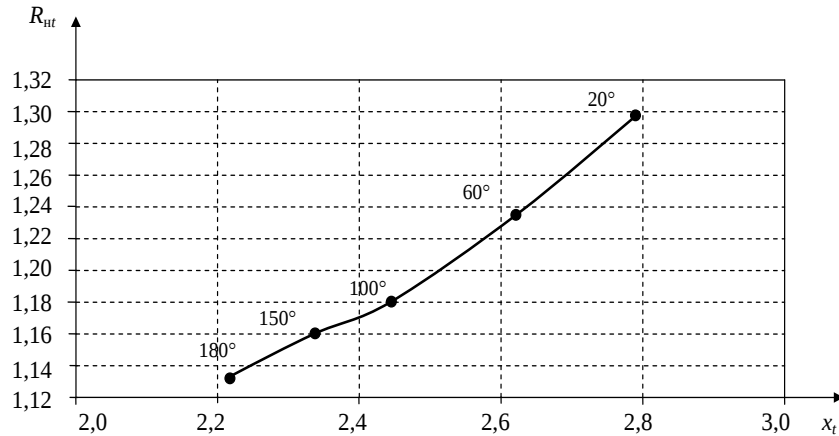


Рис. 1. Залежності R_{int} від x_t теплового КЕП (при $t = 20; 60; 100; 150; 180^\circ\text{C}$)

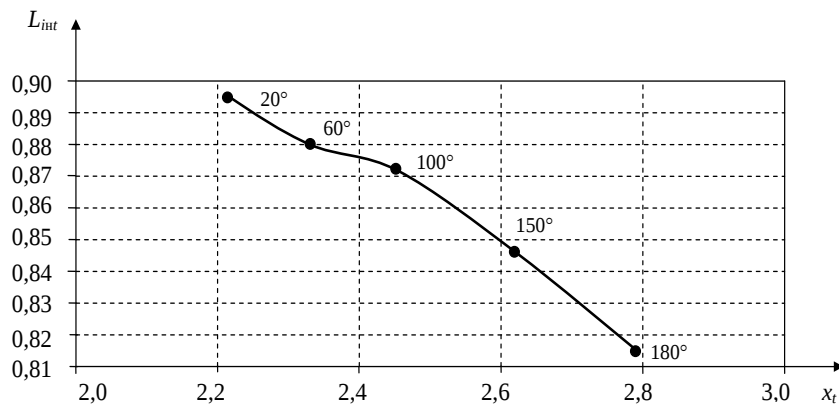


Рис. 2. Залежності L_{int} від x_t теплового КЕП (при $t = 20; 60; 100; 150; 180^\circ\text{C}$)

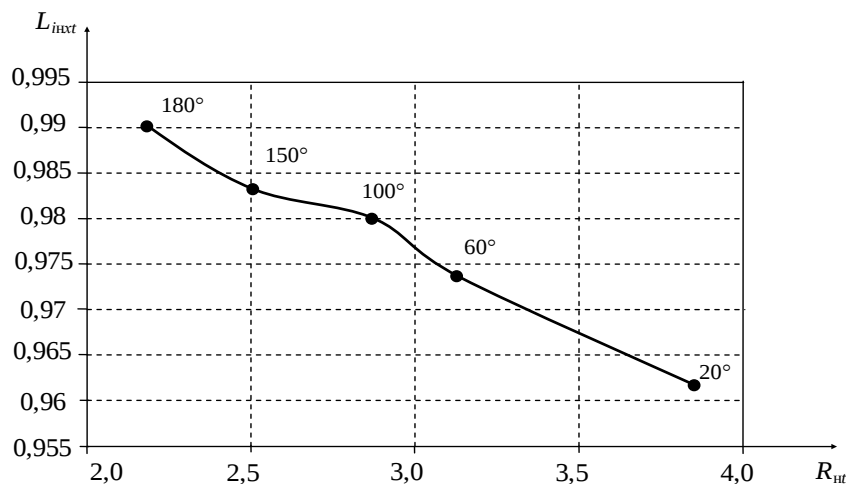


Рис. 3. Залежності L_{intxt} від R_{int} теплового КЕП з мідним циліндричним виробом

З урахуванням схемних реалізацій, які надано у роботах [6-9], нижче буде розглянуто схему теплового КЕП для сумісного вимірювального контролю питомої електричної провідності σ_t і температури t циліндричного мідного зразка, що піддається нагріву в процесі контролю. Схема передбачає нагрівач Н, за допомогою якого змінюється температура зразка, що контролюється [3-5]. Схема також містить до себе: генератор Г, тепловий КЕП, який умовно представлено на схемі в вигляді послідовно увімкннутих активного опору R та індуктивності L_Σ . При цьому індуктивність мідного виробу, що нагрівається, $L_{\Sigma t}$, може бути виражена у вигляді суми двох індуктивностей: L_e – індуктивності, яка залежить тільки від геометричних розмірів мідного виробу та L_{it} – індуктивності, яка залежить безпосередньо від матеріалу зразка [1, 2]. Схема включення теплового КЕП також містить: амперметр А, вольтметр V і фазометр Ф. Амперметр А призначений для контролю величини поздовжнього намагнічувального струму I_t , який протікає по мідному виробу, що нагрівається. Вольтметр V призначений для вимірювання значення напруги на зразку U_t . Частотомір Ч використовують для визначення частот намагнічувального струму, а фазометр Ф призначено для вимірювання фазового кута зсуву φ_t поміж намагнічувальним струмом I_t та напругою на мідному виробі U_t (за рахунок застосування котушки взаємоіндуктивності KB).

Таким чином, для визначення питомого електричного опору ρ_t (або питомої електричної провідності σ_t) за допомогою окремої функції перетворення, необхідно ввести питому нормовану індуктивність L_{iht} , виникнення якої в теплому КЕП,

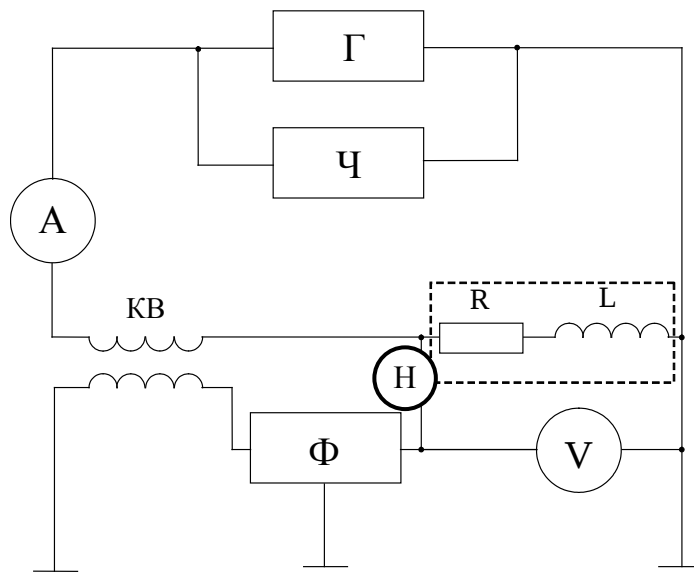


Рис. 4. Схема теплового КЕП для вимірювального контролю електричних та температурних параметрів мідного зразка, що контролюється

обумовлено проходженням магнітного потоку через квадратну одиничну площину зі стороною яка дорівнює глибині проникнення магнітного поля δ , при цьому

$$L_{iht} = L_{it} x_t^2 = L_{it} a^2 \omega_t \mu_0 \sigma_t. \quad (7)$$

Таким чином, за результатами визначення R_{ht} визначають функцію перетворення $L_{iht} = f(R_{ht})$ та знаходять параметр L_{iht} , після цього за результатами вимірів електричних параметрів L_0 , L_{it} , а також знаючи константи d , μ_0 , π – визначають питому електричну провід-

ність σ_{1t} та σ_{2t} на двох частотах

$$\sigma_{1t} = \frac{L_{ih_{1t}}^2}{L_{ih_t}^2 a^4 \omega_{1t} \mu_0}, \quad (8)$$

$$\sigma_{2t} = \frac{L_{ih_{2t}}^2}{L_{ih_t}^2 a^4 \omega_{2t} \mu_0}, \quad (9)$$

де індекс 1 і 2 мають відношення для двох частот магнітного поля f_1 та f_2 відповідно.

Для визначення температури необхідно застосувати залежність σ від t , тобто з урахуванням [6], маємо

$$\sigma_t = \frac{\sigma_n}{\left(1 + \frac{\alpha}{1 + \alpha t_1}(t - t_1)\right)}, \quad (10)$$

де σ_n – питома електрична провідність при початковій температурі;

α – температурний коефіцієнт опору.

Формули для визначення температури мідного зразка на двох частотах магнітного поля теплового КЕП, мають наступний вигляд

$$t = \frac{1 + \alpha t_1}{\alpha} \left[\frac{x_{1t}^2}{a^2 \mu_0 \omega_{1t} \sigma_{1t}} - 1 \right] + t_n, \quad (11)$$

$$t = \frac{1 + \alpha t_1}{\alpha} \left[\frac{x_{2t}^2}{a^2 \mu_0 \omega_{2t} \sigma_{2t}} - 1 \right] + t_n, \quad (12)$$

де t_n – початкова температура.

Результати визначення електричних та температурних параметрів (при значеннях $f_1 = 1000$ Гц; $f_2 = 1500$ Гц; $L_0 = 0,015 \cdot 10^{-6}$ Гн; $R_0 = 1,826$ Ом; $L_e = 0,2579 \cdot 10^{-6}$ Гн; $\sigma_{01} = 1,72 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; $\sigma_{02} = 2,58 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; $\alpha_p = 4,3 \cdot 10^{-3}$ 1/К; $t_n = 20^\circ\text{C}$; $x_{01} = 2,032$; $x_{02} = 2,488$) наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати визначення параметрів σ_{1t} і σ_{2t} та t_1 і t_2 на двох частотах магнітного поля теплового КЕП

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{1t}, \text{См/м}$	$\sigma_{2t}, \text{См/м}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
30	0,559	0,373	30,35	29,98
40	0,539	0,359	39,97	39,99
50	0,519	0,347	49,95	49,96
60	0,502	0,335	59,94	60,04
70	0,485	0,324	70,07	70,02
80	0,469	0,313	80,06	80,01
90	0,455	0,303	90,04	89,99
100	0,442	0,294	100,03	99,99
110	0,429	0,286	110,01	109,96
120	0,416	0,278	119,99	120,04
130	0,405	0,269	129,98	130,03
140	0,394	0,263	139,97	140,01
150	0,384	0,256	149,95	149,22

Висновки. У роботі досліджено шляхи вирішення важливої наукової та практичної проблеми, суть якої полягає у рішенні комплексу завдань, пов'язаних зі створенням теплових контактних електромагнітних пристроїв для сумісного контролю електричних та температурних параметрів немагнітних виробів, вузлів та конструкцій обладнання машинобудівних виробництв. Розроблено алгоритм вимірювальних та розрахункових процедур для визначення електричних та температурних параметрів мідного циліндричного виробу, який піддається нагріву в процесі контролю. Наведено основні співвідношення, які описують контактний двохпараметровий метод вимірювального контролю електричних та температурних параметрів виробів, що контролюються на основі визначення сигналів теплового КЕП.

Перспективою подальших досліджень є створення автоматизованих систем неруйнівного багатопараметрового вимірювального контролю фізико-хімічних характеристик матеріалів, виробів та речовин широкого асортименту на основі первинних теплових КЕП, які використовують поперечне магнітне поле.

Список використаної літератури

1. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. – М.: Гос. изд-во физико-математической литературы, 1959. – 532 с.
2. Сиренко Н.Н., Гора С.А., Себко В.В. Параметрический преобразователь для определения потерь мощности. - Техническая электродинамика, 1993, №4, с.75-78.
3. Себко В.В., Здоренко В.Г., Нзюка А.М. Вихорострумний контроль температури в технологічному процесі обжигу клінкера. - Київ: Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – КНУТД.- 2012, №1. – С. 64 - 71.
4. Себко В.В., Здоренко В.Г. Визначення метрологічних характеристик теплового трансформаторного вихорострумного перетворювача з плоским виробом, що нагрівається в процесі контролю. - Київ: Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – КНУТД.- 2012, №1. – С. 64 - 71.
5. Себко В.В., Здоренко В.Г., Петухова Е.О., Минкова А. К. Автоматизація вимірювального контролю температури проби харчового барвника. – Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – Київ: КНУТД, 2015. – №4 (88) . – С. 49 – 57.
6. Бабак В.П., Себко В.П., Львов С.Г., Контактный двухпараметровый контроль цилиндрических изделий // Труды Международной научно-практической конференции "Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье". - Харьков: ХГПУ. - 1997. – Ч. 3. - С. 5-7.
7. Львов С.Г. Определение параметров ферромагнитных конструкционных прутков // 36. наукових праць Харківського державного політехнічного університету "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я". – Харків: ХДПУ. – 1999. – Вип. 7, Ч. 3. – С. 124-126.
8. Себко В.В. Определение параметров ферромагнитной жидкости с помощью контактного рабочего преобразователя КРП // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ". – 2006. – Вып. 44. – С. 15-24.
9. Себко В.В. Методика оценки погрешностей совместного измерения магнитной проницаемости, удельного электрического сопротивления и температуры ферромагнитного изделия контактным резистивно-индуктивным методом // Електротехніка і електромеханіка. – Харків: НТУ "ХПІ". - 2007. - №2. – С. 48-51.

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

References

1. Landau L.D., Livshits E.M. Elektrodinamika sploshnykh sred. – M.: Gos. izd-vo fiziko-matematicheskoy literatury, 1959. – 532 p.
2. Sirenko N.N., Gora S.A., Sebko V.V. Parametricheskiiy preobrazovatel' dlya opredeleniya poter' moshchnosti. - Tekhnicheskaya elektrodinamika, 1993, №4, p.75-78.
3. Sebko V.V., Zdorenko V.H., Nzyoka A.M. Vykhorostrumovyi kontrol temperatury v tekhnolohichnomu protsesi obzhyhu klinkera. - Kyiv: Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – KNUVD.- 2012, №1. – P. 64 - 71.
4. Sebko V.V., Zdorenko V.H. Vyznachennia metrolohichnykh kharakterystyk teplovoho transformatornoho vykhorostrumovoho peretvoriuvacha z ploskym vyrobom, shcho nahrivaietsia v protsesi kontroliu. - Kyiv: Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – KNUVD.- 2012, №1. – P. 64 - 71.
5. Sebko V.V., Zdorenko V.H., Petukhova E.O., Mynkova A. K. Avtomatyzatsiia vymiriuvalnoho kontroliu temperatury proby kharchovoho barvnyka. – Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – Kyiv: KNUVD, 2015. – №4 (88) . – P. 49 – 57.
6. Babak V.P., Sebko V.P., L'vov S.G., Kontaktnyy dvukhparametrovyy kontrol' tsilindricheskikh izdeliy // Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Informatsionnye tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, obrazovanie, zdorov'ye”. - Khar'kov: KhGPU. - 1997. – Ch. 3. - P. 5 7.
7. L'vov S.G. Opredelenie parametrov ferromagnitnykh konstruktsi-onnykh prutkov // Zb. naukovykh prats Kharkivskoho derzhavnoho politekhnichnoho universytetu “Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorov'ia”. – Kharkiv: KhDPU. – 1999. – Vyp. 7, Ch. 3. – P. 124-126.
8. Sebko V.V. Opredelenie parametrov ferromagnitnoy zhidkosti s pomo-shch'yu kontaktnogo rabocheho preobrazovatelya KRP // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu “Kharkivskiy politekhnichnyi instytut”. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2006. – Vyp. 44. – P. 15-24.
9. Sebko V.V. Metodika otsenki pogreshnostey sovmestnogo izmereniya mag-nitnoy pronitsaemosti, udel'nogo elektricheskogo soprotivleniya i tem-peratury ferromagnitnogo izdeliya kontaktnym rezistivno-induktivnym metodom // Elektrotekhnika i elektromekhanika. – Kharkiv: NTU “KhPI”. - 2007. - №2. – P. 48-51.
10. Spektor S.A. Elektricheskie izmereniya fizicheskikh velichin. – L.: Ener-goatomizdat, 1987. – 320 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХПАРАМЕТРОВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЙ, КОТОРЫЕ НАГРЕВАЮТСЯ В ПРОЦЕССЕ КОНТРОЛЯ СЕБКО В.В.^{*}, ЗДОРЕНКО В.Г.^{**}

^{*}Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт

^{**}Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Статья посвящена исследованию возможности расширения функциональных и технических возможностей теплового контактного электромагнитного преобразователя (КЭП) за счет реализации двухчастотного метода измерительного контроля электрических и температурных параметров медного образца цилиндрической формы, который нагревается в процессе контроля.

Методика. *Использована методика исследования контактного двухпараметрического электромагнитного метода измерительного контроля параметров немагнитных изделий на базе теплового контактного электромагнитного преобразователя.*

Результаты. *Разработан алгоритм измерительных и расчетных процедур определения электрических и температурных параметров медного цилиндрического изделия, который нагревается в процессе контроля.*

Научная новизна. *Получены универсальные преобразования теплового контактного электромагнитного преобразователя, которые дают возможность расширения функциональных и технических возможностей методов контроля физико-химических параметров исследуемых изделий.*

Практическая значимость. *Разработан алгоритм определения сигналов теплового контактного электромагнитного преобразователя, диапазоны изменения которых соответствуют диапазонам изменения электрических и температурных параметров немагнитных цилиндрических изделий, которые зондируются магнитным полем двух частот теплового контактного электромагнитного преобразователя.*

Ключевые слова: *варьирование магнитного потока, информативные параметры, контактный электромагнитный преобразователь контактного электромагнитного преобразователя (КЭП), измерительный контроль, двухчастотный метод, температурные точки, удельная электропроводность.*

THE STUDY OF TWOPARAMETRAGE CONTROL METHOD OF ELECTRIC AND THERMAL PARAMETERS OF THE PRODUCTS, THE HEATING PROCESS

SEBKO V.V^{*}, ZDORENKO V.G.^{**}

^{*}National Technical University «Kharkiv Polytechnic institut»

^{**}Kiev National University of Technology and Design

Purpose. *The article is devoted to study the possibility of expanding the functional and technical possibilities of the thermal contact electromagnetic transducer (CEP) through the implementation of two frequency method of measuring the control of electrical and thermal parameters of copper of the sample of cylindrical shape, which is heated in the process control.*

Methodology. *Used research methods the contact of two parameters are electromagnetic method of measuring control parameters of the non-magnetic products on the basis of heat contact electromagnetic transducer.*

Findings. *The algorithm of the measurement and calculation procedures for determining the electrical and thermal parameters of copper cylindrical device, which is heated in the process control.*

Originality. *The obtained universal function of converting thermal contact electromagnetic transducer, which give the possibility of expanding the functional and technical capabilities of methods of control of physical and chemical parameters of the products.*

Practical value. *An algorithm is developed to determine the signals of the heat cap, change ranges which correspond to ranges of electrical and thermal parameters of the non-magnetic cylindrical products which non-magnetic field of two frequencies thermal contact electromagnetic transducer.*

Keywords: *the variation of the magnetic flux, informative parameters, contact electromagnetic converter contact electromagnetic transducer (CEC), measurement control, dual-frequency method, temperature points, specific conductivity.*

УДК 69.04(075.8)

БАЖАНОВА А.Ю., БАЛДУК П.Г., СУРЬЯНИНОВ Н.Г.
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛОСКОЙ ФОРМЫ ИЗГИБА КРУГОВОЙ ТОНКОСТЕННОЙ АРКИ

Цель. Решение задачи об устойчивости плоской формы изгиба круговой тонкостенной арки.

Методика. Преобразование дифференциальных уравнений В.З. Власова к дифференциальному уравнению шестого порядка относительно угла закручивания. Применение алгоритма численно-аналитического метода граничных элементов. Решение характеристического уравнения и анализ всех его корней.

Результаты. Определено число фундаментальных функций, необходимых для полного решения задачи об устойчивости плоской формы изгиба круговой тонкостенной арки.

Научная новизна. Получено дифференциальное уравнение устойчивости плоской формы изгиба тонкостенной арки кругового очертания. Уравнение имеет шестой порядок. Показано, что возможны семь комбинаций корней характеристического уравнения, а, значит, полное решение задачи определяется 448 аналитическими выражениями фундаментальных функций и соответствующими каждому варианту корней выражениями функций Грина и векторов нагрузки.

Практическая значимость. Полученные результаты позволяют аналитически построить полную систему фундаментальных функций рассматриваемой задачи, последующее использование которых дает возможность получить аналитические выражения функции Грина и векторов внешней нагрузки, а затем определить критическую нагрузку на арку при любых граничных условиях.

Ключевые слова: устойчивость, плоская форма изгиба, тонкостенная круговая арка, метод граничных элементов, фундаментальные функции.

Введение. Арки являются одними из самых древних строительных конструкций. Первые стальные арки появились еще в XIX веке. Несколько позже началось изготовление арок из железобетона. На сегодняшний день арки и арочные конструкции получили широкое распространение в различных областях. Они изготавливаются из разных материалов, и применяются для производственных и общественных зданий, ангаров, складов, теплиц, деталей машин и механизмов и т.д.

Строительные арочные конструкции, как правило, под действием основных эксплуатационных нагрузок работают как сжато-изогнутые, поэтому наряду с расчетами на прочность, важнейшим является расчет на устойчивость.

Анализ последних исследований и публикаций. Значительный вклад в разработку теории и методов расчета стержневых систем на устойчивость внесли работы А.С. Вольмира, А.В. Геммерлинга, В.Г. Зубчанинова, В.Д. Ключникова, Ю.Н. Работнова, А.Р. Ржаницына, С. Батдорффа, Д. Друкора, Е. Оната, Э. Стоуэлла, Р. Хилла и других. Благодаря этим работам появилась возможность решать конкретные задачи, одной из которых является задача об устойчивости арочных конструкций.

Основы общей теории криволинейных стержней, позволяющей изучать равновесие и устойчивость арок, заложены в трудах Г. Кирхгоффа, Р. Клебша, М.Ф. Окатова, Э.Х. Лява, А.И. Лурье, Е.Л. Николаи, С.П. Тимошенко [1, 2], А.Н. Динника [3] и других.

Постановка задачи. Вопрос об устойчивости арок и арочных систем и сейчас остается актуальным. Большинство современных публикаций связано с вопросом

устойчивости арки в ее плоскости; исследований потери устойчивости плоской формы изгиба существенно меньше. Обобщение задач С.П. Тимошенко об устойчивости арок на тонкостенные профили принадлежит В.З. Власову. Эти результаты опубликованы в Дополнении к первому изданию монографии [2]. В данной работе предлагается использовать для решения уравнений устойчивости плоской формы изгиба тонкостенных арок, полученных В.З. Власовым, численно-аналитический метод граничных элементов (ЧА МГЭ) [4, 5].

Результаты исследования. Как известно [4, 5], метод состоит в разработке фундаментальной системы решений (аналитически) и функций Грина (также аналитически) для рассматриваемой задачи. Для учета определенных граничных условий, или условий контакта между отдельными элементами системы составляется небольшая система линейных алгебраических уравнений, которую необходимо решать численно. Важнейшим этапом алгоритма ЧА МГЭ является аналитическое построение систем фундаментальных функций для всех возможных корней характеристического уравнения, соответствующего дифференциальному уравнению задачи.

В.З. Власов получил уравнения устойчивости плоской формы изгиба круговой тонкостенной арки в виде

$$\begin{cases} EI_y W^{IV}(\alpha) + \frac{EI_\omega}{R} \theta^{IV}(\alpha) + \left(M_z - \frac{GI_d}{R} \right) \theta''(\alpha) = 0; \\ EI_\omega \theta^{IV}(\alpha) - GI_d \theta''(\alpha) + \left(M_z - \frac{EI_y}{R} \right) W''(\alpha) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где I_y, I_d, I_ω — осевой момент инерции, момент инерции при кручении и секториальный момент инерции.

Расчётная схема арки, положение осей и порядок отсчёта текущей координаты α показаны на рис. 1.

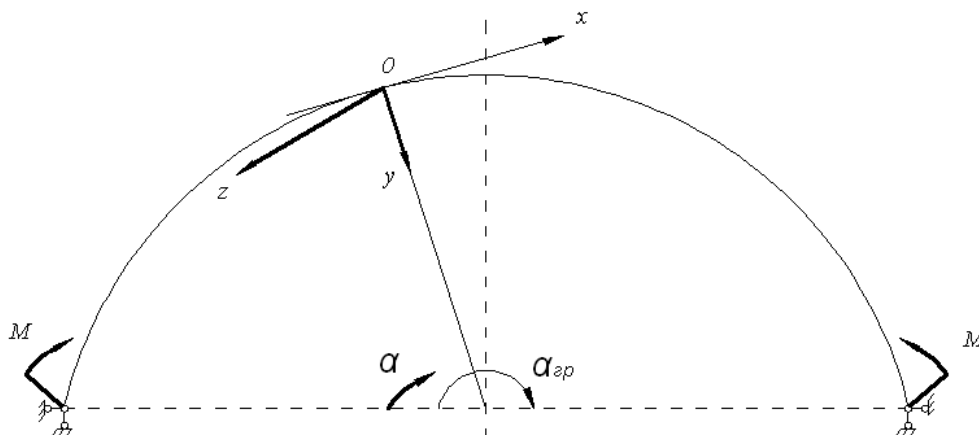


Рис. 1. Расчётная схема арки

Уравнения (1) записаны для тонкостенного сечения, имеющего две оси симметрии; для сечений с одной осью симметрии и несимметричных вид этих уравнений значительно усложняется.

Выразим перемещение $W''(\alpha)$ из второго уравнения системы (1) и подставим в первое уравнение:

$$W''(\alpha) = \frac{1}{M_z - \frac{EI_y}{R}} (-EI_\omega \theta^{IV} + GI_d \theta^{II}); \quad (2)$$

$$\frac{EI_y}{M_z - \frac{EI_y}{R}} (-EI_\omega \theta^{VI} + GI_d \theta^{IV}) + \frac{EI_\omega}{R} \theta^{IV} + \left(M_z - \frac{GI_d}{R} \right) \theta^{II} = 0,$$

или

$$-\frac{EI_y EI_\omega}{M_z - \frac{EI_y}{R}} \theta^{VI} + \left(\frac{EI_y GI_d}{M_z - \frac{EI_y}{R}} + \frac{EI_\omega}{R} \right) \theta^{IV} + \left(M_z - \frac{GI_d}{R} \right) \theta^{II} = 0. \quad (3)$$

Параметры кручения:

$$GI_d \theta(\alpha); GI_d \theta^I(\alpha); B_\omega = -EI_\omega \theta^{II}(\alpha); M_\omega = -EI_\omega \theta^{III}(\alpha).$$

Параметры изгиба из плоскости арки:

$$EI_y W(\alpha); EI_y \varphi(\alpha) = EI_y W^I(\alpha); EI_y W^{II}(\alpha) = -M_y(\alpha); EI_y W^{III}(\alpha) = -Q_z(\alpha).$$

Введём обозначения:

$$z_1 = \frac{EI_y EI_\omega}{M_z - \frac{EI_y}{R}}; z_2 = \frac{EI_y GI_d}{M_z - \frac{EI_y}{R}} + \frac{EI_\omega}{R}; z_3 = M_z - \frac{GI_d}{R}, \quad (4)$$

тогда (3) принимает вид

$$-z_1 \theta^{VI} + z_2 \theta^{IV} + z_3 \theta^{II} = 0. \quad (5)$$

Соответствующее характеристическое уравнение:

$$-z_1 k^6 + z_2 k^4 + z_3 k^2 = 0. \quad (6)$$

Очевидно, что $k_{1,2} = 0$ при всех вариантах корней уравнения (6).

Проанализируем возможные варианты остальных корней уравнения (6); они будут зависеть от соотношения коэффициентов z_1, z_2, z_3 и их знаков.

Перепишем (6) в виде

$$t^2 - 2r^2 t - s^4 = 0, \quad (7)$$

где

$$t = k^2; r^2 = \frac{z_2}{2z_1}; s^4 = \frac{z_3}{z_1},$$

тогда

$$t_{1,2} = r^2 \pm \sqrt{r^4 + s^4}.$$

$$I. |s| < |r|.$$

1 случай: $r^4 + s^4 > 0; s^4 > 0$ ($\text{sign} Z_3 = \text{sign} Z_1$):

$$k_{1,2} = 0; k_{3,4} = \pm \sqrt{r^2 + \sqrt{r^4 + s^4}} \text{ — действительные корни;}$$

$$k_{5,6} = \pm \sqrt{r^2 - \sqrt{r^4 + s^4}} \text{ — мнимые корни.}$$

2 случай: $s^4 < 0$; $r^2 < 0$ ($\text{sign}Z_2 = -\text{sign}Z_1$); $t_{1,2} < 0$:

$$k_{1,2} = 0; k_{3,4} = \pm\sqrt{r^2 - \sqrt{r^4 + s^4}} \text{ — мнимые корни;}$$

$$k_{5,6} = \pm\sqrt{r^2 + \sqrt{r^4 + s^4}} \text{ — мнимые корни.}$$

3 случай: $s^4 < 0$; $r^2 > 0$ ($\text{sign}Z_2 = \text{sign}Z_1$); $t_{1,2} > 0$:

$$k_{1,2} = 0; k_{3,4} = \pm\sqrt{r^2 + \sqrt{r^4 + s^4}} \text{ — действительные корни;}$$

$$k_{5,6} = \pm\sqrt{r^2 - \sqrt{r^4 + s^4}} \text{ — действительные корни.}$$

II. $|s| > |r|$.

4 случай: $s^4 > 0$;

$$k_{1,2} = 0; k_{3,4} = \pm\sqrt{r^2 + \sqrt{r^4 + s^4}} \text{ — действительные корни;}$$

$$k_{5,6} = \pm\sqrt{r^2 - \sqrt{r^4 + s^4}} \text{ — мнимые корни.}$$

5 случай: $s^4 < 0$;

$$k_{1,2} = 0; k_{3,4} = \pm\sqrt{r^2 + \sqrt{r^4 + s^4}} \text{ — мнимые корни;}$$

$$k_{5,6} = \pm\sqrt{r^2 - \sqrt{r^4 + s^4}} \text{ — мнимые корни.}$$

III. $s = r$.

6 случай: $s^4 > 0$; $r^2 > 0$;

$$k_{1,2} = 0; k_{3,4} = \pm\sqrt{r^2 + r^2\sqrt{2}} = \pm r\sqrt{1 + \sqrt{2}} \text{ — действительные корни;}$$

$$k_{5,6} = \pm r \text{ — действительные корни.}$$

7 случай: $s^4 > 0$; $r^2 < 0$;

$$k_{1,2} = 0; k_{3,4} = \pm ir\sqrt{1 + \sqrt{2}} \text{ — комплексные корни;}$$

$$k_{5,6} = \pm ir \text{ — комплексные корни.}$$

8 случай: $s^4 < 0$; $r^2 > 0$;

$$k_{1,2} = 0; k_{3,6} = \pm r \text{ — действительные корни;}$$

9 случай: $s^4 < 0$; $r^2 < 0$;

$$k_{1,2} = 0; k_{3,6} = \pm ir \text{ — комплексные корни.}$$

Выводы. Анализ показывает, что случаи 5 и 2, а также 4 и 1 можно объединить (корни одинаковые при $|s| > |r|$ и $|s| < |r|$).

Таким образом, задача об устойчивости плоской формы изгиба тонкостенной арки приводит к семи комбинациям корней характеристического уравнения, а, значит, полное решение задачи будет определяться 448 аналитическими выражениями фундаментальных функций и соответствующими каждому варианту корней выражениями функций Грина и векторов нагрузки.

Список использованной литературы

1. Timoshenko S.P. Buckling of flat curved bars and slightly curved plates / S.P. Timoshenko — ASME J. Appl. Mech. 2, 1935 — P. 17-20.
2. Тимошенко С. П. Устойчивость упругих систем: учебник / С. П. Тимошенко; пер. С. П. Снитко. — 2-е изд. — М. : Гостехиздат, 1955. — 568 с.
3. Динник А.Н. Устойчивость арок / А.Н. Динник. — М.-Л.: Гостехиздат, 1946. — 156 с.
4. Дашченко А.Ф. Численно-аналитический метод граничных элементов / А.Ф. Дашченко, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов — Одесса: ВМВ, 2010. — В 2-х томах. — Т.1. — 416 с. — Т.2. — 512 с.
5. Оробей В.Ф. / Основные положения численно-аналитического варианта МГЭ. — Труды Санкт-Петербургского политехнич. ун-та / В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов — Инженерно-строительный журнал. — № 4 (22). — СПб, 2011. — С. 33-39.

References

1. Timoshenko S.P. Buckling of flat curved bars and slightly curved plates / S.P. Timoshenko — ASME J. Appl. Mech. 2, 1935 — P. 17-20.
2. Timoshenko S. P. Ustojchivost' uprugih sistem: uchebnik / S. P. Timoshenko; per. S. P. Snitko. — 2-e izd. — M. : Gostekhizdat, 1955. — 568 p.
3. Dinnik A.N. Ustojchivost' arok / A.N. Dinnik. — M.-L.: Gostekhizdat, 1946. — 156 p.
4. Dashchenko A.F. Chislenno-analiticheskij metod granichnyh ehlementov / A.F. Dashchenko, L.V. Kolomiec, V.F. Orobej, N.G. Sur'yaninov — Odessa: VMV, 2010. — V 2-h tomah. — T.1. — 416 s. — T.2. — 512 p.
5. Orobej V.F. / Osnovnye polozheniya chislenno-analiticheskogo varianta MGEN. — Trudy Sankt-Peterburgskogo politekhnich. un-ta / V.F. Orobej, N.G. Sur'yaninov — Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. — № 4 (22). — SPb, 2011. — P. 33-39.

СТІЙКІСТЬ ПЛОСКОЇ ФОРМИ ЗГИНУ КРУГОВОЇ ТОНКОСТІННОЇ АРКИ

БАЖАНОВА А.Ю., БАЛДУК П.Г., СУР'ЯНИНОВ М.Г.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Мета. Розв'язок завдання про стійкість плоскої форми згину кругової тонкостінної арки.

Методика. Перетворення диференціальних рівнянь В.З. Власова до диференціального рівняння шостого порядку щодо кута закручування. Застосування алгоритму числено-аналітичного методу граничних елементів. Розв'язок характеристичного рівняння й аналіз усього його корінь.

Результати. Визначене число фундаментальних функцій, необхідних для повного розв'язку завдання про стійкість плоскої форми згину кругової тонкостінної арки.

Наукова новизна. Отримане диференціальне рівняння стійкості плоскої форми згину тонкостінної арки кругового обрису. Рівняння має шостий порядок. Показане, що можливі сім комбінацій корінь характеристичного рівняння, а, виходить, повний розв'язок завдання визначається 448 аналітичними вираженнями фундаментальних функцій і відповідними до кожного варіанта коренів вираженнями функцій Гріна й векторів навантаження.

Практична цінність. Отримані результати дозволяють аналітично побудувати повну систему фундаментальних функцій розглянутого завдання, наступне використання яких дає можливість одержати аналітичні вираження функції Гріну й векторів зовнішнього навантаження, а потім визначити критичне навантаження на арку при будь-яких граничних умовах.

Ключові слова: стійкість, плоска форма згину, тонкостінна кругова арка, метод граничних елементів, фундаментальні функції.

STABILITY OF CIRCULAR BEND FLAT SHAPE OF THIN-WALLED ARCH

BAZHANOVA A.Y., BALDUK P.G., SURYANINOV N.G.

Odessa State Academy of Construction and Architecture

Purpose. Solution of the problem of the stability of the plane form of bending of thin-walled circular arches.

Methodology. Transformation of differential equations V.Z. Vlasov to the differential equation of the sixth order with respect to the angle of twist. The use of algorithms for numerical and analytical boundary element method. The solution of the characteristic equation and analysis of all its roots.

Results. It determines the number of basic functions needed for a complete solution to the problem of the stability of the plane form of bending of thin-walled circular arches. Scientific novelty. The differential equation stability of a planar form bending of thin-walled circular arch shape. Equation is the sixth order. It is shown that the seven possible combinations of the roots of the characteristic equation, which means that the complete solution of the problem is determined 448 analytical expressions of the fundamental functions and the corresponding roots of each variant expressions of Green's functions and load vectors.

Practical value. The results obtained analytically to build a complete system of fundamental functions of the problem, followed by the use of which makes it possible to obtain analytical expressions of the Green's function and the vectors of the external load, and then determine the critical load to the arch under any boundary conditions.

Key words: stability, the flat shape of the bend, a thin-walled circular arch, boundary element method, the fundamental functions.

УДК 624.044:624.041.6

КОСТЮК А.И., СТОЛЕВИЧ И.А., СТОЛЕВИЧ О.И.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

**ОБЩИЕ ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В
ЧИСЛЕННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПК ANSYS MECHANICAL**

Цель. Детальное экспериментально-теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния, трещиностойкости и несущей способности керамзитожелезобетонных балок с использованием программного комплекса Ansys Mechanical.

Результаты. Моделирование сложного напряженно-деформированного состояния опытных элементов путем нелинейного конечно-элементного расчета с помощью программного комплекса «ANSYS MECHANICAL» дает возможность численно воспроизвести результаты эксперимента и сделать прогноз их напряженно-деформированного состояния достоверным.

Методика. Построенная модель в соответствии с поставленной задачей должна максимально отражать реальную работу железобетонного элемента под действием нагрузки.

Научная новизна. Доказана возможность эффективного моделирования напряженно-деформированного состояния изгибаемых железобетонных элементов, в том числе подверженных длительному воздействию нагрузки с учетом нелинейности ползучести при помощи метода конечных элементов, с реализацией в ПК ANSYS.

Практическая значимость. Существенно пополнен банк экспериментальных данных о напряженно-деформированном состоянии изгибаемых керамзитожелезобетонных элементов, в котором комплексно учтено влияние исследуемых факторов на выходные параметры их работоспособности.

Ключевые слова: модель, ползучесть, керамзитожелезобетон, напряжения, элемент.

Введение. В настоящее время недостаточно изученным, на наш взгляд, остается напряженно – деформированное состояние, трещинообразование и несущая способность железобетонных элементов. Предлагаемая деформационная модель является развитием деформационного метода расчета железобетонных конструкций. Одной из задач работы было конечноэлементное моделирование экспериментальных балок с помощью программного комплекса Ansys 14. Реализованная в Ansys 14 модель трехмерного железобетонного элемента, включает в себя модель бетона, как хрупко разрушающегося материала, в которую возможно включить армирующие стержни.

Моделирование бетона.

Модель материала поддерживает разрушение при сжатии, трещинообразование при растяжении, пластическое деформирование и ползучесть. Возможно использование армирования, как стержневого (отдельными элементами), так и распределенного по объему (так называемое размазанное), которое поддерживает в РК пластическое деформирование и ползучесть. В распределенном по объему армировании задается три различных армирующих материала (в направлении декартовых осей).

Разрушение и трещинообразование определяются критерием разрушения. В момент пересечения поверхности критерия функцией напряжений, бетон растрескивается, при достижении предельной величины растягивающих напряжений и разрушается, если не

соблюден критерий прочности. На основе критерия прочности Вильяма-Варнке, который зависит от девяти параметров материала, строится поверхность разрушения для сжимающих напряжений. При растяжении отказ определен критерием максимальных растягивающих напряжений. Поведение бетона считается упругим до момента разрушения, если параметры пластического деформирования бетона не заданы. Для учета передачи усилий среза через трещины предусмотрено два коэффициента: для открытой и закрытой трещины.

В конечноэлементных материалах реализация нелинейных свойств бетона может быть осуществлена одним из двух способов. Поведение материала, в первом случае, программируется независимо от элементов, посредством которых он задается. При использовании этого способа, подбор элементов для системы не ограничен, а для моделирования объектов существует возможность отдельно выбирать наиболее подходящие конечные элементы и модели материалов. Во втором случае, под конкретную задачу создается конечный элемент. Имплементированная в ПК Ansys реализация конечноэлементного моделирования бетона относится ко второму способу. Для моделирования нелинейного поведения хрупких материалов, этот способ предлагает специальный трехмерный восьмиузловой изопараметрический элемент Solid65, основанный на составной модели трехосного поведения бетона, разработанной К. Д. Вильямом и Е. П. Варнке.

В элементе используется модель распределенного трещинообразования для растянутых зон, и пластический алгоритм учета возможности разрушения бетона сжатых зон. Проверка трещинообразования и разрушения выполняется в 8 узлах каждого элемента. Трещинообразование или разрушение элемента происходят тогда, когда одно из главных напряжений в одном из контрольных узлов превысит прочность бетона на растяжение или сжатие. Вследствие этого формируются зоны трещинообразования или разрушения, перпендикулярно к направлению соответствующего главного напряжения. В дальнейшем напряжения локально перераспределяются. Элемент требует итеративного решателя так как является нелинейным. Трещинообразование для элемента в численных величинах достигается модификацией зависимости напряжение – деформация, с целью создания «слабой» плоскости в направлении соответствующего главного напряжения.

Передающаяся через трещину доля поперечного усилия, может варьировать от 1 (полная передача) до 0 (нет передачи). Реализация разрушения при сжатии походит на пластическое деформирование - при разрушении участка, дальнейшее приложение нагрузки в этом направлении приведет к увеличению деформаций при постоянном напряжении. Когда сформирована начальная трещина, касательные к фронту трещины напряжения, могут привести к развитию второй, третьей трещины в направлении главных напряжений в узловой точке.

Модель внутреннего армирования может быть представлена, как дополнительная размазанная жесткость, которая распределена по элементу в заданном направлении, или с использованием сжато-растянутых или изогнутых стержневых дискретных элементов. Внутреннему армированию балочных элементов позволено воспринимать поперечные силы. Но пластическое деформирование, в таких элементах, в Ansys не поддерживается.

Широко используемая на западе модель трехосного критерия прочности бетона разработана в 1974 г. К. Д. Вильямом и Е. П. Варнке. Поверхность критерия в координатах

главных напряжений показана на рис. 1. Выделяются сечения: гидростатическое (изменения в объеме) и девиаторное (изменения формы). Гидростатическое сечение формирует меридиональную плоскость, содержащую, как ось симметрии эквисектрису $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$. Девиаторное сечение лежит в плоскости, нормальной к эквисектрисе.

В полярных координатах девиаторное сечение имеет вид:

$$\frac{1}{z} \frac{\sigma_a}{f_{cu}} + \frac{1}{r(\Theta)} \frac{\tau_a}{f_{cu}} = 1, \quad (1)$$

где: f_{cu} , σ_a , τ_a - сопротивления одноосному сжатию,

φ_1 , φ_2 - углы гидростатического конуса.

z и r - свободные параметры поверхности прочности. Они определяются на основе сопротивления одноосному сжатию f_{cu} , сопротивления двухосному сжатию f_{cb} и сопротивлению одноосному растяжению.

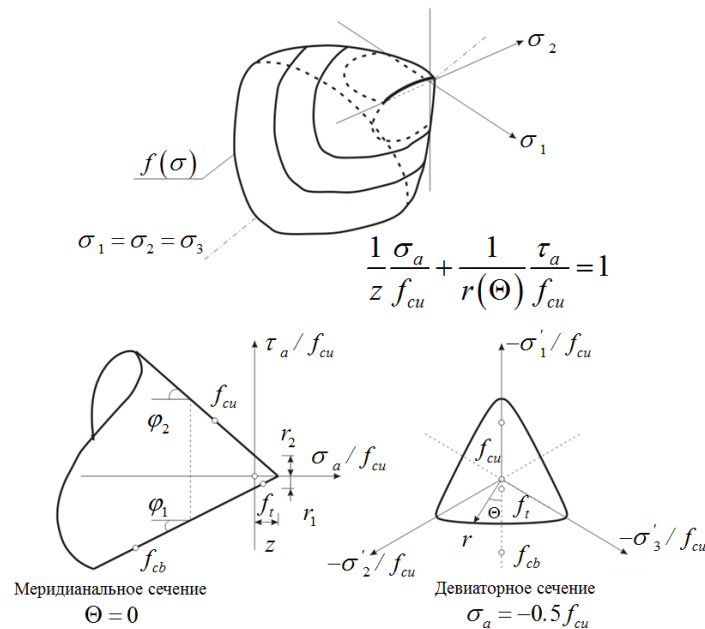


Рис.1. Поверхность прочности бетона согласно модели Вильяма-Варнке

Моделирование стального армирования. Учет армирования в конечноэлементном моделировании традиционно выделен в три способа: дискретный, внедренный и размазанный (рис. 2).

Модель дискретного армирования представлена, как стоечные или балочные элементы, которые связаны с узлами сетки бетона, при этом бетон и арматура имеют общие узлы, и занимают одно и то же пространство. Недостатки этого подхода в том, что конечноэлементная сетка для бетона привязана к расположению арматуры и том, что объем армирования не вычитается из бетонного массива.

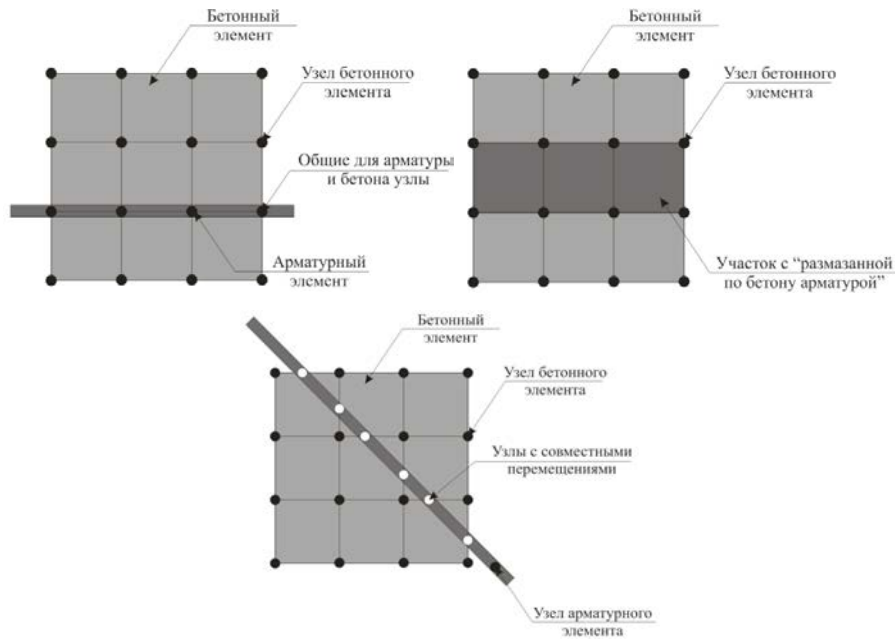


Рис.2. Способы моделирования стержневого армирования

При использовании внедренного армирования преодолеваются недостатки дискретного подхода, т.к. жесткость и реакция армирования вычисляются отдельно от бетона, а для совместности деформаций вводятся специальные функции. Недостатками этого моделирования является возрастание числа узлов и степеней свободы системы, что приводит к значительному увеличению объема вычислений.

