

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІСНИК

**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

Серія «Технічні науки»

№ 2 (120), 2018

DOI:10.30857/1813-6796.2018.2

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

Київ 2018

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 (120)
2018**

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

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

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

ISSN 1813-6796

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

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, Crossref

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

Тематична спрямованість журналу «Вісник КНУТД»: Мехатронні системи. Ресурсозбереження та енергоефективність. Матеріалознавство індустрії моди, технологій виробництва текстилю, одягу та взуття. Хімічні та біофармацевтичні технології

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.edu.ua

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

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну, протокол № 8 від 25.04.2018 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 (120), 2018

DOI:10.30857/1813-6796.2018.2

Scientific Specialized Edition

Issued: 6 times a year

Founded: December, 1999

Kyiv 2018

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 (120)
2018** 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.

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, Crossref

**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

Scientific fields: Energy Efficiency and Resource-saving Technologies. Material science in the textile, clothing and footwear manufacturing industries. Chemical and biopharmaceutical technologies

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.edu.ua

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

Recommendations from Science Council of Kyiv National University of Technologies and Design, Protocol № 8, originating date 25.04.2018.

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. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

1. **БЕРЕЗІН Л. М.** Узагальнення динамічних досліджень до визначення навантаженості в'язальних голок 9
2. **ЧУПРИНКА В. І., ЗЕЛІНСЬКИЙ Г. Ю., ЧУПРИНКА Н. В.** Метод автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки для проектування схем розкрою листових матеріалів 17
3. **ШВАЙЧЕНКО В. Б., ГРЕБІНЬ О. П., ЛЕВЕНЕЦЬ Н. Ф.** Модель процесу відновлення інформації з ушкоджених носіїв 26

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ІНДУСТРІЇ МОДИ, ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ТЕКСТИЛЮ, ОДЯГУ ТА ВЗУТТЯ

4. **СЕМЕШКО О.Я., СКАЛОЗУБОВА Н.С., АСАУЛЮК Т.С., САРІБСКОВА Ю.Г.** Дослідження змочувальної здатності поверхнево-активних речовин у процесі промивання бавовняного трикотажу 38

ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

5. **ДЕНДУРА О. В., ЧЕРНИШ О. В., ХОМЕНКО В. Г., БАРСУКОВ В. З.** Можливості використання вітчизняного природного графіту для виготовлення літій-іонних акумуляторів 45
6. **САБЛІЙ Л. А., КОРЕНЧУК М. С., КОНОНЦЕВ С. В.** Аналіз ефективності застосування роторних аераторів при очищенні води у системах з оборотним водопостачанням 56

УДК 677.055.548

БЕРЕЗІН Л. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

УЗАГАЛЬНЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДО ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ В'ЯЗАЛЬНИХ ГОЛОК

Мета. Узагальнення динамічних досліджень в'язального механізму шкарпеткових автоматів на прикладі в'язальних голок для отримання теоретичних відомостей про спектр їх навантажень для подальших розрахунків на втомленісну довговічність в детермінованому та ймовірнісному аспектах.

Методика. Використовуються методи опису та аналізу складних технічних систем для аудиту множини динамічних розрахунків стосовно взаємодії в'язальних голок з різними за призначенням клинами.

Результати. Розглядається можливість застосування на етапі проектування динамічних моделей взаємодії голок в в'язальній системі для отримання кількісної картини їх навантаженості та встановлення зони раціональних конструктивних параметрів системи при заданій втомленісній довговічності голок.

Наукова новизна. Полягає в подальшому розвитку теорії і методології математичного забезпечення для проектування швидкісних шкарпеткових автоматів щодо комплексної оцінки та аналізу уточненого спектру навантажень стосовно довговічності в'язальних голок за критерієм втомленісної міцності.

Практична значимість. Представлена інформація сприяє комплексному підходу до аналітичного визначення спектру навантажень, що підвищує якість та ефективність проектних рішень по забезпеченню заданої втомленісної довговічності голок в широкому діапазоні швидкісних режимів шкарпеткових автоматів.

Ключові слова: проектування, розрахунок, динамічні моделі, в'язальна голка, клин шкарпеткового автомату.

Вступ. Визначальною для надійності шкарпеткових автоматів (ША) є довговічність в'язальних голок, відмови яких мають передусім втомленісні руйнування гачків. Голки відносяться до деталей, що є критеріальними за розмірами, оскільки забезпечення необхідних запасів їх міцності не можливе збільшенням небезпечного перерізу їх гачка через технологічні вимоги. Тому проектування в'язальних голок виконують не за запасом міцності, а за обмеженою, попередньо заданою довговічністю. Однією з складових комплексного підходу визначення показників надійності та довговічності голок на втомленісну міцність є аналіз динамічних процесів в в'язальному механізмі ША, результати якого надалі використовуються для обчислення характеристик навантаженості голок та забезпечують єдність та цілісність методики розрахунку, починаючи від динамічної моделі та закінчуючи визначенням надійності.

Постановка завдання. Навантаженість голок ША представляється парою параметрів [1], які замінюють широкий спектр навантажень голки при взаємодії з клинами в'язального механізму на різних швидкісних режимах, а саме: розрахункове напруження σ_p та еквівалентне число циклів навантажень $N_{екв}$ - при попередніх розрахунках довговічності голок або еквівалентне напруження $\sigma_{екв}$ та задане число циклів навантажень N_p до руйнування - в перевірних розрахунках. Обчисленню параметрів навантаженості передують

визначення сукупності ударних навантажень голок та їх відповідне число циклів до втомленісного руйнування.

Визначення навантажень голок при взаємодії з нахиленими клинами замкової системи представлено в бібліографії монографії [2], де передусім розглядаються фактори впливу на динамічні процеси в замкових системах з виключно нахиленими клинами круглов'язальних машин. Тому можна стверджувати, що представлені моделі не є уніфікованими, що значно ускладнює роботу проектувальників ША.

Огляд робіт з надійності [1,3,4] дозволяє зробити висновок, що в більшості випадків характеристики навантаженості деталей вважаються заданими або їх визначають експериментально, як правило, через відсутність алгоритму застосування результатів динамічного аналізу.

Метою статті є узагальнення динамічних досліджень в'язального механізму шарпеткових автоматів на прикладі в'язальних голок для отримання теоретичних відомостей про спектр їх навантажень для подальших розрахунків на втомленісну довговічність в детермінованому та ймовірнісному аспектах.

Результати дослідження. При відсутності експериментальних даних в розрахунках навантаженості в'язальних голок використовують результати аналітичних досліджень їх динамічних навантажень при взаємодії з клинами різними за призначенням та з урахуванням специфіки голок. Відмінність в'язальних голок в ША полягає в наступному: стержням голок надають попередній згин, щоб унеможливити їх самовільне опускання в пазах циліндру; голки сприймають ударне навантаження при взаємодії як з нахиленими, так і горизонтальними обмежувальними клинами; п'ятки голок мають можливість відскоку від нахилених поверхонь клинів при інтенсифікації швидкісних режимів, що відповідно впливає на збільшення циклів навантаження.

В [5] представлена динамічна модель ударної взаємодії п'яток голок з нахиленими клинами в'язальної системи ША виду:

$$F_{max} = e^{-h \cdot t_{max}} - V_x \cdot \operatorname{tg} \alpha \sqrt{\frac{m \cdot C_{np}}{(1 - \frac{\delta^2}{4\pi^2}) \cdot (1 + K_c)}} + \frac{1}{1 + K_c} (F_o + 2h \cdot V_x - \operatorname{tg} \alpha \cdot m) \quad (1)$$

де m - приведена маса, яку прирівнюють до маси голки (для стандартних голок поз. 0-1305, 0-1306 та 0-1308 ША середнього класу маємо $m = 0,6 \cdot 10^{-3}$ кг);

C_{np} , h - приведена жорсткість голки при боковій взаємодії п'ятки з нахиленою поверхнею клина та коефіцієнт демпфірування (визначаються при розрахунку пружно-дисипативних характеристик за даними експерименту [2] та становлять $C_{np} = 5,31 \cdot 10^4$ Н/м, $h = 565$);

K_c - коефіцієнт, що враховує вплив згину стержня та п'ятки голки в момент удару;

V_x - колова швидкість п'ятки голки на поверхні циліндру;

α - кут нахилу профілю робочої ділянки клину (задається при проектуванні);

F_o - сила опору руху голки в пазу (в розрахунках доцільно приймати $F_o = 6,4$ Н);

δ - логарифмічний декремент коливань (визначається за осцилограмою затухаючих коливань ударного процесу та становить $\delta=0,43$).

Для спрощення розрахунків, враховуючи, що час ударної взаємодії п'ятки голки з клинами $t_{max} = \pi / 2 \sqrt{(K_c C_{np} / m)(1 - \delta^2 / 4\pi^2)} < 2,88 \cdot 10^{-4}$ С, можливо прийняти припущення $e^{-ht_{max}} = 1$, що входить в запас міцності.

Формулу (1) представляють для зручного використання в замкнутій уніфікованій формі поліному, який отримують чисельно-аналітичним методом з використанням обчислювального експерименту виду [2]:

$$\begin{aligned} F = & 12,55 - 5,164V_x - 0,460\alpha + 4,984 \cdot 10^3 m + 20,829K_c + 0,149F_o - \\ & - 1,142 \cdot 10^{-4} C_{np} + 4,395 \cdot 10^{-3} \alpha^2 + 53,288K_c^2 + 0,055F_o^2 + 0,182V_x \cdot \alpha + \\ & + 6,892 \cdot 10^{-5} V_x \cdot C_{np} + 2,521 \cdot 10^{-6} \alpha \cdot C_{np} - 2,119K_c \cdot F_o \end{aligned} \quad (2)$$

де значення верхнього та нижнього рівнів для кожного із змінних факторів вибрані таким чином, щоб охопити всю гаму нових та перспективних конструкцій в'язальних механізмів ША середнього класу, а саме: $\{0,55 \leq V_x \leq 1,7\}$ м/с; $\{25 \leq \alpha \leq 55\}$ град.; $\{0,45 \leq m \leq 0,75\}$ кг; $\{3,8 \leq F_o \leq 9,0\}$ Н; $\{-0,3 \leq K_c \leq -0,1\}$; $\{1,0 \leq C_{np} \leq 6,0\}$ Н/м.

Модель (2) дозволяє аналізувати вплив факторів на величину навантаження та розглядати навантаження як функцію випадкового аргументу в розрахунках надійності. В останньому випадку за випадкову величину приймають силу опору F_o руху голки в пазу циліндру, величина якої змінюється в широких межах.

Після підстановки в (2) проектних значень параметрів конструкції в'язальної системи можна отримати спрощені залежності, наприклад як для ША серії ГАММА:

- для нахиленого, замикального клину, що підіймає голку до повного заклучення ($\alpha_{nd} = 38^\circ$):

$$F = 0,382F_o + 0,055F_o^2 + 3,062 + 4,166V_x \quad (4, a)$$

- для нахиленого, кулірного клину, що опускає голку при утворенні петлі ($\alpha_{кл} = 47,5^\circ$)

$$F = 0,509F_o + 5,47 \cdot 10^{-2} F_o^2 + 3,29 + 5,891V_x \quad (4, б)$$

В розрахунках голок на втомленісну довговічність визначальним також є питання кількості циклів навантаження. При їх обрахунку необхідно враховувати можливості відскоку п'яток голок від клинів з нахиленою робочою поверхнею та при вертикальній взаємодії голок з горизонтальними обмежувальними клинами.

В [6] встановлено колові швидкості голкового циліндру, при яких можливий розрив кінематичної пари п'ятка голки – клин після їх удару:

$$V_x \geq F_o / \operatorname{tg} \alpha (\sqrt{m \cdot C_{np} \cdot K_c / (1 - \delta^2 / 4\pi^2)} - 2h \cdot m) \quad (5)$$

що призводить до збільшення циклів навантаження. Таким чином, при проектуванні в'язальних механізмів ША при інтенсифікації швидкості необхідно попередньо за формулою (5) перевіряти можливість повторного удару голки з нахиленими клинами.

При утворенні найбільш вживаного жакардового переплетення переміщення голок розподіляють за двома траєкторіями: відібрані голки після опускання з рівня замикаання клином з нахилою робочою поверхнею сходять з клину з сталою переносною швидкістю п'ятки голки $V_{ycm} = V_x \cdot \tan \alpha$; невідібрані голки, п'ятки яких ударяються по нижній частині клину та мають вертикальну відносну складову швидкості відскоку $V_{відс}$ при виконанні умови (5). При сході з нижньої кромки нахилоного клину невідібрані голки внаслідок інерційного вибігу можуть додатково взаємодіяти з горизонтальними обмежувальними клинами, що відповідно призводить до збільшення їх навантаженості та скорочує ресурс в порівнянні з відібраними.

Вираз для визначення швидкості відскоку голки від нахилоного клина представлено в [2]:

$$V_{відс} = V_{ycm} (1 + e^{-ht} \sqrt{1 - (\frac{F_o + 2mhV_{ycm}}{e^{-ht}V_{ycm} \cdot C_{np} \cdot K_C} \omega_d)^2}) - \frac{h}{K_C \cdot C_{np}} (F_o + 2hV_{ycm} \cdot m) \quad (6)$$

Залежність для відносної вертикальної складової швидкості п'ятки голки в момент її удару з горизонтальними обмежувальними клинами має вид:

$$V_y = \sqrt{(V_{відс})^2 - 2\Delta \cdot F_o / m_{np}} \quad (7)$$

Очевидно, що при $m_{np}(V_{відс})^2 - 2\Delta \cdot F_o \leq 0$ удар п'ятки голки по обмежувальному клину неможливий через гальмування її силою F_o , а величина зазору, яка забезпечує відсутність удару становить $\Delta = m_{np}(V_{відс})^2 / 2F_o \leq [\Delta] \cdot 10^{-3}$ в мм.

При умові вертикального удару голки з обмежувальним клином максимальне значення ударного навантаження на п'ятку голки визначається за формулою:

$$F_{max} = e^{-h \cdot t_{max}} \cdot \dot{y}_{20} \sqrt{m_{np} \cdot C_{np}' / (1 - \delta^2 / 4\pi^2)} - F_o \quad (8)$$

де $t_{max} = \pi / 2 \sqrt{(C_{np}' / m_{np}) - (b / 2m_{np})^2}$ - час ударної взаємодії п'ятки голки з обмежувальним клином;

$\dot{y}_{20} = V_x \cdot \tan \alpha$ або $\dot{y}_{20} = V_{відс}$ - вертикальні відносні швидкості відповідно при відсутності або при наявності відскоку п'ятки голки від нахилоного клину;

C_{np}' - приведена жорсткість голки при прямому ударі її п'ятки з горизонтальною поверхнею обмежувального клина ($C_{np}' = 5,6 \cdot 10^4$ Н/м);

h' - коефіцієнт демпфірування при прямому ударі п'ятки голки по обмежувальному клину.

У випадках удосконалення в'язальних систем з використанням клинів з податливою робочою гранню можна враховувати наробітки, які представлено в [7].

При обчисленні параметрів навантаженості реальне навантаження голки замінюють блочним, еквівалентним по ступені внесення втомленісного руйнування. Схематизацію регулярного режиму навантаження голки доцільно виконувати за максимальними амплітудами F_{maxi} , які обчислюються в залежності від кутів нахилу клинів та колових швидкостей циліндру при в'язанні різних ділянок шкарпеткового виробу) за формулами (1), (3), (4), (8), попередньо використовуючи вирази (6) та (7). При переході до напружень в гачку голки при різних режимах навантаження використовували формулу:

$$\sigma_i = f(l_q) F_{maxi} / A \quad (9)$$

де $f(l_q)$ – вираз, який враховує зміну площі перерізу по довжині стержня голки від п'ятки до гачка, а також відбиття хвиль в місцях різкої зміни форми голки [8];

A – площа поперечного перерізу стержня голки в області п'ятки.

Залежність (9) дозволяє виконати перехід до циклограми виду $\{\sigma_i; N_i\}$, де N_i – циклічна довговічність голки при i -ому режимі експлуатації – число циклів навантажень, які витримують голки до втомленісного руйнування гачка. З урахуванням циклічності виготовлення виробів на ША маємо проектну довговічність виду:

$$N_i = n_i \frac{T}{t_g} 60 \quad (10)$$

де T - задана проектна довговічність голки в год.;

t_g – час виготовлення одного типового виробу (тривалість циклу) в хв.;

n_i – кількість циклів навантаження голок на i -ому режимі при в'язанні одного виробу.

Очевидно, що при проектній довговічності T маємо $N_\Sigma = \sum N_i$.

Деталізацію n_i виконуємо за числом ударів голки (циклів навантаження) з клинами в'язальної системи на всіх швидкісних режимах на основі аналізу руху голок відносно клинів. Результати визначення n_i у випадку виготовлення виробу з жакардовим переплетенням на ділянках гомілки і сліду та з класичними п'яткою і миском представлені в таблиці. Враховували найбільш загальний випадок можливих траєкторій п'яток голок:

- відбір голок клином неповного заключення третьої системи при в'язанні борту;
- відбір голок рисунчастими шиберами в трьох системах для утворення рисунку на ділянках гомілки (середня кількість шиберів, що включаються, складає 2,23 [2]);
- відбір голок шиберами збою на ділянці сліду в другій та третій системах;
- відбір голок в пристроях для їх включення та виключення при в'язанні п'ятки та миску.

Таблиця

Формули розрахунку циклів n_i навантаження голок позицій 0-1305, 0-1306 та 0-1308

Швидкісні режими при в'язанні ділянок:	Взаємодія з нахиленими клинами:	
	замикальними підйомними	кулірними
п'ятка і мисок	$n_1^{0-1305} = 2(n_n + n_m);$ $n_1^{0-1306} = 4(n_n + n_m)$	$n_4^{0-1305} = n_n + n_m;$ $n_4^{0-1306} = 2(n_n + n_m)$
борт	$n_2^{0-1305} = n_2^{0-1306} = n_2^{0-1308} = \kappa 2n_b$	$n_5^{0-1305} = n_5^{0-1306} = n_5^{0-1308} =$ $= \kappa 1,33n_b$
гомілка, слід, ряди підсилення, ранжійного та розпуску	$n_3^{0-1305} = n_3^{0-1306} = n_3^{0-1308} =$ $= \kappa(n_{n_2} + n_{cl} + 2(n_k + n_o + n_p))$	$n_6^{0-1305} = n_6^{0-1306} = \kappa(0,91n_{n_2} +$ $+ 1,12n_{cl} + 2(n_k + n_o + n_p));$ $n_6^{0-1308} = \kappa(0,91n_{n_2} + 0,68n_{cl} +$ $+ 2(n_k + n_o + n_p))$

Примітка. $n_b, n_{n_2}, n_{cl}, n_n, n_m, n_k, n_p$ та n_o - кількість петельних рядків на ділянках борту, гомілки, сліду, п'ятки, миску, рядів підсилення, ранжійного та розпуску виробу.

З урахуванням можливої подвійної взаємодії голки з клином через відскок за умовою (5), в формулах таблиці необхідно приймати $\kappa=2$.

При наявності удару голки з обмежувальними клинами, які окреслено в (7) та, враховуючи тільки число взаємодій з кулірними клинами, маємо:

$$\begin{aligned} n_7^{0-1305} &= n_7^{0-1306} = n_7^{0-1308} = 1,33n_b \\ n_8^{0-1305} &= n_8^{0-1306} = 0,91n_{n_2} + 1,12n_{cl} + 2(n_k + n_o + n_p) \\ n_8^{0-1308} &= 0,91n_{n_2} + 0,68n_{cl} + 2(n_k + n_o + n_p) \end{aligned} \quad (11)$$

Для обчислення середнього еквівалентного напруження для числа циклів, яке відповідає заданій проектній довговічності T , використовують формулу:

$$\sigma_{екв} = m \sqrt{\frac{1}{N_\Sigma} \sum \sigma_i^m N_i} \quad (12)$$

де m – параметр, який характеризує нахил ділянки кривої втомленості гачка голки.

Прийнята до проектування втомленісна довговічність голок T в год. або N_Σ в циклах навантаження досягається при забезпеченні еквівалентних напружень в небезпечному перерізі гачка голки нижче від границі його втомленості $\bar{\sigma}_{-1/DN_\Sigma}$.

Висновки. Визначено проблемні питання ударної взаємодії голок з клинами в'язальної системи швидкісних шкарпеткових автоматів та запропоновано шляхи їх вирішення. Представлена інформація сприяє комплексному підходу до обчислення спектру

навантажень за аналітичними залежностями при широкому діапазоні швидкісних режимів шкарпеткових автоматів, що підвищує якість та ефективність проектних рішень.

Література

1. Коновалов Л. В. Нагруженность, усталость, надежность деталей металлургических машин – М.: Металлургия, 1981. – 280 с.
2. Березін Л. М. Оцінка довговічності та надійності в'язальних механізмів панчішно-шкарпеткових автоматів: монографія. – К.: КНУТД, 2013. – 191 с.
3. Когаев В. П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность / В. П. Когаев, Н. А. Махутов, А. П. Гусенков. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
4. Канарчук В. Є. Надійність машин / В. Є. Канарчук, С. К. Полянський, М. М. Дмитрієв. – К.: Либідь, 2003. – 424 с.
5. Березин Л. Н. Анализ влияния динамических нагрузок на долговечность вязальных игл чулочно-носочных автоматов / Л.Н. Березин // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2015. – Вып. 29. – С.7–12.
6. Березін Л. М. До розрахунку циклів навантаження голок панчішно-шкарпеточних автоматів при визначенні їх надійності за критерієм втомленісної міцності / Л. М. Березін // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія «Технічні науки». – 2010. – №5. – С.281–284.
7. Березін Л. М. Розрахунок податливої грані клину за критеріями жорсткості та довговічності / Л. М. Березін // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія «Технічні науки». – 2016. – № 3 (98). – С. 68–73.
8. Пипа, Б. Ф. О распространении волн напряжений в штампованной игле трикотажной машины / Б. Ф. Пипа, В. Т. Головчан, И. П. Гайдайчук // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1975. – №2. – С. 147–153.

References

1. Konovalov, L. V. (1981). *Nahruzhennost, ustalost, nadezhnost detalei metallurhicheskikh mashyn* [Loadiness, fatigue, reliability of metallurgical machinery details]. Moscow: Metallurgy, [in Russian].
2. Berezin, L. M. (2013). *Otsinka dovhovichnosti ta nadiinosti v'iazalnykh mekhanizmiv panchishno-shkarpetkovykh avtomativ: monohrafiia* [Estimation of the longevity and reliability of knitting mechanisms of hosiery machines: monograph]. Kyiv: National university of technologies & design [in Ukrainian].
3. Kohaev, V. P., Makhutov, N. A. & Husenkov, A. P. (1985). *Raschety detalei mashyn y konstruksyi na prochnost y dolhovechnost* [The calculations the details and structures of machines on strength and longevity]. Moscow: Mashynostroenye [in Russian].
4. Kanarchuk, V. Ie., Polianskyi, S. K. & Dmytriiev, M. M. (2003). *Nadiinist mashyn* [Reliability of machines]. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
5. Berezyn, L. N. (2015) *Analyz vlyianyia dynamycheskykh nahruzok na dolhovechnost viazalnykh yhl chulochno-nosochnykh avtomatov* [Analysis of influence of dynamic loadings on longevity of knittings needle of automatic half-hose machine] *Vestnyk Vytebskoho hosudarstvennoho tekhnolohyeheskoho unyversyteta – Bulletin of Vitebsk State Technological University*, Vol. 29, 7–12 [in Ukrainian].
6. Berezin, L. M. (2010) *Do rozrakhunku tsykliv navantazhennia holok panchishno-shkarpetochnykh avtomativ pry vyznachenni yikh nadiinosti za kryteriiem vtomlenisnoi mitsnosti* [Counting the cycles of dynamic loading of hosiery automats' needles considering their fatigue strength] - *Bulletin of Kiev National University of Technologies & Design*, Vol., 13–19 [in Ukrainian].
7. Berezin, L. M. (2016) *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] - *Bulletin of Kiev National University of Technologies & Design*, Vol. 3, 68–73 [in Ukrainian].
8. Pyra, B. F., Holovchan, V. T. & Haidaichuk Y. P. (1975) *O rasprostranenyi voln napriazhenyi v shtampovannoi yhle trykotazhnoi mashyny* [To propagation of stress waves in a stamped needle of a knitting machine] *Yzv. vuzov. Tekhnolohyia lehkoi promyshlennosti.*, Vol. 2, 147–153 [in Ukrainian].