При использовании размазанного армирования в модель предусмотрено равномерное распределение армирования по бетонным элементам в заданном объеме конечноэлементной сетки. Этот способ хорош для моделей большого масштаба, в которых точное положение армирования серьезно не влияет на общую работу конструкции.

Типы используемых элементов:

КЭ Solid65 (рис. 3) используется для моделирования бетона.

КЭ Solid45 (рис. 4) используется для опор и пластин, через которые передается нагрузка. Это восьмиузловой элемент с тремя степенями свободы в каждом узле.

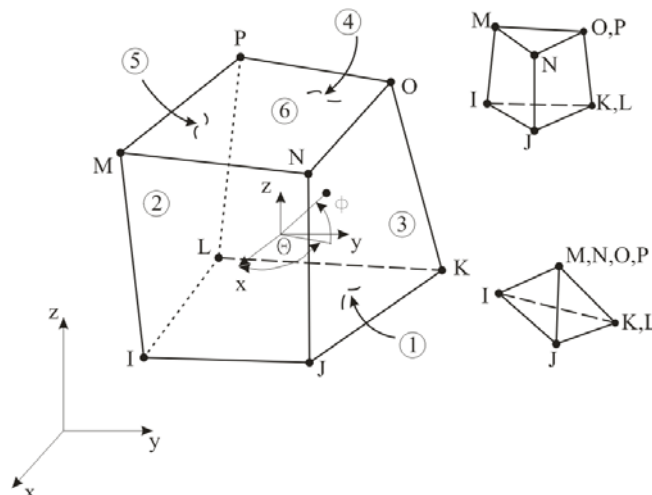


Рис.3. КЭ Solid65

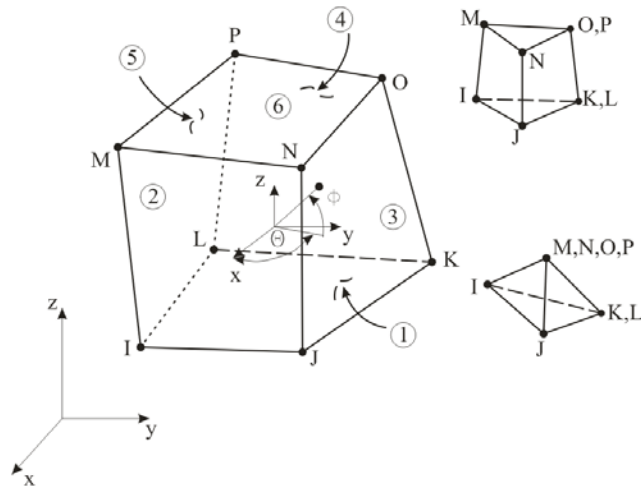


Рис.4. КЭ Solid45

Для моделирования стального армирования используется КЭ Link8 (рис. 5). Это трехмерный стержневой элемент с тремя степенями свободы в двух узлах, способный испытывать пластические деформации.

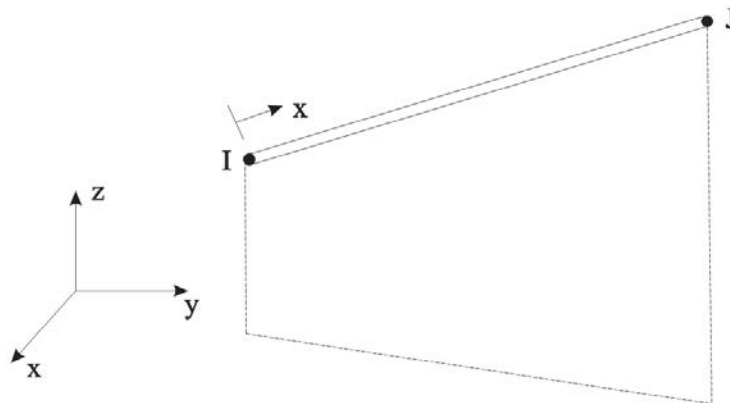


Рис. 5. КЭ Link8

Моделирование материалов. В таблице 1 приведены модели материалов.

Модель материала номер 1 относится к керамзитобетону. Для правильного моделирования свойств бетона КЭ Solid65 требует задания линейно-изотропной и мультилинейно-изотропной моделей. Мультилинейно-изотропный материал использует критерий прочности фон Мизеса совместно с моделью Вильяма и Варнке для описания процессов разрушения бетона. E_x – начальный модуль упругости керамзитобетона, ν_{xy} – коэффициент Пуассона.

Первая точка мультилинейно-изотропной модели должна удовлетворять закону Гука. В качестве закона деформирования бетона была принята диаграмма, основанная на работах А.Н. Бамбуры.

Реализация модели Вильяма и Варнке в ПК Ansys требует ввода 5, а при наличии данных о сложном напряженном состоянии 9 констант:

1. Коэффициент передачи поперечных сил через раскрытую трещину.
2. Коэффициент передачи поперечных сил через закрытую трещину.

3. Сопротивление одноосному растяжению.
4. Сопротивление одноосному сжатию.
5. Сопротивления двухосному сжатию (f_{cb}).
6. Характеристика обобщенного напряженного состояния

$$\sigma_h = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \quad (2)$$

Таблиця 1

Модели материалов

№ матер.	Назначение	Тип элемента	Свойства материала		
1	Бетон	Solid 65	Линейно изотропная модель		
			E_x , МПа	8.5×10^3	
			ν_{xy}	0.2	
			Мультилинейно изотр. модель		
			№ точки	ε	σ , МПа
			1	0.000244	7.64
			2	0.000493	15.2
			3	0.00102	19.2
			4	0.00179	25.3
			5	0.00326	13.3
			6	0.00423	5.11
			Бетон		
			Конст1	1	
			Конст2	0.9	
			Конст3	0.9	
			Конст4	f_{ctk}	
			Конст5	-1	
2	Материал опоры	Solid 45	Линейно изотр. модель		
			E_x , МПа	2×10^4	
			ν_{xy}	0.3	
3	Продольная арматура	Link 8	Линейно изотр. модель		
			E_x , Мпа	2×10^4	
			ν_{xy}	0.3	
			Мультилинейно изотр. модель		
			№ точки	ε	σ , МПа
			1	0.00125	25
			2	0.0025	49.5
			3	0.025	50
5	Поперечная арматура	Link 8	Линейно изотр.модель		
			E_x , МПа	2×10^4	
			ν_{xy}	0.3	
			Билинейно изотр. модель		
			Предел текуч.	38	
			Угол накл. касат.	145	

7. Двухосное сопротивление сжатию при объемном напряженном состоянии (f_1).
8. Одноосное сопротивление сжатию при объемном напряженном состоянии (f_2).
9. Коэффициент жесткости для раскрытой трещины.

Константы 6 ÷ 9 связаны со сложным напряженным состоянием, и если они не задаются пользователем, то автоматически вычисляются на базе эмпирических зависимостей модели:

$$f_{cb} = 1,2f_c \quad (3)$$

$$f_1 = 1,45f_c \quad (4)$$

$$f_2 = 1,725f_c \quad (5)$$

Следует заметить, что данные зависимости валидны только при выполнении условия:

$$|\sigma_h| \leq \sqrt{3}f_c \quad (6)$$

Модель материала №2 используется для моделирования стальных опор и пластинок в точках приложения нагрузки. В связи с этим, материал моделируется, как линейный, изотропный, с модулем упругости стали и коэффициентом Пуассона 0,3.

Модели материалов №3, №4, №5 относятся к арматурным элементам. Все армирование балки моделируется с помощью КЭ Link8. Диаграмма деформирования считается билинейной, а материал – изотропным. Для билинейной модели требуется знание предела текучести и модуля упрочнения материала.

Необходимо отметить, что плотности бетона и арматуры не включены в модель материалов. Влиянием собственного веса при расчетах пролетных конструкций так же можно пренебречь.

Параметры решения

Конечноэлементная модель в проводимом анализе – это балка на двух опорах под действием поперечной нагрузки. Для нее соответственно принят статический тип анализа.

Данная модель работает нелинейно. В таблице 2 нами приведены параметры решателя, контроля сходимости и нелинейного анализа. Для контроля сходимости используются два параметра – сумма внутренних усилий (внешняя нагрузка) и перемещения

Таблица 2

Параметры решения

Общие характеристики	
Тип анализа	Статический
Контроль перемещений	Большие
Время в конце шага наружения	P (величина кратковременного нагружения)
Число подшагов	10 ⁶
Автоматический таймстеппинг	Да
Нелинейный расчет	
Линейный поиск	Да
Максимальные пластические деформации	100%
Несимметричный решатель с прогноз-коррекцией	Да
Максимальное число итераций на шаге	10

Контроль формы элемента	Нет
Контроль разрушения	Нет
Контроль сходимости	По силам (F)
Толерантность	0.5

Выводы.

1. Принятый объем экспериментально и теоретических исследований позволяет в полной мере решить все намеченные в диссертационной работе задачи и достичь поставленной цели.
2. Детально разработанная методика экспериментальных исследований в комплексе с современными электро-механическими приборами, программным обеспечением и оборудованием позволяют достичь необходимую достоверность полученных результатов.
3. Моделирование сложного напряженно-деформированного состояния опытных элементов путем нелинейного конечно-элементного расчета с помощью программного комплекса «ANSYS MECHANICAL» дает возможность численно воспроизвести результаты эксперимента и сделать прогноз их напряженно-деформированного состояния достоверным.

Список использованных источников

1. Дашченко А.Ф. Численно-аналитический метод граничных элементов / А.Ф. Дашченко, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов — Одесса: ВМВ, 2010. — В 2-х томах. — Т.1. — 416 с. — Т.2. — 512 с.
2. Оробей В.Ф. Основные положения численно-аналитического варианта МГЭ / В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов. — Труды Санкт-Петербургского политехнич. ун-та / Инженерно-строительный журнал. — № 4 (22). — СПб, 2011. — С. 33-39.
3. Басов К. А. ANSYS для конструкторов. — М.: ДМК Пресс, 2009. — С. 248.
4. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 272 с.
- Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справочное пособие — М.: Машиностроение — 1, 2004. — 512 с. А.И. КОСТЮК, И.А. СТОЛЕВИЧ, О.И. СТОЛЕВИЧ

References

1. Dashchenko A.F. Chislenno-analiticheskij metod granichnyh ehlementov / A.F. Dashchenko, L.V. Kolomiec, V.F. Orobej, N.G. Sur'yaninov — Odessa: VMV, 2010. — V 2-h tomah. — T.1. — 416 p. — T.2. — 512 p.
2. Orobej V.F. Osnovnye polozheniya chislenno-analiticheskogo varianta MGEH / V.F. Orobej, N.G. Sur'yaninov. — Trudy Sankt-Perburgskogo politekhnich. un-ta / Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. — № 4 (22). — SPb, 2011. — P. 33-39.
3. Basov K. A. ANSYS dlya konstruktorov. — M.: DMK Press, 2009. — 248 p.
4. Kaplun A.B., Morozov E.M., Olfer'eva M.A. ANSYS v rukah inzhenera: Prakticheskoe ruokvodstvo — M.: Editorial URSS, 2003. — 272 p.
5. CHigarev A.V., Kravchuk A.S., Smalyuk A.F. ANSYS dlya inzhenerov: Spravochnoe posobie — M.: Mashinostroenie — 1, 2004. — 512 p.

ЗАГАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ МОДЕЛЮВАННЯ В ЧИСЛОВОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПК ANSYS MECHANICAL

КОСТЮК А.І., СТОЛЕВИЧ І.А., СТОЛЕВИЧ О.І.

Одеська державна академія будівництва і архітектури

Мета. Детальне експериментально-теоретичне дослідження напружено-деформованого стану, тріщиностійкості та несучої здатності керамзитозалізобетонних балок з використанням програмного комплексу *Ansys Mechanical*.

Результати. Моделювання складного напружено-деформованого стану елементів, що досліджуються, шляхом нелінійного скінченно-елементного розрахунку за допомогою програмного комплексу «*ANSYS MECHANICAL*» дає можливість чисельно відтворити результати експерименту й зробити прогноз їх напружено-деформованого стану достовірним.

Методика. Побудована модель відповідно до поставленої задачі повинна максимально відображати реальну роботу залізобетонного елемента під дією навантаження.

Наукова новизна. Доведена можливість ефективного моделювання напружено-деформованого стану згинальних залізобетонних елементів, в тому числі схильних до тривалого впливу навантаження з урахуванням нелінійності повзучості за допомогою методу кінцевих елементів, з реалізацією в ПК *ANSYS*.

Практична значимість. Суттєво поповнено банк експериментальних даних про напружено-деформований стан згинальних керамзитозалізобетонних елементів, в якому комплексно враховано вплив досліджуваних факторів на вихідні параметри їх працездатності.

Ключові слова: модель, повзучість, керамзитозалізобетон, напруження, елемент, *ANSYS*.

GENERAL PARAMETERS OF MODELING IN A NUMERICAL EXPERIMENT WITH USING THE PK ANSYS MECHANICAL

KOSTYUK A.I., STOLEVICH I.A., STOLEVICH O.I.

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Goal. Detailed experimental and theoretical research of the stress-strain state, crack resistance and load-bearing capacity of expanded clay reinforced concrete beams with using the program complex *Ansys Mechanical*.

Findings. Modeling the complex stress-strain state of experimental elements by means of nonlinear finite element calculation using the software complex "*ANSYS MECHANICAL*" makes it possible to numerically reproduce the results of the experiment and make a forecast of their stress-strain state reliable.

Methodology. The constructed model in accordance with the assigned task should maximally reflect the real work of the reinforced concrete element under the action of the load.

Scientific novelty. The possibility of effective modeling of the stress-strain state of bent reinforced concrete elements, including apt a long-term load, taking into account the nonlinearity of creep with help of the finite element method, with the realization in the PK *ANSYS*, is proved.

Practical significance. The bank of experimental data about stressed-strain state of bent expanded clay reinforced concrete elements has been significantly supplemented, in which the influence of the explored factors on the output parameters of their operability comprehensively taken into account.

Key words: model, creep, expanded clay reinforced concrete, stress, element, *ANSYS*.

УДК 677.055

ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Є.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ВПЛИВ ГАЛЬМІВНОГО МОМЕНТУ
КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ НА ДИНАМІЧНІ
НАВАНТАЖЕННЯ ТОВАРОПРИЙОМНОГО МЕХАНІЗМУ**

Мета. Дослідження впливу гальмівного моменту круглов'язальної машини на динамічні навантаження товароприйомного механізму.

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

Результати. Розроблено метод дослідження динаміки гальмування круглов'язальної машини, що дозволяє оцінити вплив гальмівного моменту на динамічні навантаження товароприйомного механізму. В результаті виконаних досліджень встановлено, що при гальмуванні круглов'язальної машини в товароприйомному механізмі виникають динамічні навантаження, що значно перевищують навантаження, які діють в момент її пуску, і цю обставину необхідно враховувати при проектуванні круглов'язальних машин. На основі теоретичних досліджень розроблено інженерний метод знаходження максимальних динамічних навантажень, що виникають в товароприйомному механізмі під час гальмування круглов'язальної машини, та оцінки впливу гальмівного моменту на його навантаження.

Наукова новизна. Розроблено метод дослідження впливу гальмівного моменту круглов'язальної машини на динамічні навантаження товароприйомного механізму.

Практична значимість. Розроблено алгоритм та інженерний метод знаходження максимальних динамічних навантажень, що виникають в товароприйомному механізмі під час гальмування круглов'язальної машини, та оцінки впливу гальмівного моменту на його навантаження.

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

Вступ. Питання впливу гальмівного моменту круглов'язальної машини на динамічні навантаження товароприйомного механізму вивчене недостатньо [1, 2], що є одним із стримуючих факторів в вирішенні проблеми удосконалення товароприйомних механізмів, здатних забезпечити стабільність процесу відтягнення та накатування полотна. Підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин не може бути вирішена без розвитку теорії їх проектування і, зокрема, товароприйомних механізмів. Тому розробка методу досліджень динаміки гальмування круглов'язальної машини з метою оцінки впливу гальмівного моменту на динамічні навантаження товароприйомного механізму є актуальним.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи товароприйомних механізмів круглов'язальних машин, завданням стала розробка методу дослідження впливу гальмівного моменту круглов'язальної машини на динамічні навантаження товароприйомного механізму круглов'язальної машини та створення на його основі алгоритму та інженерного методу знаходження максимальних динамічних навантажень, що виникають в товароприйомному механізмі під час гальмування круглов'язальної машини, а також оцінки впливу гальмівного моменту на його навантаження.

Результати дослідження. Як відомо [2, 3], система гальмування круглов'язальних

машин повинна задовольняти низку умов, основною з яких є забезпечення високої якості трикотажного полотна та продуктивності машин при високій надійності її роботи [4].

Ефективність роботи механізмів круглов'язальної машини (якість полотна та продуктивність машини), зокрема товароприйомного механізму, залежить від динамічних навантажень, що виникають в ньому при експлуатації машини. При цьому поряд з навантаженнями, що виникають в період пуску машини, необхідно враховувати також навантаження, які діють в механізмі під час гальмування машини, величина яких подекуди значно перевищує величину динамічних навантажень, що виникають під час пуску машини.

Розглянемо вплив гальмівного моменту круглов'язальної машини на динамічні навантаження, що виникають в її механізмах під час гальмування на прикладі круглов'язальної машини КО-2. При цьому будемо виходити з можливої зміни гальмівного моменту від 0 (система гальмування не працює) до 100 Нм (необхідна раціональна величина гальмівного моменту машини КО-2 $T_{\Gamma} = 71,85$ Нм [2]).

В якості вихідних параметрів приймаємо [2]: моменти сил опору механізмів машини $T_3 = 17,7$ Нм (механізм в'язання); $T_4 = 4,4$ Нм (механізм товароприйому); гальмівний момент системи гальмування $T_{\Gamma} = (0...100)$ Нм; моменти обертальних мас механізмів машини $J_1 = 0,023$ кгм²; $J_2 = 0,015$ кгм; $J_3 = 0,021$ кгм²; $J_4 = 0,026$ кгм²; жорсткість пружних в'язів приводу $C_{12} = 1940$ Нм/рад; $C_{23} = 3062$ Нм/рад; $C_{24} = 15310$ Нм/рад;

За алгоритм обчислення динамічних навантажень, що виникають в механізмах при гальмуванні машини КО-2, враховуючи рекомендації [2, 3, 5], приймаємо:

1. Знаходимо постійні складові динамічних навантажень a_{12} , a_{23} , a_{24} , використовуючи систему рівнянь:

$$\begin{aligned} 38a_{12} - 23a_{23} - 23a_{24} &= -15T_{\Gamma}; \\ -26a_{12} + 26a_{23} + 41a_{24} &= -66; \\ -21a_{12} + 36a_{23} + 213a_{24} &= 265,5. \end{aligned} \quad (1)$$

2. Знаходимо постійні інтегрування A , використовуючи системи рівнянь:

$$\begin{aligned} -2066801,4A_{(12)1} + 129333,33A_{(23)1} + 129333,33A_{(24)1} &= 84347,826T_{\Gamma}; \\ -204133,33A_{(12)1} + 2203063,1A_{(23)1} + 204133,33A_{(24)1} &= 2580828,6; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} -1020666,7A_{(12)1} + 1020666,7A_{(23)1} + 3462633A_{(24)1} &= 2590923,1; \\ -432468,88A_{(12)2} + 129333,33A_{(23)2} + 129333,33A_{(24)2} &= 84347,826T_{\Gamma}; \\ -204133,33A_{(12)2} + 568730,58A_{(23)2} + 204133,33A_{(24)2} &= 2580828,6; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} -1020666,7A_{(12)2} + 1020666,7A_{(23)2} + 1828300,5A_{(24)2} &= 2590923,1; \\ -314909,95A_{(12)3} + 129333,33A_{(23)3} + 129333,33A_{(24)3} &= 84347,826T_{\Gamma}; \\ -204133,33A_{(12)3} + 451171,65A_{(23)3} + 204133,33A_{(24)3} &= 2580828,6; \\ -1020666,7A_{(12)3} + 1020666,7A_{(23)3} + 1710741,6A_{(24)3} &= 2590923,1; \end{aligned} \quad (4)$$

3. Знаходимо максимальну величину динамічних навантажень, що виникають в механізмах машини, використовуючи рівняння:

$$T_{12 \max} = |A_{(12)1}| + |A_{(12)2}| + |A_{(12)3}| + |a_{12}|; \quad (5)$$

$$T_{23\max} = |A_{(23)1}| + |A_{(23)2}| + |A_{(23)3}| + |a_{23}|; \quad (6)$$

$$T_{24\max} = |A_{(24)1}| + |A_{(24)2}| + |A_{(24)3}| + |a_{24}|, \quad (7)$$

де $T_{12\max}$; $T_{23\max}$; $T_{24\max}$ - максимальна величина динамічних навантажень, що виникають при гальмуванні машини, в приводі, механізмі в'язання та товароприйомному механізмі відповідно.

4. Знаходимо коефіцієнти динамічних перевантажень механізмів круглов'язальної машини КО-2 під час гальмування:

$$K_{12} = \frac{T_{12\max}}{T_3 + T_4} = \frac{T_{12\max}}{22,1}; \quad K_{23} = \frac{T_{23\max}}{T_3} = \frac{T_{23\max}}{17,7}; \quad K_{24} = \frac{T_{24\max}}{T_4} = \frac{T_{24\max}}{4,4}, \quad (8)$$

де K_{12} ; K_{23} ; K_{24} - динамічних перевантаження, що виникають в приводі, механізмі в'язання та товароприйомному механізмі відповідно при гальмуванні машини.

Використовуючи приведений алгоритм розрахунків динамічних навантажень механізмів машини, ПК та відповідне програмне забезпечення були одержані необхідні результати, представлені в табл. 1 і на рис. 1, 2.

Таблиця 1.

Вплив гальмівного моменту на динамічні навантаження та на динамічні перевантаження механізмів круглов'язальної машини КО-2

$T_{Г, Нм}$	$T_{12\max, Нм}$	$T_{23\max, Нм}$	$T_{24\max, Нм}$	K_{12}	K_{23}	K_{24}
0	9,902	26,202	5,087	0,448	1,48	1,156
5	3,181	24,244	7,94	0,144	1,37	1,805
10	3,98	22,285	10,792	0,18	1,259	2,453
15	10,922	20,327	13,644	0,494	1,148	3,101
20	17,861	18,369	16,498	0,808	1,038	3,750
25	24,803	16,411	19,351	1,122	0,927	4,398
30	31,744	14,453	22,203	1,436	0,817	5,046
35	38,685	12,495	25,057	1,75	0,706	5,695
40	45,626	10,536	27,943	2,065	0,595	6,351
45	52,568	8,578	30,912	2,379	0,485	7,025
50	59,509	6,846	33,879	2,693	0,387	7,700
55	66,451	7,358	36,847	3,007	0,416	8,374
60	73,39	7,872	39,77	3,321	0,445	9,039
65	80,332	8,383	42,782	3,635	0,474	9,723
70	87,273	8,895	45,749	3,949	0,503	10,397
75	94,214	9,408	48,717	4,263	0,532	11,072
80	101,155	10,692	51,685	4,577	0,604	11,747
85	108,096	11,356	54,652	4,891	0,642	12,421
90	115,037	12,807	57,62	5,205	0,724	13,095
95	121,978	14,258	60,587	5,519	0,806	13,768
100	128,918	15,709	63,554	5,833	0,887	14,444

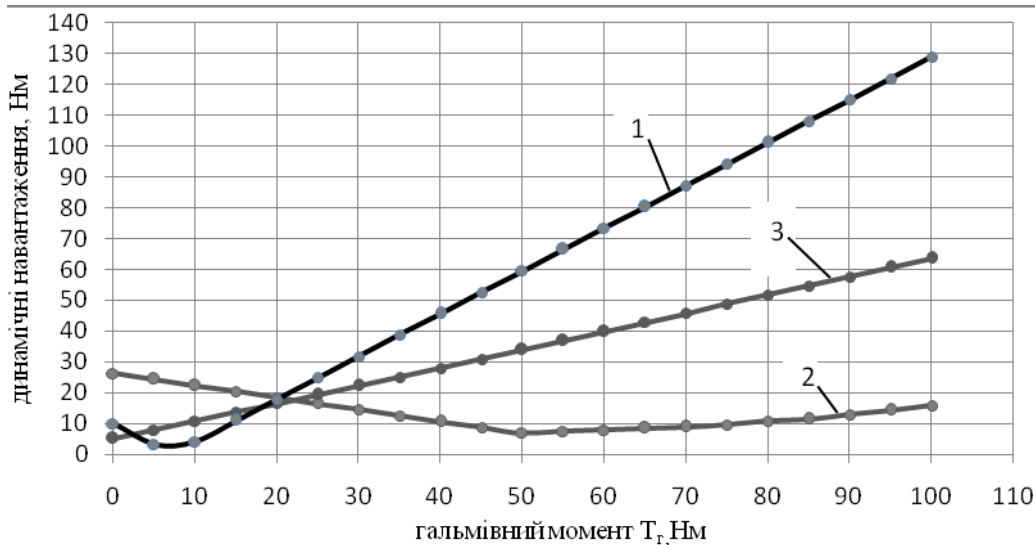


Рис. 1. Графіки впливу гальмівного моменту на динамічні навантаження механізмів круглов'язальної машини КО-2 під час гальмування: 1 – T_{12max} ; 2 – T_{23max} ; 3 – T_{24max}

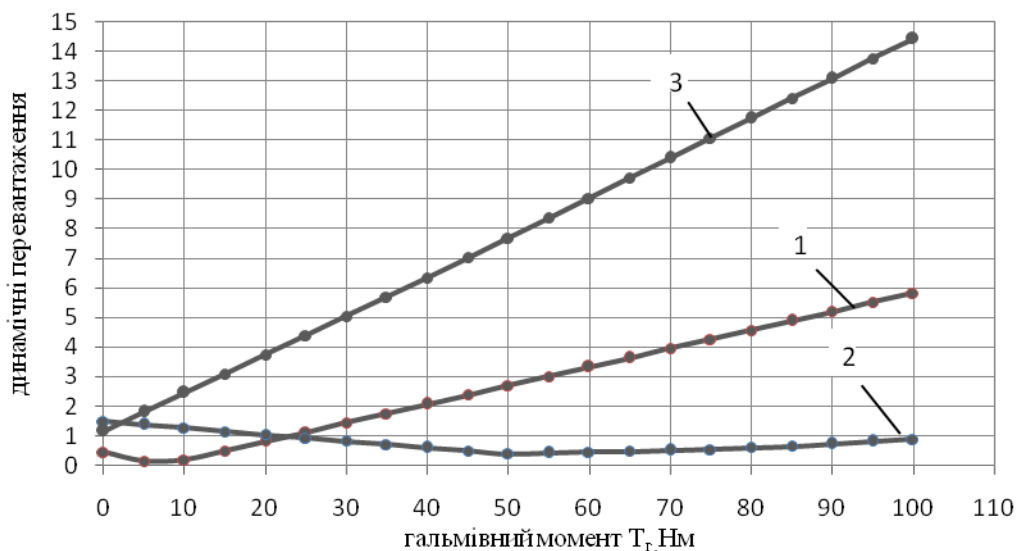


Рис. 2. Графіки впливу гальмівного моменту на динамічні перевантаження механізмів круглов'язальної машини КО-2: 1 – K_{12} ; 2 – K_{23} ; 3 – K_{24}

Висновки. Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- процес гальмування круглов'язальної машини суттєво впливає на величину динамічних навантажень товароприйомного механізму;
- коефіцієнт динамічних перевантажень деталей та вузлів товароприйомного механізму при гальмуванні круглов'язальних машин типу КО може перевищити 14, що значно перевищує коефіцієнт динамічних перевантажень механізму, що виникає під час пуску круглов'язальних машин ($K \leq 4$ [3, 5]);
- при проектуванні товароприйомних механізмів круглов'язальних машин необхідно поряд з умовою забезпечення їх функціонального призначення вирішувати також завдання забезпечення надійності роботи механізму з урахуванням можливих значних динамічних перевантажень.

Список використаних джерел

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

References

1. Pipa B.F., Khomiak O.M., Oliinyk O.Iu. Mekhanizmy vidtiazhky ta nakatuvannia polotna kruhloviazalnykh mashyn. – K: KNUTD, 2009. – 234 p.
2. Pipa B.F., Khomiak O.M., Pavlenko H.I. Naukovi osnovy proektuvannia ta udoskonalennia system halmuvannia kruhloviazalnykh mashyn. – K: KNUTD, 2003. – 208 p.
3. Pipa B.F., Khomiak O.M., Marchenko A.I. Pryvody kruhloviazalnykh mashyn (novi rozrobky ta elementy rozrakhunku). – K: KNUTD, 2007. – 400 p.
4. Homyak O.N. Povyishenie effektivnosti raboty vyazalnykh mashin /B.F. Pipa. – M.: Legprombytizdat, 1990. – 208 p.
5. Pipa B.F., Khomiak O.M., Pavlenko H.I. Dynamika kruhloviazalnykh mashyn. – K: KNUTD, 2005. – 294 p.

ВЛИЯНИЕ ТОРМОЗНОГО МОМЕНТА КРУГЛОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ТОВАРОПРИЕМНОГО МЕХАНИЗМА

ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Е.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование влияния тормозного момента кругловязальной машины на динамические нагрузки товароприемного механизма.

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

Результаты. Разработан метод исследования динамики торможения кругловязальной машины, позволяющий оценить влияние тормозного момента на динамические нагрузки товароприемного механизма. В результате выполненных исследований установлено, что при торможении кругловязальной машины в товароприемном механизме возникают динамические нагрузки, значительно превышающие нагрузки, действующие в момент ее пуска, и это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании кругловязальных машин. На основе теоретических исследований разработан инженерный метод нахождения максимальных динамических нагрузок, возникающих в товароприемном механизме при торможении кругловязальной машины, и оценки влияния тормозного момента на его нагрузки.

Научная новизна. Разработан метод исследования влияния тормозного момента кругловязальной машины на динамические нагрузки товароприёмного механизма.

Практическая значимость. Разработан алгоритм и инженерный метод нахождения максимальных динамических нагрузок, возникающих в товароприёмном механизме при торможении кругловязальной машины, и оценки влияния тормозного момента на его нагрузки.

Ключевые слова: Кругловязальная машина, товароприёмный механизм, динамика товароприёмного механизма, торможение кругловязальной машины, динамические нагрузки, обусловленные торможением.

INFLUENCE BRAKING TORQUE CIRCULAR KNITTING MACHINES TO DYNAMIC LOADS FOSTER THE MECHANISM OF GOODS

CHABAN V.V., KOROBCHENKO E.A.

Kiev National University of Technology and Design

Goal. Investigation of the effect of braking torque circular knitting machine to dynamic loads foster the mechanism.

Methods. The use of modern methods of theoretical research based on the theory of the dynamics of mechanical systems with elastic ties.

Results. A method for the study of the dynamics of braking the circular machine, which allows to evaluate the effect of the braking torque on the dynamic loads foster the mechanism. As a result of the research found that when braking the circular machine in foster the mechanism having dynamic loads far in excess of the load current at the time of its launch, and this fact must be taken into account when designing the circular knitting machine. On the basis of theoretical studies developed engineering method for finding the maximum dynamic loads occurring in braking foster the mechanism circular knitting machine, and assess the impact of the braking torque on its load.

Scientific novelty. A method for the study of influence of the braking torque on the circular knitting machine foster the mechanism dynamic loading.

Practical significance. The algorithm and the engineering method for finding the maximum dynamic loads occurring in braking foster the mechanism circular knitting machine, and assess the impact of the braking torque to its load.

Keywords: circular knitting machines, foster the mechanism, dynamics foster the mechanism, inhibition of the circular machine, the dynamic loads caused by braking.

УДК 621.314.26

ШАВЁЛКИН А.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

ОДНОФАЗНЫЙ КАСКАДНЫЙ МНОГОУРОВНЕВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СОЛНЕЧНЫМИ БАТАРЕЯМИ

Цель. Повышение эффективности использования однофазных преобразователей для комбинированных систем электропитания с солнечными батареями.

Методика. Синтез структуры силовых цепей и системы управления преобразователя на основе анализа электромагнитных процессов в электрических цепях с полупроводниковыми приборами и с использованием компьютерного моделирования.

Результаты. Структура преобразователя с последовательным соединением инверторов в выходной цепи; система управления, обеспечивающая совмещение функции активного фильтра при параллельной работе с централизованной сетью и работу с нагрузкой в автономном режиме, подчиненная регулятору напряжения, функция которого определяется режимом работы; компьютерная модель для исследования системы: преобразователь с солнечной батареей, сеть и нагрузка.

Научная новизна. Усовершенствованы принципы реализации преобразователя с последовательным соединением инверторов в выходной цепи при их работе в режиме источника тока с многоуровневой широтно-импульсной модуляцией и совмещением функции активного фильтра.

Практическая значимость. Полученные решения являются основой для проектирования комбинированных систем с однофазными каскадными многоуровневыми преобразователями с совмещением функции активного фильтра.

Ключевые слова: комбинированная система электропитания, инвертор напряжения в режиме источника тока, повышающий преобразователь напряжения, отклонение тока, модулирующее напряжение, релейный регулятор тока, регулятор напряжения, моделирование.

Введение. С введением в действие «зеленых тарифов» широкое распространение приобретают комбинированные системы электроснабжения (КСЕ) локальных объектов (коттедж, офисное здание, торговый центр) с возобновляемыми источниками электроэнергии (ВИЭ) и подключением к централизованной сети (ЦС) переменного тока. При небольшой мощности энергоустановки используется однофазный сетевой инвертор. Для наиболее распространенного решения – солнечной батареи (СБ), собираемой из солнечных панелей (СП), мощностью 250 Вт (СП типа LDK-250P-20) количество СП составляет 4 шт. на 1 кВт, соответственно, на 6 кВт – 24 шт. При объединении СП в группы, образующие изолированные источники постоянного тока (ИПТ) можно использовать каскадные преобразователи с последовательным соединением инверторов [1, 2, 4], обеспечивающие многоуровневое формирование напряжения с гармоническим составом на уровне стандартов [5] при минимальных выходных фильтрах. Эффективность КСЭ существенно повышается при совмещении сетевым инвертором функций силового активного фильтра (САФ), что предложено в [3, 6-10]. Это позволяет в дневное и ночное время (при отсутствии генерации энергии СБ) разгрузить сеть от потребляемой объектом реактивной мощности и высших гармоник при коэффициенте мощности равном единице в точке подключения к сети. Задача решается с использованием автономного инвертора напряжения (АИН) в режиме источника

тока при формуванні миттєвого значення тока в замкнутій по відхиленню тока $\Delta i = i_{\text{зад}} - i$ ($i_{\text{зад}}$ и i – заданное и фактическое значение выходного тока) системі регулювання. Цим забезпечується високе швидкодіє і якість обробки заданного значення тока.

Постановка задачі. Формування тока здійснюється з застосуванням: релейних регуляторів тока, оброблюваних заданное значення тока з допустимой погрешністю δ [4], polarized ramp time (PRT) или иначе Ramp time Zero Average Current Error (ZACE) [6, 7]. Перспективним для схеми з послідовним з'єднанням АИН являється метод [9, 10] з використанням модулюючих напруг, дозволяючий при фіксованій частоті модуляції реалізувати можливості багатоуровневої ШИМ. Послідовне з'єднання АИН при однаковому тоці також передбачає рішення питання забезпечення однакової навантаження ИПТ, живлячих інверторів. Це необхідно для забезпечення відбору однакової потужності від СП. Таким чином, питання реалізації режиму тока з фіксованою частотою модуляції в разі послідовного з'єднання декількох інверторів вивчений недостатньо. Потребують додаткової проработки питання побудови структури перетворювача і системи управління для реалізації функції САФ при роботі паралельно з ЦС, функціонування в автономному режимі.

Результати досліджень. Предложена структура перетворювача при підключенні до ЦС змінного тока G і навантаженню (H) приведена на рис.1,а і включає в себе: фільтр вищих гармонік (R_{ϕ}, C_{ϕ}), конденсатор $C1$, використовуваний при роботі в автономному режимі (підключається за допомогою контактора $K2$). Перетворювач складається з n ($n=3$) силових блоків (БС) і підключається до ЦС і навантаженню через реактор L . Для контролю тока навантаження і вихідного тока перетворювача використовуються датчики тока ДТ, для контролю напруги датчик напруги ДН.

БС (рис.1,б) містить однофазний АИН і комплект СП (загальне кількість СП кратное n), які з'єднані в паралельні гілки по декількох СП послідовно. Напруга СП залежить від режиму навантаження (для СП типу LDK-250P-20 при радіації 1000 Вт/м² і температурі модуля 25°C напруга холостого ходу 37.7 В, при максимальній потужності 30.3 В). Найбільше вплив на напругу має температура (коефіцієнт - 0.33%/°C), відповідно, напруга в робочому діапазоні температур (-40÷85°C) може змінюватися, відповідно, від 1.28 до 0.868 відносно значення при робочій температурі. Для узгодження напруг СП і АИН використовується підвищуючий імпульсний перетворювач постійного напруги (ИПН) на транзисторі VT1 і діоді VD1 з входним реактором L1. Напруга на вході АИН повинно підтримуватися постійним при відборі від блоку СП максимального по умовам освітленості значення потужності, яке задається входним током ИПН $i_{\text{СП}}$. Для зниження втрат провідності в ключах інвертора може використовуватися варіант полумостового АИН (на двох транзисторах).

Рассмотрим возможности реализации метода [9, 10], когда формирование импульсов управления ключами осуществляется путем сравнения по уровню напряжения, соответствующего Δi , с модулирующим напряжением треугольной формы U_{TP} симметричным относительно нуля. Возрастание/убывание тока при использовании биполярного формирования напряжения осуществляется изменением полярности напряжения АИН. Суть метода для отдельного АИН поясняет рис.2. На рис.2,а показан случай, когда скорость изменения тока максимальна и среднее значение Δi за период модуляции близкое к нулю, что имеет место при $u_1=0$. Значение частоты модуляции f_M

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

При этом значение амплитуды $\Delta i(t)$ и, соответственно, выходного тока относительно заданного значения $\Delta I_m = \Delta I / 2 \approx U_{TPm} (U_{TPm} - \text{амплитуда } U_{TP})$.

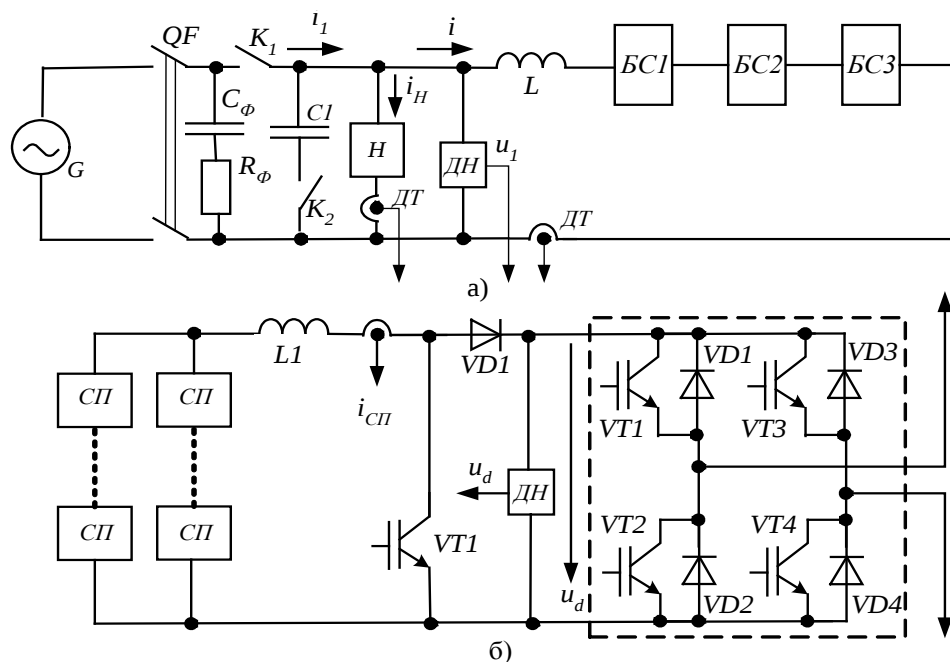


Рис. 1. Структура силовых цепей преобразователя (а) и силового блока (б)

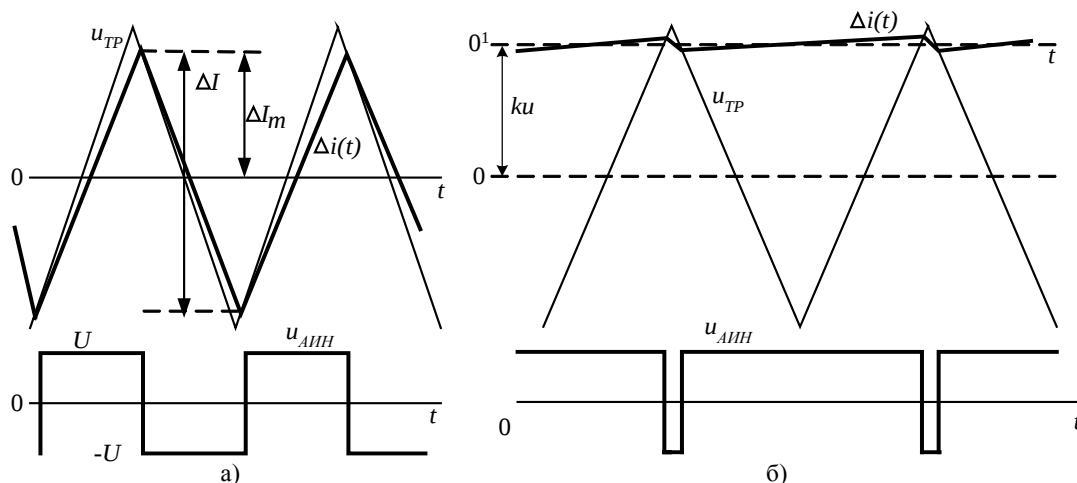


Рис. 2. Формирование тока при постоянной частоте модуляции при
биполярной модуляции для $u_1=0$ (а), для $u_1=U_{1m}$ (б)

В других случаях, когда $|u_1| > 0$ скорости нарастания и убывания тока разные. Максимальная разница будет для $u_1 = U_{1m}$. Это приводит к смещению кривой $\Delta i(t)$ относительно нуля до уровня U_{TPm} (рис.2, б), при этом среднее значение напряжения АИН близкое к U , а амплитуда пульсаций тока близка к нулю. Таким образом, ток отрабатывается с погрешностью по амплитуде, значение которой (среднее значение Δi за период модуляции) определяется U_{TPm} . Погрешность можно свести практически до нуля коррекцией закона изменения модулирующего напряжения $u_{TP}^1 = u_{TP} - k \cdot u_1$ ($k = U_{mTP}/U_{1m}$) путем смещения его относительно нуля на величину, определяемую мгновенным значением напряжения сети (рис.2,б). При этом $\Delta i(t)$ колеблется относительно нуля и среднее за период модуляции значение ошибки стремится к нулю, как и для интервала времени на рис.2,а.

Значение индуктивности реактора определяет скорость изменения тока. Увеличение L позволяет уменьшить частоту, но при этом увеличивается падение напряжения на реакторе для основной гармоники и увеличиваются габариты реактора. Определим L при условии ограничения падения напряжения на реакторе (по 1-й гармонике) значением $U_L = bU_1$ для максимального значения I_{MAX} выходного тока АИН

$$L = \frac{bU_{1m}}{\omega\sqrt{2}I_{MAX}}, \quad (2)$$

где ω – угловая частота напряжения сети.

Для обеспечения возможности управления током, когда напряжение u_1 максимальное, необходимо чтобы $U \geq 1.1U_{1m}$, тогда

$$L \geq \frac{1.1U_{1m}}{\Delta I \cdot f_M \cdot 2}. \quad (3)$$

Значение $\Delta I_m \approx U_{TPm}$ определяет амплитуду пульсаций и погрешность отработки тока по амплитуде. Относительное значение погрешности к амплитуде I_{MAX}

$$c = \frac{\Delta I_m}{I_{mMAX}} = \frac{\Delta I}{2\sqrt{2}I_{MAX}} \text{ или } \Delta I = c \cdot 2\sqrt{2}I_{MAX}. \quad (4)$$

В соответствии с (2), (3), (4) значение f_M

$$f_M \geq \frac{1.1\omega}{4bc}. \quad (5)$$

Если принять $b=c=0.05$ (5%) при частоте сети 50 Гц получаем $f_M \geq 34540$ Гц.

В случае трех АИН ($n=3$) уменьшается значение U/n и в соответствии с (1) $f_{Mn}=f_M/n$. Модулирующие напряжения АИН сдвинуты по фазе на угол $\theta=2\pi/n$ (на рис.3 показаны модулирующие напряжения и результирующее напряжение для $u_1=0$ и $n=3$). В данном случае имеем за период модуляции поочередное переключение АИН, соответственно, амплитуда пульсаций выходного тока уменьшается в три раза (в n раз). Это позволяет при сохранении амплитуды пульсаций увеличить U_{TPm} , соответственно, уменьшается и частота f_{Mn} . Таким образом

$$f_M \geq \frac{1.1\omega}{4b \cdot c \cdot n^2}. \quad (6)$$

Следует учитывать, что выражение (6) получено исходя из допущения, что u_1 на интервале модуляции неизменное. При снижении f_M это условие нарушается, поэтому реальное значение частоты модуляции увеличивается.