BEREZIN LEONID

lnb07@ukr.net;

ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-2672-6323>;

Kiev National University of Technologies & Design,

**ОБОБЩЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ
НАГРУЖЕННОСТИ ВЯЗАЛЬНЫХ ИГЛ
БЕРЕЗИН Л.Н.**

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Обобщение динамических исследований вязального механизма носочных автоматов на примере вязальных игл для получения теоретических сведений о спектре их нагрузок, которые используются в расчетах на усталостную долговечность в детерминированном и вероятностном аспектах.

Методика. Используются методы описания и анализа сложных технических систем для аудита множества динамических расчетов применительно к взаимодействию вязальных игл с различными по назначению клиньями.

Результаты. Рассматривается возможность использования на этапе проектирования динамических моделей взаимодействия игл в вязальной системе для получения количественной картины их нагруженности и определения зоны рациональных конструктивных параметров системы при заданной усталостной долговечности игл.

Научная новизна. Заключается в дальнейшем развитии теории и методологии математического обеспечения для проектирования скоростных носочных автоматов применительно к комплексной оценке и анализа уточненного спектра нагрузок для определения долговечности вязальных игл по критерию усталостной прочности.

Практическая значимость. Представленная информация способствует комплексному подходу к аналитическому определению спектра нагрузок, что повышает качество и эффективность проектных решений по обеспечению заданной усталостной долговечности игл в широком диапазоне скоростных режимов носочных автоматов.

Ключевые слова: проектирование, расчет, динамические модели, вязальная игла, клинья носочного автомата.

**GENERALIZATION OF DYNAMIC RESEARCHES TO THE DETERMINATION OF
THE LOAD OF KNITTING NEEDLE
BEREZIN L. N.**

Kiev National University of Technologies & Design

Purpose. Generalization of dynamic researches of knitting mechanism of hosiery machinery for example of knitting needles for obtaining theoretical information on the spectrum of their loads, which are used in further calculations for fatigue longevity in deterministic and probabilistic aspects.

Methodology. Is used the methods for describing and analyzing complex technical systems for audit of a set of dynamic calculations in the context of interaction knitting needles with various cams.

Findings. Is considered the possibility of using dynamic models of needle interaction in the knitting system at the design stage for obtain a quantitative picture of their loading and determine the zone of rational design parameters of the system for a given fatigue longevity of needles.

Originality. Is consists in subsequent development of theory and methodology for mathematical maintenance for the design of high-speed hosiery machinery. Is applies for complex assessment and analysis of the refined load spectrum for determination of longevity of knitting needles by the criterion of fatigue strength.

Practical value. Are presented information that promotes a comprehensive approach to the analytical definition of the loads spectrum, which increases the quality and efficiency of project solutions for ensuring a given fatigue longevity of needles in a wide range of speed regimes of the hosiery machinery.

Keywords: design, calculation, dynamic models, knitting needle, cams of hosiery machinery.

УДК 685.34.01

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

Київський національний університет технологій та дизайну

МЕТОД АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРЯМОКУТНОЇ РЕШІТКИ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМ РОЗКРОЮ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Розробити метод автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки для проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів.

Методика. Використані методи аналітичної геометрії та прикладної математики для автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки для проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів.

Результати. В роботі був запропонований метод автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки для проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів.

Наукова новизна. Запропоновано метод автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки, який більш ефективний за існуючі при проектуванні раціональних схем розкрою листових матеріалів.

Практична значимість. Результати теоретичних досліджень були реалізовані в програмний модуль для автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки, який дозволив розробити програмний продукт для автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів. Розроблений програмний продукт може бути використаний в легкій промисловості для автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів на деталі взуття та в інших галузях промисловості при розкрої листових матеріалів на плоскі геометричні об'єкти.

Ключові слова: щільне розміщення, схема розкрою, прямокутна решітка, програмне забезпечення.

Вступ. Автоматичне проектування раціональних розкрійних схем матеріалів дозволить ефективно використовувати матеріали при розкрої, зменшити кількість відходів, що забруднюють навколишнє середовище, знизити собівартість виробів. Задача автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки при проектуванні раціональних схем розкрою листових матеріалів є актуальною задачею, так як вона дозволяє вирішити одну із задач автоматичного проектування раціональних схем розкрою, а саме автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів.

Постановка завдання. В більшості випадків процес підготовки раціональних схем розкрою листових матеріалів на деталі взуття виконуються вручну. Але розвиток обчислювальної техніки та методів обчислювальної математики дозволяють виконувати ці етапи в автоматичному режимі. В роботах [1-3] для автоматичного генерування раціональних схем розкрою параметри прямокутної решітки визначаються експериментально, що вимагає додаткових затрат часу технолога. В роботах [4-5] для визначення параметрів решітки використовується апарат годографа вектор-функції щільного розміщення [6]. Але цей метод є не ефективним для знаходження параметрів прямокутної решітки. Тому завданням цієї роботи є розробка ефективного методу автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки при проектуванні раціональних схем розкрою листових матеріалів для плоских геометричних об'єктів з довільною конфігурацією зовнішнього контуру.

Результати досліджень. В роботі[7] була визначена залежність векторів a , b , q подвійної решітки $W: na+mb+kq$, $n,m=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$, $k=0,1$ від семи параметрів $Sh_1, Sh_2, Sh_3, H_1, H_2, X_{p1}, Y_{p1}$. Визначимо ці параметри.

Так як зовнішній контур плоского геометричного об'єкту S апроксимується багатокутником з координатами вершин (X_i, Y_i) , $i=1,2 \dots n$, то

$$X_{p1} = \left| \min_{i=1,2 \dots n} \{X_i\} \right|, \quad Y_{p1} = \left| \min_{i=1,2 \dots n} \{Y_i\} \right| ..$$

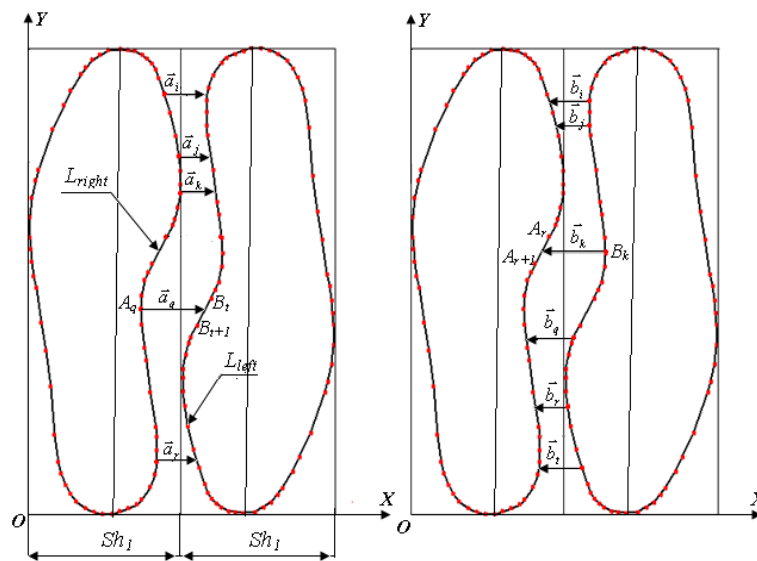
Ширину та висоту плоского геометричного об'єкту S визначається наступним чином:

$$Sh_1 = \left| \max_{i=1,2 \dots n} \{X_i\} - \min_{i=1,2 \dots n} \{X_i\} \right|; \quad H_1 = \left| \max_{i=1,2 \dots n} \{Y_i\} - \min_{i=1,2 \dots n} \{Y_i\} \right|;$$

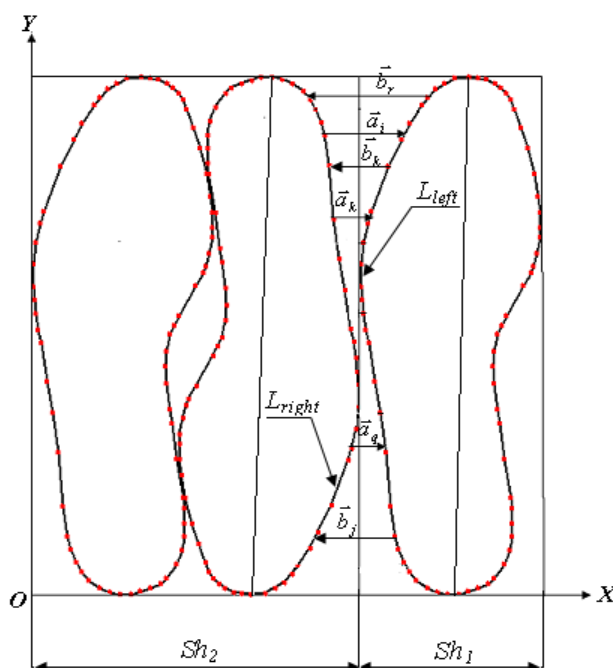
Для визначення Sh_2 визначимо поняття лівої L_{left} та правої L_{right} границь зовнішнього контуру плоского геометричного об'єкту S . Під лівою(правою) границею $L_{left}(L_{right})$ зовнішнього контуру плоского геометричного об'єкту S будемо розуміти ділянку зовнішнього контуру цього плоского геометричного об'єкту, яка знаходиться ліворуч(праворуч) від прямої, що з'єднує точки на зовнішньому контурі цього плоского геометричного об'єкту з максимальним та мінімальним значенням координати Y . Так як зовнішній контур плоского геометричного об'єкту ми апроксимуємо у вигляді багатокутника, то ліва та права границі зовнішнього контуру плоского геометричного об'єкту будуть представлятись у вигляді ламаних ліній, тобто $L_{left} \{X_{left_i}, Y_{left_i}\} i=1,2 \dots n_{left}$ та $L_{right} \{X_{right_j}, Y_{right_j}\} j=1,2 \dots n_{right}$ (рис. 1.a).

Для знаходження Sh_2 (рис. 1.a) (Sh_3 (рис.1.б)): щільно сумістимо в ряду прямокутники, які описані навколо першого (перших двох) та другого(третього) плоских геометричних об'єктів;

- з кожної вершини A_i правої границі зовнішнього контуру першого (другого) плоского геометричного об'єкта проведемо вектор $\vec{a}_i$ паралельний вісі OX таким чином, що кінець його дотикається до лівої границі другого(третього) плоского геометричного об'єкта;



a)



б)

Рис. 1. Знаходження параметрів щільного сусіщення Sh_2 та Sh_3

- знайдемо $\delta_a = \min_{i=1,2..n_{right}} \{|\vec{a}_i|\}$;
- серед векторів $\vec{a}_i$ знайдемо ті вектори, які задовольняють умові $|\vec{a}_i| = \delta_a$. Для них визначимо вектор $\vec{a}_k$ з максимальним значенням координати Y , тобто $Y_{\vec{a}_k} = Y_{\max_{left}}$.

Визначимо Q_a як $Q_a = H_1 - Y_{\max_{left}}$;

- з кожної вершини B_j лівої границі зовнішнього контуру другого (третього) плоского геометричного об'єкта проведемо вектор $\vec{b}_j$ паралельний вісі OX таким чином, що кінець його дотикається до правої границі першого(другого) плоского геометричного об'єкта;

- знайдемо $\delta_b = \min_{j=1,2..n_{left}} \{|\vec{b}_j|\}$;
- серед векторів $\vec{b}_j$ знайдемо ті вектори, які задовольняють умові $|\vec{b}_j| = \delta_b$. Для них

визначимо вектор $\vec{b}_k$ з максимальним значенням координати Y , тобто

$Y_{\vec{b}_k} = Y_{\max_{right1}}$ ($Y_{\vec{b}_k} = Y_{\max_{right2}}$). Визначимо Q_{1b} (Q_{2b}) як $Q_{1b} = H_1 - Y_{\max_{right}}$

($Q_{2b} = H_1 - Y_{\max_{right2}}$);

- знайдемо $\delta_1 = \min\{\delta_a, \delta_b\}$ ($\delta_2 = \min\{\delta_a, \delta_b\}$)(рис.4);
- знайдемо $Q_1 = \begin{cases} Q_{1a}, & \text{якщо } \delta_a = \delta_1 \\ Q_{1b}, & \text{якщо } \delta_b = \delta_1 \end{cases}$ ($Q_2 = \begin{cases} Q_{2a}, & \text{якщо } \delta_a = \delta_2 \\ Q_{2b}, & \text{якщо } \delta_b = \delta_2 \end{cases}$);
- знайдемо $Q = \min\{Q_1, Q_2\}$;

- визначимо Sh_2 (Sh_3) як $Sh_2=2Sh_1-\delta_1$ ($Sh_3=Sh_2+Sh_1-\delta_2$).