При биполярной модуляции выходного напряжения напряжение АИН принимает два значения U и $-U$. В этом случае максимальное количество уровней результирующего выходного напряжения, включая нулевой уровень, составляет $K=n+1$. Так, при $n=3$ и напряжении на входе АИН, равном U результирующее напряжение принимает значения $3U$, $2U$, $-2U$, $-3U$.

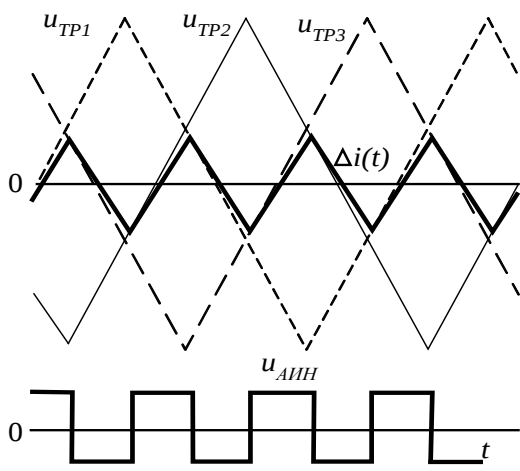


Рис. 3. Формирование выходного тока при трех АИН для $u_1=0$

Система управления преобразователем содержит два канала – управления ИПН и управления АИН. Структура определяется режимом работы КСЭ. Рассматривались: работа параллельно с ЦС и автономный режим работы при отключении сети.

Работа параллельно с сетью. Конденсатор $C1$ (рис.1,а) может быть отключен, чтобы разгрузить преобразователь по реактивному току, поскольку реактивная мощность нагрузки существенно меняется. Задачу отбора максимальной мощности СБ решает отдельный контроллер, определяющий задание на ток, потребляемый ИПН. Обработка заданного

значения осуществляется релейным регулятором тока (РРТ), обеспечивающим максимальное быстродействие. Полагаем, что все СП находятся в равных условиях и генерируют одинаковую мощность.

Заданное значение тока $i_{ИНВ}^*$ для выходной фазы преобразователя определяется уравнением $I_{1m} \sin \omega t = i_H + i_{ИНВ}$. Из условия баланса мощности в цепи, напряжение U_d на входе АИН должно быть постоянным, что обеспечивается пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором напряжения (РН), который задает значение I_{1m} . Другим словами, при изменении мощности, генерируемой СБ, РН регулирует значение I_{1m} так, чтобы напряжение оставалось постоянным. При этом РН используется только для одного АИН. Значение I_{1m}

поступает на вход суммирующего устройства, где формируется задание тока как разность значения тока фазы нагрузки и заданного значения тока сети $i^*_{ИНВ}=i_H - i_1$, значение функции $\sin\omega t$ определяется напряжением сети u_1 . Формирование импульсов управления осуществляется в соответствии с сигналом ошибки тока $\Delta i=i^*_{ИНВ} - i_{ИНВ}$ с учетом коррекции по u_1 .

Эта же структура работает и при отсутствии генерации энергии СБ, обеспечивая только функцию САФ по отношению к нагрузке.

Автономный режим работы. Исходим из того, что генерируемая СБ, мощность превышает мощность нагрузки. В противном случае (при отсутствии АКБ) часть потребителей отключается. Структура системы управления изменяется, и используется собственный генератор задания выходного напряжения u^*_1 (синусоидального напряжения с частотой 50 Гц). Отработка напряжения осуществляется ПИ регулятором напряжения РН, который задает значение $i^*_{ИНВ}$. Управление ИПН при этом осуществляется отдельным РН, который поддерживает постоянство напряжения на входе АИН, регулируя ток, потребляемый от солнечной батареи. При этом РН выполняет функцию регулятора мощности.

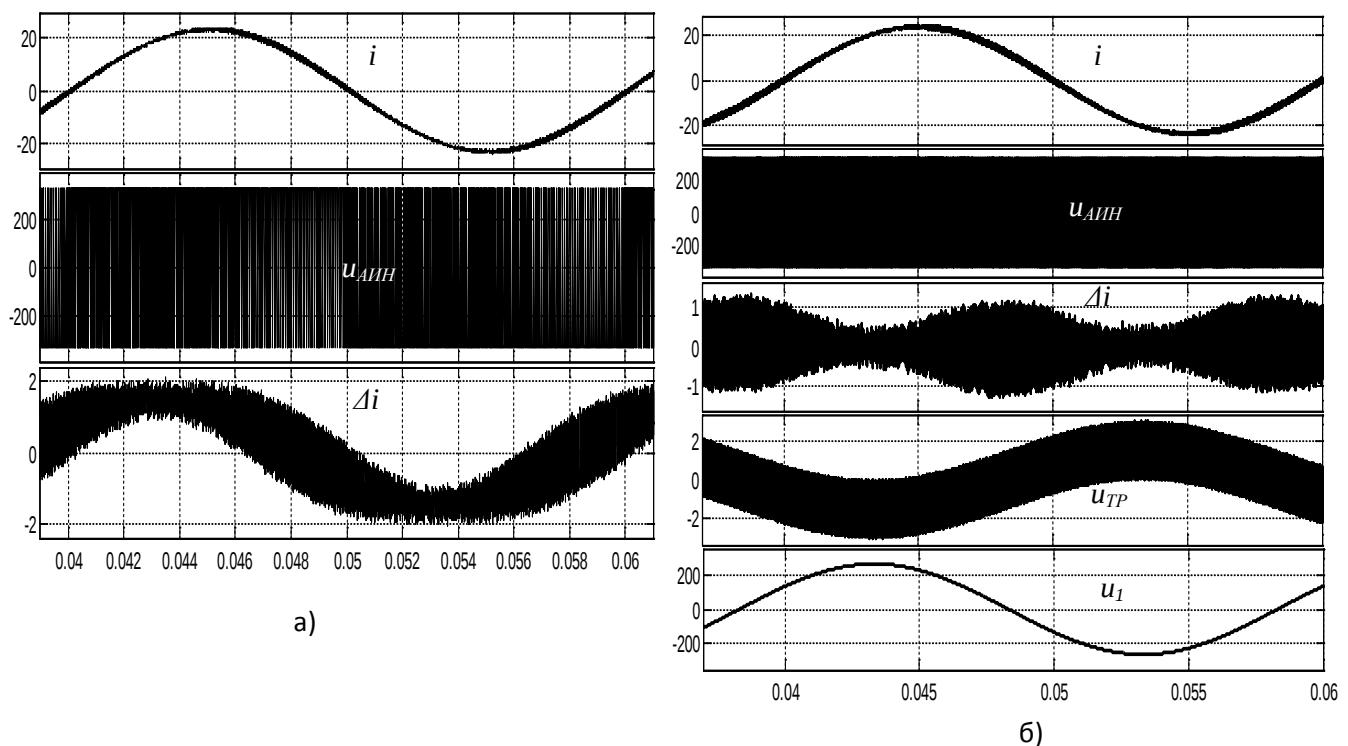


Рис. 4. Осциллограммы тока, напряжения АИН, $\Delta i(t)$, $u_{ТР}$, u_1 при биполярной модуляции без коррекции ошибки (а) и с коррекцией ошибки (б)

Результаты моделирования. Для имитационного моделирования использовался программный пакет Matlab. *Отдельный АИН.* Осциллограммы выходного тока АИН i и погрешности Δi при $f_M=36$ кГц приведены на рис.4,а при условии формирования синусоидального тока с амплитудой $I_{м3АД}=24$ А и частотой 50 Гц, напряжение ЦС $U_1=220$ В, индуктивность реактора $L=2$ мГн (согласно условию 5%), значение $U_{ТРm}$ соответствует

значению тока 1.5 А. При этом амплитуда основной гармоники составляет $I_m=22.75$ А, следовательно ошибка обработки тока по амплитуде составляет 1.25 А. Коэффициент гармоник тока $THDi=2.95\%$. Осциллограммы выходного тока i , u_{AHH} , $\Delta i(t)$, u_{TP} , u_1 при использовании коррекции приведены на рис.4,б. При этом достигается полная компенсация ошибки $I_m=24.02$ А, $THDi=2.7\%$, среднее значение ошибки за период модуляции стремится к нулю и зависимость $\Delta i(t)$ симметрична относительно нуля. Амплитуда $\Delta i(t)$ изменяется по синусоидальному закону с частотой вдвое выше частоты напряжения u_1 .

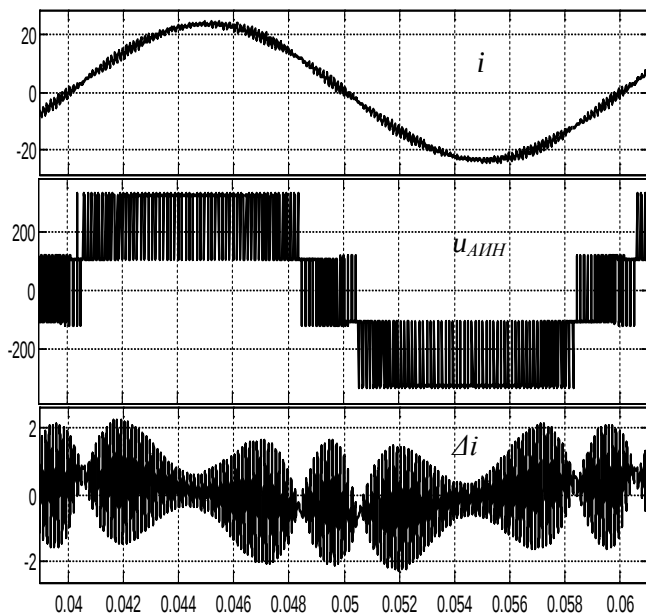


Рис. 5. Осциллограммы тока и напряжения при $f_M=2.5$ кГц

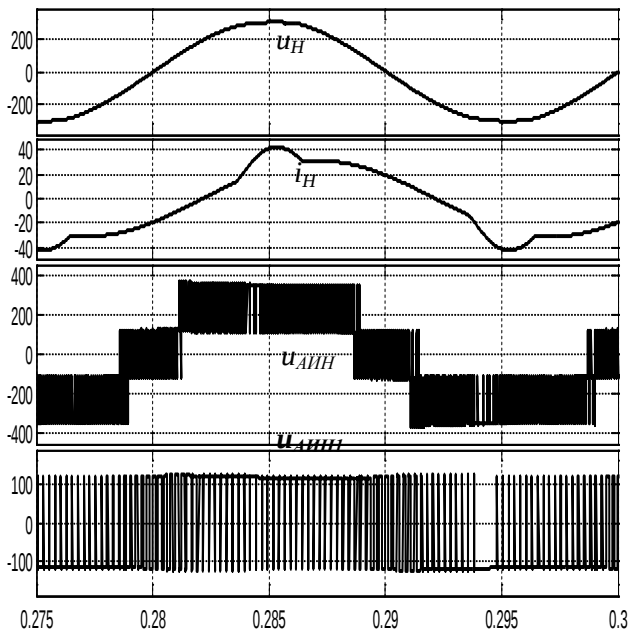


Рис. 6. Осциллограммы в автономном режиме

Каскадное соединение трех АИН. При $f_M=12$ кГц и $I_{m3AD}=24$ А $THDi=0.95\%$. При снижении амплитуды задания тока $I_{m3AD}=12$ А, $I_m=12.05$ А, $THDi=1.81\%$. Близкие значения получаем для $f_M=4$ кГц при увеличении $U_{TPm}=4.5$. Частота f_M может быть снижена при ухудшении гармонического состава выходного тока. Так при увеличении (вдвое) $U_{TPm}=9$, $I_{m3AD}=24$ А, $I_m=23.93$ А частота может быть снижена до значения $f_M=2.5$ кГц, $THDi=4.41\%$. Осциллограммы i , u_{AHH} , $\Delta i(t)$ приведены на рис.5.

Моделирование системы «ЦС - сетевой преобразователь с солнечной батареей – нагрузка» произведено для структуры на рис.1,а для нелинейной нагрузки, включающей в себя выпрямитель с выходным емкостным фильтром и RL нагрузку с $\cos\varphi=0.8$ при $f_M=4$ кГц. Исследования выполнены для режимов: автономного при отсутствии напряжения ЦС, работа преобразователя параллельно с сетью при наличии и отсутствии генерации энергии СБ. Осциллограммы напряжения u_H и тока нагрузки i_H , напряжения преобразователя u_{AHH} , напряжения отдельного АИН u_{AHHI} при работе в автономном режиме приведены на рис.6, $THDu=1.49\%$.

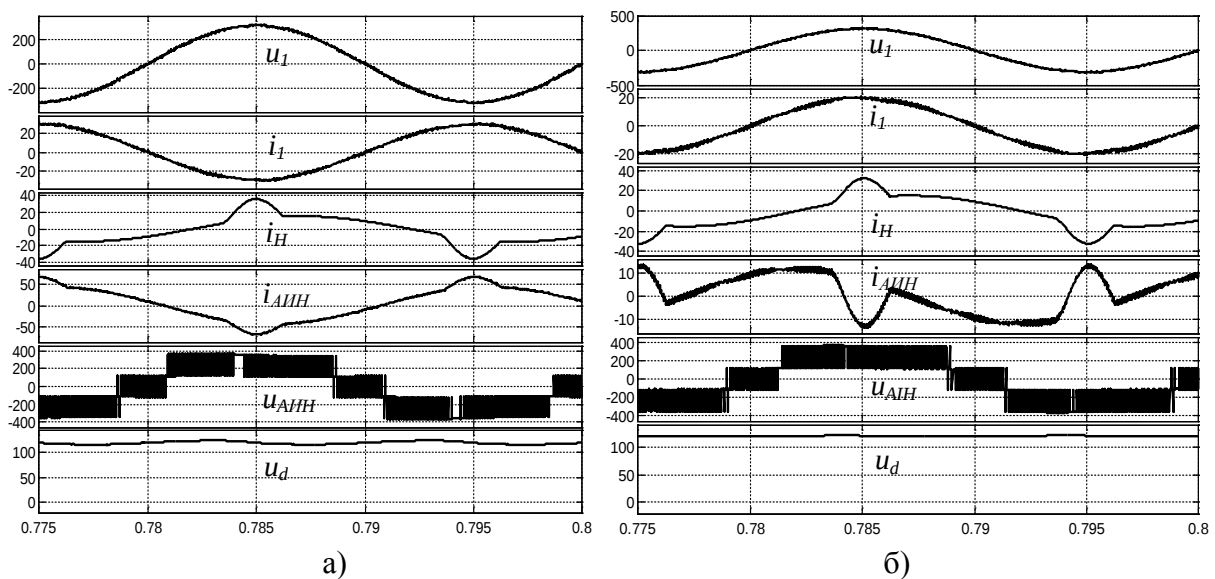


Рис. 7. Осциллограммы при работе преобразователя параллельно с ЦС при генерации энергии СБ (а) и при отсутствии генерации (б)

Осциллограммы напряжения u_1 и токов сети i_1 , нагрузки i_H , преобразователя i_{AHH} , напряжения преобразователя u_{AHH} , напряжения на входе АИН u_d при работе параллельно с ЦС при наличии генерации энергии СБ приведены на рис.7,а. При этом ток i_1 изменяется в противофазе с u_1 (передача энергии в ЦС). Коэффициент гармоник тока i_1 THDi=2.81 %, напряжения u_1 THDu=1.99 %.

Такие же осциллограммы при отсутствии генерации энергии СБ приведены на рис.7,б. При этом ток i_1 совпадает по фазе с u_1 . Коэффициент гармоник тока i_1 THDi=4.21 %, напряжения u_1 THDu=1.99 %.

Выводы. Предложенные решения по улучшению показателей каскадной схемы сетевого преобразователя с совмещением функции САФ с использованием усовершенствованного метода формирования тока и разработанной структуры системы управления позволяют обеспечить эффективное применение сетевого преобразователя при круглосуточном использовании в различных режимах работы КСЭ. Направлением дальнейших работ является совершенствование системы управления в различных режимах работы КСЭ с регулированием мощности ВИЭ и нагрузки при использовании однополярной модуляции.

Список использованной литературы

1. K Rama Chakravarthi I. Design & Simulation of 11-level Cascaded H-bridge Grid-tied Inverter for the application of Solar Panels / K Rama Chakravarthi I, Sk Gouse Basha //International Journal of Science Engineering and Advance Technology, IJSEAT, Vol 2, Issue 1, January – 2014, pp. 15 -21, www.ijseat.com.
2. Prakash Kumar Dewangan. Review Of An Inverter For Grid Connected Photovoltaic (PV) Generation System/ Prakash Kumar Dewangan, U .T. Nagdeve // International journal of scientific & technology research volume 3, ISSUE 10 - 2014, pp. 240-245. www.ijstr.org.
3. 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.

4. Шавьолкін О. О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії: навч. посібник / О. О. Шавьолкін; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 403 с.
5. IEEE Standard 519-1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, Jun. 1992.
6. Sung-Hun Ko. A Grid-Connected Photovoltaic System with Direct Coupled Power Quality Control / Sung-Hun Ko, Seong-Ryong Lee, Hooman Dehbonei, C.V. Nayar// IEEE Transactions, 2006.- pp.5203-5208.
7. Tsao-Tsung Ma. Power Quality Enhancement in Micro-grids Using Multifunctional DG Inverters / 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.
8. Шавьолкін О. О. Удосконалення мережевого інвертора комбінованої системи електроживлення з поновлювальними джерелами енергії / О.О. Шавьолкін, С. М. Кожемякін // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. - Х. : НТУ "ХПІ", 2016. - №32 (1204). - С. 42-47.
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. Шавёлкин А.А. Автономные инверторы и устройства на их базе. LAP LAMBERT Academic Publishing RU. – 2017. - 405 с.

References

1. K Rama Chakravarthi I, Sk Gouse Basha. Design & Simulation of 11-level Cascaded H-bridge Grid-tied Inverter for the application of Solar Panels //International Journal of Science Engineering and Advance Technology, IJSEAT, Vol 2, Issue 1, January – 2014, pp. 15 -21, www.ijseat.com.
2. Prakash Kumar Dewangan, U .T. Nagdeve. Review Of An Inverter For Grid Connected Photovoltaic (PV) Generation System. International journal of scientific & technology research volume 3, ISSUE 10 - 2014, pp. 240-245. www.ijstr.org.
3. Kaplun V.V., Shav'olkin O.O. Udoskonalennya peretvoryuval'nogo agregatu kombinovanoi sy'stemy` elektrozhy`vlennya z ponovlyuval'ny`my` dzhherelamy` energiyi [Improvement of converting unit of combined power system with renewable energy sources] «Elektrotexnichni ta komp'yuterni sy'stemy`» № 22 (98), Nauka i texnika, 2016.- S.165-169.
4. Shav'olkin O. O. Sylovi napivprovidnykovi peretvoryuvachi enerhiyi: navch. posibnyk [Power semiconductor energy converters]; Kharkiv. nats. un-t. mis'k. hosp-va im. O. M. Beketova. – Kharkiv: KHNUMH im. O.M. Beketova, 2015. – 403 s.
5. IEEE Standard 519-1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, Jun. 1992.
6. Sung-Hun Ko, Seong-Ryong Lee, Hooman Dehbonei, Nayar C.V. A Grid-Connected Photovoltaic System with Direct Coupled Power Quality Control . IEEE Transactions, 2006.- pp.5203-5208.
7. Tsao-Tsung Ma. Power Quality Enhancement in Micro-grids Using Multifunctional DG Inverters. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2012 Vol II, IMECS 2012, March 14 - 16, 2012, Hong Kong.- pp.996-1001.
8. Shav'olkin O. O., Kozhemyakin S. M. Udoskonalennya merezhevoho invertora kombinovanoi systemy elektrozhyvlennya z ponovlyuval'ny`my` dzhherelamy enerhiyi [Improvement network inverter of combined supply system with renewable energy] Visnyk NTU "KHPI". Seriya: Problemy udoskonalennya elektrychnykh mashyn i apativ. - Kh. : NTU "KHPI", 2016. - №32 (1204). - S. 42-47.
9. Shav'olkin O.O. Rosins'ka H.P. Realizatsiya rezhymu dzhherela strumu dlya kaskadnoyi skhemy z poslidovnym z'yednannyam odnofaznykh invertoriv napruhy [The implementation of current source mode for cascade circuit with series connection of single-phase voltage-source inverter] Visnyk KNUVD.- K.: KNUVD, 2016. - №6(104). – p. 68-76.
10. Shavelkin A.A. Avtonomnyye invertory i ustroystva na ikh baze [Autonomous inverters and devices based on them]. LAP LAMBERT Academic Publishing RU. – 2017. - 405 p.

ОДНОФАЗНЫЙ КАСКАДНЫЙ МНОГОУРОВНЕВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СОЛНЕЧНЫМИ БАТАРЕЯМИ

ШАВЕЛКИН А.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Мета. Підвищення ефективності використання однофазних перетворювачів для комбінованих систем електроживлення з сонячними батареями.

Методика. Синтез структури силових кіл і системи керування перетворювача на основі аналізу електромагнітних процесів у електричних колах з напівпровідниковими пристроями та з використанням комп'ютерного моделювання.

Результати. Структура перетворювача з послідовним з'єднанням інверторів у вихідному колі; система керування, що забезпечує за паралельної роботи з централізованою мережею суміщення функції активного фільтра і роботу з навантаженням у автономному режимі, яка підпорядкована регулятору напруги, функція якого визначається режимом роботи; комп'ютерна модель для дослідження системи: перетворювач з сонячною батареєю, мережа і навантаження.

Наукова новизна. Удосконалено принципи реалізації перетворювача з послідовним з'єднанням інверторів у вихідному колі за їх роботи у режимі джерела струму з багаторівневою широтно-імпульсною модуляцією з суміщенням функції активного фільтра.

Практична значимість. Отримані рішення є основою для проектування комбінованих систем з однофазними каскадними багаторівневими перетворювачами з суміщенням функції активного фільтра.

Ключові слова: комбінована система електроживлення, інвертор напруги в режимі джерела струму, підвищувальний перетворювач напруги, відхилення струму, модулююча напруга, релейний регулятор струму, регулятор напруги, моделювання.

SINGLE-PHASE CASCADE MULTILEVEL CONVERTER FOR THE COMBINED POWER SYSTEMS WITH PHOTOVOLTAIC SOLAR PANELS

SHAVELKIN A.A.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Increasing the efficiency of using a single-phase converters for combined power supply grid-on systems with photovoltaic solar panels.

Methodology. Synthesis of the structure of power circuits and control system of the converter based on the analysis of electromagnetic processes in electrical circuits with semiconductor devices and with using computer simulation.

Findings. Structure of the converter with series connection of inverters in the output circuit; A control system that provides parallel operation of the converter with a centralized network, combining the function of the active filter and working on the load in the autonomous mode, and it is a slave for voltage controller whose function is determined by the converter operating mode; A computer model for research in the system: a converter with a solar battery, a network and a load.

Originality. The principles of implementing a converter with serial connection of inverters in the output circuit, which are used in the current source mode with multi-level pulse-width modulation and combining the function of the active filter, have been improved.

Practical value. The proposed solutions are the basis for designing combined systems with single-phase cascade multilevel converters with the combination of the active filter function.

Keywords: combined system power supply, current controlled voltage source inverter, step-up voltage converter, error of current, a modulating voltage, the hysteretic controller of current, voltage controller, modeling.

УДК 006:658.8

КАЛІНІНА О.С., БАЙЦАР Р.І.

Національний університет «Львівська політехніка»

НАНОТЕХНОЛОГІЇ В ПАКУВАЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

Мета. Визначення основних напрямків вдосконалення пакувальних матеріалів, отриманих із застосуванням нанотехнологій, та дослідження їх впливу на якість продукції.

Методика. В основу роботи покладено аналіз та систематизація наукової інформації у сфері сучасних наноматеріалів, що застосовуються при виробництві пакування.

Результати. Проведено аналітичний огляд друкованих праць у сфері наноматеріалів, класифіковано основні напрямки досліджень та систематизовано вимоги до наноматеріалів, які застосовуються для пакування різних груп продукції.

Наукова новизна. Класифіковано основні напрямки вдосконалення пакувальних наноматеріалів та проаналізовано шляхи досягнення необхідних властивостей для пакувань різних груп товарів.

Практична значимість. Наведено напрямки вдосконалення властивостей пакувальних матеріалів, виготовлених за допомогою нанотехнологій, та систематизовано наукові підходи до питань розробки та застосування пакувальних наноматеріалів. Акцентована необхідність врахування ризиків від їх впливу на людину та довкілля.

Ключові слова: наноматеріали, нанотехнології, пакування, властивості пакувань, групи продукції, біорозкладальні наноматеріали, ризики використання наноматеріалів

Вступ. Відкриття наноматеріалів можна порівняти з найвагомішими науково-технічними здобутками людства, які суттєво змінюють традиційні уявлення про природу речей, знаменують собою перехід до нового, значно вищого технологічного рівня розвитку та роблять можливим вступ до нової цивілізації. На відміну від існуючих виробництв, нанотехнології оперують надзвичайно малими частками матерії – від одного до ста нанометрів. За даними сьомої Міжнародної конференції з нанотехнологій (Вісбаден, 2004 р.) наноматеріали поділяються на такі типи: нанопористі структури; наночастки; нанотрубки та нановолокна; колоїди (нанодисперсії); наноструктуровані поверхні та плівки; нанокристали та нанокластери. Надзвичайно маленькі розміри надають даному матеріалу такі фізичні та хімічні характеристики, які, в значній мірі, відрізняються від характеристик їх традиційних аналогів. Так, у наноматеріалах можна спостерігати зміну магнітних, тепло- та електропровідних властивостей, зменшення температури плавлення тощо, що дає можливість цілеспрямовано регулювати характеристики об'єктів на молекулярному та надмолекулярному рівнях та створювати продукти з абсолютно новими властивостями. Це обумовлюється наступними особливостями наноматеріалів: по-перше, супермініатюризація дозволяє на одиниці площі розмістити більше функційних нанопристроїв; по-друге, наноматеріали мають більшу площу поверхні, що прискорює взаємодію між ними та середовищем, в якому вони розташовані; по-третє, наноматеріали унікальні тим, що така речовина знаходиться в особливому, «нанорозмірному» стані та зміни основних характеристик обумовлені не тільки надмалими розмірами, але й проявами квантомеханічних ефектів [1]. За порівняно короткий час наноматеріали знайшли своє застосування у багатьох галузях людської діяльності. Вони успішно використовуються у телекомунікаційних, інформаційних та обчислювальних технологіях, енергетиці,

будівництві, важкій промисловості, автомобілебудуванні, медицині, сільському господарстві, харчовій промисловості, пакувальній галузі, утилізації відходів тощо.

Постановка завдання. В статті була зроблена спроба визначення основних напрямків, за якими може відбуватися вдосконалення пакувань, отриманих з застосуванням нанотехнологій, проаналізовані шляхи досягнення необхідних властивостей таких пакувань, призначених для різних груп продукції, та розглянуті можливі ризики від неконтрольованого застосування наноматеріалів.

Результати дослідження. Пакувальна галузь за результатами досліджень швейцарського Центру технологічних прогнозів (TA SWISS) має особливо великий потенціал для розвитку нанотехнологій. Наноматеріали, які використовуються в пакуваннях, дають змогу вдосконалювати їх властивості за такими основними напрямками:

- покращення бар'єрних, фізико-механічних, оптичних, антимікробних та спеціальних властивостей;
- створення поглиначів та утворювачів необхідних сполук;
- моніторинг свіжості харчових продуктів під час перевезення та зберігання;
- запобігання фальсифікаціям запакованого продукту;
- здатність до екологічної утилізації.

Потрібні ефекти досягаються додаванням до базового матеріалу або нанесенням на його поверхню певних нанододатків які надають йому необхідних властивостей. Так, слоїсті, глинисті наноматеріали (монтморилоніт), які вводяться в полімери, значно покращують їх бар'єрні характеристики; нанододатки діоксиду титану, оксиду цинку надають захист від ультрафіолетового опромінювання; нанотрубки суттєво підвищують міцність полімерів, нанододатки срібла, оксиду цинку та окису міді, додані до полімерів, паперу та картону, захищають запакований товар від мікробіологічного забруднення або руйнування; а органічні наночастки, антитіла та нанотрубки роблять можливою індикацію стану харчового продукту [2]. Використання нанокомпозитів у складі багат шарових плівок, виготовлених з термопластичної смоли, поліпропілену, поліефіру, поліаміду, призводить до зменшення кількості та товщини шарів пакувального матеріалу, зниження газо- та паропроникності, що значно вдосконалює їх бар'єрні характеристики та суттєво покращує умови зберігання продуктів харчування, кормів для тварин, предметів побутової хімії, косметичних виробів тощо. Крім того, нанокомпозити зменшують вартість пакувань, дозволяють їх вторинну переробку та скорочують технологічний цикл виробництва в декілька разів. Механізм підвищення бар'єрних властивостей полімерних шарів з нанокомпозитами полягає в збільшенні поверхні контакту наночасток з матрицею полімеру і у формуванні складних лабіринтів у матриці плівки за рахунок присутності в ній наночасток. При формуванні цих лабіринтів збільшується та ускладнюється шлях проходження рідких та газоподібних часток через плівку, відповідно знижується її проникність. Так, компанія Honeywell (США) дослідила, що поліамідні нанокомпозити з 4% вмістом органоглини мають шестикратне збільшення бар'єрних властивостей. Використання нанокомпозитів в бар'єрних пакуваннях у вигляді покриття товщиною в 1 – 2 мкм з нанокомпозита NanolokTM, (компанія Nanosog, Китай) дозволяє повністю замінити шар EVON, товщиною 12 мкм в багат шаровій структурі при збереженні аналогічних параметрів газопроникності, але з покращеною водостійкістю

[3]. Для вдосконалення бар'єрних властивостей традиційних полімерних плівок на їх поверхню також наноситься шар алюмінію, діоксиду алюмінію або оксиду кремнію товщиною приблизно 50 нм. Такі нанооптимізовані плівки можуть покращити бар'єрні властивості пакувань в десятки разів.

Для захисту харчових, косметичних, фармацевтичних продуктів, медикаментів тощо від дії патогенної мікрофлори сьогодні застосовують бактерицидні та фунгіцидні пакувальні матеріали. Сануючий ефект досягається за рахунок вкраплень в пакувальний матеріал спеціальних наночасток, які мають антимікробні властивості, або нанесенням на матеріал пакування антимікробних нанопокриттів. Так, наночастки срібла, проявляють високу бактерицидну активність по відношенню як до аеробних, так і до анаеробних мікроорганізмів, (в тому числі, до антибіотикорезистентних штамів). Трохи меншу бактерицидну дію мають діоксид цинку, міді та окис міді. Китайським вченим вдалося виявити антибактеріальну властивість нового наноматеріалу, оксиду графену, на основі якого було створено антибактеріальний папір.

Крім покращення бар'єрних властивостей, полімерні нанокомпозити поліпшують і такі фізико-механічні характеристики як міцність на розрив, прокол, удар, модуль пружності та відносне видовження. За даними досліджень лабораторії пластики та еластомерів Тамперського технологічного університету (Фінляндія) при додаванні 8% нанокомпозитів та модифікуючих добавок модуль пружності отриманих матеріалів покращується на 78% [4]. Науковці Сіднейського технологічного університету (Австралія) створили нанопапір, вироблений із спеціальним чином спресованого графіту. За рахунок надшільного розміщення атомів речовини матеріал отримав міцність в 10 разів вищу, ніж сталевий лист аналогічної товщини [5]. Зрозуміло, що такі надміцні матеріали мають широке застосування у найрізноманітніших галузях виробництва, зокрема, в пакувальній галузі.

Матеріали з нанокомпозитами, які надають пакуванню спеціальних властивостей, розробляються для товарів, які потребують особливих умов для зберігання. Так, для певних продуктів харчування, гігієнічних виробів, будівельних порошків необхідні, так звані, «дихаючі» пакування. Матеріали з використанням нанодисперсної крейди в поліолефинових плівках вирішують цю задачу. Продукти побутової хімії, косметично-парфумені вироби, лікарські препарати часто вимагають пакувальних матеріалів з високою хімічною стійкістю. Для пакування електроніки потрібен захист від дії зовнішнього електростатичного поля, який забезпечують електростатичні наноплівки, що захищають надчутливу апаратуру [4].

Найбільш перспективним напрямком розвитку пакувальної галузі є створення, так званих, активних та інтелектуальних пакувань, де нанотехнології відіграють особливу роль. За рахунок вбудованих в поверхню чи в товщу полімерного матеріалу наночасток забезпечується як процес абсорбції небажаних сполук, так і процес вивільнення активних субстанцій, здатних сприяти збереженню якісних характеристик продуктів. В якості кисневих пасток застосовуються наночастки металів (заліза та його оксидів), полімерні смоли, здатні до швидкого окиснення, а також низькомолекулярні органічні сполуки. Так, для чутливих до дії кисню продуктів, замість пакетикув з поглиначами кисню, сьогодні використовуються етикетки (oxygen scavengers), які наклеюються на внутрішню стінку пакування та вбирають зайвий кисень (Multisorb Technologies, США). Компанією Honeywell (США) реалізується активно-пасивна бар'єрна система, яка має назву Aegis OX, в якій

використовуються органоглини як пасивний бар'єр та спеціальні поліамідні поглиначі кисню, як активна нанодобавка. В результаті цього поєднання вдалося отримати стократне зниження швидкості передачі кисню в порівнянні з невідосконаленими поліамідами [3]. В Інституті пакувальної техніки (м. Фрайзлінг, Німеччина) успішно вирішили проблему накопичення в пакуваннях конденсату за рахунок створення спеціальних багатошарових полімерів з інтегрованими гідрофільними шарами, де волога, що утворилася в пакуванні, всмоктується в певній зоні.

Інтелектуальні пакування належать до найновішого покоління пакувань. Сенсори, що виробляються за допомогою нанотехнологій, здатні виявити хімічні та біологічні забруднювачі навіть в мінімальних дозах. До їх функцій входить відслідковування та надання споживачу інформації про якість продуктів харчування: ступінь їх свіжості, рівень забрудненості мікроорганізмами, алергенами, токсинами - а також індикація відповідності вимогам збереження та транспортування. Так, інтелектуальні етикетки Fresh-Check, виготовлені за технологією LifeLines Technology, представляють собою кольорові індикатори, які фіксують порушення необхідного температурного режиму під час зберігання продукту. При будь-якому, навіть разовому, підвищенні температури колір індикатора незворотно змінюється. Японська компанія To-Genkyo запропонувала цінник у формі пісочного годинника, який наочно демонструє покупцю ступінь свіжості того чи іншого продукту. Наявність «піску» у верхній частині «годинника» свідчить про те, що продукт є цілком свіжий, поступове переміщення «піску» до нижньої частини інформуватиме покупця про втрату свіжості аж до повної непридатності продукту до вживання. Значно розширюються можливості контролю за якістю товарів з використанням, так званої, радіочастотної ідентифікації, або RFID-позначок, спеціальних чипів, виготовлених за нанотехнологіями, які стають своєрідним «паспортом» продукту, доказом його високої якості та легальності походження. За допомогою цих позначок адміністрація магазину може моніторити «ланцюжок поставок» в режимі онлайн. Покупець, крім можливості придбання якісних автентичних товарів, має нагоду купувати їх без вистоявання черги до каси: ціна придбаних товарів буде списана з його рахунку автоматично [6].

Свій суттєвий внесок вносять нанотехнології і в справу захисту автентичності запакованих товарів. Компанія Torrap Printing (Японія) розробила нову технологію нанодруку для нанесення мікроскопічного тексту на голографічне зображення. Цю технологію компанія планує використовувати для забезпечення нового рівня захисту в своїй фірмовій програмі голографічної охорони від підробок «Crystagram». Фізики з університету Вандербілта (США) створили за допомогою методу електронно-променевої літографії золоту наноспіраль, розмір якої можна співставити з довжиною світлової хвилі та чий унікальні оптичні властивості можуть зробити її новим універсальним та простим засобом захисту від підробки документів, кредитних карт, ліків, товарів преміум-класу тощо. Вчені з Університету Південної Дакоти та Школи шахтної промисловості та технологій (США) винайшли невидимий QR-код, який можна побачити тільки під променем лазера та який складається з наночасток, об'єднаних з флуоресцентними чорнилами синього та зеленого кольорів. Складність процесу підробки робить його практично невідтворюваним. Винахідники стверджують, що використання цього QR-коду - новий крок у підвищенні захисту цінних паперів, кредитних карток, елітних товарів тощо.

Відомо, що велика частина (до 30%) твердих пластикових відходів, які не розкладаються, припадає на використане пакування. У зв'язку з особливою увагою, яка приділяється в економічно розвинених країнах питанням утилізації пакувальних матеріалів, до вирішення цієї проблеми долучаються і нанотехнології. Найперспективнішим напрямком в цьому плані стало створення пакувань з біорозкладабельних нетоксичних полімерів, які отримують з відновлювальної сировини. Прикладом таких матеріалів є біонаноккомпозити, до складу яких входять нанорозмірні неорганічні та органічні частки-біополімери та їх суміші. Біонаноккомпозити формуються на основі різних біополімерів (хітозан, целюлоза, крохмаль тощо) та глини (монтморилоніт, гекторит, вермикуліт тощо). Вони мають властивості наноккомпозитів – механічну міцність, газонепроникність, пониженою займистістю, але характеризуються здатністю до біорозкладання та низькою токсичністю. Використання біонаноккомпозитів дасть можливість отримувати пакувальні матеріали з необхідними фізико-механічними та хімічними властивостями та суттєво допоможе у вирішенні проблеми пакувальних відходів.

Властивості пакувальних матеріалів, вироблених за допомогою нанотехнологій, подано в таблиці.

Таблиця.

Вплив наноматеріалів на деякі властивості пакувальних матеріалів

№	Властивості пакувальних матеріалів	Базовий матеріал	Нанододатки
1	2	3	4
1	Підвищення бар'єрних властивостей	Полімери (поліетилен, поліетилентерифталат, поліпропілен тощо)	Слоїсті, глинисті наноматеріали (монтморилоніт), алюміній, діоксид алюмінію, оксид кремнію, оксид цинку
2	Покращення фізико-механічних властивостей	Полімери (поліетилен, поліетилентерифталат, поліпропілен тощо)	Нанотрубки, графен
3	Захист від ультрафіолетового випромінювання	Полімери (поліетилен, поліетилентерифталат, поліпропілен тощо)	Діоксид титану, оксид цинку, оксид кремнію
4	Покращення антимікробних властивостей	Полімери (поліетилен, поліетилентерифталат, поліпропілен тощо), папір, картон	Срібло, діоксид цинку, діоксид міді та окис міді, оксид графену
5	Надання спеціальних властивостей	Поліолефінові плівки	Нанодисперсні крейди
6	Створення поглиначів та утворювачів необхідних сполук	Полімери (поліетилен, поліетилентерифталат, поліпропілен тощо)	Залізо, оксиди заліза, полімерні смоли, низькомолекулярні органічні сполуки

Продовження таблиці

1	2	3	4
7	Індикація стану продукту	Полімери, папір, картон	Органічні наночастки, антитіла та нанотрубки
8	Здатність до екологічної утилізації	Біополімери (хітозан, целюлоза, крохмаль, желатин, колаген тощо), глини (монтморилоніт, гекторит, вермикуліт, клоїзит тощо)	Нанорозмірні неорганічні та органічні частки-біополімери та їх суміші

Але при всіх перевагах, які несуть людству нанотехнології, наслідки їх широкого застосування ще дуже мало вивчені і ставлять перед медиками, наногігієністами та наноекологами багато питань, пов'язаних, перш за все, з охороною здоров'я людини та збереженням тваринного та рослинного світу. Адже підвищені реакційні властивості наночастинок, їх здатність проникати в клітини та втручатися в генетичні процеси, неможливість їх уловлювання та знешкодження в оточуючому середовищі за допомогою існуючих систем очищення, відсутність повного контролю над виробництвом та їх застосуванням потребують системного та комплексного підходу до оцінки наслідків впливу нанотехнологій на людину та довкілля, створення передумов для побудови єдиної концепції нанобезпеки [7].

Висновки. Аналіз основних напрямків та методів удосконалення наноматеріалів в пакуваннях різної продукції показав суттєві можливості, які відкривають нанотехнології в покращенні умов зберігання різноманітних товарів, таких як продукти харчування, побутової хімії, парфумерно-косметичної галузі, вироби електроніки, ліки, медикаменти, будівельні матеріали тощо; забезпеченні їх ідентифікації; контролюванні умов зберігання та наданні споживачу інформації про їх стан. Враховуючи широкі перспективи застосування та розповсюдження наноматеріалів та зростання їх впливу на людину та довкілля, набуває надзвичайно важливого значення дослідження питань потенційних ризиків їх використання та створення належної бази нормативно-технічного забезпечення.

Список використаної літератури

1. Белоногова, М.М. Нанотехнологические открытия на службе человека. [Текст] /М.М. Белоногова, А.П. Багаева// Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2011. – №7. – С. 435 – 436.
2. Подкопаев, Д.О. Разработка и потребительская оценка полимерных упаковочных материалов для продовольственных целей, полученных с применением нанотехнологий. [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д. О. Подкопаев. – М., 2014. – 35 с.
3. Вольфсон, С.И. Барьерные свойства пленок на основе нанокомпозитов. [Текст] /С.И Вольфсон, Р.М. Гарипов, Н.А. Охотина// Весник Казанского технологического университета. – 2013. - №5. – С. 128 – 132.
4. Белкова Т. Полимерные нанокомпозиты в технологии получения упаковочных

материалов с новыми свойствами. [Електроний ресурс] Режим доступу: file:///C:/Users/USER/Downloads/tatyana_nano.pdf

5. Графеновий нанопapіp в десять разів міцніший за сталь. [Електроний ресурс] Режим доступу: <http://www.osvita.org.ua/news/57389.html>.20.

6. Калініна, О.С. Аналіз впливу пакувань на якість продуктів харчування. [Текст] /О.С. Калініна, Р.І. Байцар// ScienceRise. – 2017 – № 2(31), P.28 –36.

7. Баян, Е.М. Производство наноматериалов: потенциальные риски и пути их снижения. [Текст] /Е.М. Баян, Т.Г. Лупейко, Н.К. Домницкий// Технологии гражданской безопасности. – 2015. – №2 (44). – С.74 – 77.

References

1. Belonogova M., Bagajeva A. (2011). Nanotehnologicheskije otkrutija na slygbe cheloveka. Aktualnuje problemu aviacii i kosmonavtiki. №7. P. 435 – 436.

2. Podkopajev D. (2014) Razrabotka i potrebitelskaja ocenka polimernuh upakovochnuh materialov dlja prodovolstvenuh celej, poluchenuh s primeneniem nanotehnologij. Moscow, 38.

3. Volfson S., Garipov R, Ohotina N. (2013). Barjernuje svojstva plenok na osnove nanokompozitov. Vesnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2013. №5. P. 128 – 132.

4. Belkova T. Polimernuje nanokompozitu v tehnologii poluchenija upakovochnuh materialov s novumi svojstvami. Available at: http://file:///C:/Users/USER/Downloads/tatyana_nano.pdf/

5. Grafenovuj nanopapir v desjat raz micnishuj za stal. Available at: <http://www.osvita.org.ua/news/57389.html>.20/.

6. Kalinina O., Bajtsar R.(2017) Analiz vpluvu pakovan na jakist produktiv haechuvanja. ScienceRise. № 2(31), P.28 –36.

7. Bajan E., Lupejko T., Domnickij N. Proizvodstvennuje riski i puti ih snigenija. (2015). Tehnologii gragdanskoy bezopasnosti. №2 (44). P.74 – 77.

НАНОТЕХНОЛОГИИ В УПАКОВОЧНОЙ ОТРАСЛИ

КАЛИНИНА Е.С., БАЙЦАР Р.И.

Национальный университет «Львівська політехніка»

Цель. Определение основных направлений совершенствования упаковочных материалов, полученных с использованием нанотехнологий, и исследование их влияния на качество продукции.

Методика. В основу работы положен анализ и систематизация научной информации в сфере современных наноматериалов, которые используются при производстве упаковки.

Результаты. Проведен аналитический обзор опубликованных трудов в сфере наноматериалов, классифицированы основные направления исследований и систематизированы требования к наноматериалам, которые используются для разных групп продукции.

Научная новизна. Классифицированы основные направления усовершенствования упаковочных наноматериалов и проанализованы пути достижения необходимых свойств для упаковок разных групп товаров.

Практическая значимость. Обозначены направления усовершенствования свойств упаковочных материалов, изготовленных с помощью нанотехнологий, и систематизированы научные подходы по вопросам разработки и использования упаковочных наноматериалов. Акцентируется необходимость изучения рисков влияния наноматериалов на человека и природу.

Ключевые слова: наноматериалы, нанотехнологии, упаковки, свойства упаковок для разных групп продукции, биоразлагаемые наноматериалы, риски при применении наноматериалов.

NANOTECHNOLOGIES IN THE PACKAGING INDUSTRY

KALININA E., BAITSAR R.

Lviv Polytechnic National University

Purpose. To determine the main directions for improving packaging materials obtained with the use of nanotechnologies, and to study their impact on product quality.

Methodology. The work is based on the analysis and systematization of scientific information in the field of modern nanomaterials, which are used to package various products.

Findings. An analytical review of the published works in the field of nanomaterials is carried out, the main research areas are classified and the requirements for nanomaterials that are used for different product groups are systematized.

Originality. The classification of the main directions of improvement of packaging nanomaterials is carried out and the ways of achieving the necessary properties for packages of different groups of goods are analyzed.

Practical value. The work gives directions for improving the properties of packaging materials manufactured with the help of nanotechnology, and the existing scientific base on the development and use of packaging nanomaterials is systematized. The necessity of studying the risks of the influence of nanomaterials on man and nature is emphasized.

Key words: nanomaterials, nanotechnologies, packaging, properties of packages for different product groups, biodegradable nanomaterials, risks in the use of nanomaterials.