Введемо поняття верхньої границі нижнього ряду та нижньої границі верхнього ряду у секції. Для цього щільно сумістимо два прямокутники, що описані навколо двох рядів щільно суміщених плоских геометричних об'єктів (рис. 7). Під верхньою (нижньою) границею нижнього(верхнього) ряду у секції будемо підрозумувати лому лінію, яка складається із ділянок зовнішніх контурів щільно суміщених у ряду плоских геометричних об'єктів та координата Y яких задовольняє наступній умові:

$$H_1-Q \leq Y \leq H_1 \quad (H_1 \leq Y \leq H_1+Q).$$

Нехай верхня границя нижнього ряду секції описується функцією $F_1(x,y)=0$, а нижня границя верхнього ряду секції описується функцією $F_2(x,y)=0$. Очевидно, що $F_1(x,y)=0$ та $F_2(x,y)=0$ є періодичними функціями з періодом, який дорівнює довжині вектору решітки a , тобто $T=|a|$ (рис. 2). Тоді для щільного суміщення рядів у секції достатньо щільно сумістити ділянки верхньої границі нижнього ряду та нижньої границі верхнього ряду секції на наступному інтервалі $X_0 \leq X \leq X_0+T$. значення X :

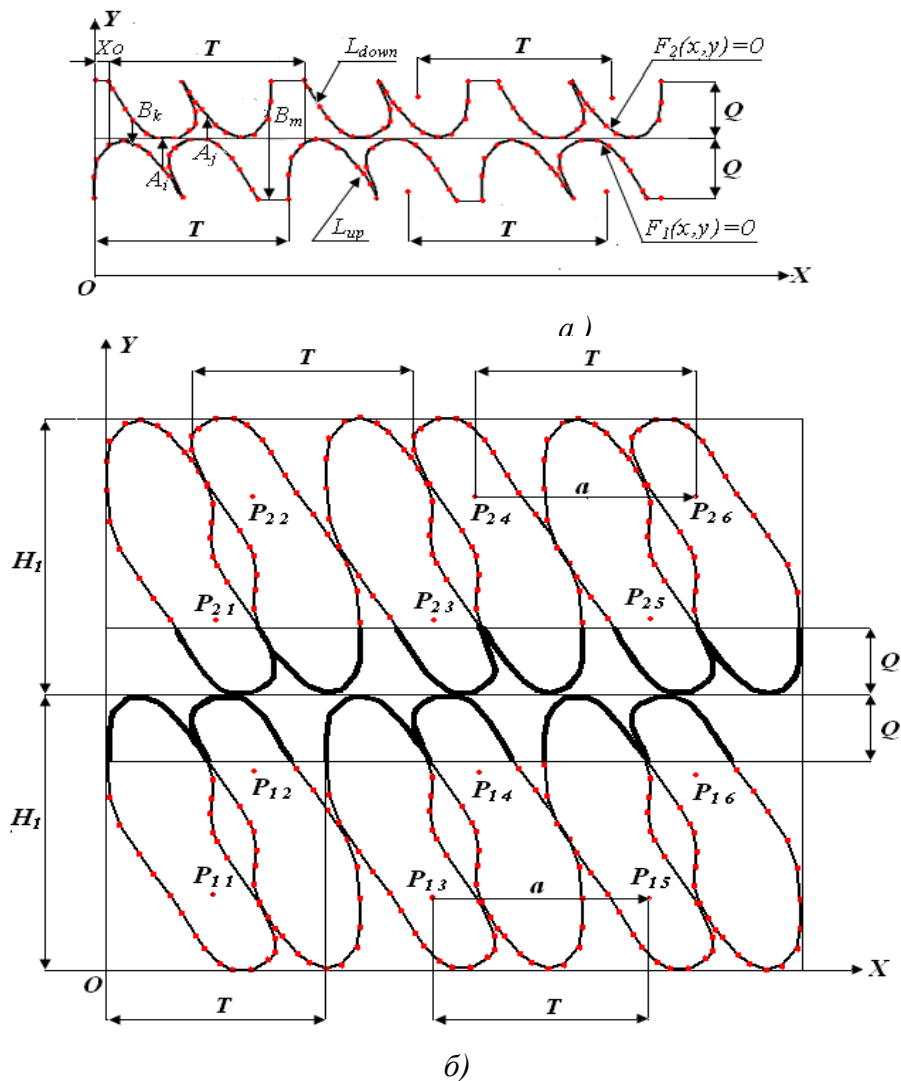


Рис. 2. Щільне суміщення рядів

Для щільного суміщення верхнього ряду з нижнім рядом в секції необхідно визначити величини зсуву верхнього ряду δ_3 , Тобто необхідно для виділених ділянок верхньої границі нижнього ряду та нижньої границі верхнього ряду секції на інтервалі $X_0 \leq X \leq X_0 + T$:

- щільно сумістити прямокутники, що описані навколо верхнього та нижнього рядів у секції(рис. 2.а);
- виділити ділянки верхньої границі нижнього ряду та нижньої границі верхнього ряду секції на інтервалі $X_0 \leq X \leq X_0 + T$ (рис. 2.б);
- з кожної вершини A_i верхньої границі нижнього ряду проведемо вектор $\vec{a}_i$ паралельно вісі OY таким чином, що кінець його дотикається до нижньої границі верхнього ряду секції(рис. 2.б);
- знайти $\delta_a = \min_{i=1,2..n_{up}} \{|\vec{a}_i|\}$;
- з кожної вершини B_j верхньої границі нижнього ряду проведемо вектор $\vec{b}_j$ паралельно вісі OY таким чином, що кінець його дотикається до нижньої границі верхнього ряду секції(рис. 2.б);
- знайти $\delta_b = \min_{j=1,2..n_{down}} \{|\vec{b}_j|\}$;
- знайти $\delta_3 = \min\{\delta_a, \delta_b\}$.

Тоді $H_2 = 2H_1 - \delta_3$ (рис. 1).

Для знаходження $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ необхідно вирішити наступну задачу.

Дано: відрізок AB з координатами вершин $A(X_a, Y_a)$, $B(X_b, Y_b)$ та $C(X_c, Y_c)$ (рис.3).

Знайти довжину $|CO|$ вектора CO враховуючи, що вектор перпендикулярний (рис.3.а)(паралельний (рис.3.б)) вісі OX .



Рис. 3. Знаходження величини вектора зсуву рядів

Знайдемо координати точки $O(X_0, Y_0)$.

Рівняння прямої AB має вигляд [8]:

$$\frac{X - X_a}{X_b - X_a} = \frac{Y - Y_a}{Y_b - Y_a}.$$

Випадок а) Вектор CO перпендикулярний (рис.6.а). Задача має розв'язок, коли виконується наступна умова:

$$\min(X_a, X_b) \leq X_c \leq \max(X_a, X_b).$$

Так як $X_o = X_c$, то з рівняння прямої AB маємо:

$$Y_o = Y_a + \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a} \cdot (X_c - X_a).$$

$$\text{Тоді } |CO| = |Y_o - Y_c| = \left| Y_a - Y_c + \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a} \cdot (X_c - X_a) \right|.$$

Випадок б) Вектор CO паралельний (рис.6.б). Задача має розв'язок, коли виконується наступна умова:

$$\min(Y_a, Y_b) \leq Y_c \leq \max(Y_a, Y_b).$$

Так як $Y_o = Y_c$, то з рівняння прямої AB маємо:

$$X_o = X_a + \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a} \cdot (Y_c - Y_a).$$

$$\text{Тоді } |CO| = |X_o - X_c| = \left| X_a - X_c + \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a} \cdot (Y_c - Y_a) \right|.$$

Визначивши вектори $a\{a_x, 0\}$, $b\{0, b_y\}$, $q\{q_x, q_y\}$ та Xp_{11} , Yp_{11} можна виразити координати полюса будь-якого із розміщених в секції плоского геометричного об'єкту через ці величини наступним чином (рис. 1):

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

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

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

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

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

Врахування сталої відстані між плоскими геометричними об'єктами в математичному описанні системи розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області. При побудові раціональних схем розкрою прямокутної області на плоскі геометричні об'єкти необхідно забезпечити сталість відстані між цими об'єктами в розкрійній схемі, тобто необхідно отримати вирази для координат полюсів деталей, які подібні виразам (3-4) та за враховують сталу технологічну відстань Δ між плоскими геометричними об'єктами при їх щільному розміщенні. Для однозначного визначення параметрів подвійної решітки W необхідно визначити вектори a , b , q . Як уже було показано вище, ці вектори можна визначити через наступні параметри Sh_1 , Sh_2 , Sh_3 , H_1 , H_2 , Xp_{11} , Yp_{11} . Введемо параметри Sh_1^A , Sh_2^A , Sh_3^A , H_1^A , H_2^A , Xp_{11}^A , Yp_{11}^A , аналогічні цим параметрам та які враховують сталу технологічну відстань Δ між плоскими геометричними об'єктами при їх щільному розміщенні. Визначимо параметри Sh_1^A , Sh_2^A , Sh_3^A , H_1^A , H_2^A , Xp_{11}^A , Yp_{11}^A та вектори $a^A\{a_x^A, 0\}$, $b^A\{0, b_y^A\}$ та $q^A\{q_x^A, q_y^A\}$. Очевидно, що (рис. 4):

$$Xp_{11}^A = X_{11} + \Delta, \quad Yp_{11}^A = Y_{11} + \Delta;$$

$$H_1^A = H_1 + \Delta, \quad H_2^A = H_2 + 2\Delta;$$

$$Sh_1^A = Sh_1 + \Delta, \quad Sh_2^A = Sh_2 + 2\Delta, \quad Sh_3^A = Sh_3 + 3\Delta.$$

$$\text{Тоді } a^A\{a_x^A, 0\} = \{Sh_3^A - Sh_1^A, 0\} = \{Sh_3 - Sh_1 + 2\Delta, 0\},$$

$$b^A\{0, b_y^A\} = \{0, H_2^A - H_1^A\} = \{0, H_2 - H_1 + \Delta\},$$

$$q^A\{q_x^A, q_y^A\} = \{Sh_2^A - 2Xp_{11}^A + \Delta, H_1^A - Yp_{11}^A + \Delta\} =$$

$$=\{ Sh_2-2Xp_{11}+\Delta, H_1-Yp_{11}+\Delta \}$$

Визначивши координати точки $P_{11}^{\Delta}(Xp_{11}^{\Delta}, Yp_{11}^{\Delta})$ та вектори $\mathbf{a}^{\Delta}\{a_x^{\Delta}, 0\}$, $\mathbf{b}^{\Delta}\{0, b_y^{\Delta}\}$ та $\mathbf{q}^{\Delta}\{q_x^{\Delta}, q_y^{\Delta}\}$. можна виразити координати полюса будь-якого із розміщених в секції плоского геометричного об'єкту з врахуванням сталості відстані між деталями при їх щільному розміщенні через ці величини наступним чином (рис. 7):

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

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

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

де $Kd=[(Dl_{mat}-Sh_1^{\Delta})/a_x^{\Delta}]$, $Kr_{max}=[(H_{mat}-H_1-\Delta)/b_y^{\Delta}]$ та $Kr=1,2..Kr_{max}$,

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

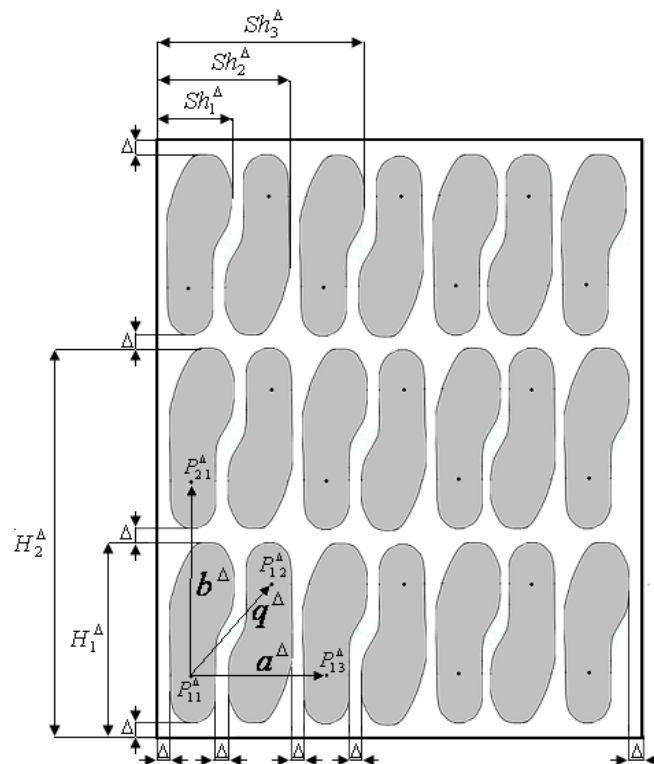


Рис. 4. Врахування сталої відстані між плоскими

Висновки. Запропонований метод автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів для плоских геометричних об'єктів довільної конфігурації зовнішнього контуру дозволив розробити програмне забезпечення для метод автоматичного проектування схем розкрою.

Впровадження програмного продукту у виробництво дозволить підвищити продуктивність праці технолога в підготовчо-розкрійному виробництві при підготовці схем розкрою та ефективність використання матеріалів, дозволить впровадити в розкрійне виробництво автоматизовані розкрійні комплекси.

Запропонований метод автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів для плоских геометричних об'єктів довільної конфігурації зовнішнього

контуру можна в подальшому після доопрацювання можна використати для автоматичного проектування раціональних схем розкрою рулонних матеріалів.

Література

1. Волошин А. Т. Совершенствование организации и планирования подготовительно-раскройного производства кожгалантерейных предприятий: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Т. Волошин – К.: 1984. – 22 с.
2. Жбанков Ю. Б. Поиск множества экономических вариантов схем раскроя листовых материалов на детали низа / Ю.Б. Жбанков, А. Н. Калита, Ю. Г. Свистунов // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 1984. – №3. – С. 70-73.
3. Шишкіна О.О. Дослідження впливу лінійних розмірів деталей взуття на використання гуми при розрубі / О.О. Шишкіна, Л.Т. Свістунова // Вісник Технологічного університету Поділля. - 2001. - №5. - С. 110-112.
4. Платонова О.О. Проектування комбінованих схем розкрою рулонних матеріалів на деталі взуття: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О.О. Платонова – К.: 2003. – 24 с.
5. Wu Y.L. An effective quasi-human based heuristic for solving the rectangle packing problem. / Y.L. Wu, S. Huang, C.K. Lau , G.H Young.// Eur. J. of Oper. Res., 2002. -P.141-162.
6. Стоян Ю.Г. Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов / Ю.Г. Стоян, Н.И. Гиль. – К.: Наукова думка, 1976, – 256 с.
7. Чупринка В.І. Автоматичне проектування схем розкрою листових матеріалів для плоских геометричних об'єктів/ В.І. Чупринка, Г. Ю. Зелінський, Н.В. Чупринка // Вісник КНУТД. – 2017. – № 6. – С. 49-58.
8. Ильин В.А. Аналитическая геометрия / В.А. Ильин, Э.Г. Позняк. – М.:Издательство “Наука”, Главная редакция физико-математической литературы. 1975, – 243 с.

References

1. Voloshin A.T. (1984.) *Sovershenstvovaniye organizatsii i planirovaniya podgotovitel'no- raskroynogo proizvodstva kozhgalantereynykh predpriyatiy* [Perfection of the organization and planning of preparatory-cutting production of leather goods enterprises]: Extended abstractct of candidate's thesi. Kyiv:[in Russian].
2. Zhbakov Yu. B., Kalita A. N., Svistunov Yu. G. (1984) *Poisk mnozhestva ekonomichnykh variantov skhem raskroya listovykh materialov na detali niza* [Search for a number of economical options for cutting sheet materials on the bottom details] *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti*. — News of Higher Educational Establishments. Technology of light industr, 3, 70-73. [in Russian].
3. Shyshkina O. O., Svistunova, L. T. (2001) *Doslidzhennya vplyvu liniynykh rozmiriv detaley vzuttya na vykorystannya humy pry rozrubi* [Investigation of the influence of linear dimensions of shoe parts on the use of rubber at cutting] *Visnyk Tekhnolohichnoho universytetu Podillya*. – Bulletin of the Technological University of Podillya, Vol. 5, 110-112 [in Ukraine].
4. Platonova O. O. (2003) *Proektuvannya kombinovanykh skhem rozkroyu rulonnykh materialiv na detali vzuttya* [Designing of combined schemes of cutting roll materials on details of footwear]Extended abstractct of candidate's thesi. Kyiv: [in Ukraine].
5. Wu Y. L. An effective quasi-human based heuristic for solving the rectangle packing problem. / Y. L. Wu, S. Huang, C. K. Lau , G. H Young. // Eur. J. of Oper. Res., 2002. -P.141-162.
6. Stoyan Yu. G., Gil' N. I. (1976) *Metody i algoritmy razmeshcheniya ploskikh geometricheskikh ob'yektov* [Methods and algorithms for placing planar geometric objects]– Kyiv: Naukova dumka[in Ukraine].
7. Chuprynka V. I., Zelinsky G. U., Chuprynka N. V.(2017) *Avtomatichne proektuvanya skhem rozkroyu lystovykh materialiv dlya ploskykh heometrychnikh obyektiv* [Automatic planning cutting schemes of sheets for flat geometric objects] *Visnyk KNUTD*. – KNUTD Bulletin, 6, 49-58 [in Ukraine]..
8. Yl'yn V. A. & Poznyak, E. H. (1975) *Analytycheskaya heometryya*. [Analytic geometry]– Moscow:Yzdatel'stvo “Nauka”, Hlavnaya redaktsyya fyzyko-matematycheskoy lyteratury[in Russian].

CHUPRYNKA NATALIA

Natasha-chup@ukr.net;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1507-489X> ;
Kiev National University of Technologies & Design

CHUPRYNKA VICTOR

Chuprinka_V_I@ukr.net;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6869-3091> ;
Kiev National University of Technologies & Design

ZELINSKIY HRYHORIY

gzelinskiy@gmail.com;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4138-6670>;

Kiev National University of Technologies & Design

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ РАСКРОЯ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

ЧУПРИНКА В. И., ЗЕЛИНСКИЙ Г. Ю., ЧУПРИНКА Н. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработать метод автоматического определения параметров прямоугольной решетки для проектирования рациональных схем раскроя листовых материалов.

Методика. Использованы методы аналитической геометрии и прикладной математики для определения параметров прямоугольной решетки для проектирования рациональных схем раскроя листовых материалов.

Результаты. В работе был предложен метод автоматического определения параметров прямоугольной решетки для проектирования рациональных схем раскроя листовых материалов.

Научная новизна. Предложен метод автоматического определения параметров прямоугольной решетки, который более эффективен существующих при проектировании рациональных схем раскроя листовых материалов.

Практическая значимость. Результаты теоретических исследований были реализованы в программный модуль для автоматического определения параметров прямоугольной решетки, который позволил разработать программный продукт для автоматического проектирования рациональных схем раскроя листовых материалов. Разработанный программный продукт может быть использован в легкой промышленности для автоматического проектирования рациональных схем раскроя листовых материалов на детали обуви и других отраслях промышленности при раскрое листовых материалов на плоские геометрические объекты.

Ключевые слова: плотное размещение, схема раскроя, прямоугольная решетка, программное обеспечение.

METHOD OF AUTOMATIC DETERMINATION OF PARAMETERS OF RECTANGULAR GRID FOR DESIGNING OF SCHEMES OF SHEET MATERIALS CHUPRYNKA V. I., ZELINSKY G. U., CHUPRYNKA N. V.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. To develop a method for automatically determining the parameters of a rectangular grid for designing rational schemes for cutting sheet materials.

Methodology. The methods of analytical geometry and applied mathematics are used to determine the parameters of a rectangular lattice for the design of rational schemes for cutting sheet materials.

Findings. In the paper, a method was proposed for automatically determining the parameters of a rectangular lattice for designing rational schemes for cutting sheet materials.

Originality. A method is proposed for automatic determination of the parameters of a rectangular lattice, which is more effective when designing rational schemes for cutting sheet materials.

Practical value. The results of theoretical studies were implemented in the software module for automatic determination of the parameters of a rectangular lattice, which allowed to develop a software product for the automatic design of rational schemes for cutting sheet materials. The developed software product can be used in the light industry to automatically design rational schemes for cutting sheet materials on parts of footwear and other industries when cutting sheet materials on flat geometric objects.

Key words: dense placement, cutting layout, rectangular grille, software.

УДК 621.314.26

ШВАЙЧЕНКО В.Б.¹, ГРЕБІНЬ О.П., ЛЕВЕНЕЦЬ Н.Ф.²

¹Київський національний університет технологій та дизайну

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ З УШКОДЖЕНИХ НОСІЇВ

Мета. Підвищення якості відновленої інформації в процесі реставрації та відновлення фонограм.

Методика. Синтез системної моделі на базі аналізу процесів відновлення та реставрації фонограм з носіїв різного типу та комп'ютерною обробкою.

Результати. Визначено характеристики концептуальної моделі процесу відновлення та реставрації фонограм. Розроблена структура системної моделі процесу відновлення інформації. Визначено множину концептів та зв'язки між концептами. Визначено структуру системи, що моделює ВРФ.

Наукова новизна. Запропоновано: концептуальну модель процесу відновлення та реставрації. Обгрунтовано розподіл артефактів за режимами відтворення та обробки фонограм. Деталізовано тип контенту за особливостями впливу на стан фонограм.

Практична значимість. Отримані рішення є основою методики проведення процесу відновлення та реставрації фонограм за критерієм якості звучання.

Ключові слова: артефакти, звуковий контент, концептуальна модель, , моделювання, фонограма, шуми.

Вступ. В наш час номенклатура засобів зберігання інформації суттєво розширилась. Для великих обсягів застосовують носії, які побудовані за різними технологіями, а саме магнітні, оптичні накопичувачі, твердотільні [1]. Цифрові архіви відео та звукового контенту, які є доступними як on-line ресурси провідних інтернет-сервісів, так в обмеженому доступі локальних систем великої кількості телеканалів, сягають сотен терабайт інформації. До 30 % інформації людина сприймає на слух. Процес цифровізації аналогових записів, зокрема, звукового контенту, є необхідною передумовою збереження культурного надбання людства «аналогової» ери. Звукова програма, призначена для передачі її споживачам у вигляді фонограм на певному носії, передбачає:

1) її запис на носій (первинна запис у студії або інших умовах), при необхідності, монтаж або інші операції зі звуковою програмою;

2) оброблення по різним критеріям - для отримання більш якісного звучання (частотне, рівне оброблення, створення звукових ефектів), для узгодження з каналами передачі та пристроями запису, точніше для певних носіїв;

3) тиражування та зберігання фонограм певного терміну.

Будь-яка фонограма, з початку її створення, долучає певні артефакти, що вносять відповідні «спотворення» записаний контент.

В процесі запису причиною артефактів фонограм можна вважати акустичні шуми, що існують в приміщенні запису звуку і тим самим залишають на фонограмі свій слід, мікрофони та пристрої обробки, що мають низькі технічні показники, а це призводить до спотворень звучання, і сам носій, який характеризують наявністю власних шумів, а також похибки, зумовлені самим процесом перетворення сигналу під час запису на відповідний носій [2].

Під час експлуатації для фонограм деяких видів рухомих носіїв характерно поява різноманітних механічних пошкоджень - витягування, короблювання, викривлення носія, висипання реєстраційного шару.

Під час зберігання можуть виникнути також механічні пошкодження, зміна структури носія внаслідок порушення кліматичних вимог, копіювальний ефект для магнітного запису.

Появу окремих артефактів для різних фонограм можна вважати випадковим і локальним процесом. Артефакти можуть бути викликані самим процесом запису фонограм і можуть виникнути внаслідок дії непередбачених, несприятливих зовнішніх факторів, наслідками яких є порушення якісних показників фонограм, спотворення сигналу.

Для оперативного управління процесом відновлення та реставрації фонограми (ВРФ) з ушкодженого носія необхідно використовувати сценарний підхід до самого процесу та до ситуаційного методу розробки процесу. Також необхідна оперативна динамічна оцінка поточної ситуації якісних змін фонограм і аналізу нової ситуації при ВРФ. Тому актуальними завданнями є:

- побудова концептуальної моделі (КМ) процесу відновлення та реставрації фонограм, що враховує динаміку поліпшення або погіршення параметрів фонограм;
- оцінка впливу на якість управління процесом ВРФ внутрішніх та зовнішніх відривних факторів процесу;
- оцінка за інформаційними технологіями та сучасними засобами ефективності застосування тих чи інших засобів обробки сигналу в процесі ВРФ.

Отже питання створення моделювання процесу ВРФ є актуальним.