УДК: 006.057.2

ОМЕЛЬЧЕНКО В.Д.⁽¹⁾, ГАЛАВСЬКА Л.Є.⁽²⁾,
РОЗСОХА Т.І.⁽³⁾

(1) Технічний комітет 125 «Легка промисловість»

(2) Київський національний університет технологій та дизайну

(3) Державне підприємство «Київський науково-дослідний інститут
текстильно-галантерейної промисловості»

ГАРМОНІЗАЦІЯ УКРАЇНСЬКИХ СТАНДАРТІВ З МІЖНАРОДНИМИ В ГАЛУЗІ ТРИКОТАЖНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Мета. Розглянути практичне вирішення проблеми гармонізації українських стандартів до міжнародних в галузі легкої промисловості.

Методика. Порівняльний аналіз відповідності термінів та визначень українських стандартів термінам міжнародних нормативних документів та автентичності їх перекладу.

Результати. Встановлено розбіжності та технічні невідповідності українських стандартів міжнародним.

Наукова новизна. Визначено сучасні, автентичні міжнародним стандартам, терміни та визначення основов'язаних переплетень при перекладі української термінології на англійську мову.

Практична значимість. Забезпечується автентичність перекладів термінів трикотажного виробництва при підготовці науково-технічних та виробничих документів. Визначено доцільність перегляду українського стандарту з термінів трикотажної промисловості.

Ключові слова: гармонізація стандартів, трикотаж, основов'язальне виробництво, терміни, автентичність визначень та термінів.

Вступ. Згідно Закону України «Про стандартизацію» [1] та на виконання відповідного Розпорядження Кабінету Міністрів [2] національним органом стандартизації скасована з 01.01.2018 року дія стандартів, які були розроблені до 01.01.1992 року.

В галузі легкої промисловості скасовується (в деяких випадках вже скасовано з 01.01.2016 р.) біля 800 стандартів. Слід зазначити, що багато з цих стандартів були дуже застарілими і не відповідали суспільним змінам та розвитку техніки і технології. Серед відмінених стандартів були такі, що відносилися до об'єктів, про які вже давно забули. Наприклад, такі як вимоги до одягу моряків північного флоту, чи вимоги до показників якості котячого хутра тощо.

Разом з цим, відміна такого великого масиву стандартів потребує нових державних підходів до нормування продукції відповідно вимогам міжнародних стандартів.

Постановка завдання. Україна на шляху до повноправного членства у Європейському Союзі все у більшій мірі починає використовувати в промисловій діяльності міжнародні технічні регламенти і стандарти. Практика опрацювання міжнародних та європейських стандартів засвідчує, що в цьому питанні у нас є суттєві проблеми. І починаються ці проблеми з правильного використання автентичної технічної термінології в українській нормативній документації згідно термінології міжнародних стандартів. На жаль, порівнюючи українську технічну термінологію в галузі легкої промисловості з міжнародними технічними документами, а також з перекладом українських термінів, в

багатьох випадках зустрічаються різні тлумачення і підміна одних понять іншими, далекими від автентичних міжнародних. Це призводить до негативних наслідків при обміні нормативно-технічною документацією, публікуванні за кордоном наукових праць, що, в цілому, знижує імідж українських виробників на міжнародних ринках.

Доцільно найшвидше ознайомлювати працівників легкої промисловості зі змістом та особливостями базових міжнародних і європейських нормативних документів (до речі, у міжнародній практиці поняття «легка промисловість» не існує, а є готовий одяг, взуття, трикотаж, текстиль тощо). Почнемо цю роботу з виробництва трикотажу.

Результати дослідження. Трикотажні підприємства у своїй більшості являють собою багатопрофільні виробничі структури, які насичені різноманітним обладнанням. Сталу роботу цих підприємств забезпечує виробничий персонал, який нараховує більше сотні спеціальностей. Зрозуміло, що кожне таке виробництво користується своєю складною багатоступінчастою термінологією.

Технічна термінологія в українській трикотажній промисловості, як і будь-яка інша термінологія, постійно змінюється у часі та носить багато в чому інтернаціональний характер, поєднуючи терміни-слова, терміни-речення, терміни-іменники, прикметники, дієслова, словесно-символічні сполучення тощо.

Терміни і визначення у вітчизняній трикотажній промисловості в сучасному вигляді почали використовуватись в двадцятих роках XX сторіччя з початком будівництва великих фабрик та освоєння виготовлення трикотажного обладнання [3]. Із зрозумілих причин, це були у своїй більшості вільні (суб'єктивні) переклади на російську мову терміни з німецької та англійської мов, чи були взяті з так званого «фабричного жаргону». Протягом десятиріч більшість цієї термінології увійшла у повсякденне користування в науковій, навчальній, технічній літературі, у технічній та нормативній документації.

Наявність у свій час «залізної завіси» та недоступність до нормотворчої документації промислово розвинутих країн призвела до того, що ряд цих термінів почали перекладати на англійську чи німецьку мови не автентичними технічними термінами цих країн, а просто перекладали на рівні розмовної лексики. Причому, ці не автентичні переклади термінів на іноземну мову з часом приймалися за норму, тим більше, що не було можливостей для порівняння. За кордоном не розуміли цих перекладів.

Були та існують й по сьогоднішній день настільки невдалі терміни-«кальки», що неодноразово гальмувало експортно-імпортні операції. Наприклад, такий одіозний термін, як «платина» (тонка металева пластинка складної конфігурації петлетвірних органів трикотажних машин). Цей термін виник майже сто років назад, як політерна «калька» англійського найменування цієї пластинки – «platine». Але в російській і українській мовах всі знають інше значення цього терміну – це дорогоцінний метал – платина. Такі однакові назви різних матеріальних об'єктів завжди викликали запитання у митників та інших силових органів. Навіть сьогодні, коли ці абсолютно різні предмети, мають свої номери кодифікації, якщо зустрічається в документах слово «платина», виникає підсвідоме занепокоєння у працівників митниць та аудиторів.

У перші роки незалежності України були зроблені невдалі кроки по стандартизації термінів і визначень у різних галузях легкої промисловості, у тому числі й трикотажній [4]. На жаль, цей стандарт [4] не набув широкого застосування, бо незважаючи на застосовані

німецькі аналоги, був наповнений всіма вищезгаданими недоліками, містив термінологічні протиріччя, переплутані терміни, не автентичні переклади на іноземну мову. Він навіть не прийняв до уваги відому практику перекладу трикотажних термінів [5]. Це стало результатом виконання цієї роботи нашвидкоруч, поспіхом, без апробації науковими та практичними працівниками галузі. Цей стандарт вимагає нагального перегляду і гармонізації з міжнародними і європейськими стандартами у цій галузі техніки.

Головним у цій роботі повинна бути чітка гармонізація українських термінів і визначень з автентичними термінами міжнародних документів. На сьогоднішній день велика база міжнародних та європейських стандартів з трикотажної промисловості розпочинається термінологічними стандартами елементів петельної структури [6, 7] та стандартом трикотажних переплетень [8].

Розглянемо побудову міжнародних стандартів [6, 7] та кореспондування їх термінів з українською термінологією. Слід одразу констатувати, що міжнародні стандарти побудовані на суворо прагматичній основі. Вони нормують елементи петельної структури, їх розміщення, взаємозв'язок та виконання цих елементів тих видів трикотажу, які найчастіше виготовляються на практиці і приносять доходи їх виробникам. Все інше залишають для дискусії та вивчення науковцями.

Міжнародні стандарти трикотажної термінології визначають терміни і визначення різних понять, їх інтерпретацію та автентичний геометричний образ.

У першу чергу нормується геометричний образ петлі, як просторової математичної фігури, а також визначається вигляд петлі у трикотажному переплетенні. Як елементи петлі нормуються голкова дуга (голкові петлі), платинові дуги, палички петлі, голкова петля (у нас називається остовом петлі), подовжені платинові дуги (у нас називаються протяжками) та поперечні й вертикальні утокові нитки, які можуть бути як заробленими в петлі, так і у вигляді протяжок.

Міжнародні стандарти чітко регламентують види і геометричні образи трикотажних петель. Вони поділяються на відкриті та закриті, кулірні та оснований'язані, платировані кулірні і оснований'язані, лицьові і виворітні, плюшеві, нескинені пресові. До важливих елементів петельної структури відносять також протяжки оснований'язаних петель та утоки, які з'єднують петельні стовпчики оснований'язаного трикотажу. Також ці стандарти нормують такі поняття, як довжина нитки в оснований'язаній петлі та довжина нитки в оснований'язаній петлі без урахування протяжок (останній показник в Україні ніколи не застосовувався).

Розглядаються окремо види та геометричні образи петельних стовпчиків та петельних рядів, що в практиці вітчизняної технічної літератури та стандартів не проводилося. Також окремо розглядаються геометрична побудова стовпчика та ряду трикотажу, а також стовпчиків та рядів різних трикотажних переплетень. Це лицьові та виворітні, платировані, пресові, ластіку 1+1, з накидами, з перенесеними петлями, зі збільшеними петлями для кетлювання, з різко збільшеними петлями (глазкові), ажурні, комбіновані кулірно-оснований'язані, розрізні ряди, із заробленими між остовом і протяжкою утоковими нитками, плюшеві, інтерлочні, дволицьові, трубчатої гладі, зі зсувом (зигзаг), дволицьового, трико, одно- та двофонтурного атласу, неповного ластіку.

Стандарти також визначають стандартизовані графічні записи одного ряду гладкого однофонтурного кулірного трикотажу, ряду трикотажу, виробленого на круглій машині,

двогребінкового основов'язаного трикотажу з неповною проборкою гребінок, ряди, які з'єднують ділянки з різною петельною структурою (наприклад, ряди заробку з рядами основного переплетення). Крім цього, виділяються петельні ряди (до 10) відробку, а також петельні стовпчики комбінованого трикотажу, де один стовпчик складається з платированих петель, а інший, суміжний, складається тільки з ґрунтових петель, на вивороті яких проходять у вигляді поперечних утоків нитки платированих петель.

Разом з цим, міжнародні стандарти закріплюють найкращі технологічні рішення виготовлення різноманітних петельних структур та їх елементів, які знайшли найширше застосування на практиці. Надаються відповідні нормовані тлумачення термінів та геометричних образів структури таких видів трикотажу. Такими елементами стали петельний ряд нерозпускального переплетення «стоп-ран» (run-stop, англ.), графічний запис по рядкам побудови бортів панчішних виробів, що мають широковідомі торгові назви (англ.):

- tubular welt (трубчастий борт);
- racked welt (борт із зсувом);
- turned welt (вивернутий борт);
- inturned welt (модифікований вивернутий борт).

Крім того, стандарти виділяють термінологію побудови та геометричний образ наступних петельних стовпчиків: кромочного; з вишивним платируванням; основов'язаного пресового; пресового з кількістю накидів, більше двох (ефект вузликів); ластика з переносом петель з однієї фонтури на іншу; напіважурного, де є петлі, у яких перенесена одна паличка в суміжний стовпчик (петля більшого розміру) (рис. 1); напіважурного, де є петлі, в яких перенесені дві палички в суміжні петельні стовпчики (рис. 2); стовпчики, що мають петлі, у яких одна петельна дуга перенесена в суміжний петельний стовпчик; петельний стовпчик, який має петлі, у яких платинні дуги перенесені в суміжні петельні стовпчики, а голкова дуга збільшує свій розмір (при цьому петля збільшується і приймає вигляд пташиного ока, такий трикотаж має широковідому торгову назву «eyelet stitch» (англ.) – око пташки).

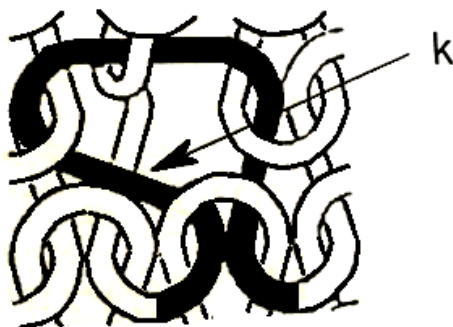


Рис. 1. Побудова петельних стовпчиків напіважурного петельного образу, де є петлі, в яких перенесена одна паличка у суміжний петельний стовпчик (петля більшого розміру)



Рис. 2. Побудова петельних стовпчиків напіважурного петельного образу, де є петлі, в яких перенесені дві палички у суміжні петельні стовпчики

Виділяються також петельні ряди різної побудови, а саме: заробітки; зі стягнутими у джгут групами ниток (рис. 3); ряди, де є петлі та протяжки у вигляді утоку; петлі та накиди, петлі та накиди і протяжки у вигляді утоку; суміжні ряди з нахилом петель у різні сторони; ряди з петлями та утоковими нитками на вивороті.

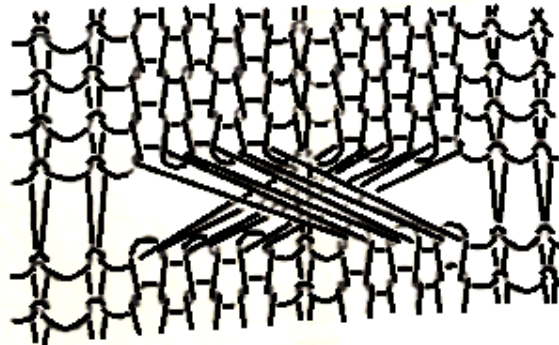


Рис. 3. Петельні рядки зі стягнутими в джгут групами ниток

Слід зазначити, що міжнародний стандарт дає термінологію основов'язаних переплетень, яка відрізняється від прийнятої в Україні. З цієї причини українським фахівцям при публікації за кордоном наукових праць, при обміні технічною документацією чи при спілкуванні з іноземними спеціалістами потрібно уважно ставитись до вживання автентичних англійських термінів.

На жаль, свій великий вклад у плутанину при застосуванні англомовних автентичних трикотажних термінів вніс український стандарт [4]. З невідомих причин його автори у багатьох випадках, навіть не зазирнувши в термінологічний словник [5], просто придумали англомовні терміни шляхом перекладу загальною лексику на англійську мову українських термінів. Звичайна річ, що таких «термінів» закордонні фахівці не розуміють.

Для гармонізації українських термінів основов'язаних переплетень англомовним міжнародним термінам, пропонуємо користуватись таблицею 1.

Таблиця 1

Стандартизовані англомовні терміни основов'язаних переплетень

Український термін	Неправильний переклад терміну на англійську мову стандартом ДСТУ 2319-93	Автентичний міжнародний термін згідно стандарту EN ISO 4921
Переплетення ланцюжок	chain	pillar stitch
Переплетення трико	-	tricot stitch
Переплетення сукно (двотрико)	cloth	cord stitch
Шарме (три-трико)	sharme	satin stitch
Чотири-трико	-	velvet stitch
Переплетення атлас	satin	atlas stitch
Двоатлас (атлас-сукно)	satin cloth	відсутній

Продовження таблиці 1

Триатлас (атлас-шарме)	satin sharme	відсутній
Ластичний атлас	double future satin	atlas stitch with two needle underlap

Висновки.

1. Україна на шляху до Євросоюзу і з розширенням міжнародних ринків збуту вітчизняних товарів легкої промисловості потребує більшої гармонізації міжнародних стандартів з вітчизняними. У першу чергу це стосується гармонізації базових термінів і визначень, як основи правильності документообігу, міжнародних наукових публікацій та ринкових переговорів.

2. Діючи в Україні стандарти з термінології потребують докорінного перегляду, особливо в області автентичності міжнародних визначень. Це у повній мірі відноситься і до документів трикотажної промисловості.

3. Визначено автентичні міжнародним стандартам переклади на англійську мову українських термінів основних основ в'язаних трикотажних переплетень.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про стандартизацію» від 05.06.2014 р. №1315-VIII.
2. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 26.11.2014 р. №1163-р.
3. Далидович А.С. Теория переплетений и анализ трикотажа. Части 1 и 2. - М.: Гизлегпром, 1934 – 520 с.
4. ДСТУ 2319-93 Полотна трикотажні. Види, в'язальне устаткування, переплетення. Терміни і визначення. – Київ.: Держстандарт України, 1993. – 70 с.
5. English-russian textile dictionary. Second edition. – М.: Fismatgiz, 1961. – 640 p.
6. ISO 4921:2000 International standard. Knitting – Basic concepts – Vocabulary. – Geneva.: ISO copyright office, 2000. – 32 p.
7. EN ISO 4921:2001E Knitting – Basic concepts – Vocabulary (ISO 4921:2000). – Brussels.: European committee for Standardization, 2001. – 36 p.
8. ISO 8388 International Standard. Knitted fabrics – Types – Vocabulary. - Geneva.: ISO copyright office, 1998. – 85 p.

References

1. Zakon Ukrainy «Pro standartyzatsiiu» vid 05.06.2014 r. №1315-VIII.
2. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 26.11.2014 r. №1163-r.
3. Dalidovich A.S. Teoriya perepleteniy i analiz trikotazha. Chasti 1 i 2. - M.: Gizlegprom, 1934 – 520 p.
4. DSTU 2319-93 Polotna trykotazhni. Vydy, v'iazalne ustatkuvannia, perepletennia. Terminy i vyznachennia. – Kyiv.: Derzhstandart Ukrainy, 1993. – 70 p.
5. English-russian textile dictionary. Second edition. – М.: Fismatgiz, 1961. – 640 p.
6. ISO 4921:2000 International standard. Knitting – Basic concepts – Vocabulary. – Geneva.: ISO copyright office, 2000. – 32 p.

7. EN ISO 4921:2001E Knitting – Basic concepts – Vocabulary (ISO 4921:2000). – Brussels.: European committee for Standardization, 2001. – 36 p.

8. ISO 8388 International Standard. Knitted fabrics – Types – Vocabulary. - Geneva.: ISO copyright office, 1998. – 85 p.

ГАРМОНИЗАЦИЯ УКРАИНСКИХ СТАНДАРТОВ С МЕЖДУНАРОДНЫМИ В ОТРАСЛИ ТРИКОТАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОМЕЛЬЧЕНКО В.Д.^{*}, ГАЛАВСКАЯ Л.Е.^{**}, РОЗСОХА Т.И.^{***}

^{*}Технический комитет 125 «Легкая промышленность»

^{**}Киевский национальный университет технологий и дизайна

^{***}Государственное предприятие «Киевский научно-исследовательский институт текстильно-галантерейной промышленности»

Цель. Рассмотреть практическое решение проблемы гармонизации украинских стандартов с международными в отрасли легкой промышленности.

Методика. Сравнительный анализ соответствия терминов и определений украинских стандартов терминам международных нормативных документов и аутентичности их перевода.

Результаты. Установлены различия и технические несоответствия украинских стандартов международным.

Научная новизна. Определены современные, аутентичные международным стандартам, термины и определения основываемых переплетений при переводе украинской терминологии на английский язык.

Практическая значимость. Обеспечивается аутентичность переводов терминов трикотажного производства при подготовке научно-технических и производственных документов. Определена целесообразность пересмотра украинского стандарта по терминам трикотажной промышленности.

Ключевые слова: гармонизация стандартов, трикотаж, основываемое производство, термины, аутентичность определений и терминов.

HARMONIZATION UKRAINIAN WITH INTERNATIONAL STANDARDS IN KNITTING INDUSTRY

OMELCHENKO V.D.^{*}, HALAVSKA L.I.E.^{**}, ROZSOKHA T.I.^{***}

^{*}Technical Committee 125 "Light industry"

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

^{***}A state enterprise is the "Kyiv research institute of textile-haberdashery industry"

Purpose. To examine the practical solution to the problem of harmonizing Ukrainian standards to international light industry.

Methodology. Comparative analysis of compliance of terms and definitions Ukrainian standards, terms of international regulations and the authenticity of the translation.

Findings. Technical differences and inconsistencies Ukrainian international standards.

Originality. Identified modern, authentic international standards, terms and definitions warp weaves Ukrainian terminology in the translation into English.

Practical value. Provides authenticity of translations of terms knitwear production in the preparation of scientific, technical and production documents. Determined feasibility review of Ukrainian standard terms knitting industry.

Key words: harmonization of standards, knitting, warp knitting production, timing, authenticity and definitions of terms.

УДК 677.07: 612

КУРГАНСЬКИЙ А.В.*, ВАСИЛЕНКО В.М. *,
КУРГАНСЬКА М.М.*, САКОВЕЦЬ В.В.**

*Київський національний університет технологій та дизайну

** Головне управління розвитку та супроводження матеріального
забезпечення ЗСУ

СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ ТА ТИСКУ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ НА БАЗІ НАТІЛЬНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Мета. Розробка системи з моніторингу інтегрованої сукупності кількісних і якісних біофізичних параметрів взаємодії комплектів спеціального призначення з суб'єктом та підсистеми моніторингу змін положення їх елементів в операційному просторі.

Методика. Застосовано аналітичний огляд і загальну методологію системного підходу до проектування систем дистанційного моніторингу мікроклімату, тиску та змін положення об'єктів у просторі.

Результати. Апробовано принцип зонально-диференційованого розташування елементів бездротових натільних сенсорних мереж для моніторингу тиску, мікроклімату у системі «людина-спеціальний одяг».

Наукова новизна. Запропоновано шляхи удосконалення методу оцінювання відповідності комплектів спеціального призначення із застосуванням системи дистанційного моніторингу інтегрованої сукупності біофізичних параметрів комплектів та контролю змін положення їх елементів у просторі.

Практична значимість. Розроблено елементи системи натільного моніторингу (ІБК2, ІБК2.5, ІБК3.6), застосування яких дозволяє дистанційно отримувати параметри мікроклімату, тиску та зміни положення елементів комплекту у просторі в реальному часі.

Ключові слова: WBAN, мікроклімат, вологість, тиск, температура, комфортність, біофізика, датчики.

Вступ. Застосування комплектів спеціального одягу як єдиної системи з інтегрованою сукупністю кількісних та якісних показників (параметрів) дозволяє досягти максимальної його відповідності функціональним та службовим вимогам. На теперішній час основними критеріями оцінювання є відповідність матеріалів встановленим вимогам на основі лабораторних досліджень матеріалів та пакетів з них. Здебільшого застосовуються для визначення термічного комфорту два підходи [1]: дослідження у польових умовах; дослідження у кліматичних камерах. Дослідження проводяться переважно у статичних лабораторних умовах [2], особливо, що стосується термічного опору, тощо.

На теперішній час українськими розробниками спеціального одягу частково враховуються вплив критеріїв, зокрема тих, що впливають на збільшення термоізоляції [1,3]: збільшення товщини; зменшення щільності (або збільшення пористості); збільшення кількості волокон, що лежать паралельно лінії утку; зменшення кількості раз застосування тканини; суха чистка або прання; зменшення швидкості вітру; зниження температури; зменшення вмісту вологи в волокнах. Слід звернути увагу на відсутність досліджень по дослідженню взаємозв'язків між цими критеріями та визначення їх оптимальності.

Постановка завдання. Основним завданням розробки системи бездротового моніторингу мікроклімату та тиску в режимі реального часу на базі натільних сенсорних мереж є проведення досліджень у польових умовах. Найпростішим їх застосуванням є дослідження у лабораторних умовах. Тому система має врахувати базову кількість факторів,

з можливістю їх нарощування, та забезпечити реєстрацію даних у реальному часі з урахуванням характеру оперативного простору.

Результати дослідження. На основі аналізу існуючих засобів моніторингу біомеханіки та біофізики тіла людини спираючись на дослідження [4,5] пропонується використовувати базову кількість точок вимірювання (рис. 1). Збільшення їх кількості та типу залежить від особливостей протоколу та характеру досліджень.

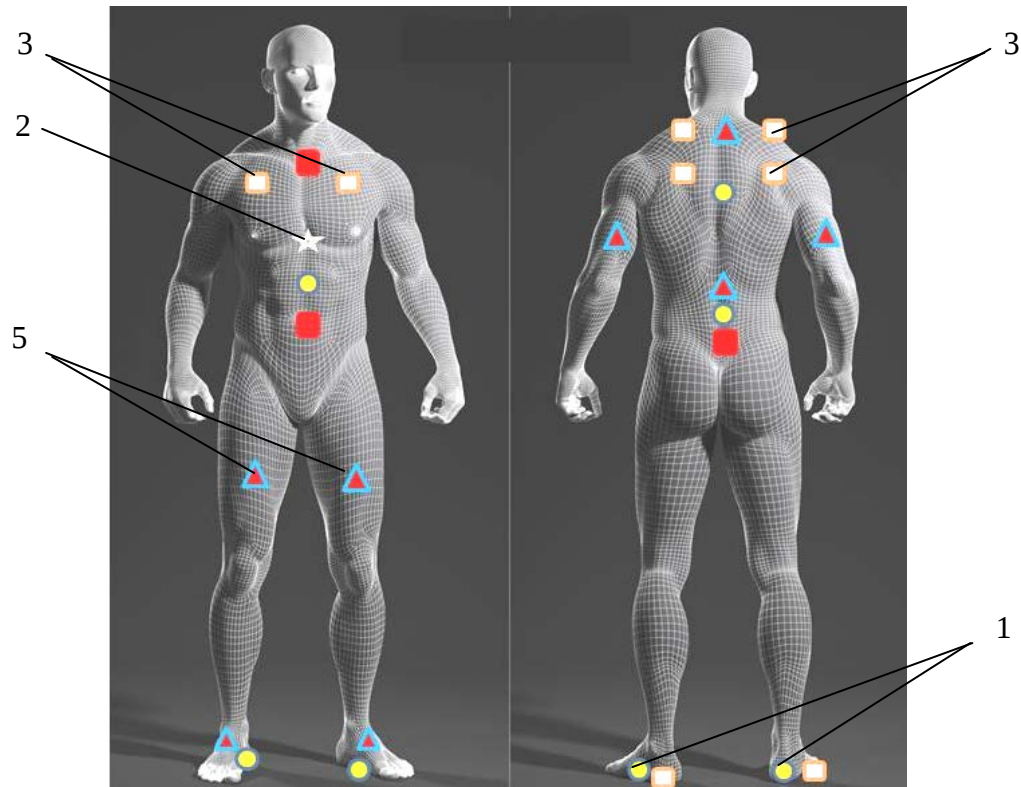


Рис. 1. Принципова схема базового розташування датчиків на тілі людини:
1 – температури та вологості; 2- серцевого ритму; 3- тиску; 4 – гіроскоп-акселерометри; 5 –
EMG

Авторами пропонується застосовувати бездротову натільну сенсорну мережу (WBAN) у такій базовій комплектації: головний дистанційний модуль; локальні спеціалізовані модулі; датчики температури; датчики вологості; гіроскоп-акселерометр; датчики тиску; спеціалізоване програмне забезпечення WBIMSoft. Процес дистанційного обміну та зберігання даних у системі можна відобразити наступною схемою (рис. 2). З метою синхронізації поведінкової складової системи до її складу включено гіроскоп-акселерометри.

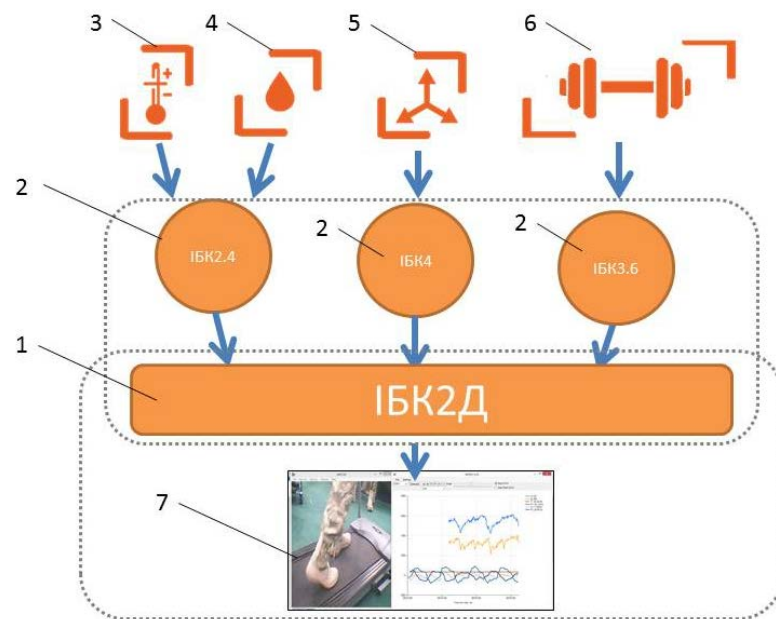


Рис. 2. Принципова схема передачі та зберігання даних: 1 – головний дистанційний модуль; 2 – локальні спеціалізовані модулі; 3 – датчики температури; 4 – датчики вологості; 5- гіроскоп-акселерометр; 6 – датчики тиску; 7 – спеціалізоване програмнезабезпечення WBIMSoft

Розроблено спеціалізовані модулі (ІБК2.5, ІБК2, ІБК3.6,) для вимірювання тиску, вологості, температури та контролю змін положення їх елементів у просторі (рис. 3).

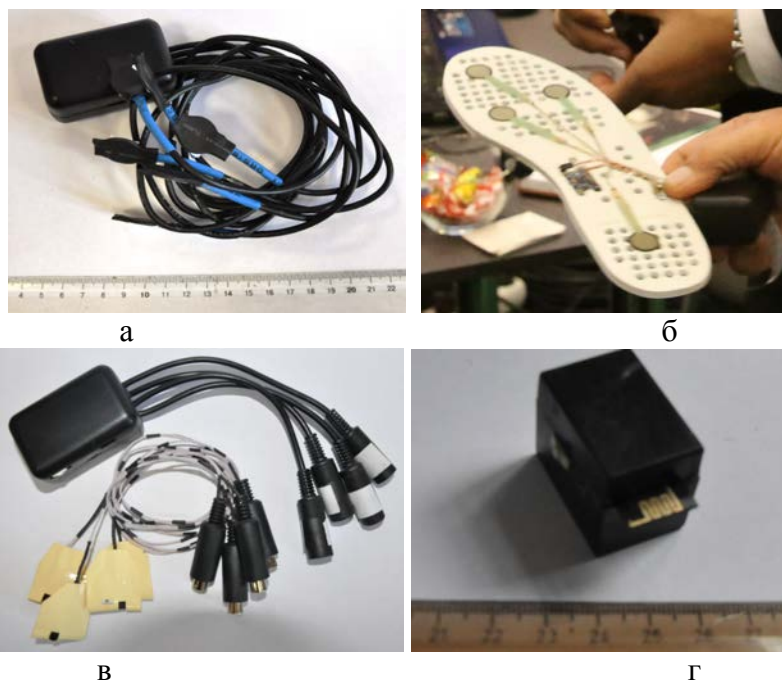


Рис. 3. Зображення дистанційних модулів вимірювання тиску:
а –модуль ІБК2.5; б – модуль ІБК2; в – ІБК3.6; г – ІБК4

Для візуалізації та збереження даних при базовому комплекті датчиків пропонується застосування спеціалізованого програмного забезпечення WBIMSoft 5.0 (рис.4). Дане програмне забезпечення дозволяє опрацьовувати дані з понад 20 датчиків, з частотою опитування 20мс.

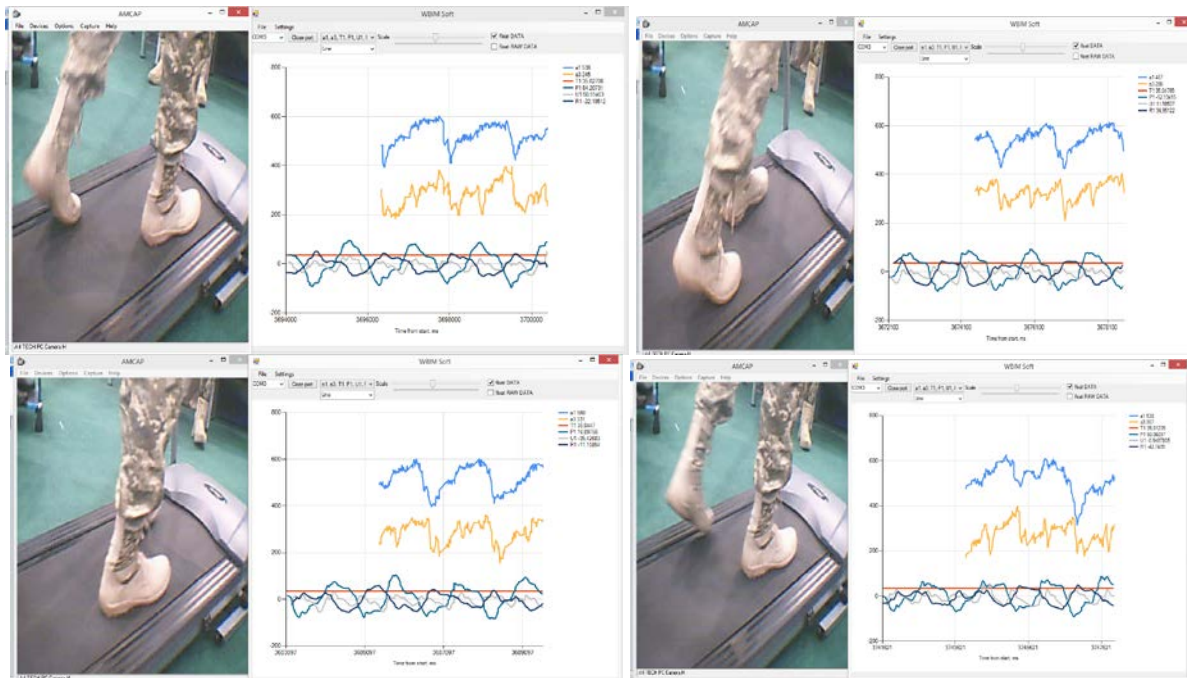


Рис. 4. Візуалізація даних у програмі WBIMSoft із застосуванням дистанційного модуля ІБК2

Також застосування цієї системи має відгук не тільки у легкій, а і в автомобілебудівній промисловості для аналізу активності водія [6].

Висновки. Розроблена система дозволяє дистанційно обробляти данні з датчиків, що відкриває шлях до аналізу взаємодії системи та її оцінювання у реальному часі за певними сценаріями. Такий підхід дозволить отримати звіти щодо відповідності зразків вимогам із максимальною затримкою у 10-15хв у польових умовах в автоматизованому режимі. Це дозволить зменшити вплив суб'єкта на результати та відповідно напрацювати оціночні данні щодо відповідності результатів анкетного опитування реальним фізичним показникам.

Список використаних джерел

1. Crow R. M. Heat and Moisture Transfer in Clothing Systems. Part 1. Transfer Through Materials, A Literature Review. – Defence research establishment Ottawa (ONTARIO), 1974. – №. DREO-TN-74-27..
2. Potter A. W. et al. Biophysical Characteristics of Chemical Protective Ensemble With and Without Body Armor. – Army research inst of environmental medicine natick ma biophysics and biomedical modeling div, 2015. – №. USARIEM-T15-8.
3. Potter A. W. Method for estimating evaporative potential (im/clo) from ASTM standard single wind velocity measures. – Army research inst of environmental medicine natick ma biophysics and biomedical modeling div, 2016. – №. USARIEM-T16-14.
4. Курганський А. В. Принцип зонально-диференційованого розташування елементів бездротових сенсорних мереж моніторингу мікроклімату під одягом / А. В. Курганський, С. М. Березненко, М. М. Курганська // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія : Технічні науки. - 2016. - № 5. - С. 118-125. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtm_2016_5_16.
5. Bogdan A., Zwolińska M. Future trends in the development of thermal manikins applied for the design of clothing thermal insulation //Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2012.
6. Курганський А. В. Моніторинг активності водія із застосуванням бездротових сенсорних мереж / А. В. Курганський, Н. М. Защепкіна // Вісник Житомирського державного

технологічного університету. Серія : Технічні науки. - 2016. - № 2. - С. 143-147. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhdtu_2016_2_24.

References

1. Crow R. M. Heat and Moisture Transfer in Clothing Systems. Part 1. Transfer Through Materials, A Literature Review. – Defence research establishment Ottawa (ONTARIO), 1974. – №. DREO-TN-74-27..
2. Potter A. W. et al. Biophysical Characteristics of Chemical Protective Ensemble With and Without Body Armor. – Army research inst of environmental medicine natick ma biophysics and biomedical modeling div, 2015. – №. USARIEM-T15-8.
3. Potter A. W. Method for estimating evaporative potential (im/clo) from ASTM standard single wind velocity measures. – Army research inst of environmental medicine natick ma biophysics and biomedical modeling div, 2016. – №. USARIEM-T16-14.
4. Kurhanskyi A. V. Pryntsyp zonal'no-dyferentsiyovanoho roztašuvannya elementiv bezdrovnykh sensorykh mrezh monitorynhu mikroklimatu pid odyahom / A. V. Kurhanskyi, S. M. Bereznenko, M. M. Kurganska // Visnyk Kyivs'koho natsional'noho universytetu tekhnolohiy ta dyzaynu. Seriya : Tekhnichni nauky. - 2016. - № 5. - S. 118-125. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtu_2016_5_16.
5. Bogdan A., Zwolińska M. Future trends in the development of thermal manikins applied for the design of clothing thermal insulation //Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2012.
6. Kurhanskyi A. V. Monitorynh aktyvnosti vodiya iz zastosuvanniam bezdrovnykh sensorykh mrezh / A. V. Kurhanskyi, N. M. Zashchepkina // Visnyk Zhytomyrs'koho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriya : Tekhnichni nauky. - 2016. - № 2. - S. 143-147. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhdtu_2016_2_24.

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА МИКРОКЛИМАТА И ДАВЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА БАЗЕ НАТЕЛЬНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

КУРГАНСКИЙ А.В.*, ВАСИЛЕНКО В.Н.*, КУРГАНСКАЯ М.Н.*, САКОВЕЦ В.В.**

* Киевский национальный университет технологий и дизайна

** Главное управление развития и сопровождения материального обеспечения ВСУ

Цель. Разработка системы по мониторингу интегрированной совокупности количественных и качественных биофизических параметров взаимодействия комплектов специального назначения с субъектом и подсистемы мониторинга изменений положения их элементов в операционном пространстве.

Методика. Применен аналитический обзор и общую методологию системного подхода к проектированию систем дистанционного мониторинга микроклимата, давления и изменений положения в пространстве объектов.

Результаты. Апробирован принцип зонально-дифференцированного расположения элементов беспроводных нательных сенсорных сетей для мониторинга давления, микроклимата в системе «человек-специальная одежда».

Научная новизна. Предложены пути совершенствования метода оценки соответствия комплектов специального назначения с применением системы дистанционного мониторинга интегрированной совокупности биофизических параметров комплектов и контроля изменений положения их элементов в пространстве.

Практическая значимость. Разработаны элементы системы нательного мониторинга (ИБК2, ИБК2.5, ИБК3.6), применение которых позволяет дистанционно

получать параметры микроклимата, давления и изменения положения элементов комплекта в пространстве в реальном времени.

Ключевые слова: WBAN, микроклимат, влажность, давление, температура, комфортность, биофизика, датчики.

A SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF MICROCLIMATE AND PRESSURE BASED ON WEARABLE SENSOR NETWORKS IN REAL TIME

KURHANSKYI A.V.*, VASYLENKO V.M.*, KURGANSKA M.M.*,
SAKOVETS V.V.**

*Kiev National University of Technologies and Design

** Headquarters of the Development and Maintenance, Armed Forces of Ukraine

Purpose. The development of monitoring systems of integrated qualitative and quantitative biophysical parameters of personal protective equipment with the human body and monitoring subsystem of changing its position in operational space.

Methodology. Applied analytical survey methodology and overall systems approach to the design of remote monitoring of microclimate, pressure and objects position change in space.

Findings. The principle of the zone-differentiated layout of wireless wearable sensor networks for monitoring of pressure and microclimate in "man-special clothing" system were tested.

Scientific novelty. The ways of improving the method of conformity assessment of personal protective equipment by using remote monitoring of integrated biophysical parameters and changing its position in operational space were offered.

Practical value. The elements of the wearable monitoring system (IBK2, IBK2.5, IBK3.6) were developed and its application allows remotely monitoring of microclimate parameters, pressure and real time changing in operational space.

Keywords: WBAN, microclimate, humidity, pressure, temperature, comfort, biophysics, protective clothing.

УДК 677-19.001.5

РЕЗАНОВА В.Г., РЕЗАНОВА Н.М., КОРШУН А.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЇ СУМІШЕЙ ПОЛІМЕРІВ

Мета. Розробка програмного забезпечення для розрахунку параметрів кінетики процесу розпаду рідких струменів одного полімеру в матриці іншого.

Методика. Процес руйнування полімерних струменів досліджували на вихідній та нанопоповненій сумішах поліпропілен/співполіамід. Розрахунок параметрів кінетики розпаду здійснювали з використанням фундаментальних залежностей, які описують термодинамічну рівновагу в дисперсних полімерних системах. Програмне забезпечення розробляли в середовищі Delphi мовою Object Pascal.

Результати. Виконані розрахунки основних параметрів кінетики розпаду рідкого циліндра під дією хвилі руйнівного збудження: коефіцієнта нестабільності, часу життя та величини поверхневого натягу на межі поділу фаз термодинамічно несумісних полімерів.

Наукова новизна. Вперше розроблено програмне забезпечення для обробки експериментальних результатів дослідження мікроструктури екструдатів сумішей полімерів.

Практична значимість. Використання створеної програми дозволить значно скоротити термін і спростити обробку експериментальних результатів дослідження процесів структуроутворення в розплавах вихідної та модифікованої сумішей полімерів.

Ключові слова: суміші полімерів, в'язкість, струмінь, розпад, програмне забезпечення

Вступ. Змішування полімерів є ефективним і перспективним методом створення матеріалів з комплексом покращених наперед заданих характеристик, навіть у порівнянні з розробкою нових полімерів. Властивості полімерних композитів визначаються їх фазовою структурою, обумовленою ступенем термодинамічної сумісності (абсолютно сумісні однорідні системи, частково сумісні і повністю несумісні). В несумісних системах часто має місце матрично-фібрилярна морфологія, за якої один компонент утворює в масі іншого безліч рідких струменів (мікрОВОЛОКОН) з діаметрами від десятих долей до декількох мікрОМЕТРІВ. Значний інтерес до таких структур пов'язаний з тим, що при формуванні композиційних матеріалів досягається ефект самоармування, ступінь якого можна регулювати, змінюючи величину співвідношення довжини до діаметра фібрил компоненту дисперсної фази [1-2]. Переробкою розплавів сумішей полімерів одержують мікрОВОЛОКНА з унікальними структурою і властивостями та нові тонковолонисті матеріали на їх основі (бавовноподібні синтетичні волокна і нитки, прецизійні фільтрувальні матеріали, сорбенти тощо) [3-4]. Формування мікрОВОЛОКОН – це особливий тип структуроутворення, за якого відбувається деформація і злиття крапель дисперсної фази у струмені, які повинні зберігати свою стабільність в каналі формувального отвору і по виході з нього. Кінцева морфологія є результатом балансу між процесами деформації і розпаду, з одного боку, та коалесценції – з іншого. Деформація, капілярна нестабільність та коалесценція є дієвими чинниками для створення бажаної структури полімерної дисперсії. Встановлення закономірностей розпаду струменів одного полімеру в матриці іншого є важливим для керування процесами змішування полімерів і волокнуутворення: час життя рідкого струменя визначає можливість реалізації формування мікрОВОЛОКОН одного полімеру в матриці іншого, а температура їх розпаду – умови експлуатації.

Мета роботи – розробка програмного забезпечення для розрахунку параметрів кінетики процесу розпаду рідких струменів одного полімеру в матриці іншого.

Постановка завдання. Відомо, що за течії розплавів сумішей полімерів в дисперсійному середовищі виникають напруги, які сприяють деформації і орієнтації крапель. За малих градієнтів швидкості крапля набуває форму еліпсоїда обертання, а за великих – перетворюється в рідкий циліндр. Перше класичне дослідження деформації краплі в матричному середовищі показало, що вона залежить від двох параметрів: співвідношення в'язкостей фази краплі (η) і матриці (μ) ($K = \eta/\mu$), а також числа Вебера: $We = \mu \dot{\gamma} r / \gamma_{\alpha\beta}$ ($\dot{\gamma}$ – локальна напруга зсуву, r – радіус краплі, $\gamma_{\alpha\beta}$ – міжфазний натяг). Другим мікрореологічним процесом, що визначає морфологію полімерної суміші, є розпад деформованих крапель або рідких циліндрів. Руйнування відбудеться тоді, коли сферична крапля видовжена настільки, що може утворювати еліпсоїд або ниткоподібний рідкий циліндр. Змінні, які контролюють ступінь деформації, також визначатимуть і критичні умови розпаду. Такими параметрами є співвідношення в'язкостей полімеру дисперсної фази і матриці та число Вебера. Струмін є термодинамічно нестійким через невідповідне відношення поверхні до об'єму. За своєю природою руйнування рідкого циліндру є перехідним явищем. Перед розпадом на поверхні циліндру утворюються потовщення і стоншення, що зумовлює збільшення його поверхневої енергії, а руйнування є результатом прагнення системи до її зменшення. Час життя струменя прямо пропорційний в'язкості рідини (η), радіусу (R) циліндра і обернено пропорційний поверхневому натягу ($\gamma_{\alpha\beta}$):

$$t_{ж} = \eta R / \gamma_{\alpha\beta} \quad (1)$$

Результати досліджень. Експериментальні дослідження виконані на сумішах поліпропілен/співполіамід (ПП/СПА) складу 30/70 мас. % та системи, що містила 3,0 мас. % нанодобавки оксид титану/кремнезем. Для оцінки кінетики розпаду струменів та визначення величини поверхневого натягу полімерних сумішей ($\gamma_{\alpha\beta}$) попередньо формували із них екструдати, робили поздовжні зрізи товщиною (10÷20) мкм, розміщували їх на предметному склі в імерсійному середовищі та нагрівали на столику мікроскопу МП-6 за постійної швидкості підйому температури (0,6 град/с). Через певні проміжки часу фотографували різні стадії розпаду струменів (мікрОВОЛОКОН). За відповідної температури струмін починав руйнуватися в місцях зменшення поперечного перетину під дією сил міжфазного натягу та розпадався на ланцюжок крапель. З мікрофотографій вимірювали початковий діаметр струменя (d_0), діаметри стовщень (d_e) і діаметри крапель (d_k), що утворилися під дією температури, та відстань між їх центрами (λ_m). Для кожної пари полімерів аналізували до 100 фотознімків, а оскільки в один кадр потрапляло до 10 мікрОВОЛОКОН, то загальне число величин r_k і λ_m перевищувало 1000. За час розпаду приймали термін, на протязі якого руйнувалася основна їх кількість у зрізі. Фіксували найнижчу температуру, за якої розпадалися мікрОВОЛОКНА. Ця температура і визначає область експлуатації мікрОВОЛОКОН, отриманих з даної суміші полімерів. Розрахунки здійснювали за відомим алгоритмом за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення [6,7].