Постановка задачі. Необхідно розробити концептуальну модель процесу ВРФ з урахуванням різних артефактів та умов, починаючи від створення фонограми, її зберігання та отримання відновленої фонограми з суттєво підвищеними показниками якості і видаленими повністю або частково різноманітними артефактами.

Мета моделювання - побудова на основі концептуальної моделі сценарію виконання процесу ВРФ, виявлення ситуаційних помилок процесу та динаміки зміни параметрів фонограм, дослідження можливих інструментальних засобів для підвищення параметрів фонограм [3, 4] і підвищення ефективності процесу ВРФ. Таким чином, питання реалізації концептуальної моделі і моделювання є нагальними для підвищення якості відновленої інформації, в наш час досліджені недостатньо, що і є предметом розгляду даної роботи.

Результати досліджень. Концептуальна модель (КМ) повинна враховувати всі можливі артефакти фонограм, періоди, режими та час їх появи, вплив, що призводить до появи артефактів, можливі зміни параметрів інформаційного сигналу в процесі виконання ВРФ, межі зміни якісних показників фонограм у результаті появи певних чи інших артефактів та багато іншого, що дозволяє прогнозувати наслідки відновлення та визначити деякі проблемні ситуації у самому процесі ВРФ.

Предметною областю, яка представляє інтерес для дослідження в даній роботі є процес реставрації і відновлення звуковий фонограми, яка придбала певні артефакти, викликані різними факторами.

Основними компонентами концептуальної моделі ВРФ є [5]:

- опис об'єктів процесу РіВФ і зв'язків між ними;

- опис інформаційних потреб користувачів;
- опис існуючої інформаційної системи;
- опис алгоритмічних залежностей показників;
- опис обмежень цілісності;
- опис функціональної структури системи;
- вимоги до інформаційної системи і існуючі обмеження.

Постановка задачі побудови КМ повинна передбачати виконання наступних функцій: структурувати знання щодо появи та наявності певних артефактів фонограм, щодо самого процесу ВРФ, про етапи процесу та можливі засоби та способи вирішення проблем наявності артефактів, про можливі відхилення параметрів режимів виконання процесу ВРФ, забезпечити безперервний збір і обробку інформації про зміну (поліпшення або погіршення) параметрів фонограм у процесі реставрації; побудувати концептуальну модель; виконати структурний аналіз, і структурно-функціональну декомпозицію КМ; виконати моделювання варіантів відображення інформації. На основі комплексного аналізу результатів моделювання видати інформацію для прийняття рішення щодо доцільності процесу ВРФ.

1. Системне моделювання процесу ВРФ.

На рівні системного дослідження [6] концептуальної моделі процесу ВРФ виконано такі підетапи.

1. Виявлення самих артефактів фонограм, як елементів КМ, що в цілому характеризує стан фонограми.
2. Виявлення характерних факторів, які призвели до появи певних артефактів, як сукупність множини елементів КМ.
3. Виявлення параметрів фонограм, на які впливають певні артефакти.
4. Визначення меж зміни параметрів якості фонограм з урахуванням наявності артефактів.
5. Визначення необхідних заходів щодо зменшення впливу артефактів на фонограму та підвищення якісних показників фонограм.

Елементи представлено в КМ як множина концептів $C = \{C_i\}$. Кожний з концептів характеризують власною змінною X_i , що відображає стан концепту (далі - змінна стану) [7].

Серед факторів, які приводять до появи артефактів у звуковій фонограмі, необхідно врахувати фактори, спричинені:

а) незадовільним режимом первинного запису, монтажу та формування фонограм, тобто на етапі створення фонограм, включно з людським фактором, наприклад, уміння та професійна підготовка звукорежисерів запису, монтажу та інформування фонограм;

б) особливості носія запису, принцип занесення інформації на цей носій, артефакти, притаманні саме цьому виду носія;

в) особливості, тривалість та умови зберігання фонограми;

Додатково для процесу реставрації необхідно враховувати і «нові» артефакти фонограм, спричинені:

г) режимом відтворення фонограм у процесі реставрації, режимами проведення певних видів обробки фонограм, обладнанням, що використовують, технічними засобами та методами [2, 4];

д) особливості та параметри перетворення аналогових фонограм в цифрову форму [3] та запис фонограм у пам'ять ПК для подальшого виконання процесу ВРФ з використанням цифрових технологій та засобів;

е) використання відповідних програмних засобів та їх послідовності їх застосування в процесі ВРФ;

ж) людським фактором - вмінням та професійним рівнем звукорежисера-реставратора.

Основні артефакти фонограм умовно розподілено на групи незалежно від виду носія, але з огляду на носій, в кожній з яких виділяють певні концепти (табл.1).

Таблиця 1

Характеристики концептуальної моделі

Артефакти фонограм		
Множина концептів	Змінні компоненти	Характеристики станів об'єкту КМ
$C^I = \{C_i^I\}$	X_i^I	Артефакти, визначені людським чинником, здібності та уміння звукорежисери запису, звукорежисер монтажу та інформації, а в подальшому і звукорежисера-реставратора
$C^E = \{C_i^E\}$	X_i^E	Артефакти, що визначено умовами, апаратурою та обладнанням запису, зведення, відтворення. Умовами вважають акустичні умови приміщення запису, умови взаємодії елементів пристроїв з носіями інформації
$C^{RM} = \{C_i^{RM}\}$	X_i^{RM}	Артефакти, визначені властивостями носія запису
$C^S = \{C_i^S\}$	X_i^S	Артефакти, визначені умовами зберігання
Визначення алгоритмів КМ: концепт – зв'язки між концептами – управляючі рішення		
Множина концептів	Зв'язки між концептами	Спеціальні управляючі впливи
$C^{ID} = \{C_k^{ID}\}$	V_{ij}	Множина можливих інформаційних показників в КМ (ID - information data).
$C^{IC} = \{C_n^{IC}\}$	W_{kn}	Множина функцій впливу на зв'язки, що визначають рівень значимості між концептами (IC - intercommunication).
Передпроектні дослідження		
Вихідні дані		Методологія
$M = \{C^I, C^E, C^{RM}, C^S, C^{ID}, C^{IC}\}$		Формування КМ з достатньою кількістю концептів
$\{C^I, C^E, C^{RM}, C^S, C^{ID}, C^{IC}\}^1$		Формування переліку концептів виконавцем процесу
$\{C^I, C^E, C^{RM}, C^S, C^{ID}, C^{IC}\}^0$		Формування переліку концептів експертами для контролю кінцевого результату (якість відновленої фонограми)

До таких груп відносять:

1 - артефакти, як певний людський фактор, здібності та уміння звукорежисера запису, звукорежисера монтажу і зведення, а в подальшому і звукорежисера-реставратор (І - individual, індивід);

2 - артефакти, що визначено умовами, устаткуванням та обладнанням запису, зведення, відтворення. До умов віднесено акустичні умови приміщень запису, умови взаємодії елементів пристроїв з носіями інформації (контакт головки і стрічки (неконтакт, перекик тощо), голки з грамплатівки (перевага, антискейтінг тощо), зміни швидкості руху носія (детонація, плавання, дрейф), завади типу «рискот», нелінійні спотворення апаратури, відсутність екранування (E – equipment, обладнання);

3 - артефакти, визначені властивостями носіїв запису, які можна розподілити на підгрупи (RM record medium - носій інформації):

- а) різного виду шуми тривалої дії;
- б) завади короткочасної дії;
- в) амплітудно-частотні лінійні розбіжності;
- г) нелінійні спотворення, що формуються носіями;
- д) сприйнятливність до механічного руйнування носія в процесі запису, зберігання (копірефект), відтворення;
- е) сприйнятливність до руйнування носія в процесі неправильного зберігання та порушення кліматичних умов;
- ж) взаємний вплив стереоканалів (перехресна завада);
- з) специфічні властивості носія;
- і) властивості, визначені технологією виготовлення носія (штампування, напилення МС, технології фото процесів);

4 - артефакти, визначені умовами зберігання (S storage - зберігання).

Особливості системної моделі. Для побудови системної моделі (СМ) необхідно пояснити і взаємозв'язати припущення, механізми виникнення артефактів і основні етапи процесу відновлення, локалізації та ліквідації артефактів, викликаних різними факторами.

СМ дозволяє класифікувати поточну фазу процесу реставрації, на якісному рівні оцінити перетворення фонограми, якісно оцінити результати проведення відповідних обробки сигналів та інших заходів на підставі результатів роботи системи реставрації та відновлення. СМ процесу реставрації (рис.1) - це взаємозв'язані підсистеми, представлені у вигляді триад - графа з трьома вершинами.

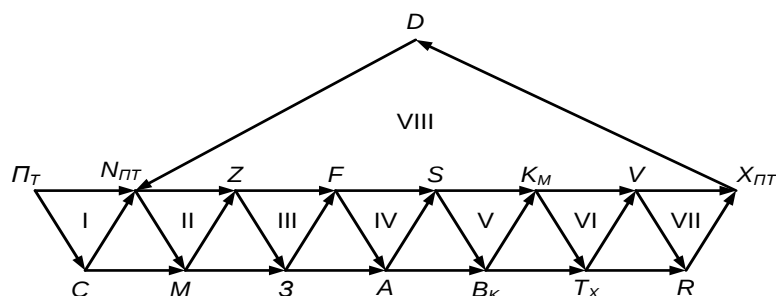


Рис.1. Системна модель процесу ВРФ

Кожній вершині відповідає певна множина об'єктів, а ребра відповідають відносинам між цими об'єктами [7].

СМ використовують для проведення системного аналізу процедури вилучення артефактів у процесі відновлення та реставрації фонограм.

Елементи множини нижнього рівня утворюють нові триади-об'єкти, а саме на види подальших досліджень.

Триади I-III реалізуються на основі досвіду, знань та інтелекту звукорежисера-реставратора та відображаються у вигляді експертних систем.

Тріади IV-VII базуються на використанні інформаційних, функціональних та динамічних моделей.

Тріада VIII дозволяє визначати ефективність всіх видів обробки та програмних засобів для ВРФ.

Системна тріадна модель об'єднує в єдину систему всі види діяльності звукопідсилювача та автоматизованих операцій, пов'язаних із проведенням процесу ВРФ, дозволяє якісно проводити аналіз результатів, отриманих в процесі ВРФ, визначити оптимальний час для проведення відновлювальних та діагностичних процедур з метою отримання максимально досяжних результатів реставрації та застосування найбільш ефективні методи відновлювальних робіт під час ВРФ і після.

Системний аналіз процесу ВРФ дозволяє виділити шість підсистем (агентів) в процесі реставрації, що складають мультиагентну системну модель (рис.2):

- 1 - артефакти;
- 2 - відновлювана фонограма;
- 3 - підсистема прийняття рішень [6];
- 4 - інформаційна підсистема [8];
- 5 - виконавча підсистема [9];
- 6 - впливові фактори.

Стан об'єктів 1 і 2 характеризуються через змінні стану. Визначимо множину $X = \{x_i\}$ змінних, що характеризують властивості та особливості артефактів:

- x_0 - початковий дестабілізуючий фактор, що викликав появу артефакту;
- x_1 - умови появи артефакту;
- x_2 - ступінь впливу артефакту на фонограму;
- x_3 - параметр, найбільш підданий впливу артефакту, місце та ступінь зміни параметра фонограми;
- x_4 - ступінь можливого вирішення проблеми - ступінь повного або часткового видалення артефакту без втрати інформаційної складової фонограми;
- x_5 - ступінь часового впливу артефакту.

Стан звукової фонограми характеризують множиною Y з наступних змінних:

- Y_1 - якісні показники фонограм, серед яких:
 - y_{1-1} - частотні характеристики фонограми;
 - y_{1-2} - шумові характеристики фонограми;
 - y_{1-3} - наявність нелінійних спотворень фонограми;
 - y_{1-N} - інші;
- Y_2 - механічний стан фонограм, серед яких:
 - y_{2-1} - короблення, витягування і його ступінь;
 - y_{2-2} - злом, розрив і його ступінь;
 - y_{2-3} - потертості і їх ступінь;

y_{2-N} -інші.