Вхідними даними для програми є результати опрацювання мікрофотографій, зроблених через відповідні проміжки часу (t), на яких заміряли діаметри «варикозних»

потовщень (d_e) та заносили їх у текстові файли «Волокна.txt». Приклад файлу вводу наведено на рис. 1.

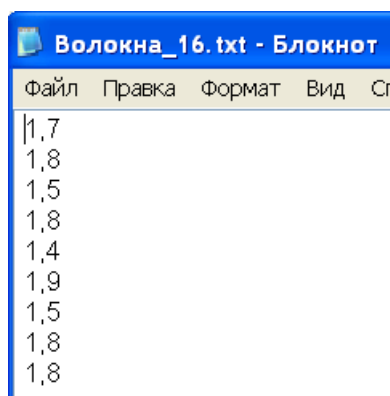


Рис. 1. Файл вводу даних для «варикозних» волокон

Після розпаду мікрОВОЛОКОН визначали діаметри крапель (d_k) та відстань між їх центрами, яка відповідає величині довжини хвилі руйнівного збудження (λ_m). Дані заносили у текстові файли «Частки.txt» та «Лямбда.txt», їх вигляд аналогічний файлу для волокон. Кількість відповідних файлів вводу залежить від числа мікрофотографій, а також від наявності на них відповідних типів структур. Крім того, з окремого файлу вводяться моменти часу, в які відбувалось фотографування кожного кадру (файл «Час.txt»). За допомогою програми розраховували середній діаметр вихідних мікрОВОЛОКОН (d_0) та середнє значення d_e для кожного t .

Причиною руйнування рідкого струменя є виникнення на його поверхні збурень хвильового характеру, амплітуда яких зростає експоненціально з часом [5]:

$$a = a_0 \exp(q \cdot t_{\text{ж}}) \quad (2)$$

де a_0 – початкова амплітуда збурення; q – коефіцієнт нестабільності

МікрОВОЛОКНА розпадаються за умови, що величина амплітуди збурення стає рівною їх радіусу. В логарифмічних координатах залежність a від t виражається прямою лінією

$$\ln a = \ln a_0 + qt \quad (3)$$

тангенс кута нахилу якої до осі абсцис є коефіцієнтом нестабільності q .

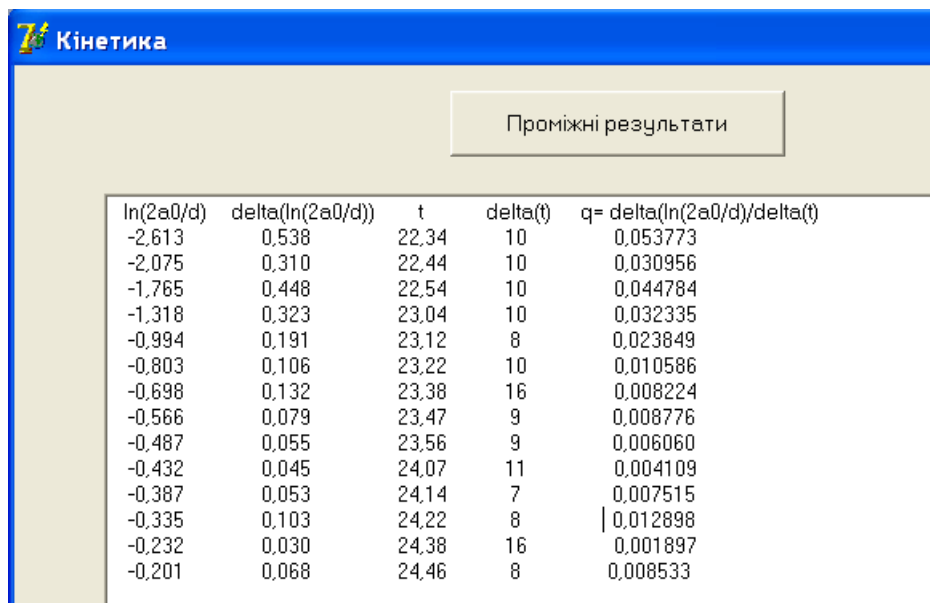
В той же час, величина q є складною функцією хвильового числа і співвідношення в'язкостей компонентів суміші:

$$q = \frac{\gamma_{\alpha\beta}}{2\eta R} \cdot F(\chi, K) \quad (4)$$

Для визначення величини коефіцієнта нестабільності спочатку розраховували $\ln\left(\frac{d_e - d_0}{d_0}\right)$, а потім визначили q за формулою:

$$q = \frac{\Delta \ln \left(\frac{2(d_s - d_0)}{d_0} \right)}{\Delta t} \quad (5)$$

Розраховані величини зводили в таблицю. Проміжні результати роботи програми наведено на рис 2.



ln(2a0/d)	delta(ln(2a0/d))	t	delta(t)	q = delta(ln(2a0/d))/delta(t)
-2,613	0,538	22,34	10	0,053773
-2,075	0,310	22,44	10	0,030956
-1,765	0,448	22,54	10	0,044784
-1,318	0,323	23,04	10	0,032335
-0,994	0,191	23,12	8	0,023849
-0,803	0,106	23,22	10	0,010586
-0,698	0,132	23,38	16	0,008224
-0,566	0,079	23,47	9	0,008776
-0,487	0,055	23,56	9	0,006060
-0,432	0,045	24,07	11	0,004109
-0,387	0,053	24,14	7	0,007515
-0,335	0,103	24,22	8	0,012898
-0,232	0,030	24,38	16	0,001897
-0,201	0,068	24,46	8	0,008533

Рис. 2. Проміжні результати роботи програми

Для оцінки величини поверхневого натягу на межі поділу компонентів суміші використали залежність [5]:

$$\gamma_{\alpha\beta} = \frac{q \cdot \mu \cdot d_0}{\Omega(\chi, K)} \quad (6)$$

де μ – в'язкість розплаву матричного полімеру (СПА);

χ – хвильове число руйнівного збурення;

Ω – табульована функція, що визначається з кривої залежності χ від K

Хвильове число руйнівного збурення розраховували за формулою:

$$\chi = \frac{2\pi R}{\lambda_m} \quad (7)$$

де R – радіус мікрОВОлокна перед розпадом

Величину R знаходили з рівняння:

$$r_k = (3R\lambda_m / 4)^{1/3} \quad (8)$$

$$\lg R = \frac{3}{2} \lg r_k - \frac{1}{2} \lg \lambda_m + 0,0625$$

Для цього розраховували середні значення діаметра (d_k) і радіуса крапель (r_k) та величини хвилі руйнівного збурення (λ_m), а також співвідношення в'язкостей волокнуутворюючого (ПП) і матричного (СПА) полімерів $K = \frac{\eta}{\mu}$.

За знайденими величинами χ і K із графіка залежності хвильового числа від співвідношення в'язкостей знаходили показник табульованої функції Ω . Програма пропонує користувачу ввести її значення (рис. 3):

Рис. 3. Введення значення табульованої функції Ω

Після цього за допомогою програми виконуються остаточні розрахунки величини поверхневого натягу на межі поділу фаз (рис.4):

Рис. 4. Розрахунок величини поверхневого натягу

Для оцінки стабільності рідких струменів одного полімеру в матриці іншого визначали також приведені значення радіусу крапель (r_k/R) і часу життя ($t_{ж}/R$).

Вплив нанодобавки оксид титану/кремнезем на закономірності розпаду поліпропіленових мікрОВОЛОКОН в матриці співполіаміду та величину міжфазного натягу, розраховані за допомогою розробленої програми, наведені в таблицях 1,2.

Таблиця 1

Вплив нанодобавки на параметри розпаду ПП мікрОВОЛОКОН в екструдатах суміші ПП/СПА

Назва добавки	R, мкм	r_k , мкм	λ_m , мкм	r_k/R	$2\pi R/\lambda_m$	$t_{ж}$, с	$t_{ж}/R$, с/мкм
без добавок	2,1	3,1	13,8	1,8	0,69	56	37
оксид титану/кремнезем	1,5	2,7	9,2	1,6	1,42	130	62

Таблиця 2

Результати визначення міжфазного натягу за кінетикою розпаду ПП мікрОВОЛОКОН в матриці СПА

Назва добавки	Ω	η	$\gamma_{\alpha\beta}$, мН/м
без добавок	0,18	0,0618	2,60
оксид титану/кремнезем	0,04	0,0247	1,52

Висновки. Розроблено програмне забезпечення в середовищі Delphi мовою Object Pascal для обробки експериментальних результатів кінетики розпаду рідких струменів полімеру дисперсної фази в матричному компоненті. Розраховані основні параметри процесу для вихідної та нанонаповненої сумішей поліпропілен/співполіамід: величина міжфазного натягу, час життя та коефіцієнт нестабільності рідких струменів. Показано, що створена програма дозволяє суттєво спростити процес обробки одержаних даних та скоротити його термін.

Список використаної літератури

1. Li W., Schlarb A.K., Evstatiev M. Study of PET/PP/TiO₂ microfibrillar-structured composites: Part 2. Morphology and mechanical properties // J. Appl. Polym. Sci. – 2009. – V.113. – P. 3300-3306.
2. Sangroniz L., Palacios J. K., Fernandez M., Eguiazabal J.I., Santamaria A., Muller A.J. Linear on non-linear rheological behavior of polypropylene/polyamide blends modified with a compatibilizer agent and nanosilica and its relationship with the morphology // European Polym. J. – 2016. – V. 83. – P.10-21.
3. Rezanova N.M., Plavan V.P., Rezanova V.G., Bohatyrov V.M. Regularities of producing of nano-filled polypropylene microfibers / N.M. // Vlakna a Textil. – 2016. – №4. – P. 3-8.
4. Tsebrenko M.V., Rezanova V.G., Tsebrenko I.A. Polypropylene microfibers with filler in nano state // Chem. & Chem. Technol. – 2010. – V.4, N3. – P.253-260.
5. Tomotika S. On the stability of a cylindrical thread of a viscous liquid surrounded by another viscous fluid // Proc. Roy. Soc. London. – 1935. – V. 150. – P. 322-337.
6. Культин Н. Delphi в примерах и задачах (3-е издание). С-Пб.: БХВ-Петербург, 2012. – 288 с.
7. Фленов М. Библия программиста (Delphi), 3-е издание С-Пб.: БХВ-Петербург, 2011. – 688 с.

References

1. Li W., Schlarb A.K., Evstatiev M. Study of PET/PP/TiO₂ microfibrillar-structured composites: Part 2. Morphology and mechanical properties // J. Appl. Polym. Sci. – 2009. – V.113. – P. 3300-3306. [In English]
2. Sangroniz L., Palacios J. K., Fernandez M., Eguiazabal J.I., Santamaria A., Muller A.J. Linear on non-linear rheological behavior of polypropylene/polyamide blends modified with a compatibilizer agent and nanosilica and its relationship with the morphology // European Polym. J. – 2016. – V. 83. – P.10-21. [In English]
3. Rezanova N.M., Plavan V.P., Rezanova V.G., Bohatyrov V.M. Regularities of producing of nano-filled polypropylene microfibers / N.M. // Vlakna a Textil. – 2016. – №4. – P. 3-8. [In English]
4. Tsebrenko M.V., Rezanova V.G., Tsebrenko I.A. Polypropylene microfibers with filler in nano state // Chem. & Chem. Technol. – 2010. – V.4, N3. – P.253-260. [In English]
5. Tomotika S. On the stability of a cylindrical thread of a viscous liquid surrounded by another viscous fluid // Proc. Roy. Soc. London. – 1935. – V. 150. – P. 322-337. [In English]

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

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

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРФОЛОГИИ СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ

РЕЗАНОВА В.Г., РЕЗАНОВА Н.М., КОРШУН А.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка программного обеспечения для расчета параметров кинетики процесса распада жидких струй одного полимера в матрице другого.

Методика. Процесс разрушения полимерных струй исследовали на исходной и нанонаполненной смесях полипропилен/сополиамид. Расчет параметров кинетики распада осуществляли с использованием фундаментальных зависимостей, описывающих термодинамическое равновесие в дисперсных полимерных системах. Программное обеспечение разрабатывали в среде Delphi на языке Object Pascal.

Результаты. Выполнены расчеты основных параметров кинетики распада жидкого цилиндра под действием волны разрушающего возмущения: коэффициента неустойчивости, времени жизни и величины поверхностного натяжения на границе раздела фаз термодинамически несовместимых полимеров.

Научная новизна. Впервые разработано программное обеспечение для обработки экспериментальных результатов исследования микроструктуры экструдатов смесей полимеров.

Практическая значимость. Использование созданной программы позволит значительно сократить время и упростить обработку экспериментальных результатов исследований процессов структурообразования в расплавах исходной и модифицированной смесей полимеров.

Ключевые слова: смеси полимеров, вязкость, струя, распад, программное обеспечение

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR RESEARCH MORPHOLOGY OF POLYMER MIXTURES

REZANOVA V.G., REZANOVA N.M., KORSHUN A.V.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. Development of software for calculation parameters of kinetics of disintegration of liquid jets of one polymer in matrix of another.

Method. The process of destruction of polymer jets were studied on initial and nano-filled mixtures of polypropylene / co-polyamide. Calculation of parameters of decay kinetics performed using basic dependencies describing thermodynamic equilibrium in dispersed polymer systems. The software was developed in Delphi environment on language Object Pascal.

Results. Were carried out the calculations of basic parameters of decay kinetics of liquid cylinder under the influence of destructive wave excitation: coefficient of instability, the lifetime and the value of surface tension at the interphase area of thermodynamically incompatible polymers.

Scientific novelty. For the first time developed software for processing of experimental results of researching microstructure of extrudates of polymer mixtures.

The practical significance. Using of developed program will significantly reduce the duration of studies of the processes of structure-formation in the initial and modified polymer mixtures.

Keywords: polymer mixtures, viscosity, jet disintegration, software

УДК 665.584.22

ВІТРЕНКО О.М., РАЦУК М.Є., САРІБЄКОВА Д.Г.

Херсонський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕФІРНИХ ОЛІЙ В ЯКОСТІ КОНСЕРВАНТІВ У СКЛАДІ КРЕМУ ДЛЯ РУК

Мета. Визначення можливості використання ефірних олій в складі крему для рук в якості консервантів.

Методика. Оцінюються органолептичні та фізико-хімічні властивості крему для рук з ефірними оліями згідно з відповідними Держстандартами. Мікробіологічна стійкість крему для рук до повітряної мікрофлори визначається методом посіву на цільний поживний агар.

Результати. Показано, що запропоновані ефірні олії в дослідженому діапазоні концентрацій не погіршують органолептичні та фізико-хімічні показники якості крему. Вивчено консервуючі властивості ефірних олій в складі кремів по відношенню до повітряної мікрофлори.

Наукова новизна. Визначено концентрацію ефірних олій, доданих до складу крему для рук, яка забезпечує досягнення оптимальних фізико-хімічних, органолептичних властивостей та стійкість крему до повітряної мікрофлори.

Практична значимість. Результати досліджень можуть бути використані при виготовленні кремів для рук.

Ключові слова: ефірні олії, крем для рук, консервуючі властивості, мікробіологічні показники, бактеріальна та грибна мікрофлора.

Вступ. Догляд за шкірою рук не менш важливий, ніж догляд за обличчям. Красиві, доглянуті руки зі здоровими нігтями скажуть про людину багато. Шкіра рук піддається значнішим навантаженням, ніж будь-яка інша ділянка шкіри, і тому швидше старіє. Одним із способів догляду за руками є їх зволоження, захист від сонячного випромінювання і морозу за допомогою різних косметичних засобів.

Численні дослідження [1 – 4] свідчать про те, що ефірні олії в складі крему для рук значно підвищують його ефективність та допомагають зберегти та подовжити красу та молодість шкіри рук. Взагалі ефірні олії для краси і здоров'я застосовуються дуже широко. Вони покращують пам'ять, концентрацію уваги і працездатність. Позитивно впливають як на фізичний стан організму, так і на психічну рівновагу людини. Оскільки вони володіють певним ароматом, то можуть надавати розслаблюючу або, навпаки, підбадьорливу дію [5,6]. А оскільки вони також є природними антиоксидантами, то здатні сповільнювати процес старіння організму. Використовують їх і в лікувальних цілях, при неврозах, безсонні, бронхітах і ряді інших захворювань. Вони можуть виводити з організму канцерогени і накопичені шлаки. І це лише мала частина всіх переваг ефірних олій. Відомо також, що ефірні олії мають бактерицидну, антисептичну і протизапальну властивість [7,8]. А на самоголовне це абсолютно натуральний природний продукт.

Відомо, що при довготривалому використанні кремів, особливо у відкритих ємностях, існує можливість зараження кремів різноманітною мікрофлорою. Це може призвести до передчасного псування косметичного засобу. Консерванти в косметичці покликані оберігати косметичний виріб від неконтрольного розмноження бактерій і хвороботворних мікроорганізмів. Консерванти бувають натуральними і синтетичними. Синтетичні

консерванти часто подразнюють шкіру. Багато консервантів займають далеко не останні місця в списку алергенів. До того ж вони вбивають природну шкірну мікрофлору, яка складається з нешкідливих бактерій. Ці бактерії перешкоджають розмноженню інших, хвороботворних, мікроорганізмів. Таким чином, синтетичний консервант здатний порушити біологічну рівновагу на шкірі.

В даний час кількість речовин, які використовуються в якості консервантів, дуже велика. Це обумовлено як тим, що деякі консерванти можуть бути несумісні з іншими речовинами певної косметичної композиції, так і пошуком нових, більш ефективних сполук з широкою антимікробною дією. Найбільш поширені з синтетичних – парабени (ніпагін і ніпазол). Вони вважаються відносно малотоксичними, але в деяких композиціях «не працюють».

В той же час здавна славляться своїми консервуючими властивостями ефірні олії. Вони служать натуральними консервантами, які захищають крем від патогенних мікроорганізмів. Вважається, що додавання всього двох крапель ефірної олії апельсину до 50 мл крему дозволяє знищити всі бактерії і грибки в препараті [9]. Запровадження натуральних консервантів в рецептуру дозволяє зробити крем більш безпечним для шкіри.

Постановка завдання. Враховуючи вищенаведене, завданням дослідження є створення крему для рук з введенням ефірних олій та вивчення їх впливу на споживчі та мікробіологічні властивості крему.

Результати дослідження. В роботі ефірні олії додавали до складу емульсійного крему. В даний час саме емульсійні креми є найбільш поширеними на косметичному ринку, що обумовлено високою косметичною ефективністю і рентабельністю цієї групи виробів. Приготування емульсійного крему здійснювали за загальноприйнятою технологією, згідно з якою гідрофобні компоненти (рицинову олію, стеарин та емульгатор) попередньо розплавляли на водяній бані; гідрофільні речовини (гліцерин, буру) розчиняли в другій склянці з певною кількістю води та нагрівали до 80⁰С. Перемішували приготовані гарячі розчини, поступово додаючи до жирової фази невеликими порціями водну фазу. Після охолодження одержаної суміші до 45⁰С до неї додавали ефірну олію в межах концентрацій 0,4-1,2% та продовжували перемішування до досягнення кремом температури 30-32⁰С.

Для одержання крему з ефірними оліями обрали ефірні олії цитрусової групи. Цитрусові об'єднують групу тропічних і субтропічних рослин з цитрусовим ароматом. Ефірні олії витягують з усіх видів цитрусових: апельсин, лимон, бергамот, мандарин, танжерин, грейпфрут, лайм, памела, мініола і ін.

Для того, щоб обрати ефірні олії з кращими консервуючими властивостями, було проведено спрощений мікробіологічний аналіз [10]. Краплю ефірної олії поміщали на середовище МПА (м'ясо-пептоний агар). Посіви термостатували при 30⁰С протягом 5-ти діб та досліджували під мікроскопом. Результати аналізу свідчать про те, що кращі консервуючі властивості з досліджених олій цитрусової групи мають олії лимону, лайму, бергамоту та петитгрейну. На чашках Петрі з посівом цих ефірних олій кількість мікроорганізмів була найменшою.

При введенні в рецептуру косметичного засобу додаткових компонентів потрібно, щоб вони не погіршували органолептичні та фізико-хімічні показники готового продукту. Креми повинні відповідати по консистенції своїй групі, повинні бути однорідними (без

згустків, грудок), запах – приємним, нерізким, колір – властивий виробу даного найменування. Крім того, креми повинні бути стабільними, володіти певною в'язкістю та щільністю, мати рН, при якому не буде спостерігатися подразнення шкіри (звичайно в межах 5,0 – 9,0).

В роботі проведено визначення показників якості кремів з доданими ефірними оліями. Результати аналізів, представлені в табл. 1, свідчать про те, що за фізико-хімічними показниками креми з додаванням ефірних олій відповідають вимогам і нормам ГОСТ 29189 – 91 «Креми косметичні». За зовнішнім виглядом всі зразки кремів являють собою білу однорідну масу без сторонніх домішок з водневим показником рН=6. Всі досліджені креми термостабільні. Спостерігається незначне коливання масової частки води та летких речовин. Також при підвищенні концентрацій ефірних олій до 1,2% креми набувають достатньо різкого запаху. Таким чином, допустимим є додавання ефірних олій до складу кремів в діапазоні концентрацій 0,4 – 0,8%.

Мікробіологічні показники є дуже важливими при оцінці якості кремів косметичних. За відсутності консервуючих агентів у косметичних засобах бактерії *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris*, різні мікрогрибки та інші мікроорганізми можуть привести до руйнування, розшарування, псування найкращого косметичного препарату [11].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика органолептичних та фізико-хімічних показників кремів косметичних з різною концентрацією ефірних олій (ЕО)

Назва крему	Концентрація ЕО, %	Запах	Масова частка води і летких речовин
3 ЕО лимону	0,4	Слабкий запах лимону	69
3 ЕО лайму		Слабкий запах лайму	71
3 ЕО бергамоту		Слабкий запах бергамоту	71
3 ЕО петитгрейну		Слабкий запах петитгрейну	70
3 ЕО лимону	0,8	Достатньо виражений запах лимону	70
3 ЕО лайму		Достатньо виражений запах лайму	71,5
3 ЕО бергамоту		Достатньо виражений запах бергамоту	69,8
3 ЕО петитгрейну		Достатньо виражений запах петитгрейну	70,7
3 ЕО лимону	1,2	Інтенсивний запах лимону	71
3 ЕО лайму		Інтенсивний запах лайму	71,7
3 ЕО бергамоту		Інтенсивний запах бергамоту	69,9
3 ЕО петитгрейну		Інтенсивний запах петитгрейну	70,9
3 метилпарабеном (ніпагін)	0,5	Без запаху	69,5
Без ЕО	–		69

В результаті розвитку мікрофлори продукти мутнішають, в них з'являються бульбашки або спінювання, може змінитися тактильне сприйняття косметичного засобу. При користуванні зіпсованим засобом мікроби можуть викликати несподівані алергічні ураження або навіть гнійні захворювання шкіри і слизових оболонок.

Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів в кремах, згідно ДСТУ 3438, повинна бути не більше ніж 1000 КУО/г; кількість дріжджів і цвілевих грибів – не більше ніж 100.

В роботі проведено оцінювання впливу консервуючих агентів на якість емульсійного крему для рук. В якості консервантів додавали ефірні олії лимону, лайму, бергамоту та петитгрейну. Для порівняння використовували емульсійний крем без будь-яких консервантів та емульсійний крем з додаванням метилпарабену (ніпагіну). Мікробіологічний аналіз по визначенню бактеріальної та грибної мікрофлори, яка здатна розвиватися в емульсійних кремах для рук, проводили за наступною методикою. Досліджуваний матеріал з розведень крему (1 г крему до 9 мл фізичного розчину) висівали в чашки Петрі. Не пізніше ніж через 15 хв після внесення матеріалу заливали його м'ясо-пептонним агаром (МПА) для дослідження бактеріальної мікрофлори або середовищем Сабуро для дослідження дріжджів та міцеліальних грибів. Чашки з посівами залишали до повного застигання живильного середовища, поміщали в термостат догори дном і інкубували при температурі $30 \pm 1^\circ\text{C}$ протягом 72 ± 3 год. Одержані результати показано на рис. 1 та рис. 2.

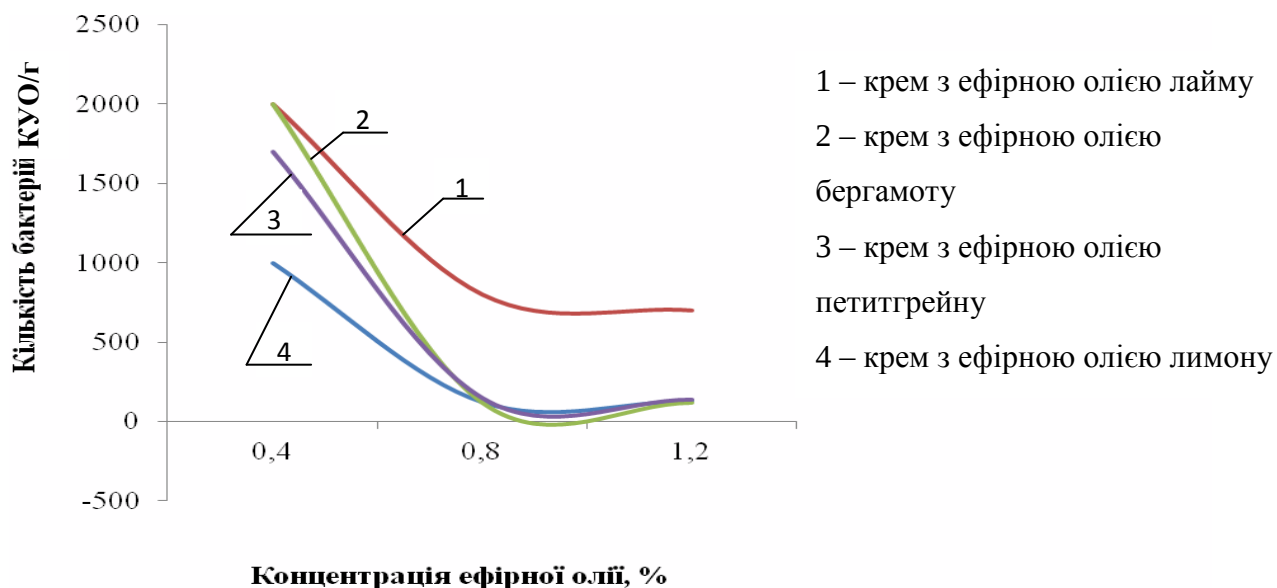


Рис. 1. Залежність кількості бактерій від концентрації ефірних олій

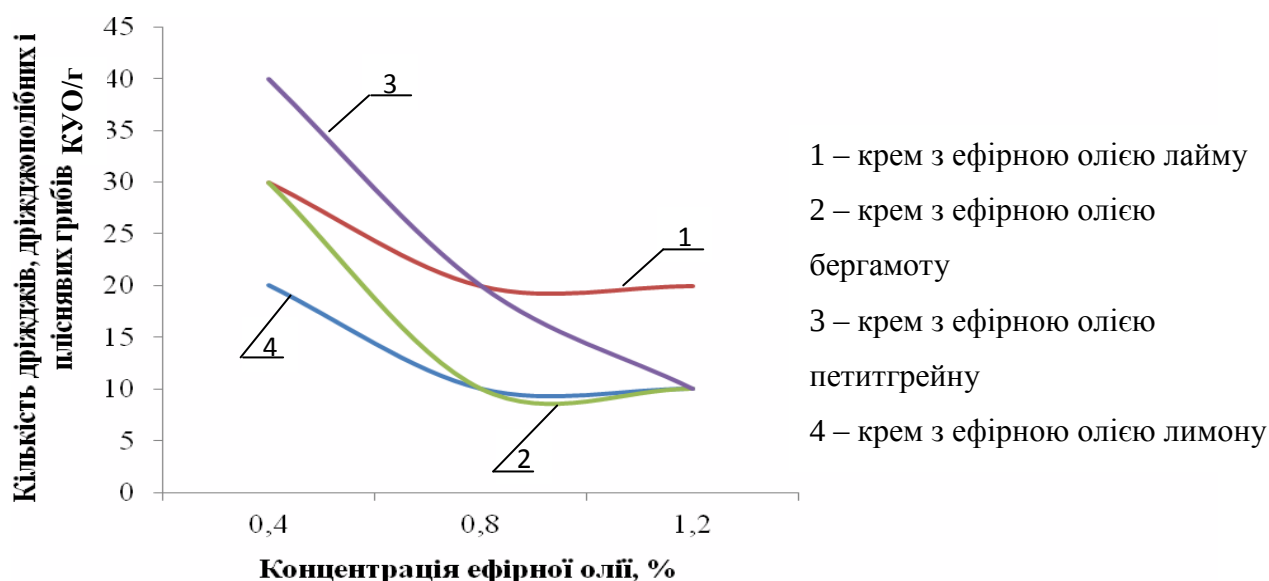


Рис.2. Залежність кількості дріжджів, дріжджоподібних і пліснявих грибів від концентрації ефірних олій

Результати мікробіологічних досліджень кремів, наведені на рис. 1 та рис. 2, свідчать про те, що після збільшення концентрації ефірних олій мікробіологічна стійкість крему підвищується: кількість бактерій, а також розмір колоній значно зменшились. Бактерії стали менш активними. Найбільш стійкий до бактерій та міцеліальних грибів крем з додаванням ефірної олії лимону, найменш стійкий – крем з додаванням ефірної олії лайму. Крем без консервантів абсолютно не стійкий до зараження мікроорганізмами: кількість бактерій, які вирости на поживному агарі з пробою цього крему, склала приблизно 3000, кількість міцеліальних грибів приблизно 80. Крем з додаванням ніпагіну в якості консерванту більш стійкий в порівнянні з кремом без консервантів (кількість бактерій, що вирости при мікробіологічному дослідженні на поживному агарі, приблизно 1300, кількість міцеліальних грибів близько 50), але менш стійкий в порівнянні з кремами з додаванням ефірних олій. Слід зазначити, що досліджені ефірні олії є більш дієвими щодо міцеліальних грибів, ніж до бактеріальної мікрофлори: кількість грибної флори, що вирости на чашках Петрі під час досліджень, є значно меншою, ніж кількість клітин бактерій. З огляду на те, що підвищення концентрації ефірних олій підвищує стійкість крему до різних мікроорганізмів, але зумовлює різке підсилення аромату засобу, доречніше буде додавати ефірну олію в концентрації 0,8% від загальної маси крему задля вдоволення споживчих властивостей та консервуючих властивостей одночасно.

Висновки.

1. Вивчено можливість додавання ефірних олій до складу крему для рук в якості консервантів.
2. Показано, що одержані креми за органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідають вимогам і нормам ДСТУ 29189-91 «Креми косметичні» та мають достатньо високу антимікробну та антигрибкову активність.

3. Запропоновано додавати ефірну олію до складу кремів для рук в концентрації 0,8% від загальної маси крему задля вдоволення споживчих властивостей та консервуючих властивостей одночасно.

4. Встановлено, що консервуюча дія ефірних олій в складі кремів в концентрації 0,8% є вищою, ніж у широко вживаного синтетичного консерванту ніпагіну: при мікробіологічному дослідженні кремів з ефірними оліями кількість клітин бактерій складала в середньому 130 клітин, кількість міцеліальних грибів 20 клітин. Використання ніпагіну в складі кремів обмежує ріст бактерій лише до 1300 клітин, міцеліальних грибів – до 50 клітин.

5. Досліджені ефірні олії сильніше затримують ріст грибної мікрофлори (кількість міцеліальних грибів 20 клітин), ніж бактеріальної (кількість бактерій 130 клітин).

6. Серед досліджених в роботі ефірних олій цитрусової групи ефірна олія лимону показала найбільший консервуючий ефект - кількість клітин бактерій, що вирости на поживному агарі, склала 120 клітин, кількість міцеліальних грибів 10 клітин.

Список використаних джерел

1. Войткевич С.А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии. – Москва: Пищевая промышленность, 1999. – 329 с.
2. Гуринович Л., Пучкова Т. Эфирные масла: химия, технология, анализ, применение. – Москва: Школа косметических химиков, 2005. – 192 с.
3. Краснюк И. И., Михайлова Г. В., Чижикина Е. Т. Лечебно-косметические средства. – Москва: Академия, 2006. – 240 с.
4. Пучкова Т.В., Самуйлов Л.К. Косметическая химия. Часть 1. – Москва: Школа косметических химиков, 2005. – 336 с.
5. Девис П. Ароматерапия от А до Я. / Пер. с англ. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004. – 672 с.
6. Браун Д. В. Ароматерапия / Пер. с англ. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2000. 272 с.
7. Селлар В. Энциклопедия эфирных масел // Пер. с англ. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004. – 400 с.
8. Бруд В. Конопацкая И. Душистая аптека. Тайны ароматерапии / Пер. с пол. М.: изд. Гитис, 1996. – 152 с.
9. Пекли Ф. Ф. Ароматология. – М.: Медицина, 2001. – 288 с.
10. Гурина С.В., Соколова И.П. Микробиология. – СПб.: Изд-во СПХФА, 2000. — 54 с.
11. Х. Вилламо. Косметическая химия. – Москва: Мир, 1990. — 288 с.

References

1. Voytkevich S.A. Essential oils for perfumery and aromatherapy. – Moscow: Food industry, 1999. – 329 p.
2. Gurinovich L., Puchkova T. Essential oils: chemistry, technology, analysis, application. – Moscow: School cosmetic chemists, 2005. – 192 p.
3. Krasnyuk I. I., Mikhaylova G. V., Chizhikova E. T. Medical-cosmetic products. – Moscow: Academy, 2006. – 240 p.
4. Puchkova T.V., Samuylov L.K. Cosmetic chemistry. Part 1. – Moscow: School cosmetic chemists, 2005. – 336 p.
5. Devis P. Aromatherapy from A to Z / The translation from English. - M.: FAIR-PRESS, 2004. – 672 p.
6. Braun D. V. Aromatherapy / The translation from English. - M.: FAIR-PRESS, 2000. – 272 p.
7. Sellar V. Encyclopedia of essential oils / The translation from English. - M.: FAIR-PRESS, 2004. – 400 p.

8. Brud V. Konopatskaya I. The fragrant pharmacy. Secrets of aromatherapy / The translation from polish. - M.: Gitis, 1996. – 152 p.
9. Pekli F. F. Aromatology. – M.: Medicine, 2001.-288 p.
10. Gurina S.V., Sokolova I.P. Microbiology. - Saint-Petersburg: publisher SPCFA, 2000. — 54 p.
11. Villamo Kh. Cosmetic chemistry. - Moscow: World, 1990. — 288 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ КОНСЕРВАНТОВ В СОСТАВЕ КРЕМА ДЛЯ РУК

ВИТRENKO O.H., РАЦУК M.E., САРИБЕКОВА Д.Г.

Херсонский национальный технический университет

Цель. Определение возможности использования эфирных масел в составе крема для рук в качестве консервантов.

Методика. Оцениваются органолептические и физико-химические свойства крема для рук с эфирными маслами согласно соответствующих ГОСТов. Микробиологическая устойчивость крема для рук к воздушной микрофлоре определяется методом посева на плотный питательный агар.

Результаты. Показано, что предлагаемые эфирные масла в исследуемом диапазоне концентраций не ухудшают органолептические и физико-химические показатели качества крема. Изучены консервирующие свойства эфирных масел в составе кремов по отношению к воздушной микрофлоре.

Научная новизна. Определена концентрация эфирных масел, добавленных в состав крема для рук, обеспечивающая получение оптимальных физико-химических, органолептических свойств и стойкость крема к воздушной микрофлоре.

Практическая значимость. Результаты исследований могут быть использованы при изготовлении крема для рук.

Ключевые слова: эфирные масла, крем для рук, консервирующие свойства, микробиологические показатели, бактериальная и грибная микрофлора.

RESEARCH OF POSSIBILITY OF THE USE OF ESSENTIAL OILS AS PRESERVATIVES IN COMPOSITION OF HAND CREAM

VITRENKO O.N., RACUK M.E., SARIBYEKOVA D.G.

Kherson national technical university

Purpose. Determination of possibility of the use essential oils in composition of hand cream as preservatives.

Methodology. Physical and chemical properties of hand cream with essential oils in obedience to corresponding state standards are estimated. Microbiological stability of hand cream to the air microflora by the method of sowing on a dense nourishing agar is determined.

Findings. It is shown that the offered essential oils in the investigated range of concentrations do not worsen the physical and chemical indexes of quality of cream. Canning properties of essential oils of creams in relation to an air microflora are studied.

Originality. The concentration of the essential oils added in the complement of hand cream is certain, that provides the receipt of optimal physical and chemical properties and firmness of cream to the air microflora.

Practical value. The results of researches can be used on at making of hand cream.

Keywords: essential oils, hand cream, canning properties, microbiological indexes, bacterial and mushroom microflora.

УДК 54.44+544.7

КАТАШИНСЬКИЙ А. С., БАРСУКОВ В. З., СЕНИК І. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ШПІНЕЛІ $MnCo_2O_4$

Мета. Інтерпретація результатів експериментальних досліджень відновлення молекулярного кисню на поверхні гетерогенного каталізатора типу шпінелі $MnCo_2O_4$ на основі результатів квантовохімічних розрахунків.

Методика. Виконані *ab initio* квантовохімічні розрахунки електронної структури молекулярного кластера $MnCo_2O_{11}H_{13}$ і адсорбційних комплексів кисню та його сполук з використанням формалізму самоузгодженого поля МО ЛКАО Хартрі-Фока-Рутана в 6-31 базисі функцій Гауса.

Результати. Показано, що величина енергії адсорбції H_2O_2 впливає на механізм відновлення кисню: при малих значеннях енергії адсорбції кисень відновлюється по 2-х електронному механізму до H_2O_2 , після чого утворена молекула H_2O_2 десорбується. При великих значеннях енергії адсорбції H_2O_2 відновлення кисню відбувається по 4-х електронному механізму до води.

Наукова новизна. Вперше виконано емпіричні квантово-хімічні розрахунки абсолютних значень енергії адсорбції кисню та його сполук на поверхні кристалу $MnCo_2O_4$.

Практична значимість. Запропоновано пояснення протікання каталітичної реакції відновлення кисню в середньому по 3,7 - електронному механізму на поверхні каталізатора $MnCo_2O_4$, що підтверджується результатами експериментів. Отримані результати можуть бути використані при удосконаленні існуючих каталізаторів і плануванні експерименту по створенню нових каталізаторів відновлення кисню.

Ключові слова: шпінель, енергія хемосорбції, фізична адсорбція.

Вступ. Проблема пошуку доступних і ефективних каталізаторів для кисневого електроду паливних елементів та метал-повітряних батарей є однією з ключових проблем автономної енергетики.

При вирішенні проблем практичного матеріалознавства все частіше використовують методи квантової хімії, яка надає детальну інформацію про електронну структуру конденсованих речовин. Це дає можливість виконувати розрахунки різних фізико-хімічних характеристик і є підґрунтям для теоретичного моделювання нових матеріалів із заданими властивостями, зокрема - адсорбційними і каталітичними.

Теоретичні моделі і розрахунки електронної структури можуть забезпечити більш повну інформацію про особливості електронної структури речовини в порівнянні з експериментальними методами. Аналіз квантовохімічних кластерних моделей корисний як для пояснення властивостей існуючих матеріалів, так і для прогнозування властивостей нових сполук.

Оксиди перехідних металів, а особливо суміші таких оксидів, зокрема, кристалів $NiCo_2O_4$, $FeCo_2O_4$, $MnCo_2O_4$ створюють значну неоднорідність поверхні, легко адсорбують кисень на поверхні [1] і, як показують експериментальні дослідження [2], можуть демонструвати значний каталітичний ефект.

Постановка завдання. Процес електровідновлення кисню в кислому середовищі може проходити за двома основними механізмами: 2-х та 4-х електронному. Експеримент вказує на протікання реакції відновлення кисню, яка відповідає в середньому 3,7 електронному механізму [2]. Квантовохімічний аналіз дає змогу пояснити такий ефект

паралельним перебігом 2-х і 4-х електронних реакцій із більшим зміщенням в бік 4-х електронного процесу.

Квантовохімічні розрахунки виконані по програмі [3]. В процесі хемосорбції по донорно–акцепторному механізму адсорбовані молекули входять в першу координаційну сферу центра адсорбції, що викликає збільшення координаційного числа (КЧ) катіона.

Збільшення КЧ центра адсорбції може викликати деформацію координаційної сфери центра адсорбції та зміщення атомів [1]. В якості адсорбційних центрів (Z) вибрані катіони кобальту Co_1 і Co_4 площини (001) (рис.).

Експериментальні значення параметрів кристалічної ґратки шпінелі $MnCo_2O_4$ взяті у відповідності до роботи [4]. Квантовохімічні розрахунки виконано з повною оптимізацією усіх структурних параметрів. Із результатів розрахунків слідує, що на поверхні молекулярного кластера можуть утворюватися проміжні донорно-акцепторні комплекси кисню ($K27-O_2$) та його сполук (табл.3, 4). Тут $K27 = MnCo_2O_{11}H_{13}$.

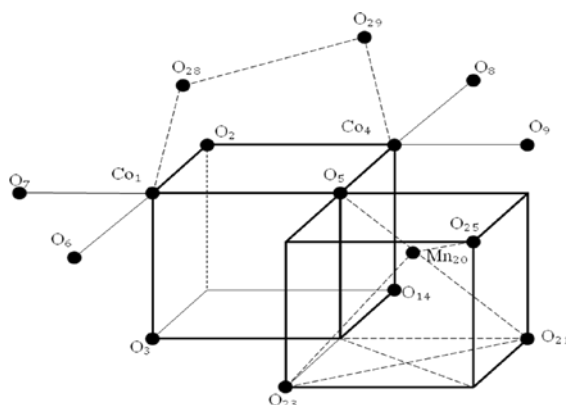


Рис. Модель адсорбційного комплексу $MnCo_2O_{11}H_{13}-O_2$

Результати досліджень. В адсорбційному комплексі (АК) внаслідок взаємодії між адсорбатами O_2 , O_2H , H_2O_2 , H_2O_2H , $H_2O_2H_2$ і молекулярним кластером змінюються ефективні заряди на атомах, міжядерні відстані, і відбувається перерозподіл електронної густини між зв'язками і силовими центрами. Під впливом адсорбатів змінюються кислотно – основні властивості поверхні (табл.1, 2).

Зміна властивостей оточення активних центрів є причиною зміни їх адсорбційних і каталітичних властивостей. Відмітимо, що наявність активних центрів з різними властивостями є однією із передумов перебігу паралельних 2-х і 4-х електронних реакцій відновлення кисню.

Під впливом каталізатора молекула O_2 переходить із основного триплетного в збуджений синглетний стан.

Фізична адсорбція кисню. Розрахована рівноважна довжина адсорбційного зв'язку $R(Co_4-O_{29}) = 2,344 \text{ \AA}$, енергія зв'язку $\Delta E_{адс}$ не перевищує $-29,401 \text{ кДж/моль}$. Із результатів розрахунків слідує, що в моделі фізичної адсорбції молекула $O_{2адс}$ втрачає 0,033 е електронної густини.

Таблиця 1.

Ефективні заряди q^* на атомах кластера K27 і адсорбційних комплексів K27- O_2 , K27- O_2H , K27- H_2O_2

	K27	K27- O_2	K27- O_2H	K27- H_2O_2	K27- H_2O_2H	K27- $H_2O_2H_2$
Атоми	q^*	q^*	q^*	q^*	q^*	q^*
Co ₁	+1,681	+1,733	+1,673	+1,719	+1,636	+1,679
O ₂	-1,074	-1,050	-1,029	-1,051	-1,033	-1,052
O ₃	-1,044	-1,060	-1,062	-1,051	-1,068	-1,064
Co ₄	+1,744	+1,789	+1,650	+1,649	+1,644	+1,628
O ₅	-1,207	-0,923	-1,209	-1,249	-1,206	-1,213
O ₉	-1,019	-1,024	-1,020	-1,035	-1,034	-1,056
O ₁₄	-1,016	-1,027	-1,064	-1,028	-1,089	-1,066
Mn ₂₀	+1,710	+1,740	+1,637	+1,704	+1,652	+1,697
O ₂₁	-0,985	-0,972	-1,005	-0,989	-1,006	-1,002
O ₂₈	–	-0,035	-0,439	-0,501	-0,966	-0,916
O ₂₉	–	-0,466	-0,674	-0,438	-1,037	-0,931
$\Delta(O_2)$	–	-0,501	-1,112	-0,939	-2,003	-1,847

Це є причиною стабілізації внутрішньо - молекулярного зв'язку $O_{28}-O_{29}$, що кількісно проявляється в зменшенні його довжини до 1,189 Å. Завдяки явищу фізичної адсорбції в приповерхневому просторі каталізатора збільшується концентрація молекул атмосферного кисню, в результаті чого зростає частота зіткнень молекул кисню з активними центрами і прискорюються процеси хемосорбції і каталізу.

Хемосорбція кисню. Показано, що хемосорбована молекула кисню по відношенню до кластерів проявляє акцепторні властивості, в результаті чого на молекулу зміщується електронна густина порядку $\delta(O_2)$ (табл.1).

В результаті оберненої дативної $d\pi-2p\pi^*$ взаємодії зміщена з поверхні d-електронна густина розподіляється на вільній розпушуючій $2p\pi-MO^*$ молекули $O_{2адс}$. Збільшення заселеності на $2p\pi - MO^*$ в $O_{2адс}$ викликає перехід молекули $O_{2адс}$ в збуджений стан. В адсорбованій молекулі дестабілізується зв'язок $O_{28} - O_{29}$, що кількісно проявляється в його значному видовженні та зменшенні порядку зв'язку $\rho(O_{28} - O_{29})$ (табл.3).