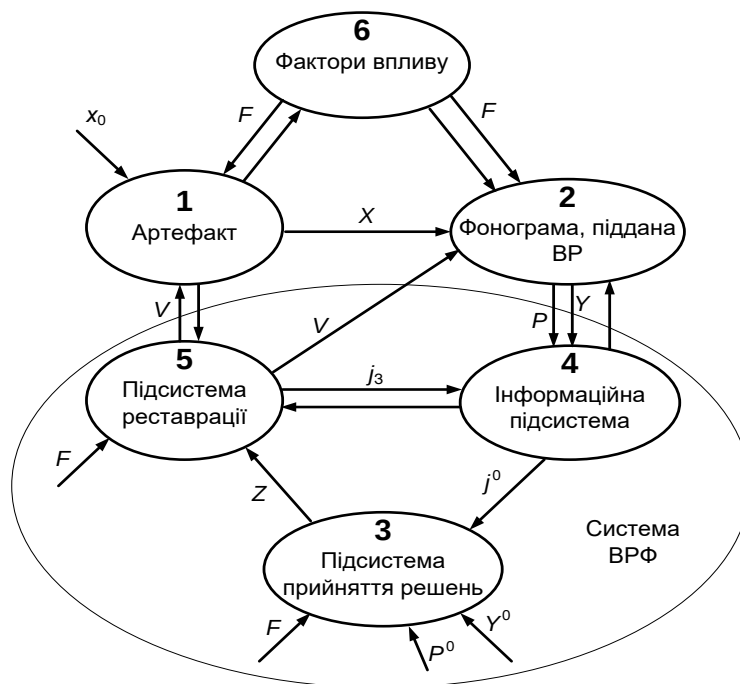


Рис.2. Мультиагентна системна модель процесу ВРФ

Втрату від наявності артефактів характеризують множиною втрат $P = \{p_i\}$:

p_1 - власне фонограма загалом;

p_2 - робочий шар носія фонограми;

p_3 - окремі складові параметрів фонограми (звуження частотного діапазону, збільшення нелінійних розбіжностей, підвищення шумових складових і тим самим маскування інформаційних низькорівневих сигналів тощо).

Стан підсистем оперативного прийняття рішення визначається множиною $Z = \{z_i\}$ змінних, що характеризують технологічні рішення, спрямовані на:

z_1 - залучення досвідчених звукорежисерів-реставраторів, ефективного використання інтелектуального ресурсу;

z_2 - використання ефективних апаратно-програмних засобів для відновлення та відновлення фонограм;

z_3 - використання високоякісних приладів та обладнання для об'єктивної оцінки якості фонограм;

z_4 - використання високоякісних приладів та обладнання для суб'єктивної оцінки якості фонограм;

z_5 - використання спеціальних ефективних засобів виявлення артефактів фонограм;

z_6 - використання інформаційних ресурсів для підвищення мобільності системи та ефективності виконання робіт;

z_7 - використання фінансових ресурсів для технічного та творчого забезпечення процесу ВРФ;

z_8 - використання спеціальних засобів попередження виникнення нових артефактів або модернізації існуючих (засобів моніторингу, контролю, діагностики);

z_9 - управління часовим ресурсом;

z_{10} - використання захисних заходів щодо поліпшення стану фонограм.

Інформаційну підсистему характеризують множини засобів для вимірювання, обробки та аналізу інформації щодо артефакту (J_1), самої фонограми (Y), зовнішніх впливових факторів (J_2) та виконавчої підсистеми (J_3).

Інформаційна підсистема своєчасно надає достовірну інформацію про підсистему прийняття рішень на основі аналізу стану фонограм і її артефактів.

Стан виконавчої підсистеми характеризується множиною $U = \{U_k\}$ розташованих засобів для управління процесом ВРФ. Змінні U_k відображають обсяг V_k , спрямований на виконання прийнятих рішень Z_k , що супроводжуються деякими помилками виконання. $U = \{U^k\}$ - загальний ресурс, необхідний для попередження, виявлення, керування процесом ВРФ, ліквідації наслідків наявності артефактів.

Концепти і змінні стану наведено в табл. 2.

Деталізована КМ процесу ВРФ потребує уточненого обліку наявних артефактів у процесі запису, зберігання та відновлення, та визначених змінних стану.

Таблиця 2.

Концепти і змінні стану, що відображають артефакти звукових фонограм

Позначення концепту	Тип концепту
C_1^I	кількість співробітників, що беруть участь в технологічному процесі
C_2^I	час виконання технологічних процесів (часовий фактор)
C_3^I	навчання персоналу
C_4^I	забезпечення заробітною платою
C_5^I	невраховані концепти, що відображають артефакти, спричинені людським фактором
C_1^E	параметри якості апаратури (первинного запису, відомості при первинного запису, відтворення при ВРФ)
C_2^E	акустичні умови в студії (звукозапису, реставрації)
C_3^E	знос обладнання та апаратури, а також невідповідність стандартів обладнання
C_4^E	параметри взаємодії носія і зчитувального елемента обладнання (контакт «елемент зчитування-носій», неточність положення елемента зчитування і носія, сила зчеплення елемента зчитування з носієм, система врівноваження між елементом зчитування і носієм, геометричними відмінностями носія і елемента зчитування тощо)
C_5^E	параметри, що визначають особливості переміщення носія (нелінійність руху носія, детонація механізму переміщення носія, дрейф швидкості переміщення носія, плавання швидкості переміщення носія тощо)
C_6^E	завади, шуми, які визначаються апаратурою (завада типу «рокіт» при переміщенні носія, власні шуми функціональних вузлів, вібрація механізму переміщення носія тощо)
C_7^E	частотний діапазон і інші частотні характеристики апаратури
C_8^E	нелінійні спотворення апаратури, включно з нелінійними спотвореннями, викликані перевантаженням апаратури, нелінійністю перетворення сигналів
C_9^E	лінійні спотворення апаратури
C_{10}^E	захист від зовнішнього впливу елементів апаратури (екранування)
C_{11}^E	проведення профілактичних робіт з апаратурою
C_{12}^E	невраховані концепти, що відображають артефакти, визначені умовами та апаратурою

Продовження таблиці 2

1	2
C_1^{RM}	шуми тривалої дії, викликані структурою носія (структурний шум, шипіння)
C_2^{RM}	шуми тривалої дії, викликані пошкодженням носія («пісочний» шум)
C_3^{RM}	шуми тривалої дії, викликані непостійним контактом носія з елементом зчитування (модуляційний шум - ПАМ)
C_4^{RM}	завади короткочасної дії - комутаційні (клацання), імпульсні, викликані пошкодженням носія, імпульсні, викликані частотою обертання механізму переміщення носія
C_5^{RM}	амплітудно-частотні характеристики носія, лінійні спотворення, чутливість до гармонік
C_6^{RM}	нелінійні спотворення, що спричинені носієм і принципом запису на носій, викликані умовами переміщення носія, перевантаженням носія
C_7^{RM}	сприйнятливність до механічного руйнування носія в процесі запису-відтворення,
C_8^{RM}	сприйнятливність до руйнування носія в процесі неправильного зберігання, зберігання з недотриманням кліматичних умов
C_9^{RM}	взаємовплив (перехідне загасання) стереоканалів, шарів (копірефект) тощо
C_{10}^{RM}	специфічні властивості носія, властивості, визначені технологією виготовлення носія (штампування, наплення магнітного шару, фото процеси тощо)
C_{11}^{RM}	ВЧ втрати в носії, самознищення інформації в носії тощо
C_{12}^{RM}	масогабаритні показники носія
C_{13}^{RM}	невраховані концепти, що відображають артефакти за певними властивостями носія
C_1^S	проведення профілактичних робіт в зоні зберігання, застосування кліматичної нормалізації
C_2^S	невідповідність норм зберігання
C_3^S	непередбачені несприятливі події
C_4^S	механічне пошкодження носія - витягування, осипання інформаційного шару, викривлення
C_5^S	механічне пошкодження носія, викликані зовнішнім середовищем, зовнішнім впливом електромагнітного поля
C_6^S	пошкодження носія і фонограми, викликані впливом власного електромагнітного поля
C_7^S	невраховані концепти, визначені умовами зберігання

Побудова концептуальної моделі включає наступні етапи [10]:

- визначення типу системи;
- опис робочого навантаження (визначення параметрів і змінних моделі);
- декомпозицію системи.

Структуру системи, що моделює ВРФ, наведено на рис. 3.

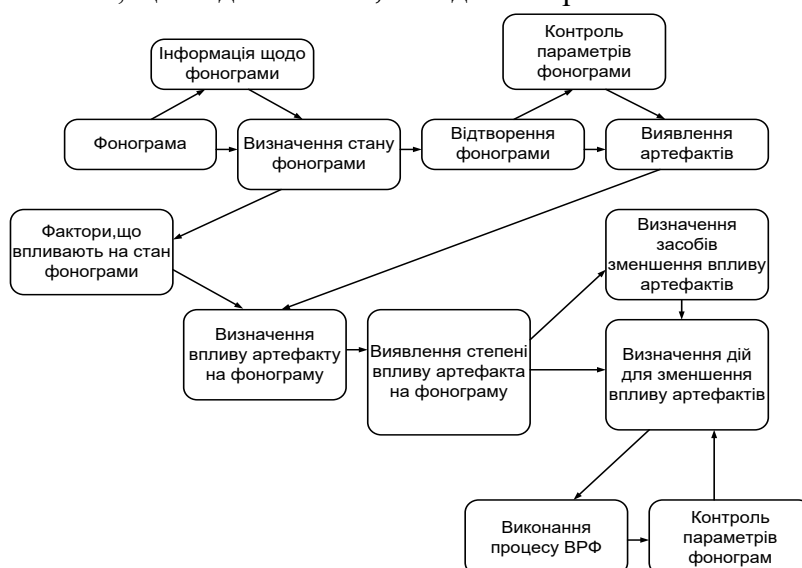


Рис.3. Структура модельованої системи ВРФ

Концептуальну модель процесу ВРФ з урахуванням артефактів фонограми та вжиття заходів щодо зменшення впливу на фонограму наведено на рис. 4.

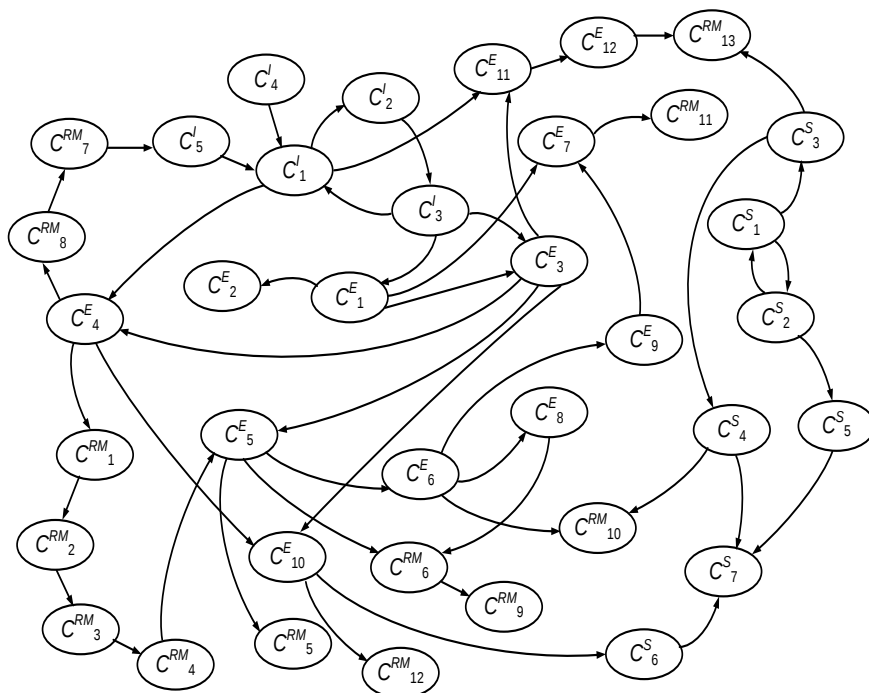


Рис.4. Концептуальна модель процесу ВРФ

Висновки. Таким чином, розроблена модель є основою методології концептуального моделювання процесу ВРФ після впливу артефактів, спричинених різними факторами. Запропонована структура концептуальної моделі ВРФ забезпечує можливість поетапного вилучення артефактів незалежно від типу множини концептів, що визначають артефакти, зумовлені технологією звукозапису. За цього підсистема прийняття рішень має бути налаштована з урахуванням вимог нормативних документів щодо якості звуковідтворення. Напрямок подальших робіт є вдосконалення методики проведення процесу ВРФ і математичної моделі узагальненої фонограми з визначенням особливостей технології в різних типах носіїв, а також дослідження можливостей використання рівня значимості концептів щодо покращення показників процесу ВРФ.