Таблиця 2.

Рівноважні довжини зв'язків R(A-B), Å і відповідні їм порядки зв'язків $\rho(A-B)$ в кластері K27 і адсорбційних комплексах K27- O_2 , K27- H_2O_2

	K27		K27- O_2		K27- H_2O_2	
Зв'язки	R(Co-O)	$\rho(Co-O)$	R(Co-O)	$\rho(Co-O)$	R(Co-O)	$\rho(Co-O)$
Co ₁ -O ₂	1,914	0,353	1,866	0,426	1,930	0,368
Co ₁ -O ₃	1,848	0,512	1,847	0,477	1,869	0,449
Co ₁ -O ₅	1,860	0,411	1,931	0,289	1,863	0,377
Co ₄ -O ₈	1,992	0,243	1,930	0,250	1,979	0,268

Co_4-O_9	1,845	0,546	1,866	0,506	1,860	0,543
Co_4-O_{14}	1,805	0,567	1,840	0,582	1,815	0,667

Зв'язування між хемосорбованою молекулою $O_{2адс}$ і молекулярним кластером здійснюється через подвійний координаційний зв'язок $O_{29}-Co_4$ (табл.3) і ковалентний $O_{28}-O_5$ (параметри зв'язку: $R(O_5-O_{28}) = 1,484$, $p(O_5-O_{28}) = 0,754$. Крім того, електростатичне притягання між аніонами O_{28} , O_{29} і катіонами Co_1 , Co_4 вносить додатковий вклад в стабілізацію зв'язку між $O_{2адс}$ і молекулярним кластером.

Таблиця 3.

Рівноважні довжини зв'язків $R(A-B)$, Å та відповідні їм порядки зв'язків $p(A-B)$ в адсорбційних комплексах на поверхні кристала $MnCo_2O_4$

Комплекси	Зв'язок $O_{28}-O_{29}$		Зв'язок Co_1-O_{28}		Зв'язок Co_4-O_{29}	
	$R(O_{28}-O_{29})$	$p(O_{28}-O_{29})$	$R(Co_1-O_{28})$	$p(Co_1-O_{28})$	$R(Co_4-O_{29})$	$p(Co_4-O_{29})$
K27- O_2	1,486	0,787	2,871	–	1,938	0,386
K27- O_2H	1,513	0,734	1,963	0,375	1,963	0,304
K27- H_2O_2	1,439	0,838	2,112	0,097	2,339	0,153
K27- H_2O_2H	2,459	–	1,953	0,321	1,898	0,506
K27- $H_2O_2H_2$	2,725	–	1,984	0,245	2,120	0,231

Друга стадія реакції $2ZO_2 + 2e^- + H^+ \rightarrow 2ZO_2H^-$ характеризується зростанням вкладу ковалентної складової в адсорбційні зв'язки Co_1-O_{28} і Co_4-O_{29} та значним збільшенням енергії адсорбції (табл. 3, 4), що є наслідком включення до складу АК двох електронів.

В утвореній в результаті реакції $2ZO_2H^- + H^+ \rightarrow 2ZH_2O_2$, молекулі H_2O_2 під впливом електричного поля приєднаного протона відбувається перерозподіл електронної густини, внаслідок чого стабілізується зв'язок $O_{28}-O_{29}$ і значно дестабілізується зв'язок між утвореною молекулою H_2O_2 і кластером (табл.3, 4).

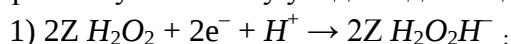
В утвореній в результаті реакції $2ZO_2H^- + H^+ \rightarrow 2ZH_2O_2$ молекулі H_2O_2 під впливом електричного поля приєднаного протона відбувається перерозподіл електронної густини, внаслідок чого стабілізується зв'язок $O_{28}-O_{29}$ і значно дестабілізується зв'язок між утвореною молекулою H_2O_2 і кластером (табл.3, 4).

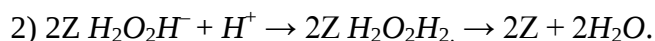
Таблиця 4.

Енергії адсорбційного зв'язку $\Delta E_{адс}$, кДж/моль

Енергія адсорбції	Адсорбати				
	O_2	O_2H	H_2O_2	H_2O_2H	$H_2O_2H_2$
$\Delta E_{адс}$	-191,655	-529,83	-134,946	-493,57	-247,314

В залежності від величини енергії адсорбційного зв'язку $\Delta E_{адс}$ між кластером і H_2O_2 можливі два варіанти продовження реакції: при малих значеннях $\Delta E_{адс}$ молекула H_2O_2 десорбується, тобто процес відновлення кисню відбувається по 2-х електронному механізму і закінчується на стадії утворення пероксиду; при великих значеннях $\Delta E_{адс}$ процес відновлення кисню відбувається по 4-х електронному механізму у відповідності до перебігу реакцій:





Вірогідність перебігу наведених реакцій тим більша, чим більша енергія зв'язку між H_2O_2 і каталізатором.

В комплексі $K27-H_2O_2H^-$ рівноважна відстань між атомами кисню в $O_{2адс}$ перевищує значення $2,459 \text{ \AA}$, що вказує на дисоціацію зв'язку $O-O$ в $O_{2адс}$. Процес відновлення кисню закінчується на стадії утворення комплексу $K27-2H_2O$, в яких молекули води адсорбовані на різних адсорбційних центрах (табл.3).

Висновки:

1. Установлено, що на поверхні $MnCo_2O_4$ можуть утворюватися стабільні адсорбційні комплекси молекул кисню та його сполук.

2. Показано, що основною причиною активації хемосорбованої молекули кисню є зміщення електронної густини з поверхні каталізатора на $O_{2адс}$. Величина енергії адсорбції пергідролу впливає на механізм відновлення кисню: при малих значеннях енергії адсорбції кисень відновлюється по 2-х електронному механізму до утворення перекису водню, після чого новоутворена молекула десорбується; при великих значеннях енергії адсорбції пергідролу відновлення кисню відбувається по 4-х електронному механізму до води. Отже, в середньому це формально може відповідати 3,7 електронному механізму відновлення кисню на поверхні кристала $MnCo_2O_4$, що відповідає експериментальному значенню, із зміщенням в бік 4-х електронного процесу.

Список використаних джерел

1. Крылов О. В. Адсорбция и катализ на переходных металлах и их оксидах / О. В. Крылов, В. Ф. Киселев. - М.: Химия, 1981. – 288 с.
2. Khomenko V.G. Oxygen reduction at the surface of polymer/carbon and polymer/carbon/spinel catalysts in aqueous solutions / V.G. Khomenko, K.V. Lykhnytskyi, V.Z. Barsukov // Electrochim. Acta. – 2013. – V. 104 – p. 391–399.
3. Программный комплекс PC-GAMESS/Firefly, Режим доступа : <http://clssic.chem.msu.su/gran/gamess/index.html>
4. Физико-химические свойства окислов: справочник / под ред. Г. В. Самсонова. - М. : Металлургия, 1969. – 456 с.

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ШПИНЕЛИ $MnCo_2O_4$

КАТАШИНСКИЙ А. С., БАРСУКОВ В. З., СЕНИК И. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Интерпретация результатов экспериментальных исследований восстановления молекулярного кислорода на поверхности гетерогенного катализатора типа шпинели $MnCo_2O_4$ на основе результатов квантовохимических расчетов.

Методика. Выполнены *ab initio* квантовохимические расчеты электронной структуры молекулярного кластера $MnCo_2O_{11}H_{13}$ и адсорбционных комплексов кислорода и его соединений с использованием формализма самосогласованного поля МО ЛКАО Хартри-Фока-Рутана в 6-31 базисе функций Гаусса.

Результаты. Показано, что величина энергии адсорбции H_2O_2 влияет на механизм восстановления кислорода: при малых значениях энергии адсорбции кислород восстанавливается по 2-х електронному механизму до H_2O_2 , после чего образована молекула

H_2O_2 десорбируется. При больших значениях энергии адсорбции H_2O_2 восстановление кислорода происходит по 4-х электронному механизму до воды.

Научная новизна. Впервые выполнены эмпирические квантово-химические расчеты абсолютных значений энергии адсорбции кислорода и его соединений на поверхности кристалла $MnCo_2O_4$.

Практическая значимость. Предложено объяснение протекания каталитической реакции восстановления кислорода в среднем по 3,7 - электронному механизму на поверхности катализатора $MnCo_2O_4$, что подтверждается результатами экспериментов. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании существующих катализаторов и планировании эксперимента по созданию новых катализаторов восстановления кислорода.

Ключевые слова: шпинель, энергия хемосорбции, физическая адсорбция.

ADSORPTION PROPERTIES OF SPINEL $MnCo_2O_4$

KATASHINSKY A., BARSUKOV V., SENYK I.

Kiev National University of Technology and Design

Purpose. Interpretation of the results of experimental studies of reduction of molecular oxygen on the surface of $MnCo_2O_4$ spinel-type heterogeneous catalyst on the basis of quantum chemical calculations.

Methodology. Ab initio quantum chemical calculations of the electronic structure of molecular cluster of $MnCo_2O_{11}H_{13}$ and adsorption complexes were made using the formalism of self-consistent field of MO LCAO Hartree-Fock-Rutan in broadening the basis of Gaussian functions.

Findings. It was shown that the adsorption energy (AO) of H_2O_2 affects the mechanism of oxygen reduction: for small AO values oxygen has been reduced for the 2-electron mechanism to H_2O_2 , and then formed H_2O_2 molecule desorbed. For large values of the adsorption energy of H_2O_2 , oxygen reduction takes place for the 4-electron mechanism to form a water.

Originality. The empirical quantum-chemical calculations of the absolute oxygen adsorption energy values and its compounds on the surface of the crystal $MnCo_2O_4$ were performed at first time.

Practical value. An explanation of catalytic reaction of oxygen reduction in the average of 3.7 electron mechanism on the $MnCo_2O_4$ -spinel surface was suggested, which is confirmed by experimental results. The results can be used for improving existing catalysts and planning of the experiment to develop new catalysts for oxygen reduction.

Keywords: spinel, the energy of chemisorption, physical adsorption.

УДК 544.6.076.32

КИСЛОВА О.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

СУЧАСНІ СПОСОБИ МОДИФІКАЦІЇ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СЕНСОРІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАНОМАТЕРІАЛІВ ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ

Мета. Узагальнити існуючі способи модифікації електрохімічних сенсорів різного типу дії з застосуванням наноматеріалів та нанотехнологій, окреслити подальші перспективи їх розвитку, показати переваги та недоліки наномодифікованих електрохімічних сенсорів.

Методика. Аналітичні методи порівняння особливостей виготовлення та функціонування наномодифікованих електрохімічних сенсорів, механізму їх дії, способів стабілізації наночастинок.

Результати. Проведені дослідження узагальнили методи одержання наномодифікованих електродів та стабілізації наночастинок, підкреслили проблеми, пов'язані з їх експлуатацією, показали вплив наноматеріалів на властивості електрохімічних сенсорів.

Наукова новизна. На основі дослідження способів модифікації електрохімічних сенсорів окреслено можливі напрямки подальшого їх вдосконалення та стабілізації, покращення та розширення функціональних можливостей.

Практична значимість. Узагальнено чинники, необхідні для створення високоефективних сучасних сенсорів: вибір наноматеріалу для електроду, створення умов для підвищення стабільності наночастинок, специфічності, чутливості електродів та можливості регенерації поверхні електроду; шляхи мінімізації можливих побічних реакцій між наночастинами та компонентами реакційної суміші, вдосконалення електрохімічних вимірів.

Ключові слова: електрохімічні сенсори, наночастинок металів, вуглецеві нанотрубки, наноелектроди, ковалентна та нековалентна іммобілізація, функціоналізація.

Вступ. Застосування новітніх наноматеріалів і досягнень нанотехнологій значно розширює можливості аналітичних методів дослідження. Це, зокрема, стосується використання електрохімічних сенсорів і біосенсорів. Популярність електрохімічних сенсорів для потреб промисловості та сільського господарства, охорони навколишнього середовища, поточного скринінгу протікання технологічних процесів, для медичної діагностики та фармації обумовлена значними їх перевагами порівняно з традиційними методами аналізу [1-3].

Використання сенсорів і біосенсорів на основі різних наноматеріалів (вуглецеві нанотрубки, нановолокна, нанопроволоки та ін.) або наявність наномодифікаторів (наночастинок золота, платини, родію, бінарних сполук благородних металів та ін.) значно розширює можливості їх застосування [3,4]. Висока чутливість і специфічність модифікованих наноматеріалами електродів обумовлюється високим співвідношенням площі робочої поверхні та об'єму наносистем. Зі зменшенням розміру наночастинок значно збільшується частка поверхневих атомів. Так, для наночастинок діаметром 1 нм на поверхні розташовано майже 99% атомів. Висока поверхнева енергія наночастинок забезпечує множинні взаємодії в утворених за їх участю наноструктурних композитах, що призводить до підвищення міцності, теплостійкості і хімічної стабільності наноматеріалів [5].

На аналітичні характеристики сенсорів істотно впливають дисперсність наночастинок і їх кількість, природа матеріалу підкладки, умови електрохімічного концентрування. Модифіковані електроди характеризуються високою каталітичною активністю наноструктур, зниженням перенапруги окисно-відновних реакцій в електродному процесі, підвищенням чутливості і селективності електрохімічного відгуку. Нанопокриття електродів-сенсорів значно розширюють спектр досліджуваних речовин, як неорганічних, так і органічних, а також біологічно-активних [4,5]. Невелика вартість цих електродів, легкість проведення аналізу також є перевагами наноструктурованих електродів [3].

Постановка завдання. Охарактеризувати сучасні тенденції модифікації електрохімічних сенсорів з застосуванням новітніх наноматеріалів та нанотехнологій, узагальнити їх переваги та недоліки.

Результати дослідження. Новий етап розвитку електрохімічних сенсорів пов'язаний з застосуванням різноманітних наноматеріалів (наночастинок, нанокластерів, нанокристалів), які виявляють принципово нові властивості порівняно з речовинами в мікромольному діапазоні. До функцій наночастинок належать: каталіз електрохімічних реакцій, інтенсифікація переносу електронів між поверхнею електрода і реакційною сумішшю, іммобілізація біомолекул, їх маркування [5,6].

Для модифікації електродів все більшу увагу привертають наночастки металів, які виявляють унікальні електронні, оптичні і каталітичні властивості. Незважаючи на значне розширення кола матеріалів, які використовуються як медіатори, платинові метали і золото залишаються основними електрокаталізаторами. Порівняно з індивідуальними металами (Pd, Rh, Os, Pt, Ru і Au) більш ефективними каталізаторами є бінарні системи (Pd-Rh, Pd-Ru, Rh-Ru, Pt-Ru, Pt-Os, Ru- Os, Au-Pd, Au-Rh, Au-Ru, Au-Pt, Au-Os).

Методи одержання наночастинок металів наведено на рис.1.

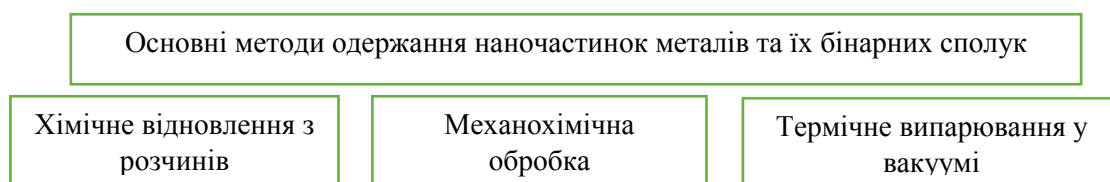


Рис.1. Методи одержання наночастинок металів та їх бінарних сполук

Наночастинки є метастабільними через їх велику питому поверхню і пов'язану з нею надлишкову поверхневу енергію. Тому методи отримання наночастинок необхідно пов'язувати з їх подальшою стабілізацією. Найчастіше наночастинки стабілізують в інертних рідких або твердих середовищах. Одним з перспективних напрямків є стабілізація наночастинок на поверхні мікрооб'єктів сферичної форми [6,7]. З мікрогранул з наночастинками на поверхні можна створювати дисперсні системи і формувати на їх основі компактні матеріали, властивості яких залишаються незмінними протягом тривалого часу. Основними недоліками даного методу стабілізації на поверхні мікрогранул є гідрофобні властивості поверхні твердого носія, необхідність додаткових стадій підготовки поверхні перед нанесенням наночастинок і вплив поверхні носія на фізичні і хімічні властивості наночастинок [7].

Наночастки, іммобілізовані на поверхні полімерів, втрачають свою рухливість і здатність до агломерації, але залишаються хімічно активними і зберігають основні фізичні характеристики [8]. Так, колоїдним розчинам наночастинок золота властива агрегативна нестійкість, особливо у присутності іонів (Na^+ , K^+ тощо). Для зменшення нестійкості загальноприйнятим є метод функціоналізації — покриття поверхні наночастинок хімічними речовинами з метою покращення її властивостей. Для функціоналізації використовують поверхнево активні речовини (натрій додецилсульфат, тетраметиламоній бромід), полімери (поліетиленгліколь, полістиренсульфонат), а також полі- L- глютамінову кислоту. Функціоналізовані наночастинок золота зберігають агрегативну стійкість протягом кількох місяців [6]. Експериментально виявлено, що при переході від макрофази до наночастинок електрохімічна активність благородних металів зростає, про що свідчить зсув потенціалу максимального струму окиснення золота зі зменшенням розміру частинок в область менш позитивних значень потенціалів [3, 6].

З наночастинками можливе протікання реакцій, які практично не йдуть на поверхні мікрочастинок. Каталітичні властивості благородних металів визначаються розмірами і формою частинок металу, ступенем дисперсності, природою носія, способом їх нанесення на поверхню електрода. Ефективність каталітичної реакції може зростати в кілька разів [6].

Існують різні способи отримання електродів з дрібнодисперсними часточками металів. Покращення електрокаталітичних властивостей благородних металів і їх бінарних систем досягається в результаті їх включення в полімерні плівки або на графітову підкладку, нанесену на поверхню електродів. Наявність наночастинок золота в кількості всього 0,006% в вугільно-пастовому електроді значно покращує його основні характеристики - чутливість, селективність і надійність, особливо щодо органічних сполук [5]. Включення наночастинок золота та срібла в модифікований полівінілпіролідом електрод підвищує каталітичні властивості в реакціях переносу електрона з білка при визначенні низькомолекулярних органічних субстратів [8].

Іншою перспективною нанорозмірною структурою є вуглецеві нанотрубки, які утворені атомами Карбону в стані sp^2 -гібридизації. Провідність нанотрубки залежить від орієнтації площини графіту щодо осі нанотрубки. Співвідношення між довжиною нанотрубки та її радіусом дозволяє контролювати властивості цих матеріалів [4].

Модифікація електродів вуглецевими нанотрубками значно покращує робочі характеристики сенсорів. Їх великий внутрішній об'єм дозволяє розміщувати всередині маркери (метали і їх оксиди) зокрема для проведення імунохімічних реакцій та в ДНК-зондах. Вуглецеві нанотрубки сорбують білки та інші органічні сполуки, є носіями кофакторів різних ферментів, підсилюють електрокаталітичні ефекти, значно підвищуючи електропровідність. Так, вуглецеві нанотрубки можуть проводити електричний струм з густиною до 10^9 А/см^2 , тоді як для металів максимальна густина струму складає 10^{-5} А/см^2 [9,10].

Існують два типи вуглецевих нанотрубок: одностінні та багатостінні нанотрубки, які широко використовуються для модифікації електродів завдяки великій питомій поверхні, здатності підсилювати перенесення електронів і високій електрохімічній і хімічній стабільності як в водних, так і безводних розчинах [4, 9]. Популярність використання таких електродів пояснюється їх електрохімічною інертністю, високою електрокаталітичною

активністю для більшості окисно-відновних реакцій, широким інтервалом робочих напруг [9].

Методи модифікації електродів вуглецевими нанотрубками можна умовно розділити на нековалентні та ковалентні [10]. Нековалентні методи передбачають формування шару вуглецевих нанотрубок на поверхні електрода за рахунок взаємодій Ван-дер-ваальса. Найпростіший варіант нековалентної модифікації - нанесення суспензії нанотрубок у воді або в органічному розчиннику на поверхню електрода і висушування з метою формування плівки вуглецевих нанотрубок. Найчастіше для осадження на поверхні електрода використовують окиснені вуглецеві нанотрубки, що відкриває можливості для їх подальшої хімічної модифікації. Методи нековалентної модифікації електродів суспензією вуглецевих нанотрубок доступні і прості у виконанні, проте вони програють в стабільності електродам, що містять масиви ковалентно приєднаних вертикально орієнтованих нанотрубок (табл.).

Таблиця

Переваги та недоліки фізичних та хімічних методів модифікації

Способи іммобілізації	Переваги	Недоліки
Нековалентна (фізична)	Низька собівартість, висока швидкість, мінімальна зміна рецепторів через відсутність хімічної взаємодії	Слабка фіксація реагентів на поверхні носія може призводити до їх часткового змивання при контакті з розчином
Ковалентна (хімічна)	Хімічна та механічна стійкість, можливість багаторазового використання після руйнування продукту реакції, промиванням кислотою або водою.	Багатостадійність та складність синтезу, токсичність реагентів, невелика їх доступність, висока собівартість

Проте в деяких випадках застосування наноматеріалів створює складності в роботі електрохімічних сенсорів. Зокрема, присутність електропровідних наночастинок всередині мембрани може призводити до непотрібної чутливості сенсора до сторонніх окисно-відновних систем [3]. Іншим недоліком електродів, створених з застосуванням наноматеріалів, є те, що їх складно підтримувати в чистому вигляді. Ця обставина обмежує можливості практичного застосування таких систем і робить ці електроди в багатьох випадках одноразовими. Для вирішення проблеми незворотної інактивації електродів розроблено електрохімічний сенсор, поверхня якого містить наночастинок оксиду титану. Відомо, що самоочисні поверхні з оксиду титану останнім часом застосовуються в різних сферах: від виготовлення самоочисних вікон до покриттів для медичних інструментів. Механізм очищення таких систем достатньо простий – ультрафіолет, джерелом якого може бути як сонячне світло, так і штучні УФ-лампи, ініціює фотокаталітичні процеси, що сприяють руйнуванню органічних забруднень [11].

Ще одним напрямком модифікації електрохімічних сенсорів є створення електродів ультрамікро- та нанорозмірів. Зменшення розмірів електрода призводить до зростання щільності реєстрованого струму. Знизити межу виявлення електрохімічного мінідатчика можна за рахунок збільшення співвідношення сигнал / шум. Мініатюризація електродів дозволяє вивчати механізми протікання електрохімічних реакцій: дослідження

елементарних стадій електрохімічного процесу переносу заряду, гетерогенних констант швидкостей переносу електрону, визначення продуктів проміжних реакцій, особливості електрокаталізу. Застосування мініелектродів зменшує необхідний об'єм проби та час проведення експерименту, дає можливість широкого проведення біохімічних досліджень [12,13].

Висновок. Модифікація електрохімічних сенсорів наноструктурованими матеріалами забезпечує нові можливості для їх вдосконалення завдяки унікальним хімічним і фізичним властивостям наноб'єктів різних видів та значно розширюють коло досліджуваних речовин. Каталіз електрохімічних реакцій, інтенсифікація процесу переносу електронів між поверхнею електрода і реакційною сумішшю, покращення робочих характеристик електродів (зокрема чутливості та специфічності), зменшення електричного опору та збільшення електропровідності – це неповний перелік функцій, які відіграють наночастинки в складі електрохімічних сенсорів.

Сучасні способи модифікації електрохімічних сенсорів передбачають іммобілізацію наноматеріалів на поверхні електродів двома основними шляхами. *Хімічна іммобілізація* здійснюється за рахунок ковалентного щеплення модифікатора на поверхні електроду. *Фізична іммобілізація* реалізується завдяки закріпленню модифікатора на поверхні за рахунок адсорбції, виникненню водневого зв'язку, дії слабких електромагнітних сил міжмолекулярної та міжатомної дисперсійної, електростатичної, диполь-дипольної взаємодії.

Технології синтезу нанорозмірних об'єктів металів та їх бінарних сполук, вуглецевих нанотрубок дозволяють отримувати матеріали з різними властивостями. Проте нестабільність наноструктур, наявність можливих побічних реакцій між наночастинками та компонентами реакційної суміші, підвищена чутливість до побічних компонентів реакційної суміші, швидка інактивація поверхні електроду та проблеми з її регенерацією потребують проведення подальшої наукової роботи по вдосконаленню наномодифікованих електрохімічних сенсорів.

Список використаної літератури

1. Кислова О.В. Тенденції розвитку електрохімічних сенсорів різного типу / О.В.Кислова // Вісник КНУТД. – 2014. – № 6 (80). – с.135-143.
2. Кислова О.В. Електрохімічні ферментативні біосенсиори / О.В. Кислова // Вісник КНУТД. – 2016. – №6 (104). – с. 204-211.
3. Luo X. Application of Nanoparticles in Electrochemical Sensors and Biosensors/ X.Luo, A.Morrin, A. Killard, M.Smyth // Electroanalysis. – 2006 – V.18, № 4. – P.319 – 326.
4. Adhikari B., Govindhan M., Chen A. Carbon Nanomaterials Based Electrochemical Sensors/Biosensors for the Sensitive Detection of Pharmaceutical and Biological Compounds / B.Adhikari, M. Govindhan, A. Chen. // Sensors. – 2015. – V.15. – P. 22490-22508.
5. Electrochemistry and Electrocatalysis at Single Gold Nanoparticles Attached to Carbon Nanoelectrodes/Y.Yu, Y.Gao, K.Hu, et al.// ChemElectroChem. – 2015. – V.2, №1. – P. 58–63.

6. Formation of a single gold nanoparticle on a nanometer-sized electrode and its electrochemical behaviors./ P.Sun, F.Li, C.Yang, et al. // *J. Phys. Chem. C.* – 2013. – V.117, № 12. – P. 6120–6125.
7. Wu H.-Y., Liu M., Huang M. Direct synthesis of branched gold nanocrystals and their transformation into spherical nanoparticles / H.-Y.Wu, M.Liu, M.Huang // *J. Phys. Chem. B.* – 2006. – V. 110. – P. 19291–19294.
8. Formation of gold and silver nanostructures within polyvinylpyrrolidone (PVP) gel / C.Kan, C.Wang, J.Zhu, et al. // *J. Solid State Chem.* – 2010. – V. 183. – P. 858–865.
9. Gao C., Guo Z., Liu J.-H., Huang X.-J.. The new age of carbon nanotubes: An updated review of functionalized carbon nanotubes in electrochemical sensors / C.Gao, Z.Guo, J.-H.Liu, X.-J.Huang. // *Nanoscale.* – 2012, №4. – P.1948-1963.
10. Carbon nanotube webs: a novel material for sensor applications /M. Musameh, M. Notivoli, M.Hickey, et al.// *Adv Mater.* – 2011/ – V.23, №7. – P.906–110.
11. Self-cleaning properties in engineered sensors for dopamine electroanalytical detection / G.Soliveri, V. Pifferi, G. Panzarasa et al. // *Analyst.* – 2015. V.140. – P.1486-1494.
- 12.Clausmeyer J., Schuhmann W. Nanoelectrodes: Applications in electrocatalysis, single – cell analysis and high-resolution electrochemical imaging/ J.Clausmeyer, W.Schuhmann // *TrAC Trends in Analytical Chemistry.* – 2016. – V.79. – P. 46–59
13. Cox J., Zhang B. Nanoelectrodes: recent advances and new directions / J.Cox, B.Zhang // *Annual Review of Analytical Chemistry.* – 2012. – V.5. – P. 253-272.

References

1. Kyslova O.V. Tendentsiyi rozvytku elektrohimichnykh sensoriv riznoho typu [Development trends of different types electrochemical sensors]. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design, 2014, no. 6 (80), pp.135-143 (in Ukrainian).
2. Kyslova O.V. Elektrohimichni fermentatyvni biosensory [Electrochemical enzymatic biosensors]. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design, 2016, no. 6 (104), pp. 204-211 (in Ukrainian).
3. X.Luo, A.Morrin, A. Killard, M.Smyth. Application of Nanoparticles in Electrochemical Sensors and Biosensors. *Electroanalysis*, 2006, vol.18, no. 4, pp.319 – 326.
4. Adhikari B., Govindhan M., Chen A. Carbon Nanomaterials Based Electrochemical Sensors/Biosensors for the Sensitive Detection of Pharmaceutical and Biological Compounds. *Sensors*, 2015, vol.15, pp. 22490-22508.
5. Y.Yu, Y.Gao, K.Hu, et al. Electrochemistry and Electrocatalysis at Single Gold Nanoparticles Attached to Carbon Nanoelectrodes, *ChemElectroChem.*, 2015, vol.2, no. 1, pp. 58–63.
6. P.Sun, F.Li, C.Yang, et al. Formation of a single gold nanoparticle on a nanometer-sized electrode and its electrochemical behaviors. *J. Phys. Chem. C.*, 2013, vol.117, no. 12, pp. 6120–6125.
7. Wu H.-Y., Liu M., Huang M. Direct synthesis of branched gold nanocrystals and their transformation into spherical nanoparticles. *J. Phys. Chem. B.*, 2006, vol. 110, pp. 19291–19294.

8. C.Kan, C.Wang, J.Zhu, et al. Formation of gold and silver nanostructures within polyvinylpyrrolidone (PVP) gel. J. Solid State Chem., 2010, vol. 183, pp. 858–865.
9. Gao C., Guo Z., Liu J.-H., Huang X.-J.. The new age of carbon nanotubes: An updated review of functionalized carbon nanotubes in electrochemical sensors / C.Gao, Z.Guo, J.-H.Liu, X.-J.Huang. // Nanoscale. – 2012, №4. – P.1948-1963.
10. Carbon nanotube webs: a novel material for sensor applications /M. Musameh, M. Notivoli, M.Hickey, et al.// Adv Mater. – 2011/ – V.23, №7. – P.906–110.
11. G.Soliveri, V. Pifferi, G. Panzarasa et al. Self-cleaning properties in engineered sensors for dopamine electroanalytical detection. Analyst, 2015, vol.140, pp.1486-1494.
- 12.Clausmeyer J., Schuhmann W. Nanoelectrodes: Applications in electrocatalysis, single – cell analysis and high-resolution electrochemical imaging. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2016, vol.79, pp. 46–59.
13. Cox J., Zhang B. Nanoelectrodes: recent advances and new directions. Annual Review of Analytical Chemistry, 2012, vol.5, pp. 253-272.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ МОДИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ КИСЛОВА О.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Обобщить существующие способы модификации электрохимических сенсоров различного типа действия с применением наноматериалов и нанотехнологий, определить дальнейшие перспективы их развития, показать преимущества и недостатки наномодифицированных электрохимических сенсоров.*

Методика. *Аналитические методы сравнения особенностей получения и функционирования наномодифицированных электрохимических сенсоров, механизма их действия, преимуществ и недостатков электрохимических наносенсоров.*

Результаты. *Проведенные исследования обобщили методы получения наномодифицированных электродов и стабилизации наночастиц, показали влияние наноматериалов на свойства электрохимических сенсоров.*

Научная новизна. *На основе исследования способов модификации электрохимических сенсоров обозначены возможные направления дальнейшего их совершенствования и стабилизации, улучшения и расширения функциональных свойств.*

Практическая значимость. *Обобщены факторы, необходимые для создания высокоэффективных современных сенсоров: выбор наноматериала для электрода, создание условий для повышения стабильности наночастиц, специфичности и чувствительности электродов, возможность регенерации поверхности электрода; минимизация побочных реакций между наночастицами и компонентами реакционной смеси, совершенствование электрохимических измерений.*

Ключевые слова: *электрохимические сенсоры, наночастицы металлов, углеродные нанотрубки, наноэлектроды, ковалентная и нековалентная иммобилизация.*

MODERN METHODS OF ELECTROCHEMICAL SENSORS MODIFICATION USING NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGY

KYSLOVA O.V.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Summarize ways to modify existing electrochemical sensors of various types of action with the using of nanomaterials and nanotechnologies, to outline the future prospects of their development, show the advantages and disadvantages electrochemical sensors with nanomaterials.

Methodology. Analytical methods for obtaining and functioning comparison electrochemical sensors with nanomaterials, mechanism of their action, advantages and disadvantages of electrochemical nanosensors.

Findings. The research summarized methods of producing electrodes with nanomaterials and stabilization of nanoparticles, showed the impact of nanomaterials on the properties of electrochemical sensors, their advantages and disadvantages.

Originality. Based on research methods modified electrochemical sensors outlined possible areas of their further improvement and stabilization, improvement and expansion of functional properties.

Practical value. Overview factors necessary for the creation of highly advanced sensors, nanomaterials choice for the electrode, creating conditions for improving the stability of nanoparticles, the specificity and sensitivity of the electrodes, electrode surface regeneration possibility; minimize potential side reactions between nanoparticles and reaction mixture components, improving the electrochemical measurements.

Keywords: electrochemical sensors, metal nanoparticles, carbon nanotubes, nanoelectrodes, covalent and non-covalent immobilization.

УДК 725.5

АНТОНЕНКО І. В., САФРОНОВА О. О., КОСТЮК О. О.
Київський національний університет технологій та дизайну

ПРИНЦИПИ ДИЗАЙНУ ВНУТРІШНЬОГО ПРОСТОРУ ГРУПОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ

Мета. Визначити особливості організації внутрішнього простору групових житлових будинків для людей з особливими потребами і принципи їх дизайну в контексті сучасної моделі соціальної роботи, поширеної в західноєвропейських країнах і Америці.

Методика. Використано методи: літературно-системного аналізу наукових публікацій за тематикою дослідження; аналіз досвіду проектування групових житлових будинків для людей з особливими потребами у Західній Європі і США, функціональний, морфологічний та структурний аналізи їх інтер'єрів, узагальнення отриманих результатів дослідження.

Результати. Визначені особливості проектування групових житлових будинків для людей з особливими потребами в контексті сучасної моделі соціальної роботи. Узагальнено досвід з організації таких групових житлових будинків, проведено історичний аналіз їх виникнення і розвитку.

Наукова новизна. На основі аналізу впровадження сучасної моделі соціальної допомоги і реабілітації (ТС), узагальнений досвід організації групових житлових будинків для людей з особливими потребами, визначені принципи їх дизайну і соціальна адресність в умовах України.

Практична значимість. Виявлені принципи дизайну простору групових житлових будинків для людей з особливими потребами можуть бути використані в реальному проектуванні.

Ключові слова: групові житлові будинки, люди з особливими потребами, соціально-адресна робота, принцип морального лікування, метод терапевтичної спільноти (ТС).

Вступ. У світовій практиці соціального захисту населення від соціальних ризиків виділяють два підходи – активний і пасивний. До активних заходів належать соціальне страхування (тобто забезпечення доходів у разі втрати працездатності або роботи), лікування і профілактика хвороб, сприяння освіті та підвищенню кваліфікації. До пасивних заходів (крім соціальних виплат і натуральних послуг) належить соціальна допомога, яка надається у вигляді соціальних послуг, що мають адресний характер і трансформовані до нових соціально-економічних умов [6]. При цьому система соціального захисту повинна гарантувати гідне існування людини, повагу до її честі і свобод та максимальне охоплення її соціального простору, бо неможливо захистити того, хто не включений в систему [2: 26].

Згідно з діючими в Україні державними будівельними нормами (ДБН В.2.2-18:2007. «Будинки і споруди. Заклади соціального захисту населення»), місткість закладів соціального захисту населення різного призначення становить від 50 і більше осіб. Натомість, у США і Західній Європі використовується інша організація певного типу будівель, розрахованих на соціально вразливі групи населення. Це групові будинки – невеликі будівлі, розташовані в межах спільноти, в яких, як правило, проживає не більше 6 осіб, не рахуючи цілодобово працюючого персоналу. У Західній Європі і в США існує групове житло різного призначення: для людей похилого віку; для осіб, що проходять різного типу адаптації, наприклад, після лікування від алкоголізму і наркоманії, звільнених після тюремного ув'язнення; учасників бойових дій (що вельми актуально в нашій країні,

враховуючи наслідки АТО); осіб з невиліковними захворюваннями та тих, у кого є інші види загальних потреб. Спостерігається диференційований підхід до проблеми, тенденція охопити всі групи населення, які потребують соціальної допомоги [3, 4]. В Україні такий підхід тільки формується. Не всі категорії осіб, які потребують соціального захисту, виявляються охопленими. Хоча останнім часом намітилися тенденції створення схожих будинків для дітей-сиріт (дитячі будинки сімейного типу), розширюється номенклатура житлових будинків для бездомних. Групові будинки – територія, де людина, незважаючи на свою недугу, продовжує жити повноцінно і гідно. Необхідність в таких будинках здається очевидною, тому для більш глибокого розуміння проблеми буде корисним вивчити американський і європейський досвід, тобто напрацювання тих країн, в яких подібні будинки функціонують давно і успішно.

Постановка завдання. Доцільність організації групових будинків для верств населення, що потребують соціальної допомоги і соціальної реабілітації, витікає перш за все з принципу морального лікування, який лежить в основі діяльності терапевтичної спільноти (ТС). Ідея використання методу ТС для лікування і реабілітації осіб з психічними та поведінковими розладами належить англійським психіатрам Максвеллові Джоунсу і Роберту Н. Рапопорту. В даний час існує ціла мережа ТС, об'єднаних в Міжнародну асоціацію. Однією з найважливіших завдань асоціації є вивчення ефективності (в тому числі економічної) діяльності ТС на основі доказової медицини. Як показує досвід роботи ТС в різних країнах, найбільш успішною моделлю розвитку ТС виявилася та, при якій ТС розглядається як форма лікування, що надає можливість використання індивідуальних, групових чи сімейних варіантів роботи, а також включення різних теоретичних моделей лікування, таких, як психоаналітична, груп-аналітична, соціального навчання, системна, когнітивна психотерапія та інші [5, 9]. Для реалізації таких варіантів роботи групові будинки підходять якнайкраще. Що стосується рекомендацій до дизайну групових будинків, то окремо це питання в науковій літературі не розглядалось.

Завдання дослідження: на основі аналізу досвіду Західної Європи і США щодо організації групових житлових будинків для людей з особливими потребами визначити принципи проектування їх внутрішнього простору і соціальну адресність в умовах України.

Результати дослідження. Тенденція пошуку альтернатив довготривалому утриманню людей в стаціонарних установах різного типу з'явилася в країнах Західної Європи і США ще на початку минулого століття. Але особливо бурхливо цей процес відбувався в післявоєнні роки, що було пов'язано в першу чергу з відмовою від медичного підходу, як єдиного до людей з обмеженими можливостями. Солдати, які отримали важкі поранення і психічні травми, утворили той контингент, до якого вперше були застосовані нові методи реабілітації в «терапевтичному співтоваристві».

Розвиток групових будинків, як установ нового типу, відбувся в зв'язку з закриттям психоневрологічних інтернатів в США 1960-і і 1970-і роки. Виникла потреба у житлі для людей, що знаходилися на той час у клініках. Групові будинки були призначені для надання допомоги при найменшому обмеженні свободи і для інтеграції людей з інвалідністю в суспільство без зниження якості життя. Однією з головних завдань групового будинку було створення умов життя найбільш наближених до типових сімейних обставин. Дослідження впливу атмосфери, яка існує в групових будинках, на їх мешканців, що проводились останніх

25 років, показали позитивні зміни у адаптивній поведінці пацієнтів: збільшення продуктивності праці, рівня незалежності, полегшення інтеграції в суспільстві. Зазвичай мешканці групових будинків мають той чи інший тип хронічного психічного розладу, що не дозволяє їм жити самотійно. Багато з них також мають фізичні вади, такі як порушення зору або рухового апарату [3, 4].

Перш ніж розглядати можливість переведення людини в груповий будинок, рекомендується ретельно вивчити і проаналізувати всю наявну про нього інформацію, особливо в тих випадках, коли людина потрапляє в категорію високого ризику. Бажано, щоб враховувалися особисті якості кожного пацієнта. Наприклад, якщо підтримка родини є позитивним фактором для самопочуття пацієнта, то людину доцільно поселити в груповий будинок, який розташований недалеко від проживання сім'ї для полегшення побачень з рідними та близькими. Інші фактори, які говорять на користь групового будинку – це відповідно невеликий штат співробітників, добре навчений персонал і домашня атмосфера [3, 4].

Більшість групових будинків є стандартними, односімейними будинками, придбаними групою адміністраторів і адаптованими для життя людей з обмеженими можливостями. За винятком наявності пандусів для інвалідних колясок, ці будинки ззовні практично не відрізняються від інших. Груповий будинок може бути розташований в будь-якій місцевості незалежно від її соціально-економічного статусу. Розміри будинку визначаються фінансовими і експлуатаційними міркуваннями. Чим більший будинок, тим важче проектувальнику забезпечити домашню обстановку. Як правило, в таких будинках проживає не більше шести осіб плюс кваліфікований персонал, що працює 24 години на добу. Зазвичай передбачається ряд невеликих кімнат разом із загальними приміщеннями, в тому числі вітальнею, їдальнею і кухнею з підсобними приміщеннями, а також кімнатою відпочинку та приміщеннями адміністрації. Більш складні схеми групових будинків нещодавно були запозичені зі Скандинавії. Вони являють собою колективне житло – форму будинку групового проживання, що відрізняється більш вишуканими індивідуальними приміщеннями. Але склад загальних приміщень такий же, як і в звичайних будинках групового проживання.



Рис. 1. Групові будинки для людей з обмеженими можливостями: Гінневер-стріт, Сан-Матео, Каліфорнія (<http://specialneedsanswers.com/california-special-needs-planners>)

Одна з цілей групового будинку – підвищення незалежності людей, що там проживають. Обслуговуючий персонал, що працює в груповому будинку, навчає мешканців навичкам повсякденного життя і самообслуговування, по можливості, надаючи якомога менше допомоги. Щоденні життєві навички включають в себе: приготування їжі, прання, прибирання, технічне обслуговування будинку, управління грошима і відповідні навички соціального спілкування. Навички самообслуговування включають в себе: прийняття ванни або душу, одягання/роздягання, користування туалетом і, якщо необхідно, прийняття запропонованих ліків. Персонал також стежить за тим, щоб мешканцям надавалися необхідні послуги від громадських організацій, в тому числі медична допомога, фізіотерапія, трудотерапія, професійна підготовка, освіта і психічна допомога.

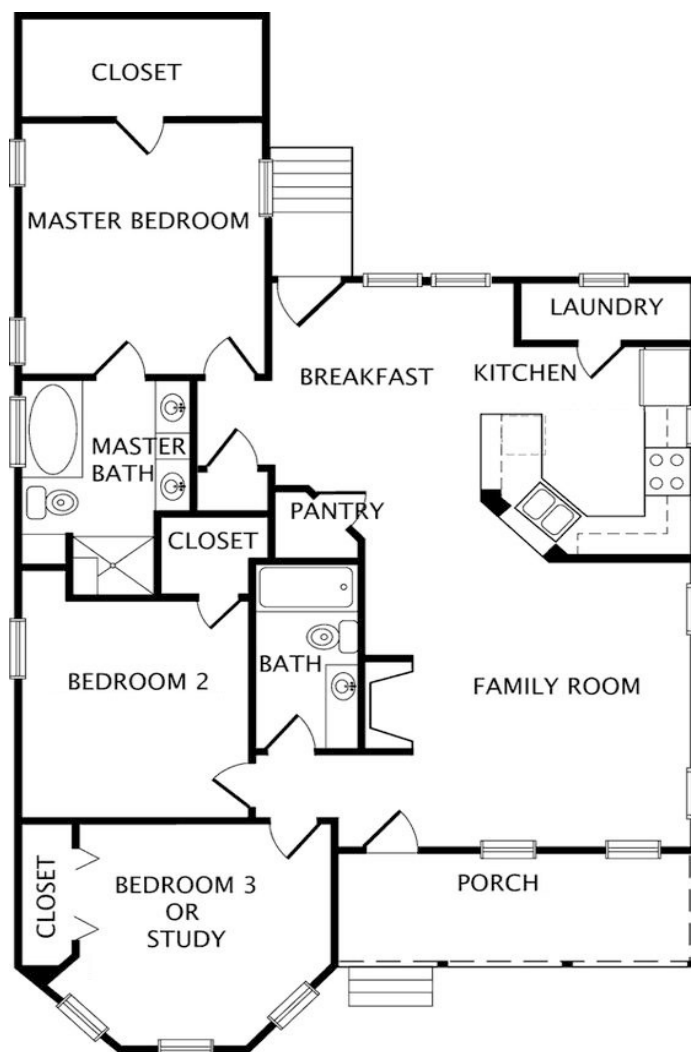


Рис. 2 Проект групового будинку від «Andy McDonald Design Group» [10]

Кількість поверхів: 1. Загальна площа приміщень, що обігріваються: 121,6 м². Висота приміщень: 3 м. Житлові кімнати: 2 фактичних, 3 можливих; цілодобовий відділ реєстрації і обслуговування гостей; кухня з коморою; 2 ванних кімнати (подвійні раковини, душ); пральня; гардеробна; майстерня; комори. Додаткові можливості: відкрита веранда-ганок, камін в холі.

У більшості групових будинків працює менеджер з громадського центру психічного здоров'я або іншого урядового агентства, який здійснює контроль над допомогою людям, які проживають в будинку. Менеджер стежить за документацією, що стосується придбаних навичок і отриманих послуг, а також дає рекомендації щодо коригування допомоги [4]. В Табл. 1. зведені рекомендації до проектування групових будинків, виходячи з досвіду американських архітекторів.

Таблиця 1

Рекомендації до проектування групових будинків

Назва	Зміст рекомендації
Розташування:	а) прямий, але контрольований доступ з парку і з зупинок транспорту до чітко визначеного входу; б) різноманітні види з вікон (передбачається, що мешканці значну частину часу будуть проводити в своїх житлових приміщеннях) – від жвавих вулиць до спокійних ландшафтів; в) орієнтація по відношенню до сонця – жодне житлове приміщення не повинно залишитися без прямого сонячного світла протягом усього зимового дня (приміщення, що забезпечують сонячне світло разом з тіньовим простором і укриттям від вітру, будуть зручніші для людей з особливими потребами); г) вихід на повітря із загальних приміщень.
Конструктивні елементи:	У більшості регіонів законодавство США дозволяє зведення одноповерхових будівель з дерев'яним каркасом, якщо він належним чином захищений. Більш високі будівлі (в Західній Європі рекомендуються тільки одноповерхові будівлі), згідно із законодавством більшості регіонів, повинні бути виконані з кладки або мати сталеву конструкцію з вогнезахистом.
Механічні системи:	а) децентралізована подача повітря, система газового опалення або тепловий насос; б) компресорна система охолодження або система охолодження, що часто використовується з тепловим насосом, який включений у вбудований в стіну кондиціонер; в) у загальних приміщеннях мають бути по центру каміни з газоходами і зовнішні конденсатори для теплових насосів і системи охолодження; г) в будівлях з медичною орієнтацією, в яких критичним є регулювання температури і вологості, використовуються центральні системи опалення з бойлерами, центральними холодильними установками і конденсатором і двох – або чотирьохтрубні системи; д) в будівлях для осіб, які потребують спеціального медичного обслуговування, для ізоляції можуть знадобитися спеціалізовані системи опалення, вентиляції та кондиціювання повітря; е) у багатьох регіонах обов'язковою вимогою є встановлення спринклерної системи пожежогасіння.
Заходи безпеки:	а) система оповіщення при надзвичайних ситуаціях, а також шляхи евакуації залежать від тієї допомоги, яка необхідна мешканцям, щоб покинути будівлю – чим більшою є необхідна допомога, тим ширший потрібно перелік заходів; б) будівельні норми і правила, а також вимоги пожежної безпеки для житлових будинків, в яких проживають люди з особливими потребами, складні і постійно змінюються; звичайно потрібно вогнестійка конструкція, спринклерна система пожежогасіння і системи тривожної сигналізації з датчиками вогню і диму; в) додаткові запобіжні заходи визначаються здатністю мешканців виявити небезпеку і самостійно покинути будинок; ширина коридорів, вимоги до виходів, включаючи виходи з поверху, віддаленість житлових приміщень від коридору і вимоги до проживаючого персоналу повинні відповідати загальним будівельним нормам і правилам [7: 941].

Дизайн внутрішнього простору будинків подібного типу передбачає комплекс заходів

щодо забезпечення доступності, універсальності, екологічної доцільності середовища людської життєдіяльності.

Екологічна доцільність середовища включає комплекс умов для забезпечення фізичного здоров'я і душевної рівноваги: облік первинних і вторинних антропометричних ознак; формування персональних просторів з урахуванням радіусів досяжності і характеристик оптимального поля зору; використання переважно екологічно чистих матеріалів для конструкцій та оздоблення. Колірна гамма також повинна складатися з максимально природних кольорів.

За допомогою колірного кодування вирішуються такі завдання дизайну: а) виділяються вхідні вузли; б) позначаються зони; в) намічаються траси руху людей; г) позначаються рівні. Вплив кольору невіддільний від впливу світла, його інтенсивності і спектрального складу. Це стосується як природного світла, плавно мінливого протягом дня і стимулюючого біоритми людини, так і світла штучного.

Тактильне кодування побудоване на принципах активного освоєння простору за допомогою дотику. Фактура поверхні дозволяє використовувати її в якості орієнтира для розпізнавання функціональних зон; зміна фактури може попередити про потенційну небезпеку. Різні матеріали покриття підлог, парпетів, бордюрів, декоративних огорож, напрямних поручнів допомагають при русі. У місцях, де є небезпечні зони на покритті землі або поверхні підлоги, повинні бути встановлені тактильні індикатори у вигляді виступаючих півсфер, що позначають – "небезпека". У місцях, де потрібно визначити напрямок руху, застосовуються тактильні індикатори у вигляді поздовжніх виступаючих ліній.

Звук має на людину психологічний і фізіологічний вплив. Інтер'єр приміщення слід наповнювати звуками, які сприяють орієнтації і полегшують самообслуговування. Крім сигналів, що попереджають про небезпеку, людина реагує на зміни акустичних властивостей приміщення. Так, підвісні стелі і зміна висоти приміщення призводять до акустичних змін в окремих зонах інтер'єру, що сприяє орієнтації. Покриття підлоги матеріалами з різною фактурою, в свою чергу, також сприяє орієнтації, так як змінює звуки кроків [1].

Висновки: Групові будинки є альтернативою довгострокового утримання людей в стаціонарних медичних установах різного типу. Методи реабілітації в «терапевтичному співтоваристві», які в них застосовуються, показують позитивну зміну адаптивної поведінки людей, які там проживають. Основні завдання комплексного дизайну такого простору – максимальне забезпечення зручності перебування і психологічного комфорту його мешканців. Групові будинки – це своєрідні структури з більш гнучкою і людяною організацією, ніж у стаціонарних медичних установ. З неблагополучною статистикою в сфері інвалідності, алкогольної залежності та наркоманії, в умовах ведення антитерористичної операції, коли тисячі людей потребують медичної, соціальної та психологічної допомоги, поява подібного роду житлових будинків для людей з особливими потребами буде для країни без сумніву дуже корисною.

Список використаної літератури

1. Агранович-Пономарева Е., Дизайн архитектурной среды для людей со специфическими требованиями. / Е. Агранович-Пономарева, Л. Агальцова, Н. Лазовская // Архитектура и строительство. Безбарьерная среда, 2003. – №5 (159). – С. 14–20.
2. Бандура Альберт. Теория социального научения. / Альберт Бандура. – М.:

Издательский дом: «Евразия», 2000. – 480 с.

3. Групповые дома. Американский опыт развития групповых домов. Автор: minddisorders.com. (Пер. с англ. Юлии Гриценко) Режим доступа: http://deti.zp.ua/show_article.php?a_id=506417.

4. Корнюшина Р. В. Зарубежный опыт социальной работы: Учебное пособие. – Владивосток: ТИДОТ ДВГУ, 2004. – 84 с.

5. Одолламский А. О. Место терапевтического сообщества в современной системе психиатрической помощи. / А. О. Одолламский. // Журнал практической психологии и психоанализа, 2014 – №2. Режим доступа: <https://psyjournal.ru/psyjournal/articles/detail.php?ID=3640>.

6. Пинкус А. Практика социальной работы. / А. Пинкус, А. Минахан. – М., «Союз», 1993. – 223 с.

7. Рамсей Ч. Дж. Архитектурные графические стандарты. / Ч. Дж. Рамсей, Г. Р. Слипер. Пер. с англ. – М., Архитектура-С, 2008. – 1088 с.

8. Скуратівський В. Соціальна політика / В. Скуратівський, О. Палій. – К. : Вид-во УАДУ, 2003. – 265 с.

9. David Veale, Paul Gilbert, Jon Wheatley and Iona Naismith. A New Therapeutic Community: Development of a Compassion-Focussed and Contextual Behavioural Environment. / Clinical Psychology and Psychotherapy Clin. Psychol. Psychother. (2014) Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/cpp.1897.

10. Pinterest is the world's catalog of ideas. Режим доступа: <https://www.pinterest.com/source/houseplans.southernliving.com>.

References

1. Agranovich-Ponomareva E., Dizayn arhitekturnoy sredy dlya lyudey so spetsificheskimi trebovaniyami. / E. Agranovich-Ponomareva, L. Agaltsova, N. Lazovskaya // Arhitektura i stroitelstvo. Bezbarernaya sreda, 2003. – #5 (159). – P. 14–20.

2. Bandura Al'bert. Teoriya sotsial'nogo naucheniya. / Al'bert Bandura. – М.: Izdatel'skiy dom: «Evraziya», 2000. – 480 p.

3. Gruppovye doma. Amerikanskiy opyt razvitiya gruppovykh domov. Avtor: minddisorders.com. (Per. s angl. Yulii Gritsenko) Rezhim dostupu: http://deti.zp.ua/show_article.php?a_id=506417.

4. Korniyushina R. V. Zarubezhnyy opyt sotsial'noy raboty: Uchebnoe posobie. – Vladivostok: TIDOT DVGU, 2004. – 84 p.

5. Odollamskiy A. O. Mesto terapevticheskogo soobshchestva v sovremennoy sisteme psikhiatricheskoy pomoshchi. / A. O. Odollamskiy. // Zhurnal prakticheskoy psikhologii i psikhoanaliza, 2014 – №2. Rezhim dostupu: <https://psyjournal.ru/psyjournal/articles/detail.php?ID=3640>.

6. Pinkus A. Praktika sotsial'noy raboty. / A. Pinkus, A. Minakhan. – М., «Soyuz», 1993. – 223 p.

7. Ramsey Ch. Dzh. Arkhitekturnye graficheskie standarty. / Ch. Dzh. Ramsey, G. R. Sliper. Per. s angl. – М., Arkhitektura-S, 2008. – 1088 p.

8. Skurativs'kiy V. Sotsial'na politika / V. Skurativs'kiy, O. Paliy. – К. : Vid-vo UADU, 2003. – 265 p.

9. David Veale, Paul Gilbert, Jon Wheatley and Iona Naismith. A New Therapeutic Community: Development of a Compassion-Focussed and Contextual Behavioural Environment. / Clinical Psychology and Psychotherapy Clin. Psychol. Psychother. (2014) Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/cpp.1897.

10. Pinterest is the world's catalog of ideas. Rezhim dostupu: <https://www.pinterest.com/source/houseplans.southernliving.com>.

ПРИНЦИПЫ ДИЗАЙНА ВНУТРЕННЕГО ПРОСТРАНСТВА ГРУППОВЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОСОБЫМИ ПОТРЕБНОСТЯМИ

АНТОНЕНКО И. В., САФРОНОВА Е. О., КОСТЮК Е. А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Определить особенности организации внутреннего пространства групповых жилых домов для людей с особыми потребностями и принципы их дизайна в контексте современной модели социальной работы, распространенной в западноевропейских странах и Америке.

Методика. Используются методы: литературно-системного анализа научных публикаций по тематике исследования; анализ опыта проектирования групповых жилых домов для людей с особыми потребностями в Западной Европе и США, функциональный, морфологический и структурный анализы их интерьеров, обобщение полученных результатов исследования.

Результаты. Определены особенности проектирования групповых жилых домов для людей с особыми потребностями в контексте современной модели социальной работы. Обобщен опыт по организации таких групповых жилых домов, проведен исторический анализ их возникновения и развития.

Научная новизна. На основе анализа внедрения современной модели социальной помощи и реабилитации (ТС), обобщен опыт организации групповых жилых домов для людей с особыми потребностями, определены принципы их дизайна и социальная адресность в условиях Украины.

Практическая значимость. Обнаружены принципы дизайна пространства групповых жилых домов для людей с особыми потребностями, которые могут быть использованы в реальном проектировании.

Ключевые слова: групповые жилые дома, люди с особыми потребностями, социальная работа, принцип морального лечения, метод терапевтического сообщества (ТС).

PRINCIPLES OF DESIGN INTERIOR SPACE GROUP HOUSES FOR PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS

ANTONENKO I. V., SAFRONOVA E. O., KOSTIUK O. O.

Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. To determine the features of the organization internal space of group houses for people with special needs and the principles of their design in the context of the modern model of social work, common in Western European countries and America.

Methodology. Methods used: a literary-system analysis of scientific publications on the subject of research; analysis of the experience of design group houses for people with special needs in Western Europe and the United States, functional, morphological and structural analysis of their interiors, generalization of the study results.

Findings. Specifics of designing group houses for people with special needs in the context of the modern model of social work are defined. The experience on organization of such group dwelling houses is generalized, historical analysis of their occurrence and development is carried out.

Originality. On the basis of introduction analysis of a modern model of social assistance and rehabilitation (TC), the experience of organizing group residential buildings for people with special needs is summarized, the principles of their design and social targeting in the conditions of Ukraine are defined.

The practical value. The principles of design of the space of group residential buildings for people with special needs, which can be used in real design, are discovered.

Keywords: group homes, people with special needs, social work, the principle of moral treatment, the method of therapeutic community (TC).

УДК 7.012

ПАВЛЕНКО А.Ф., ПАШУКОВА С.Г.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЛЬ КОМПОЗИЦІЇ ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ В СИСТЕМІ ОБРАЗОТВОРЧОЇ ПІДГОТОВКИ ДИЗАЙНЕРІВ-ГРАФІКІВ

Мета. В дослідженні автори ставлять за мету визначити особливості й розкрити проблеми композиції в процесі підготовки фахівців спеціалізації «графічний дизайн».

Методика. Досягнення поставленої мети було реалізовано за допомогою комплексу методів: системно-аналітичного (у вивченні мистецтвознавчої літератури та педагогічних методик в системі дизайн-освіти) та емпіричного (у дослідженні композиційних прийомів та підходів на прикладах класичних художніх творів).

Результати. Було встановлено, що правильний вибір композиційного рішення обумовлює успішність художнього твору й гарантує правильну реалізацію поставленої задачі. Знання різних прийомів та схем композиційних рішень є невід'ємною частиною підготовки дизайнера-графіка, оскільки глибоко продумана композиція сприяє розкриттю ідеї автора, його емоційного стану та транслює суть інформаційного повідомлення.

Наукова новизна. В дослідженні вперше встановлений зв'язок між композицією та результатами реалізації творчої ідеї. Запропонований новий підхід до визначення поняття «композиція», а також визначена нова роль композиції в процесі підготовки дизайнерів-графіків в умовах сучасної дизайн-освіти. Авторами відокремлено основні види композиційних рішень, що є фундаментом графічних творів.

Практична значимість. Фактичні розробки та теоретичні висновки надають потужну базу для подальшого розвитку в системі професійної дизайн-творчості, а також створюють умови для дослідження проблем композиції в умовах підготовки дизайнерів-графіків.

Ключові слова: композиція, схеми композицій, композиційні здібності, дизайн-освіта, дизайнер-графік, графічний дизайн, образотворча підготовка.

Вступ. Питанням образотворчої підготовки дизайнерів-графіків присвячені праці багатьох вітчизняних й зарубіжних вчених: І. Азизяна, А. Бойчука, Н. Воронова, Л. Виготського, В. Давидова, В. Даниленко, О. Генісаретського, А. Єрмолаєва, В. Сидоренко, В. Тасалова та ін. За думкою О. Фурси, нові вимоги й зміни в структурі професійної діяльності обумовлюють необхідність ретельного дослідження ключових елементів становлення спеціаліста, а саме проблем композиції та розвитку композиційних здатностей [8]. Теорію побудови композиції тільки починають досліджувати, й на даний момент відсутня чітка структура питання композиційної побудови.

Теоретичні знання основ композиції та практичне застосування її видів, категорій, засобів та принципів – необхідна складова професійної підготовки дизайнерів-графіків, оскільки забезпечує грамотну побудову твору та реалізацію творчої ідеї. Варто враховувати, що засоби композиції є виключно інструментом для реалізації творчого задуму, а не навпаки, що також повинно пояснюватися в процесі навчання. Адже спроби вписати творчі задуми в існуючі схеми приводять до появи в'ялих, нецікавих, одноманітних творів, позбавлених самобутності, емоційного навантаження й культурно-естетичної цінності. Основи композиції являють собою інструмент, що дозволяє вирішувати творчі завдання, що стоять перед дизайнерами-графіками.

Оскільки саме композиція є «головним, організаційним елементом художньої форми, що надає твору єдність й цілість, підпорядковуючи його елементи один одному» [1] та сприяє правильному сприйняттю інформації суспільством, необхідно приділити увагу дослідженню її структурних елементів й систематизувати основи науки про композицію.

Постановка завдання. Принципи, закони та засоби композиційної побудови активно використовуються в контексті образотворчої підготовки графічних дизайнерів, оскільки саме композиція є фундаментальним елементом художніх творів, а також об'єктів дизайну. Актуальність проблеми зумовлена недостатністю вивчення структурних елементів композиції, її реалізації в контексті графічного дизайну й необхідністю визначення її місця в образотворчому процесі, взаємозв'язку її техніки, закономірностей, засобів гармонізації тощо.

Результати дослідження. Було проаналізовано підходи до визначення поняття «композиція», її видів, методів побудови та професійного становлення фахівців в умовах вивчення графічного дизайну. Встановлено, що композиція виступає провідним елементом в системі побудови художнього твору, обумовлює його сприйняття, та, як зазначає Є. Шорохов, є «співставленням, складанням, поєднанням окремих частин в єдине ціле в певному порядку, співвідношення сторін та поверхонь, які разом komponують певну форму» [11, с.57]. В сфері графічного дизайну поняття композиції розширюється. О. Голубева наголошує на необхідності гармонічності композиції твору [2, с.93]. Є. Шорохов підкреслює, що: «композиція в дизайні – побудова (структура) твору дизайнерського мистецтва, зв'язок та розташування його частин, обумовлені їх компонованням, що відповідає технічній та художній ідеї, що віддзеркалює емоційно-чуйні очікування споживача дизайнерського твору» [11, с.177]. Зазначені вчені розглядають композицію як засіб структурування, досягнення гармонії, вираження задуму та комунікативний засіб митця й суспільства. Тобто можна сформулювати наступне визначення: «композиція у графічному дизайні – творчий процес побудови структури елементів твору, яка відповідає наступним завданням: є гармонійною, відтворює художні ідеї автора, забезпечує відповідне сприйняття твору споживачем й задовольняє потреби суспільства у естетичному задоволенні».

Є. Шорохов, Л. Холмянський, А. Щипанов наголошують на необхідності відокремлення категорій, видів, правил та прийомів композиції [9, 11]. Вибір формату (там, де це можливо) композиційної структури, є потужним засобом у вирішенні творчих завдань. Деструктивність, невиразність композиції різко знижує якість твору, котру неможливо виправити іншими засобами, такими як колорит, рисунок, технічні прийоми. Композицією необхідно підсилити звучання свого задуму твору та надати виразність його сприйняттю. Вона потребує ретельних знань її законів, інтуїції митця, гарного естетичного смаку, творчого підходу. Композиція вже сама по собі сприяє розкриттю твору, передаючи його зміст та емоційне навантаження. Вона, слідуючи своїм законам, за допомогою правил та прийомів, узгоджує всі зображувальні елементи, виділяє головне, підпорядковує йому другорядне.

На підставі дослідження праць Т. Мазуріної, Г. Міневріної, Р. Паранюшкіна, Л. Холмянського, Є. Шорохова, В. Шимко можна зробити наступний висновок: процес побудови композиції в графічному дизайні залежить від виду дизайну, який диктує певні засоби реалізації задуму, що зумовлює вибір формату, масштабу, пропорцій, ритму, метру,

контрасту, нюансу, композиційної вісі, симетрії, статики та динаміки, фактури та текстури, стилізації, лінії, лінійної перспективи, кольору, повітряної та кольорової перспективи, співвідношення елементів, розміру та масштабу, пропорції та ін. В. Устін підкреслює, що варто відокремити наступні художні засоби: лінія, пляма, колір [7]. Таким чином, цілком очевидно, що композиційні інструменти єдині, як для графічного дизайну, так і для образотворчого мистецтва.

Отже, досліджуючи особливості композиційних прийомів розглянемо їх на прикладах класичних художніх творів, враховуючи емоційне навантаження композицій:

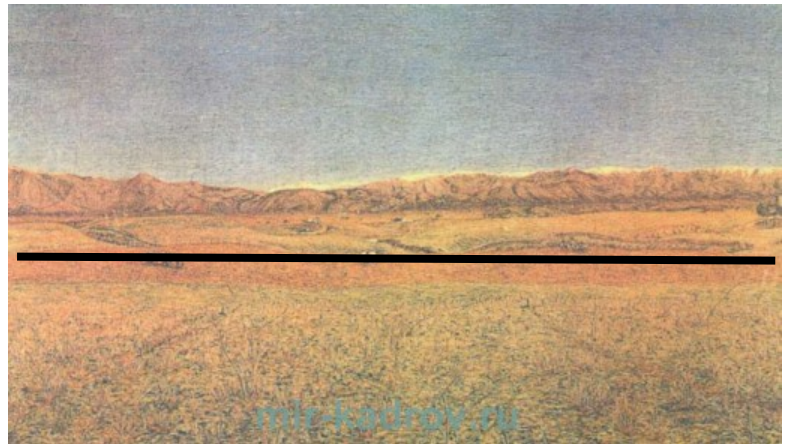


Рис.1. Горизонтальна композиція на прикладі твору Дж. Сегантіні «Пейзаж», 1895 р.

1. Горизонтальна композиція демонструє ключове емоційне навантаження – спокій, рівновага. Прикладом композиції може бути панорамний пейзаж, плин річки, лежача фігура людини та ін. (рис. 1).



Рис.2. Діагональна композиція з розташуванням елементів з лівого нижнього кута в правий верхній. Приклад – твір «Дроворуб» Ф. Ходлера, 1910 р.

2. Діагональна композиція в системі побудови відображає відчуття відкритості та динаміки. Її варто використовувати, щоб створити ілюзію руху, змусити спостерігача уявити, немов об'єкти вже закінчили свій рух.

Основними напрямками діагоналей в зазначеній композиції є наступні:

2.1. Розташована діагональ з лівого нижнього кута в правий верхній, є символом прагнення до злету та перемоги. Часто така композиція використовується для зображення польотів.

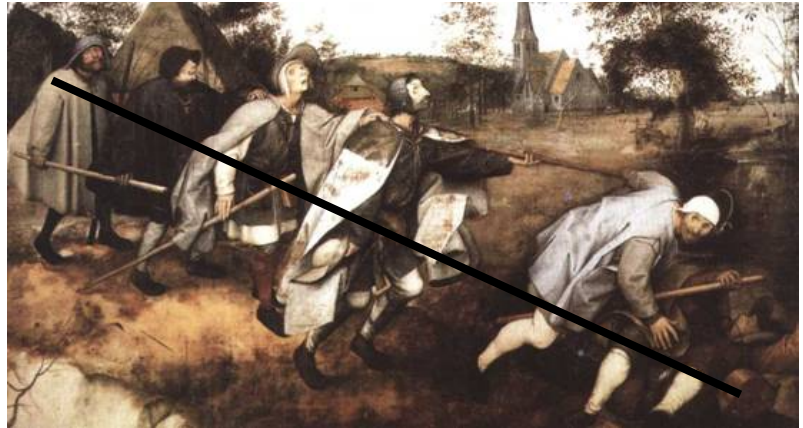


Рис.3. Діагональна композиція з розташуванням елементів з лівого нижнього кута в правий верхній на прикладі «Сліпці» П. Брейгеля, 1568 р.

В творі «Дроворуб» Ф. Ходлера застосування подібної композиції призводить до створення враження, немов сокира вже закінчила свій рух, дерево зрубано, мета досягнена (рис. 2).

2.2. Діагональ, спрямована з лівого верхнього кута в правий нижній, характеризується спадом. Рух у зворотному напрямку (знизу вгору) дає відчуття посилення руху (рис. 3).

2.3. Композиція з двома діагональними напрямками (з лівого нижнього кута в правий верхній та з лівого верхнього кута в правий нижній, що зустрічаються в композиційному центрі) використовується для акцентування битви і боротьби (рис. 4).

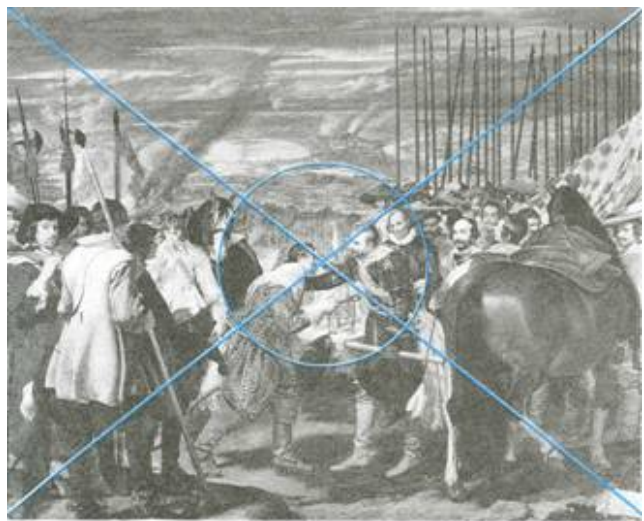


Рис.4. Композиція з двома діагоналями на прикладі твору «Здача Бреди» Д.Веласкеса, 1635 р.

3. Трикутна композиція, в основу якої закладено трикутник, що міцно стоїть на своїй основі та характеризується рівновагою, фундаментальністю, міцністю, стійкістю, вічністю.

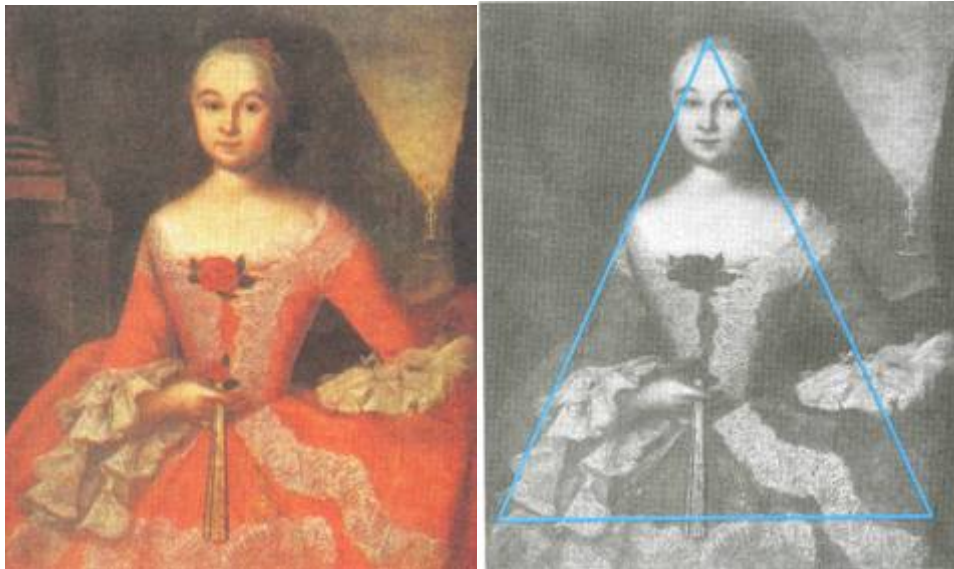


Рис.5. Трикутна композиція на прикладі твору «Портрет К. Тишиної» І.Вишнякова, 1755 р.

Прикладом трикутної композиції є Єгипетські піраміди в архітектурі, а також портрет К. Тишиної в станковому живописі (рис. 5).

4. Колоподібна композиція, основою якої являється коло, що є ключовим інструментом побудови композиції, з позиції символіки означає сонце, мир, материнство. Рух по колу використовується для створення відчуття вічності. Прикладом колоподібної композиції є твори, що зображують канонічний тип «Мадонн з дитиною», а також «Зняття з Хреста» П. Рубенса, «Трійця» А. Рубльова (рис. 6).

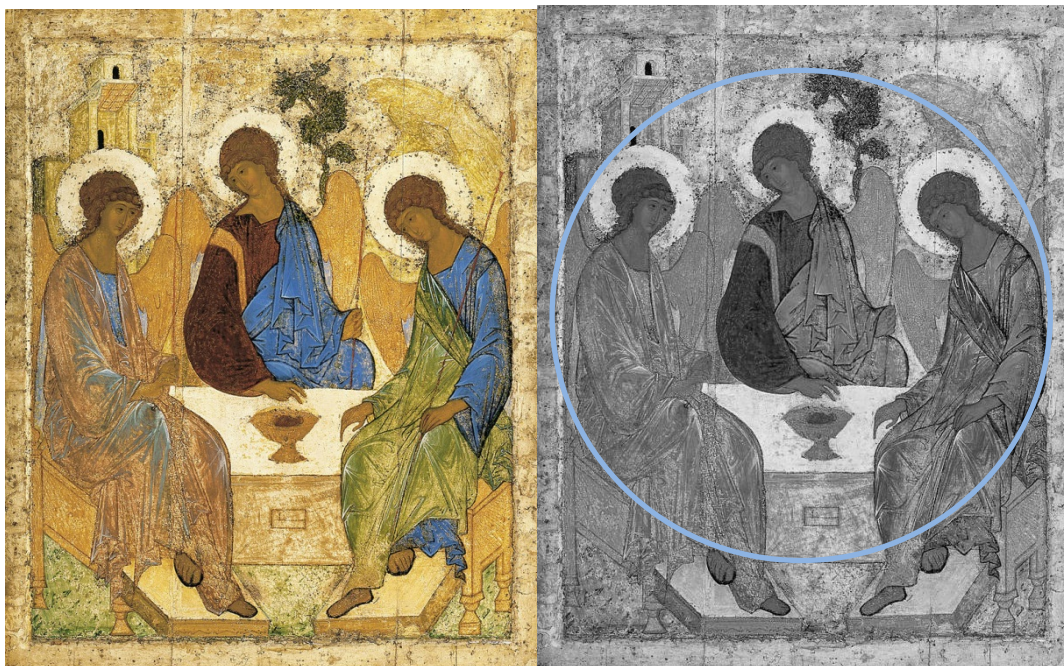


Рис. 6. Композиція «Коло» на прикладі «Трійці» А. Рубльова, 1411 р.

5. Вертикальна композиція демонструє ідею тріумфу життя, оптимізму, ствердження стійкості. Яскравим прикладом такої композиції є жанр пейзажного живопису (рис. 7).



Рис. 7. Вертикальна композиція на прикладі твору І. Грабаря «Лютнева лазур», 1904 р.

6. Хрестоподібна композиція в основу якої закладено дуалістичність змісту, заслуговує окремої уваги. Вертикаль створює прагнення до життя. Горизонталь несе в собі спокій, смерть. Таким чином, побудова такої композиції несе в собі філософський заряд, символ одвічної боротьби життя та смерті (рис. 8).



Рис. 8. Композиція у вигляді хреста на прикладі твору Н. Пусен «Поклоніння золотому теляті», 1634 р.

Побудова художнього образу в системі композиційної підготовки художників-графіків, знаходить відображення у стильовій характеристиці форми, також є прикладом «правильної композиції», тобто такої, що за допомогою вдало підібраних засобів відтворює ідею твору.

Зауважуємо, що композиції властива гнучкість, тобто в одному творі може бути декілька варіантів композиції, наприклад, поєднання трикутної та вертикальної. Поєднання різних видів композиції в одному творі полягає в передачі більш комплексного задуму та розставленні певних акцентів.



Рис. 9. «Тайна вечеря» Леонардо да Вінчі, 1498 р.

Прикладом активного використання просторової перспективи в композиції є твори: «Тайна вечеря» Леонардо да Вінчі та «Бояриня Морозова» В. Сурікова. В творі «Тайна вечеря» композиційне рішення характеризується фронтальним розташуванням діючих осіб, а ключова фігура Христа розміщена у центрі композиції. Всі лінії зображеного інтер'єру зведені в одній точці – на ліку Ісуса [5, 6]. Лінії рук Христа, інтер'єру, рисунку підлоги направлені від центру. Підсилення композиційного рішення здійснюється за допомогою збентеженості і хаотичних рухів апостолів (рис. 9).



Рис. 10. «Бояриня Морозова», В. Суріков, 1887 р.

В творі «Бояриня Морозова» В. Суріков застосував подібний прийом. Центральним елементом композиції виступає зображення боярині Морозової. Її піднята до гори права рука передає суть непохитної віри й формує ключову ідею твору. Лінії дахів будинків, деталі саней, в котрих її везуть, дорога, сліди на дорозі ведуть до піднятої руки як символу віри та непокірності. Другорядним елементом виступає натовп, за задумом автору «безлікий»,

кожний образ й характер котрого виписаний досить детально та зображений в рамках єдиного замислу.

Звертаємо увагу, що лінії саней, дороги, хлопчика, що біжить зліва, утворюють трикутну композицію, вершиною котрої є рука боярині Морозової. Дана схема композиції досить точно виявляє саму суть твору, його ідейне і емоційне забарвлення. Таким чином, художній твір не просто ілюструє подію, а надає їй особливого змісту, котрий трактується незламністю характеру людини, стійкістю у своїх переконаннях (рис.10).

В картині В. Васнецова «Богатирі» застосована інша схема, та практично поєднанні дві схеми. Три вертикальні композиційні елементи, утворені фігурами богатирів на конях накладаються на пейзаж, розгорнутий по горизонталі. Таким чином, попередня ідея безкрайніх просторів Русі та їх непохитних охоронців - трьох богатирів, котрі утворюють міцні вертикалі в композиції, що надають картині життєвої сили та впевненості [10] (рис. 11).



Рис. 11. Васнецов В., «Богатирі», 1898 р.

В образотворчих творах часто використовується поєднання двох або більше композиційних прийомів, а також може використовуватись не один, а декілька композиційних центрів. Картини К. Брюллова «Останній день Помпеї» (рис. 12) та картина «Ранок стрілецької казні» В. Сурікова (рис.13) демонструють скомбінованість композиційних схем побудови.



Рис. 12. Брюллов К.П., «Останній день Помпеї», 1833 р.

Цей складний композиційний хід надає картина особливої гостроти, багатогранності в розкритті основного задуму.

Отже, аналізуючи класичні художні твори впевнюємось, що вивчення теоретичних засад побудови композиції твору має першочергове значення в процесі становлення образотворчо-грамотного індивіда та закладає певний формальний та ідейний каркас майбутнього твору, що надалі допоможе в реалізації професійних задач в діяльності дизайнера-графіка.



Рис. 13. «Ранок стрілецької казні», Суріков В.І., 1881 р.

Використання композиції дозволяє дизайнерам-графікам на початку їх становлення як професіоналів навчитися мистецтву вираження своєї ідеї та полегшує процес освоєння композиційної побудови. Твори митців здійснюють психологічний, естетичний й емоційний

вплив на глядача. В процесі професіонального становлення вони повинні опанувати методи рішення творчих завдань й здобути необхідні композиційні навички (теоретичні знання основ композиції; практичне застосування видів й категорій композицій; засоби композиції; принципи композиції), що сприятимуть їх подальшому становленню в сфері графічного дизайну.

Виходячи з вищесказаного, оскільки композиція відіграє ключову роль у процесі образотворчої підготовки, виступаючи інструментом комунікації автора твору й суспільства, практична образотворча підготовка повинна базуватися на формуванні навиків побудови композиції:

Висновки. Композиція – є потужним засобом побудови, запорукою цілісності, основою художнього твору. Кожний твір образотворчого мистецтва опирається на глибоко продуману композицію, котра сприяє розкриттю задуми автора, його емоційного стану, й вимагає свого формату, структурної схеми та прийомів побудови композиції.

Метою формування навиків композиції в образотворчій підготовці є надання знань в сфері художнього формоутворення, формування свідомого підходу до графічного дизайну, розвиток відчуття стилю, що поєднує в собі інтуїтивне сприйняття творчого процесу й технічну майстерність. Методика побудови композиції передбачає тематично послідовне рішення окремих учбових завдань з урахуванням живої композиційної творчості, що повинна бути відображенням індивідуального підходу й світосприйняття дизайнерів-графіків.

Результатом вивчення основ побудови композиції повинно бути спроможність студентів створювати естетично довершений твір, що поєднує високий рівень техніки й єдність виразності, образності, гармонії форми та змісту.

Освоєння основ композиції формує гнучкість мислення, творчий й професійний підхід до вирішення завдань різного рівня складності та забезпечуючи дизайнерів-графіків навичками гармонізації форми, є необхідним базисом для вивчення інших дисциплін.

Список використаної літератури

1. Брызгов Н.В., Воронежцев С.В., Логинов В.Б. Творческая лаборатория дизайна. Проектная графика. Учебное пособие для вузов [Гриф УМО] МГХПА им. Строганова – изд. В. Шевчук 2010. 190с.
2. Голубева О.Л. Основы композиции [Текст] / О.Л. Голубева. – М : Изобраз. искусство, 2001.- 120 с.
3. Мазурина Т.А. Структура теории композиции в графическом дизайне [Текст] // Т.А. Мазурина // Современные тенденции развития декоративно-прикладного искусства и дизайна : меж-вуз. сб. науч. тр. ; отв. ред. М.С. Соколова. – Магнитогорск : МаГУ, 2007. – Вып. 2. – С. 149 – 158.
4. Михайленко В.Є. Основи композиції (геометричні аспекти художнього формотворення): навч. посібник / В.Є. Михайленко, М.І. Яковлев. – К. : Каравела, 2004. – 304 с.
5. Проблемы композиции / [Ванслов В.В., Гавриляченко С.А., Шепелев Л.В.]. - М.: Изобразительное искусство, 2000.–292 с.
6. Соколова О.Ю. Секреты композиции для начинающих художников. – М.: АСТ, 2003 –128 с.
7. Устин В.Б. Композиция в дизайне. Методические основы композиционно художественного формообразования в дизайнерском творчестве [Текст] / В.Б. Устин : учеб. пособие. – 2-е изд., уточненное и доп. – М. : АСТ : Астрель, 2007. – 239 с.
8. Фурса О. О. Напрями і принципи модернізації вітчизняної дизайн-освіти/ О. О. Фурса // Тенденції розвитку вітчизняного дизайну та дизайн-освіти у вимірах сучасності : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (15–16 листопада, 2012 р., м. Київ). – К. : МІХМД імені Сальвадора Далі, 2012. – С. 186–187.

9. Холмянский Л.М. Дизайн [Текст] / Л.М. Холмянский, А.С. Щипанов. – М. : Просвещение, 1985.- 240 с.
10. Чернышев О.В. Формальная композиция. Творческий практикум. – Мн.: Харвест, 1999.– 312 с.
11. Шорохов Е.В. Основы композиции [Текст] / Е. В. Шорохов : учеб. пособие для студентов пер.ин-тов по спец. №2109 «Черчение, рисование и труд». – М. : Просвещение, 1979. – 203 с.

References

1. Bryzgov N.V., Voronezhstev S.V., Loginov V.B. Creative design laboratory. Project graphics. Textbook for universities [Grief UMO] MGHPA named by Stroganov - ed. V. Shevchuk 2010. 190 p. [in Russian]
2. Golubeva O.L. Basics of composition [Text] / O.L. Golubeva. - M: Pict. Art, 2001. - 120 p. [in Russian]
3. Mazurina T.A. Structure of the theory of composition in graphic design [Text] // T.A. Mazurina // Modern trends in the development of decorative and applied art and design: inter-university scientific works; Chief Ed. M.S. Sokolov. - Magnitogorsk: MSU, 2007. - Issue. 2. - pp. 149-158. [in Russian]
4. Mikhaylenko V.E. The basis of composition (geometric aspect of the artistic form): Textbook / V.E. Mikhaylenko, M.I. Yakovlev. - K.: Caravel, 2004. - 304 p. [in Ukrainian]
5. Problems of composition / [Vanslov V.V., Gavrilyachenko S.A., Shepelev L.V.] .- М .: Fine Arts, 2000.-292 p. [in Russian]
6. Sokolova O.Y. Secrets of composition for beginners artists.-Moscow: AST, 2003 -128 p. [in Russian]
7. Ustin V.B. Composition in design. Methodical foundations of compositional artistic form-built in design creativity [Text] / V.B. Ustin: Textbook. Allowance. - 2nd ed., educational book. - М.: AST: Astrel, 2007. - 239 p. [in Russian]
8. Fursa O. The ways and principles of modernization of visual design education / O.O. Fursa // Tendentions of development of visual design and design education in up-to-date conditions. The works of Inter Ukrainian Scientific practical conf. (15-16 of November, 2012, Kyiv). - K.: MIHMD named by Salvador Dali, 2012. - P. 186-187. [in Ukrainian]
9. Holmyansky L.M. Design [Text] / L.M. Holmyansky, A.S. Shchipanov. - М.: Enlightenment, 1985. - 240 p. [in Russian]
10. Chernyshev O.V. Formal composition. Creative Workshop. - Мн.: Harvest, 1999.-312 p. [in Russian]
11. Shorokhov E.V. Fundamentals of composition [Text] / E.V. Shorokhov: Textbook for students of ped. institutes of specialty №2109 «Drawing, art and work». - М.: Enlightenment, 1979. - 203 p. [in Russian]

РОЛЬ КОМПОЗИЦИИ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ В СИСТЕМЕ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ДИЗАЙНЕРОВ-ГРАФИКОВ

ПАВЛЕНКО А.Ф., ПАШУКОВА С.Г.

Киевский национальный университет технологии и дизайна

Цель. В исследовании авторы ставят цель определить особенности и раскрыть проблемы композиции в процессе подготовки специалистов направления «дизайнер-график».

Методика. Достижение поставленной цели было реализовано при помощи комплекса методов: системно-аналитического (при изучении искусствоведческой литературы и педагогических методик в системе дизайн-образования) и эмпирического (при исследовании композиционных приёмов на примере классических художественных произведений).

Результаты. Было установлено, что правильный выбор композиции обуславливает успешность художественного произведения и гарантирует правильную реализацию

поставленной задачи. Знание различных приемов и схем композиционных решений является неотъемлемой частью подготовки дизайнера-графика, поскольку именно тщательно подобранная композиция способствует раскрытию идеи автора, его эмоционального состояния и смысла информационного сообщения.

Научная новизна. В исследовании впервые установлена связь композиции и результатов реализации творческой идеи. Предложен новый подход к определению понятия «композиция», а также определена ее новая роль в процессе подготовки дизайнеров-графиков в условиях современного дизайн образования. Авторами выделены ключевые виды композиционных решений, которые являются фундаментом графических произведений.

Практическая значимость. Теоретические положения и выводы создают условия для дальнейшего изучения проблем композиции в условиях подготовки дизайнеров-графиков.

Ключевые слова: композиция, схемы композиции, композиционные навыки, дизайн-образование, дизайнер-график, графический дизайн, изобразительная подготовка.

THE ROLE OF COMPOSITION AND ITS PECULIARITIES IN THE SYSTEM OF GRAPHIC PREPARATION OF DESIGNERS-GRAPHICS

PAVLENKO A. F., PASHUKOVA S.G.

Kyiv National University of Technologies and Design

The purpose is to determine and disclose the problems of composition in the education process of preparation of students of specialization “graphic design”.

Methodology. To achieve the purpose the following complex of methods was used: system analytical method (analysis of art literature and pedagogical methods in the system of design education) and empirical study (study of composition methods and approaches by the examples of classical works of art).

Findings. The right choice of composition affects the level of success of the artwork and guarantees the correct fulfillment of the task. Awareness of formats, methods and structures of composition decisions is the important part of the designer-graphic’s preparation as it is the correctly chosen composition that is conducive to the disclosure of the author’s idea, his emotional background and the sense of the informational message.

Originality. The research resulted in the connection of the composition and results of the creative idea realization. Comprehensive approach to the practical study and theoretical understanding of the essence of the term «composition» is suggested as well as the new role of composition in the process of design-graphic’s preparation in the up-to-date conditions of design education is determined. The main layouts of composition which are the fundament element of the graphic works are determined by the authors.

Practical value. Theoretical statements and conclusions create conditions for further research of the problems of composition in the educational process of preparation of designers-graphics.

Key words: composition, layouts of composition, composition building skills, design education, designer-graphic, graphic design, art preparation.

УДК 75.09

МУСІЄНКО В. О.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТВОРЧОСТІ УКРАЇНСЬКОГО
ХУДОЖНИКА МИКОЛИ ПРОКОПЕНКА**

Мета. Провести дослідження творчості відомого художника М. Прокопенка та зробити аналіз етапів його становлення і професійного розвитку. Встановити взаємозв'язок та вплив соціально-політичної ситуації в суспільстві на зміст робіт, композицію, характер та зміну колірного колориту у творчості митця.

Методика. Дослідження ґрунтувались на основі аналізу робіт художника, які зберігаються у фондах музею.

Результати. Уперше розкрито та проаналізовано етапи становлення та творчого зростання митця М. Прокопенка. Досліджено вплив соціально-політичного стану суспільства, життя людини на мотиви, зміст та зміни колірного колориту. Такий вплив проаналізовано і розкрито в кожній серії робіт митця. Встановлена залежність психоемоційного стану художника від ситуації в суспільстві та життя людини, її права в цих умовах.

Наукова новизна. Встановлено основні етапи становлення та розвитку професійної майстерності відомого художника М. Прокопенка. Багата спадщина художника М. Прокопенка вперше досліджена та встановлено взаємозв'язок етапів розвитку і становлення митця у відповідності до стану соціально-політичної атмосфери в суспільстві та її вплив на психоемоційне сприйняття художником, який реалізує цей стан специфічними художніми засобами при створенні нових творчих робіт.

Практична значимість Встановлено безпосередній взаємозв'язок та залежність соціально-політичної ситуації в суспільстві, рівня дотримання прав людини, умов її життя, які мають вирішальний вплив на психоемоційний стан художника, його сприйняття існуючої дійсності. Таке сприйняття митця знаходить відображення в сюжетах, композиції, колірному колориті, які передані у відповідних його творах (книжкова графіка, історичні портрети, сюжетні твори, начерки та замальовки).

Ключові слова: колір, колорит, композиція, психоемоційний стан, соціально-політична ситуація, сюжетні теми, творчість художника.

Вступ. Творчість М. Прокопенка, його художня індивідуальність формувались в надзвичайно складних, напружених соціально-політичних умовах, значними змінами в житті суспільства, період зміцнення тоталітарної влади, яка прагнула переписати історію та знищити волелюбний дух українського народу [1, 2].

Постановка завдання. Під впливом таких обставин зростала і гартувалась громадянська, національна свідомість передової інтелігенції (письменників, поетів, науковців, художників) тієї епохи, що сприяло посиленню зацікавленості до вивчення історії рідного краю, до розуміння умов життя звичайної людини. У таких умовах художні твори М. Прокопенка винятково реалістичні, а в окремих випадках глибоко драматичні, в яких немає ніякої пихатої краси, а лише гірка правда життя, що відображена і зафіксована вдумливим художником-філософом. Його твори зігріті теплотою та любов'ю до людини, праці.

Результати досліджень. Микола Прокопенко народився 7 квітня 1924 р. в родині селянина – одноосібника в с. Квітки, Корсунь-Шевченківського району, Київської області.

Це був складний, буремний та трагічний період в житті народу України, який пов'язаний з результатами та наслідками громадянської війни, тривалою боротьбою

українського села проти ненависної радянської влади.

Значно складнішим стало життя родини Прокопенків, коли почалась епоха повальної колективізації українського села, під час якої забирали все, що було в родинному господарстві. У таких умовах сім'я залишалась без будь-яких засобів до існування. Але глобальна катастрофа як у селі, в якому проживала родина М. Прокопенка, так і в інших селах України почалась з осені 1932 р. коли радянська влада організувала і спланувала штучний голод-геноцид українського населення.

У цей період талановитій дитині було всього 8-9 років, і вже в ці юні роки він став свідком тих жахів, які на власні очі спостерігав трагедії села і навколишнього життя. Були втрати і в його родині. Однак, трагедії та жахи життя родини М. Прокопенка на цьому не закінчились.

З початком Другої світової війни, виникли нові випробування, які знову зруйнували мрії та плани юнака стати художником. Драматизм ситуації поглиблюється тим, що 19-річного юнака, на початку 1943 р., вивозять на примусові роботи до Німеччини, а пізніше – до Австрії. Після капітуляції Німеччини М. Прокопенко повертається до рідного села і знову юнак потрапляє в складні життєві умови, які створені підозрою, недовірою до людини, яка була вивезена окупантами на примусові роботи, тобто це був потенційний «ворог народу».

Розуміючи обставини життя, в які потрапила талановита молода людина, Микола змушений був виїхати до м. Дніпропетровська, де працював на будівництві з відновлення об'єктів народного господарства. Але мрія стати художником не залишала його і почала здійснюватись лише після вступу до Дніпропетровського художнього училища, де навчався протягом двох років, а в 1951 р. М. Прокопенко вступає до Київського художнього інституту, який успішно закінчив в 1956 р.

Під час навчання в інституті його вчителями були В. Касіян, І. Плещинський, К. Трохименко та інші відомі митці.

Після закінчення навчання М. Прокопенко був направлений на роботу до видавництва «Молодь» на посаду художнього редактора, де успішно працював і за цей період виконав ряд перспективних проектів, які допомогли йому стати членом Спілки художників України (1959 р.). Але надзвичайно складні і трагічні обставини життя в юності (1930-1946 рр.) сформували у митця особливе бачення дійсності життя. Всупереч радісних лозунгів влади, перспективних закликів вождів талановитий, думаючий художник знаходячись в колі однодумців, обговорював, знав та сприймав по-іншому дійсність оточуючого життя. Бачив злидні, убогість та нелюдські випробування, і не розумів оманливої радості політиків.

Особливий період (1960 – 1990 рр.) для існування України, творчих особистостей, життя людини в умовах тоталітаризму коли було організовано системну і цілеспрямовану компанію знищення української мови, культури (мистецтва, літератури, театру, кіно), з одночасним проведенням жорсткої тотальної русифікації суспільно-культурного життя. Безумовно, така суспільно-політична ситуація в країні негативно впливала на формування творчої особистості, на характер, зміст, композицію, мотиви та тематику творчих робіт, для яких обов'язковим і характерним є глибокі роздуми, пошуки істини, справедливості, яка постійно деформувалась реальною дійсністю. Враховуючи суспільно-політичну ситуацію в країні, художник-філософ зупиняє свій вибір на дослідженні історичної тематики та створює серію робіт за повістю І. Франка «Захар Беркут», яка об'єднана однією темою і сюжетною

лінією та складається з п'яти творів: «Мирні дні», «Тривога», «Бач, ми нападні», «Бій», «Ми перемогли».

Кожна з цих робіт наповнена глибоким філософським змістом, де майстерно розкрито трагізм події та силу духу народу. Досконалі технічні прийоми, композиційне вирішення, майстерне використання кольорів, власне прочитання і розуміння твору І. Франка, дозволили художнику передати бурхливі переживання персонажів твору. Події, нестримні пристрасті, в яких мить життя перетворюється на вічність. Зміст та ідейна спрямованість кожної роботи виділяється виразною, спланованою композицією, індивідуальним підходом, оригінальністю та складною технікою, виконаною в ахроматичних кольорах – від чорного до білого, через сірі відтінки ефектно використовуючи контрасти. Тим самим змушує глядача постійно відчувати психоемоційне напруження.

На серії цих робіт і в подальших творчих пошуках можна яскраво спостерігати активний вплив на митця соціально-політичної ситуації в країні, реального життя людини, її права в суспільстві. Усі ці фактори безпосередньо формують психоемоційний стан художника-філософа, його розуміння кольору та використання власної палітри при створенні інших, вражаючих своєю правдивістю робіт.

У колі однодумців-художників, Миколу Прокопенка виділяли як поета ахроматичного кольору, як художника-філософа. Природність і невимушеність в розвитку сюжетної лінії та в передачі окремих діючих осіб – це результат власних, цілеспрямованих творчих пошуків і напруженої, виснажливої роботи. У той же час, пошук в напрямку художньої форми постійно спрямований на створення в глядача відчуття, що подія, відтворена на форматі, відбувається безпосередньо перед глядачем і за його участю, а це дозволяє сконцентрувати його увагу і підсилити психоемоційний вплив на глядача.

Особливий етап у розвитку творчості митця, його майстерності був період створення портретів історичних особистостей та видатних людей України. Робота над створенням портрету змушувала художника глибоко вникати, вивчати, досліджувати обставини, оточення, людей, тим самим, значно розширюючи та збагачуючи своє розуміння психології, дії конкретного образу.

У портретах, виконаних художником, відчувається глибоке проникнення в індивідуальність створюваного образу і при цьому майстерно виділяються загальні риси, які відтворюють умови характерні для певної історичної епохи. У цих творах художник досягає високої майстерності у створенні багатограних і глибоко психологічних образів, використовуючи лише помітну зміну міміки обличчя, передаючи нюанси глибоких внутрішніх переживань. Така висока техніка та професіоналізм дозволяють художнику в кожному образі передати історію життя даної людини. Образна виразність кожного портрета, створених художником, досягається ефектним композиційним та колірним вирішенням. Вираз обличчя, написаних історичних постатей, створює враження живих, позбавлених будь-якої ідеалізації образів з яскраво вираженою гордістю і грізною внутрішньою силою, яка характерна для історичних українських особистостей.

Починаючи з 1970 р. країну поглинула епоха так званого застою в економічному розвитку. Але у сфері соціально-політичної дійсності спостерігається розширення та поглиблення тиску на українську творчу інтелігенцію. За найменший натяк незгоди з діями існуючого тоталітарного режиму людину арештовували і на довго кидали за ґрати. У таких

умовах існування художник знову звертається до історичної тематики та створює, за своїм художнім змістом, вражаючу епічну серію із шести визначальних робіт за мотивами історичного епосу «Слово о полку Ігоревім». Ця серія включала шість робіт з характерними назвами, а саме: «Літописець», «Похід Ігоря», «Перший бій», «Поразка», «Плач Ярославни», «За землю Русі». Кожна виконана сюжетна робота являє собою завершений художній твір з певною ідеологічною спрямованістю, де автор майстерно передає героїку минулих часів, патріотизм, самовідданість і самопожертву учасників тих подій. Художник, працюючи над цими роботами, дуже вдало зробив їх назви, стверджуючи цим споконвічний взаємозв'язок поколінь, роль і призначення художника у житті та долі свого народу. Живопис творів не виділяється багатством відтінків, тому що виконаний в ахроматичних кольорах, але така манера виконання дозволяє надати їм цілісний та правдивий характер і побудований на можливостях тонального живопису. Широке використання можливостей монохроматичного кольору, контрастна світлопередача значно підсилюють правдивість, життєвість історичної дійсності та її учасників.

Аналіз виконаної серії історичних творів дозволяє зробити висновок, що вони тісно пов'язані з традиціями жанрового живопису і стають одними із основних джерел для створення творів визначального, філософського і соціального змісту.

Проведений аналіз творчості цього періоду, дозволяє виділити високий рівень майстерності художника, яку можна добре відчутти як у композиційній побудові сюжету, так і в характері передачі динаміки руху, не тільки за допомогою ритму фігур (робота «Перший бій»), але також за допомогою майстерної передачі психоемоційного стану зображених персонажів твору.

Планетарна катастрофа на Чорнобильській АС (квітень 1986 р.) не додала оптимізму в житті суспільства і, відповідно, не могла не вплинути на характер творчості художника. Однак, в таких складних умовах життя суспільства почалась епоха так званої «перебудови», коли вже можна було пробувати створювати картини, які б реально передавали настрої суспільства та почуття художника, який пройшов надто складний життєвий шлях і все побачене і пережите постійно нагадувало про себе глибоко вражало митця.

У цей період художник створює серію робіт, під вражаючою назвою «Розкажіть мені, мамо...», в них з особливою правдивістю показане життя людини в нестерпних умовах тоталітарної держави, її безправність, в якій життя людини сприймається, як «тріска, яка летить, коли рубають ліс...». До цієї серії входить п'ять робіт, а саме: «Розкажіть мені, мамо...», «Читали і вірили...», «Вірили і мріяли», «Дума батька», «Англічанин-мудрець, а ми де і з ким?» (рис. 1).

Виконаний цикл робіт це приклад станкового живопису з використанням ахроматичної колірної гами. Художній потенціал станкового мистецтва - невичерпний, використовуючи багатство форм реального життя, найглибші пориви людської душі дозволяють узагальнювати події, факти, поєднуючись з витонченим, психологічним нюансуванням.

Драматизм, який характеризує жанрові твори художника, зовнішньо виражений стримано, але колір дозволяє створити в композиції різкий контраст і тим самим з'являється фон, щоб викликати найглибші переживання, привернути та затримати увагу глядача, до тієї чи іншої події та її учасників.



а)



б)

Рис. 1 Твори художника М. Прокопенка: а – «Англічанин-мудрець, а ми де і з ким?», 1988 р. (папір, темпера); б – «Портрет матері», 1979 р. (папір, гуаш)

Композиція кожного твору побудована на збереженні рівноваги, горизонталей і вертикалей, які перебувають в постійному протистоянні з динамічними штрихами, створюючи, виділяючи і моделюючи форму. У творах митця постійно формується і створюється протиборство контрастів, які виражені протистоянням чорного і білого кольорів, що дозволяє ефективно впливати на почуття глядача, тримаючи його в тривозі та очікуванні змін. Цей цикл робіт М. Прокопенка точно передає події, які боляче, з великими втратами перенесло українське суспільство, жертвою і свідком яких, був і сам художник. Зміст, композиції, колір робіт яскраво виділяють трагізм тих подій, нелегку долю людини і слугують пересторогою, закликом берегти Незалежність України, життя кожної людини, формуючи просту, зрозумілу вимогу, що держава для людини, а не людина для держави.

Продовжуючи соціально значимі теми для суспільства, не зупиняючись на досягнутому, продовжує працювати художник, створюючи вражаючі твори мистецтва, один із них має неабиякий вплив на глядача – триптих «У задумі».

Створенням цих робіт автор розкриває найгостріші соціальні проблеми, стан та жахливі умови життя звичайної людини вже в умовах незалежної України. Так в роботі «У задумі» на передньому плані зображена ще, далеко, нестара жінка з сумним зморшкуватим обличчям, в непарадному одязі, а голову її покриває ненова хустина, на ногах основне взуття сільської людини – кирзові чоботи. У цьому образі детально прописані натруджені руки, які ніколи не мають спокою. Композиційне вирішення, колірна гама, фон створюють у глядача гнітюче враження і глибоке не розуміння з безліччю запитань «чому саме так? Скільки ще все це буде продовжуватись? І коли це закінчиться?». Але друга робота «Дороги» не дає відповіді на питання, які художник ставить в першій роботі.

У роботі «Дороги» складний, драматичний сюжет, на передньому плані в

ахроматичній колірній гамі показано віз, запряжений парою змучених коней, які тягнуть його розбитою, загрозую, мокрою дорогою в нікуди (рис. 2). І тут художник голосно звертається до суспільства з питанням «хто винен?!».



а)



б)

Рис. 2. Твори художника М. Прокопенка: а – «Дороги», 1992 р. (папір, темпера);
б – «Село», 1992 р. (папір, вугілля)

У третій, вражаючій своїм глибоким філософським змістом, яскравою колірною гамою на темному фоні, своєю композиційно завершеною роботою «Нам би ще...» художник дає відповіді на всі гострі, постійні та нерозв'язані питання (рис. 3).



Рис. 3. Твір художника М. Прокопенка: «Нам би ще...», 1992 р., (полотно, темпера)

Робота виконана в яскравих хроматичних кольорах, де на передньому плані зображено прилавок придорожного або сільського базарчику. На цьому прилавку зображено багатства української землі, результати повсякденної важкої праці: калачі з маком, хліб, сало, яйця, пиріжки, банка сметани, перець гіркий, вінок цибулі, жовтобок

гарбузи, смугастий кавун, відро картоплі, а під столом, головний, діючий об'єкт – виразно зображені натружені руки жінок-трудівниць. Їхнє скромне, вбоге вбрання та незмінне, безформне взуття сільської жінки – кирзові чоботи.

Своєю роботою художник з відвертою прямою дає відповіді на всі запитання, які ставить дійсність, реальне життя всього суспільства назвою цієї роботи – «Нам би ще..!». Тобто, багатій країні з працьовитими людьми і з такою неможливо жахливою, ганебною бідністю, автор відкрито закликає і показує спосіб вирішення цих гострих соціально-політичних проблем, а саме: відсутність голови – професійної, патріотичної та національно свідомої, яка змогла б зробити прорив у соціально-економічному розвитку Незалежної України.

Кожна робота майстра, спрямована на думаючого глядача, ставлячи його перед глобальною проблемою моральності особистості, але також дає конкретні відповіді та шляхи подолання гострих, соціальних негараздів у сучасному суспільстві.

Висновки. Проведене дослідження та аналіз результатів творчості відомого художника, члена Співки художників України (з 1959 р.), Почесного громадянина м Корсунь-Шевченківського (з 1998 р.) М. Прокопенка, дозволяє зробити висновки та безпосередньо пов'язати залежність соціально-політичної обстановки в суспільстві, життєвий рівень та права людини (за період з 1917 – 1991 рр.) з характером, змістом, тематикою, композицією та колірною гамою завершених робіт.

У фондах Корсунь-Шевченківського національного культурно-історичного заповідника зберігається близько 2340 творів М. Прокопенка, а також твори художника знаходяться ще у 20 музеях України, в багатьох приватних колекціях в Україні та закордоном. Однак, необхідно виділити, це перше звернення до багатой спадщини відомого митця, яке складається з розмаїття тематики та напрямків творчої роботи, а саме:

- книжкова графіка (проілюстровано майже 200 творів класиків української та світової літератури);
- портрети визначних історичних особистостей України;
- сюжетні картини історичного та побутового змісту;
- начерки і замальовки різної тематичної спрямованості.

Аналіз творчості художника-філософа дозволяє зробити висновок, що роботи автора розкривають гострі, болючі соціально-політичні теми з жорсткою реальністю та правдивістю тих подій, які автор особисто пережив та був їх свідком.

Усі твори митця являють собою попередження, заклик до майбутнього покоління – не бути байдужим, а бути готовим боротись за свої права та гідне життя.

Список використаної літератури

1. Довідкова карта М.А. Прокопенко / Архів відділу художньої галереї. Корсунь-Шевченківського державного історико-культурного заповідника.
2. Бахмут А.І. Срібні роки образотворчого мистецтва на Корсунщині. Корсунь-Шевченківський, 2014 – 104с., фото: кольор, 4-б.

References

1. Dovidkova karta M.A. Prokopenko / Arhiv viddilu hudozhn'oï galerei. Korsun'-Shevchenkivs'kogo derzhavnogo istoriko-kul'turnogo zapovidnika.
2. Bahmut A.I. Sribni roki obrazotvorchogo mistectva na Korsunshhini. Korsun'-Shevchenkivs'kij, 2014 – 104s., foto: kol'or, 4 b.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВОРЧЕСТВА УКРАИНСКОГО ХУДОЖНИКА НИКОЛАЯ ПРОКОПЕНКА МУСИЕНКО В. А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Провести исследование творчества известного художника Н. Прокопенка и выполнить анализ этапов его становления и профессионального развития. Установить взаимосвязь и влияние социально-политической ситуации в обществе на содержание работ, композицию, характер и изменения цветового колорита творчестве художника.

Методика. Исследования базировались на основе анализа произведений художника, которые хранятся в фондах музея.

Результаты. Впервые раскрыты и проанализированы этапы становления и творческого развития художника Н. Прокопенка. Исследовано влияние социально - политического состояния общества, жизни человека на мотивы, содержание и изменения цветового колорита. Такое влияние проанализировано и раскрыто в каждой серии работ художника. Установлена зависимость психоэмоционального состояния художника от ситуации в обществе и жизни человека, его права в таких условиях.

Научная новизна. Определены основные этапы становления и развития профессионального мастерства известного художника Н. Прокопенка. Богатое наследие художника Н. Прокопенка впервые исследовано и раскрыта взаимосвязь этапов развития и становления мастера в соответствии с социально-политической атмосферой в обществе и ее влияние на психоэмоциональное ощущение художника, который реализует это состояние специфическими художественными приемами при создании новых творческих работ.

Практическая значимость. Установлена непосредственная взаимосвязь и зависимость социально-политической ситуации в обществе, уровня соблюдения прав человека, условий его жизни, которые имеют определяющее влияние на психоэмоциональное состояние художника, его принятие существующей действительности. Такое восприятие художником отражено в сюжетах, композиции, цветовом колорите, какие переданы у соответствующих его произведениях (книжная графика, исторические портреты, сюжетные произведения, наброски и зарисовки).

Ключевые слова: цвет, колорит, композиция, психоэмоциональное состояние, социально-политическая ситуация, сюжетные темы, творчество художника.

STUDY OF CREATIVE WORK OF UKRAINIAN PAINTER MYKOLA PROKOPENKO MUSIYENKO V.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. *To study creative work of a famous painter Mykola Prokopenko and to analyze the stages of his evolvement and professional development; to determine the interrelation and influence of socio political society situation on the content of his works, composition, nature and color change in creative work of the artist.*

Methods. *The studies are based on the analysis of works of the painter, which are stored in the holdings of the museum.*

Results. *Stages of evolvement and creative development of the artist Mykola Prokopenko were exposed and analyzed for the first time. The influence of socio political society situation and persons' life on motives, content and color change was studied. This influence was analyzed and disclosed in each series of works of the artist. The dependence of painters' emotional state on the society situation and persons' life, their rights under these conditions were established.*

Scientific novelty. *The main stages of evolvement and professional development of the famous painter Mykola Prokopenko were outlined. The rich legacy of the painter Mykola Prokopenko was studied for the first time, the interrelation of stages of development and creative development of the artist in accordance with the socio political society situation and its influence on psychoemotional perception of the artist who actualizes this state with specific artistic means while creating new creative works was established.*

Practical significance. *The direct interrelation and dependence of the socio political society situation was determined, as well as the level of observance of human rights, the living conditions which have a determining influence on psychoemotional state of the painter, his acceptance of the existing reality. Such perception of the artist is reflected in story, composition, color, which are reproduced in his works (book graphics, historical portraits, narrative works and sketches).*

Keywords: *color, composition, psychoemotional state, socio political situation, narrative themes, creative work of painter.*

УДК 72. 012. 8 + 747:728. 5

САФРОНОВА О.О., АГЛІУЛЛІН Р.М., ЧЕБИКІНА М.В.,
ВОЗНЮК А.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

ОСОБЛИВОСТІ ДИЗАЙНУ ГРОМАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ В УМОВАХ РЕНОВАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД БАШТОВОГО ТИПУ

Мета. Виявлення особливостей дизайну громадських приміщень в умовах реновації інженерних споруд баштового типу.

Методика. Використано методи: літературно-системного аналізу наукових публікацій за тематикою дослідження; функціонального, морфологічного та структурного аналізів інтер'єрів громадських приміщень на базі інженерних споруд баштового типу, узагальнення отриманих результатів дослідження.

Результати. Узагальнені фактори впливу на формування громадського простору в умовах реновації інженерних споруд баштового типу і визначені основні підходи до їх дизайну.

Наукова новизна. Визначені основні принципи дизайну громадських приміщень в умовах реновації інженерних споруд баштового типу.

Практична значимість. Виявлені основні фактори впливу на адаптацію споруд баштового типу під нові функції і обґрунтовані підходи до їх дизайну, які можуть бути використані у практичній діяльності дизайнера.

Ключові слова: реновація, споруди баштового типу, особливості адаптації, дизайн, водонапірна вежа, громадські приміщення.

Вступ. Будівництво споруд з вертикальним зонуванням на сьогоднішній день досить поширене. Це явище можна помітити в містах, де стрімко зростає щільність міської забудови, або найближчим часом очікують на її ріст. Переваги методу вертикального зонування полягають в реальній можливості досягнення економії площі забудови за умовами забезпечення зручного і безпечного доступу до об'єктів обслуговування. Крім того, приміщення з вертикальним зонуванням надають широкі можливості в організації простору за рахунок гнучкого планування. Тому особливий інтерес для реновації з впровадженням нової функції громадського призначення, представляють застарілі інженерні споруди баштового типу, яких в Україні велика кількість. До таких споруд, належать перш за все водонапірні башти, газгольдери, маяки та силоси. Але окрім того, що їх об'єднує вертикальне зонування, вони мають особливу геометрію архітектурного простору, що впливає і на формування інтер'єру.

Питання реновації промислових споруд сьогодні активно обговорюються в наукових публікаціях. Визначаються основні поняття цього напрямку містобудівного проектування, розглядаються фактори впливу на прийняття рішень щодо реновації промислової споруди, підходи до її адаптивного використання в архітектурному середовищі та методи реконструкції. Так, у роботах С.О. Іванова-Костецького [1], А.А. Яковлева [2] запропоновані класифікації основних факторів, що впливають на архітектурну адаптацію промислових споруд під нові функції. Підходи та методи їх перепланування висвітлені у наукових працях Ю.С. Соколовської [4], М.А. Вотінова [6] та С.В. Семенцова [5]. Аналіз закордонного досвіду реновації ряду споруд під нові функції розглянули К.П. Войтенко, А.Є. Бовдуй та

Л.Р. Гнатюк [7], О.П. Олійник [3]. В роботі Назарової М.В. [8] наведені приклади реновації інженерних споруд баштового типу з малим та великим об'ємом баку.

Зазначимо, що на відміну від реновації приміщень промислових споруд (фабрики, заводи, тощо) під нові функції, питанню дизайну громадського простору в умовах реновації інженерних споруд баштового типу, не приділено достатньої уваги.

Метою статті є виявлення особливостей дизайну громадських приміщень в умовах реновації інженерних споруд баштового типу.

Основна частина. В країнах Європи, США та Австралії існує багатий досвід реновації споруд баштового типу під громадські функції, на відміну від України, де відомі одиничні приклади такої реновації, в основному під функції музеїв (Музей води в м. Києві, Етнографічний музей у водонапірній башті у м. Глухові, Музей пам'яті воїнів Вінниччини, загиблих у Афганській війні у м. Вінниці), незважаючи на велику кількість застарілих інженерних споруд, виведених з експлуатації.

Системний підхід до рішення питання щодо реновації промислових споруд під нові громадські функції передбачає врахування взаємодії комплексу містобудівних аспектів з рядом інших, що безпосередньо пов'язані з архітектурно-планувальними особливостями споруди. На основі узагальнення наукових досліджень ряду авторів [1, 2] і аналізу досвіду реновацій, розроблено схему (рис. 1.), в якій представлені основні фактори впливу на реновацію інженерних споруд баштового типу.

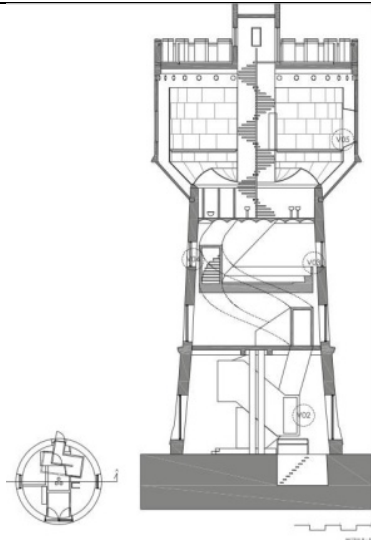
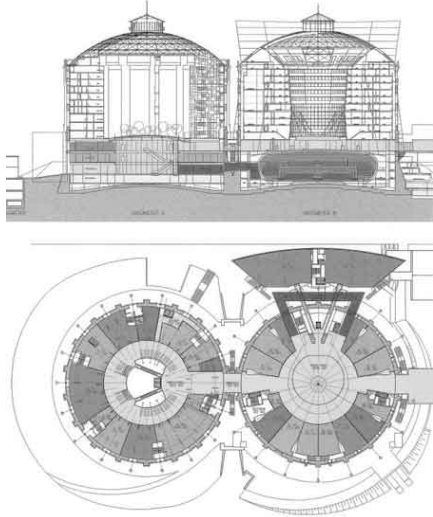
Зовнішні фактори	Внутрішні фактори
Містобудівельні локалізація в міському середовищі, розвиток комунікацій	Функціонально - планувальні можливість <i>адаптації</i> нових функцій, освоєння підземного простору, розвиток інженерної інфраструктури
Історико– культурні історична цінність, архітектурна виразність	Об'ємно – планувальні наявність планувальних обмежень, врахування обмежень і переваг об'ємно-просторової структури, наприклад, наявність безопорного простору
Матеріальні відсоток збереженості основних конструкцій, їх міцність	Конструктивно – матеріальні існуючі конструктивні схеми і можливість їх адаптації, наприклад, підвищення поверховості забудови; уніфікація
Природно – екологічні забрудненість навколишнього середовища	Економічні і технологічні економічність архітектурно-будівельних і функціонально-технологічних рішень, економічна ефективність нових виробничих процесів, характер інвестицій, можливість застосування сучасних безвідходних та екологічних технологій
Соціологічні затребуваність нової типології, можливість створення нових робочих місць	
Художньо - естетичні єдність архітектурних рішень в організації простору, місце в системі міського ансамблю.	

Рис. 1. Фактори впливу на реновацію промислової споруди під громадські функції

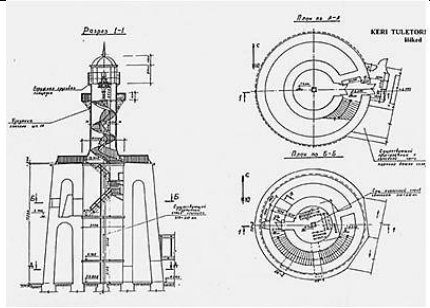
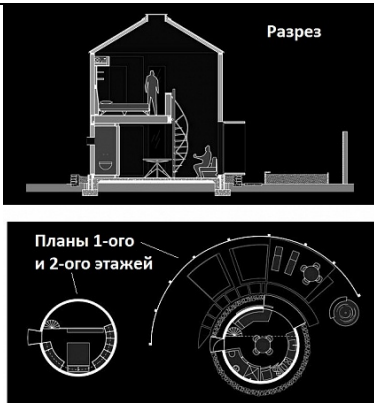
Проведений аналіз показав, що вихідна геометрія внутрішнього простору споруди впливає на особливості просторово-функціонального зонування громадських приміщень, які формуються на їх базі (Табл.1.).

Таблиця 1

Вплив геометрії простору на напрямки реновації споруди залежно від її типу

Геометрія простору	Схематичне зображення	Напрямки реновації
<i>Тип споруди: Водонапірна башта</i>		
Конструкція водонапірної вежі складається з ємкості («барабану») і баштового циліндричного ствола. Діаметр верхньої частини зазвичай більший ніж нижньої. Висота опорної частини від 6 м до 50 м. Ємкість резервуара від 15 до 3000 м ³		Завдяки такій геометрії приміщення можна поділити на поверхи. Більша частина водонапірних веж реконструюється під музеї, житлові будинки та готелі невеликої чисельності, що запобігає великому потоку людей та перетину зон.
<i>Тип споруди: Газгольдер</i>		
Споруда в залежності від тиску поділяється на групи: - циліндричні газгольдери зі сферичними днищами; - сферичні газгольдери. Максимальна висота газгольдера - 18 м. Об'єм баку газгольдера може досягати 90 000 м ³ , в діаметрі - до 60 м.		Беручи до уваги геометрію інтер'єру газгольдера (приміщення округле в плані, великого діаметру), на його базі проєктують поліфункціональні громадські приміщення з об'єднаним простором і можливістю внесення динамічних предметно-просторових змін, наукові чи виставкові центри, музеї тощо. Відомі випадки реновації під житлові будинки і готелі.
<i>Тип споруди: Маяк</i>		

Продовження таблиці 1

Конструкція маяка складається з колони, вахтової кімнати та ліхтарного приміщення. Висота різна, залежно від місцевості - від 20 м до 30 м і більше.		В маяках проєктують музеї. В деяких випадках поруч з маяками облаштовують приміщення, які використовуються під житлові будинки.
Тип споруди: Силос		
Силос має циліндричну форму з конічним днищем. Діаметр - від 6 м до 18 м. Висота - до 43 м.		Геометрія простору схожа на газгольдер, але враховуючи висоту, на їх базі проєктують великі розважальні центри. Зустрічаються випадки реновації під житло великої і середньої етажності.

Досвід реновації споруд з вертикальним зонуванням у світі постійно розширює свої межі. Плануючи реновацію споруди під нові громадські функції, перш за все враховують історичну цінність об'єкта. Якщо споруда – відноситься до архітектурної спадщини, то її екстер'єр та інтер'єр залишають абсолютно незмінними, як це, наприклад, зроблено у музеях води в Києві, Лондоні, Петербурзі. В інших випадках допустима як часткова, так і повна реконструкція споруди, тому що незважаючи на переваги вертикального зонування, її конструктивні особливості можуть накладати певні обмеження на організацію інтер'єрного простору громадського приміщення, пов'язані перш за все з нормативними вимогами до його функціонального зонування. Так, архітектурна адаптація споруди під нові функції, часто супроводжується впровадженням додаткових конструктивних елементів в існуючі конструкції споруди для створення нової об'ємно-просторової композиції. Можлива як часткова, так і кардинальна зміна зовнішнього вигляду споруди за рахунок створення і додавання сучасної вхідної групи, нових сходів (наприклад, евакуаційних).

Виявлено наступні типологічні напрямки реновації баштових споруд: створення музеїв (часто в комплексі з збереженням і експонуванням унікального технічного обладнання) у разі історичної цінності споруди; перетворення під нові функції: житлові (елітне житло, індивідуальне житло, студентські гуртожитки, готелі); громадські приміщення різного напрямку діяльності (громадського харчування, офісні центри, архіви, художні майстерні); поліфункціональні центри (культурно-розважальні, спортивно-розважальні, музейно-виставкові), змішані (поєднання житлових і громадських функцій, науково-виробничі центри).

Залежно від нового призначення, вертикальне зонування споруди дає можливість або створити багатоповерховий простір, або підкреслити масштабність інтер'єру, надати

емоційне забарвлення музею, культурно-розважальному, спортивному комплексу за рахунок висоти стелі або атріуму, впровадження сучасних матеріалів і технологій освітлення (рис.2).

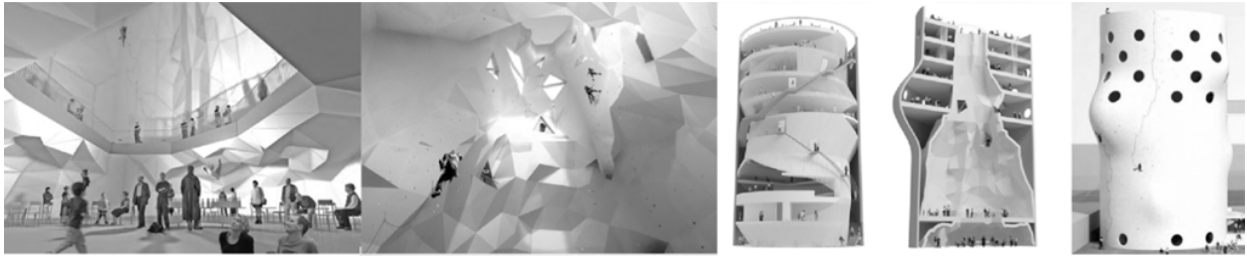


Рис. 2. Реновація силоса під розважальний центр Zeeburg в м. Амстердам

На наведених нижче прикладах показано, що в підходах до дизайну максимально використовують конструктивні властивості споруди. Часто інтер'єри проектують у відповідності до сучасних тенденцій, залишаючи відкритими опорні конструкції та цегляну кладку (рис. 3). Аби максимально зберегти природне освітлення, створюють скляні фасади (рис.4, рис. 5). Якщо споруда має недостатню інсоляцію, використовують засоби світлового дизайну, функціонального зонування (у найменш освітлених місцях розташовують підсобні приміщення, кінозали, конференц-зали, кухні тощо, рис. 5).



Рис. 3. Реновація вежі з великою ємністю резервуару під готель Movenpick в м. Гамбург

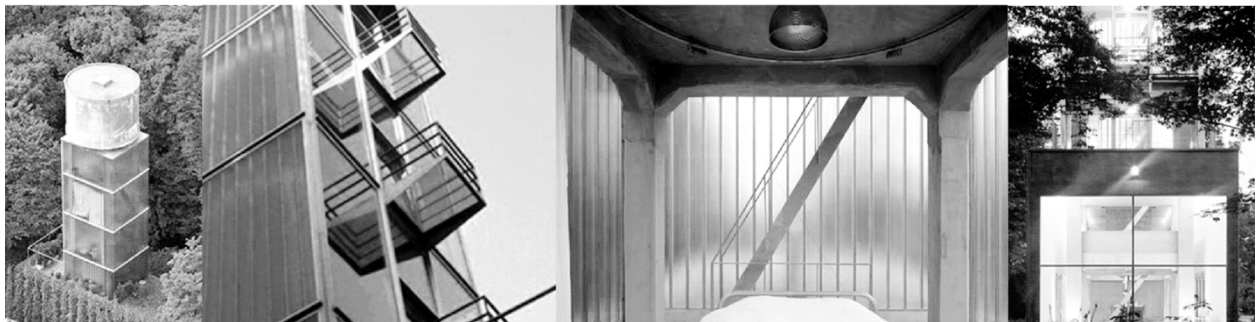


Рис. 4. Реновація вежі з малою ємністю резервуара Woning Moereels в м. Антверпен



Рис. 5. Реновація газгольдера під офіс компанії Біо – Rad, м. Москва

В залежності від діаметру та масштабності споруд, їх внутрішній простір можуть розширити візуально не тільки за допомогою монтажу та демонтажу, але і використовуючи психологічні особливості сприйняття кольору. Наприклад, використання в інтер'єрі світлих кольорів, візуально розширює простір (рис. 5, рис. 6)



Рис. 6. Реновація водонапірної вежі під житловий будинок в м. Стіноккерзіл

Як приклад системного підходу до реновації і дизайну застарілої споруди баштового типу, були розглянуті варіанти реновації водонапірної вежі, що не має історичної цінності і знаходиться в Голосіївському парку міста Києва. Втративши свої першочергові функції, споруда пустує. Вежа цегляна, була побудована в 1955 році за проектом інституту «Київпроект», має висоту 35 м, внутрішні гвинтові сходи, мінімальне освітлення. В 2005 р. у вежі обвалився дах.

На основі проведеного аналізу (за схемою, рис. 1) були отримані наступні висновки: реновація під ресторанний комплекс – варіант з максимальними витратами. Для нього потрібно проектувати додатковий вихід для прийому товару, передбачити можливість розміщення приміщень для зберігання сировини та готової продукції і інших службових приміщень, яких у закладі харчування налічується велика кількість. Приміщення зберігання продуктів повинні мати безпосередній зв'язок із завантажувальною і бути ізольованими від сторонніх. У залах, основних виробничих і адміністративних приміщеннях рекомендується мати природне освітлення (бічне, верхнє). Така реновація потребує реконструкції як внутрішнього простору, так і фасаду споруди. Ще один варіант з максимальними витратами – це реновація під готель. Для нього потрібне зонування, яке включатиме, як мінімум 7 номерів, вестибюль та приміщення для зустрічі гостей, засоби комунікації, а також приміщення для персоналу та кухні, яке теж потребує зон для прийому товару, зберігання та приготування їжі та інші зони. Норми інсоляції для готелів не такі жорсткі, як для приміщень житлового фонду. Реновація під житловий будинок – теж варіант з максимальними витратами, який потребує своїх добудов та комунікацій. Не варто забувати про пожежні норми, норми опалення, вентиляції та кондиціонування, інсоляції. На сьогодні один з факторів, які безпосередньо впливають на адаптацію споруди під нові функції, являється орієнтація на споживача та соціальну затребуваність закладу. Будівля знаходиться в районі з великою кількістю гуртожитків, тобто основний контингент району – студентська молодь. Спостереження за поведінкою, проведені співбесіди і опитування молодих людей, мешканців району, показали актуальність реновації вежі під спортивно-розважальний комплекс з секцією скелелазіння, тим більше що молодь вже почала освоювати простір споруди. На базі такого комплексу можна організувати також: коворкінг-зону, оглядовий майданчик, кафе, розважальну та спортивну зону з найменшими витратами на реновацію і реконструкцію.

Висновки. Проведений аналіз показав, що дизайн інтер'єру громадських закладів в умовах реновації споруд баштового типу треба розглядати у невідривному зв'язку з архітектурно-просторовими рішеннями споруди. Геометрія простору: вертикальне зонування, округла або близька до округлої форма споруд в плані, дозволяють створювати на їх базі комфортні громадські простори поліфункціонального призначення, багатоповерхові житлові будинки і готелі залежно від вихідних параметрів споруди. Основні принципи дизайну такого простору: підтримка емоційної атмосфери при забезпеченні вимог до його функціональності, ергономічності, екологічності та естетичності. Орієнтація на споживача та соціальну затребуваність закладу – необхідна складова прийняття рішення про типологічний напрям реновації і вибір засобів дизайну.

Список використаної літератури

1. Іванов-Костецький С.О. Архітектурно – функціональна реабілітація історичної індустріальної архітектури [Текст] / С.О. Іванов-Костецький // Вісник Національного університету «Львівська Політехніка». Архітектура. – 2013. – № 757. – С. 189-192.
2. Яковлев А.А. Архитектурная адаптация индустриального наследия к новой функции [Текст] : автореф. дис. ... канд. Архитектуры: 05.23.21 / А.А. Яковлев. – Н.Новгород, 2014. – 24 с.
3. Олійник О.П. Особливості реновації промислових об'єктів (закордонний досвід) [Текст] / О.П. Олійник // Теорія та практика дизайну: Збірка наукових праць. Технічна естетика. – 2015. – Вип.7. – С. 169-177
4. Соколовська Ю.С. Об'ємно – планувальні принципи і методи реновації масової житлової і громадської забудови [Текст] / Ю.С. Соколовська // Науковий журнал «Молодий вчений». – 2016. – № 1, частина 3. – С. 80-86
5. Семенцов С.В. Реконструкция производственного здания в исторической застройке: метод. указания / С.В. Крылова; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 38с.
6. Вотинов М.А. Основные направления гуманизации промышленных объектов в городской среде [Текст] / М.А. Вотинов // Вісник: проблема архітектури і містобудування. – 2014. – Вип.2. – С.6
7. Войтенко К.П. Особливості реконструкції водонапірної вежі під готельно-ресторанний комплекс в історичному центрі м. Житомира [Текст] / К.П. Войтенко., Л.Р. Гнатюк // Теорія та практика дизайну: Збірка наукових праць. Технічна естетика. – 2015. – Вип.8. – С. 68-73
8. Назарова М.В. Современный опыт реконструкции объектов промышленной архитектуры под жильё (Европа, США, Австралия) [Текст] / М.В. Назарова // Статья. Архитектурное проектирование. История, теория, практика. – 2013. – С.1-13
9. Umods. Все о архитектуре и дизайне [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://umods.ru/architecture/sovremennyyi-dom-iz-vodonapornoi-bashni-v-antverpene>
10. Бойкон Д. Исследовательский центр ННН/Газгольдер / Д. Бойкон [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.db-arch.de/_1ru.html
11. Шварц М. Венские газометры – уникальный «город в городе» / М. Шварц [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://venagid.ru/18199-gasometers>
12. Kaiser Ch. From grain silo to a comfortable home / Ch. Kaiser [Electronic resource]. Mode of access: <http://theownerbuildernetwork.co/house-hunting/recycled-homes/silo-conversion/>
13. Annie M.G. Silos Zeeburg / M.G. Annie [Electronic resource]. Mode of access: <http://aronsengelauff.nl/cultural/silos-zeeburg>

References

1. Ivanov-Kostetskyi S.O. (2013) *Arkhitekturno – funktsionalna reabilitatsiia istorychnoi industrialnoi arkhitektury* [Architecture - functional rehabilitation of historic industrial architecture]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska Politehnika»*, no. 757, pp. 189-192 [in Ukrainian].
2. Yakovlev A.A. (2014) *Arkhitekturnaya adaptatsiya industrialnogo naslediya k novoy funktsii* [Architectural adaptation of the industrial heritage to new functions] (PhD Thesis), N.Novgorod: Nizhegorodskiy gosudarstvennyy arkhitekturno – stroitelnyy universitet [in Russian].
3. Oliinyk O.P. (2015) *Osoblyvosti renovatsii promyslovykh ob'ektiv (zakordonnyi dosvid)* [Features of the renovation of industrial facilities (overseas experience)]. *Teoriia ta praktyka dyzainu: Zbirka naukovykh prats*, vol. 7, pp. 169-177 [in Ukrainian].
4. Sokolovska Yu.S. (2016) *Obiemno – planuvalni pryntsypy i metody renovatsii masovoi zhytlovoi i hromadskoi zabudovy* [Volume - planning principles and methods of mass renovation of residential and public buildings]. *Naukovyi zhurnal «Molodyi vchenyi»*, vol. 1, no. 3, pp. 80-86 [in Ukrainian].
5. Sementsov S.V. (2010) *Rekonstruktsiya proizvodstvennogo zdaniya v istoricheskoy zastroyke: metod. ukazaniya* [Reconstruction of an industrial building in the historic building: the method. instructions] Sankt – Peterburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet [in Russian].
6. Votinov M.A. (2014) *Osnovnye napravleniya gumanitatsii promyshlennykh ob'ektov v gorodskoy crede* [The main directions of the humanization of industrial facilities in the urban space]. *Vestnik Donbasskoy natsionalnoy akademii stroitelstva i arkhitektury*, vol. 2, pp. 114-119 [in Russian].
7. Voitenko K.P., L.R. Hnatiuk (2015) *Osoblyvosti rekonstruktsii vodonapirnoi vezhi pid hotelno-restoranni kompleks v istorychnomu tsentri m. Zhytomyra* [Features of reconstruction of the water tower in the hotel-restaurant complex in the historic center of Zhitomir]. *Teoriia ta praktyka dyzainu: Zbirka naukovykh prats*, vol. 8, pp. 68-73 [in Ukrainian].
8. Nazarova M.V. (2013) *Sovremennyy opyt rekonstruktsii ob'ektov promyshlennoy arkhitektury pod zhile (Yevropa, SShA, Avstraliya)* [Modern experience of reconstruction of industrial architecture sites for housing (Europe, USA, Australia)]. *Arkhitekturnoe proektirovanie. Istoriya, teoriya, praktika*, pp. 1-13 [in Russian].
9. Umods. Vse o arkhitekture i dizayne [All of the architecture and design]. Retrieved from: <http://umods.ru/architecture/sovremennyyi-dom-iz-vodonapornoj-bashni-v-antverpene> [in Russian].
10. Boykon D. Issledovatel'skiy tsentr HHN/Gazgolder [Research Center HHN / Gasometer]. Retrieved from: http://www.db-arch.de/_1ru.html [in Russian].
11. Shvarts M. Venskie gazometry – unikalnyy «gorod v gorode» [Gasometer, Vienna - a unique "city within a city"]. Retrieved from: <http://venagid.ru/18199-gasometers> [in Russian].
12. Kaiser Ch. From grain silo to a comfortable home / Ch. Kaiser [Electronic resource]. Retrieved from: <http://theownerbuildernetwork.co/house-hunting/recycled-homes/silo-conversion/>
13. AnnieM.G. SilosZeeburg / M.G. Annie [Electronic resource]. Retrieved from: <http://aronsengelauff.nl/cultural/silos-zeeburg>

ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙНА ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РЕНОВАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ БАШЕННОГО ТИПА

САФРОНОВА Е.О., ВОЗНЮК А.Н., АГЛИУЛЛИН Р.М., ЧЕБЫКИНА М.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Выявить особенности дизайна общественных помещений в условиях реновации инженерных сооружений башенного типа.

Методика. Использованы методы: литературно-системного анализа научных публикаций по теме исследования; функционального, морфологического и структурного анализа интерьеров общественных помещений на базе инженерных сооружений башенного типа, обобщение полученных результатов исследования.

Результаты. Обобщены факторы влияния на формирование общественного пространства на базе инженерных сооружений башенного типа и определены основные подходы к их дизайну.

Научная новизна. Определены основные принципы дизайна общественных помещений в условиях реновации инженерных сооружений башенного типа.

Практическая значимость. Выявлены основные факторы, влияющие на адаптацию сооружений башенного типа под новые функции и обоснованы подходы к их дизайну, которые могут быть использованы в практической деятельности дизайнера.

Ключевые слова: реновация, сооружения башенного типа, особенности адаптации, дизайн, водонапорная башня, общественные помещения.

DESIGN FEATURES OF PUBLIC SPACES IN THE RECONSTRUCTION OF TOWER STRUCTURES

SAFRONOVA E.O., VOZNYUK A.M., AGLIULLIN R.M., CHEBIKINA M.V.

Kiev national university of technologies and design

Purpose. To identify design features in public buildings under renovation of engineering structures tower.

Methodology. Literary and system analysis of scientific publications on the subject of the study; functional, morphological and structural analysis of interior public spaces at the tower engineering structures, generalization of the results of the study.

Findings. Factors influence the design of public space, the basic design approaches.

Originality. Basic principles of designing public spaces in the reconstruction of tower structures.

The practical value. Discovered factors influencing adaptation tower structures for new functions and intelligent approaches to their design, which can be used in the practice of the designer.

Keywords: renovation, reconstruction, tower building, feature adaptation, design, public spaces, water tower.