Література

1. Системи та пристрої реєстрації інформації / Є. М. Травніков, Г. Г. Власюк, В. В. Пілінський та інші. За загальн. ред. В. Б. Швайченко. - К.: Кафедра, 2013, -216 с.
2. Особенности восстановления аудиофрагментов носителей механической записи / А. П. Гребинь, Н. Ф. Левенец, В. Б. Швайченко, О. Шараджа // Наукові записки УНДІЗ. - 2014. - №4(32). - С. 62-67
3. Никамин В. А. Цифровая звукозапись. Технологии и стандарты / В. А. Никамин. - СПб.: НиТ, 2002. - 256 с.

References

1. Systemy i ptystroj rejestratsij informatsiji [Systems and devices for information registration] / E. M. Travnikov, A. G. Vlasjuk, V. V. Pilinsky at all. A general edition V. B. Shvaichenko. - K.: Kafedra, 2013, -216 p.
2. Osobennosti vosstanovleniya zvukovykh fragmentov nositeley mekhanicheskoy zapisi [Features of restoration of audio fragments of carriers of a mechanical record] / A. P. Grebin, N. F. Levenets, V. B. Shvaichenko, O. Sharadjah // Naukovi zapyski UNDIIZ. - 2014. - №4 (32). - P. 62-67
3. Infologovoye (kontseptual'noye) modelirovaniye predmetnoj oblasti [Infologological (conceptual) modeling

4. Особенности реставрации и восстановления аудиосигналов, обусловленные спецификой носителя магнитной записи / А. П. Гребинь, Н. Ф. Левенец, В. Б. Швайченко, Д. М. Пробитый // Наукові записки УНДІЗ. – 2015 – №2(36). – С. 38-43
5. Тема 2. Инфологическое (концептуальное) моделирование предметной области. Режим доступа http://aes.kz:8073/books/%7B6E7571C8-844A-4B33-8F42-78C0C1763A9E%7D/Bazy_dannyh/umk/text/02t01.htm
6. Згуровский М. З. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами / М. З. Згуровский, А. А. Павлов. – К.: Наукова думка, 2010. – 575 с.
7. Ларин В. Ю. Концепции профессионального проектирования приборов и систем: в 2-х томах. Книга 1. / В.Ю. Ларин, Е. Ю. Ларина, Я. А. Савицкая и др. – К.: Кафедра, 2016. – 468 с.
8. Боярский К. К. Концептуальные модели в базах знаний/ К.К. Боярский, Е. А. Каневский, Г.В. Лезин// Науч.-техн. вестник информационных технологий, механики и оптики. - №2, том 2, 2002. - С.57-62
9. Муромцев Д. И. Концептуальное моделирование знаний в системе Cmap Tools/ Д. И. Муромцев. - СПб: ГУ ИТМО, 2009. - 83 с.
10. Снетков Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов/ Н. Н. Снетков. - М.: Изд. центр ЕАОИ, 2008. - 228 с.
- of the domain]. Access mode http://aes.kz:8073/books/%7B6E7571C8-844A-4B33-8F42-78C0C1763A9E%7D/Bazy_dannyh/umk/text/02t01.htm.
4. Larin V. Yu. B. Yu. Kontseptsii professionalnogo proektirovaniya priborov i system: [The concepts of professional design of devices and systems]: in 2 volumes. Book 1. / V. Yu. Larin, E. Yu. Larina, Ya. A Savitskaya at all. - K.: Kafedra, 2016. - 468 p.
5. Snetkov N. N. Imitatsyonnoe modelirovaniye ekonomicheskikh protsessov [Simulation of economic processes]. - M.: Izd. tsentr EAOI, 2008. - 228 p.
6. Zgurovsky M. Z. Prinyatiye resheniy v setevykh sistemakh s ograniченными resursami [Decision-making in network systems with limited resources] / M. Z. Zgurovsky, A. A. Pavlov. – K.: Naukova dumka, 2010. – 575 p.
7. Nikamin V. A. Tsifrovaya zvukozapis'. Tekhnologii i standarty [Digital sound recording. Technologies and standards] / V. A. Nikamin. – SPb: NiT, 2002. – 256 p.
8. Особенности реставрации и восстановления аудиосигналов, обусловленные спецификой носителя магнитной записи / А. П. Grebin, N. F. Levenets, V. B. Shvaichenko, D. M. Probity // Naukovi zapyski UNDIZ. – 2015 – №2(36). – P. 38-43
9. Boyarsky K. K. Kontseptual'nyye modeli v baze znaniy [Conceptual models in knowledge bases]/ K. K. Boyarsky, E. A. Kanevsky, G. V. Lezin // Nauch.-tehn. vestnik informatsionnykh technologij, mehaniki i optiki. - №2, vol. 2, 2002. - P.57-62
10. Muromtsev D. I. Kontseptual'noye modelirovaniye znaniy v sisteme Cmap Tools [Conceptual modeling of knowledge in the system Cmap Tools]/ D.I. Muromtsev. - SPb: GU ITMO, 2009. - 83 p.

LEVENETS NILA

nila.levenets@gmail.com;

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

SHVAICHENKO VOLODYMYR

vbs2011@ukr.net;

ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-9736-0800>;
Kiev National University of Technologies & Design, Kiev

GREBIN ALEXANDER

alexgstudio.2016@gmail.com;

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

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПОВРЕЖДЕННЫХ НОСИТЕЛЕЙ

ШВАЙЧЕНКО В.Б.¹, ГРЕБИНЬ А.П.², ЛЕВЕНЕЦ Н.Ф.²

¹Киевский национальный университет технологий и дизайна

²Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени
Игоря Сикорского»

Цель. Повышение качества восстановленной информации в процессе реставрации и восстановления фонограмм.

Методика. Синтез системной модели на основе анализа процессов восстановления и реставрации фонограмм с носителей различного типа и компьютерной обработкой.

Результаты. Определены характеристики концептуальной модели процесса восстановления и реставрации фонограммы. Разработана структура системной модели процесса восстановления информации. Определено множество концептов и связи между концептами. Определена структура системы, моделирующей восстановление и реставрацию фонограмм.

Научная новизна. Предложена концептуальная модель процесса восстановления и реставрации. Обоснованно распределение артефактов за режимами воспроизведения и обработки фонограммы. Детализировано тип контента с особенностями влияния на состояние фонограммы.

Практическая значимость. Полученные решения являются основой методики проведения процесса восстановления и реставрации фонограмм по критерию качества звучания.

Ключевые слова: артефакты, звуковой контент, концептуальная модель, моделирование, фонограмма, шумы.

MODEL OF THE PROCESS FOR RENOVATION OF INFORMATION ON HARMFUL PHONOGRAMS

SHVAICHENKO V. B.¹, GREBIN A. A.², LEVENETS N. F.²

¹National University of Technologies and Design

²Kyiv National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv polytechnic Institute»

Purpose. Improving the quality of the restored information in the process of restoration and restoration of phonograms.

Methodology. Synthesis of the system model on the basis of analysis of the processes of restoration and restoration of phonograms from media of various types and computer processing.

Findings. The characteristics of the conceptual model of the restoration and restoration of the phonogram are determined. The structure of the system model of the information recovery process is developed. A lot of concepts and connections between concepts are defined. The structure of the system modeling restoration and restoration of phonograms is defined.

Originality. A conceptual model of the restoration and restoration process is proposed. The distribution of artifacts over the playback and processing modes of a phonogram is justified. Details of the type of content with features of the effect on the state of the phonogram.

Practical value. The solutions obtained are the basis of the methodology for carrying out the process of restoration and restoration of phonograms by the criterion of sound quality.

Keywords: acts, sound content, conceptual model, modeling, phonogram, noise.

УДК 677.047.2

СЕМЕШКО О.Я., СКАЛОЗУБОВА Н.С.,
АСАУЛЮК Т.С., САРІБЕКОВА Ю.Г.
Херсонський національний технічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМОЧУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ
ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН У ПРОЦЕСІ
ПРОМИВАННЯ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖУ**

Мета. Дослідження змочувальної здатності розчинів поверхнево-активних речовин різних класів по відношенню до суворого бавовняного трикотажного полотна.

Методика. Визначення змочувальної здатності розчинів поверхнево-активних речовин різної концентрації проводилось методом занурення Дрейвза.

Результат. У роботі наведені результати дослідження змочувальної здатності розчинів поверхнево-активних речовин різних класів по відношенню до суворого бавовняного трикотажного полотна.

Наукова новизна. Вперше встановлені залежності часу змочування зразків суворого бавовняного трикотажного полотна від концентрації поверхнево-активних речовин різних класів.

Практична значимість. Встановлені поверхнево-активні речовини та їх концентрації, що забезпечують максимально швидке змочування трикотажу.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, композиція, змочування, трикотажне полотно, підготовка, промивання.

Вступ. Суворі бавовняні трикотажні полотна містять технологічні та природні домішки, які перешкоджають змочуванню трикотажу під час фарбування і які необхідно видалити при підготовці. Технологічними домішками є замаслювачі – суміш рідких синтетичних та рослинних олій, що наноситься на нитки при в'язанні. До природних домішок суворого бавовняного трикотажного полотна належать, у першу чергу, воскоподібні речовини [1]. Якість отриманих при подальшому фарбуванні забарвлень та в цілому якість готових виробів залежить від повноти видалення домішок. Для бавовняних трикотажних полотен це відбувається під час промивання або відварювання у апаратах періодичної дії у розчинах поверхнево-активних речовин (ПАР) [2]. Однак ПАР, що використовуються у даний час на вітчизняних трикотажних підприємствах під час промивання бавовняного трикотажу забезпечують його низьку капілярність через неповне видалення замаслювачів та супутніх природних речовин бавовни з трикотажного полотна [3].

Тому створення нових ефективних композиційних препаратів ПАР ефективного проведення процесу відварювання бавовняного трикотажного полотна є своєчасним та актуальним завданням. Вирішити його можливо шляхом детального дослідження колоїдно-хімічних властивостей індивідуальних ПАР.

Постановка завдання. Метою дослідження є вивчення колоїдно-хімічних властивостей ПАР різних класів для виявлення найефективніших з них та подальшого створення композицій, ефективних у процесі промивання бавовняного трикотажного полотна.

Для досягнення мети у роботі поставлено наступне завдання: дослідити змочувальну здатність розчинів досліджуваних ПАР відносно суворого трикотажного полотна при різних концентраціях.

Результати дослідження. З метою створення високоефективних композицій ПАР для підготовки бавовняного трикотажного полотна необхідно методично дослідити властивості індивідуальних ПАР.

Для розробки композицій для промивання трикотажного полотна обрано ПАР різних класів: аніоноактивні (АПАР), неіоногенні (НПАР), амфотерні (АмПАР) та криптоаніонний (КрПАР), що виробляються провідними фірмами цієї галузі (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних ПАР

Назва ПАВ	Виробник	Зовнішній вигляд	Хімічний склад
1	2	3	4
Аніоноактивні			
Albaflow FFC–01	«Huntsman NMG»	Рідина білого кольору середнього ступеня в'язкості	Склад з похідних жирних спиртів з алканолом та модифікованих метилполісілоксанів
Eriopon R		Прозора, жовтувата, рідина середньої в'язкості	Натрієва сіль модифікованої поліакрилової кислоти
Albatex		Прозора рідина	Водний розчин поліакрилатів та комплексоутворювачів
Invatex		Прозора рідина	Препарат на основі органічних кислот
Albafluid CD		Прозора в'язка емульсія	Препарат на основі співполімеру поліефіру
Неіоногенні			
Ultravon TC	«Huntsman NMG»	Прозора рідина	Суміш неіоногенних ПАР
Lutensol	«BASF»	Прозора рідина	Алкоксилати на основі розгалуженого спирту
Lutensol	«BASF»	Прозора рідина	Алкоксилати на основі розгалуженого спирту
Оксилав A1214C.50	ТОВ НВО «НИИ ПАВ»	Прозора світло-жовта рідина	Алкілдиметиламіноксид
Оксилав A1214.30		Прозора або світло-жовта рідина	Алкілдиметиламіноксид
Синтанол АЛМ–10	ВАТ ВО «ТОС»	Однорідна паста білого кольору	Суміш поліоксиетиленгліколевих ефірів синтетичних первинних вищих жирних спиртів фракції C ₁₂ -C ₁₄
Стеарокс–6		В'язка маса світло-коричневого кольору	Поліоксиетиленгліколеві ефіри стеаринової кислоти
ОС–20 Б		Прозора світло-жовта рідина	Суміш поліоксиетиленгліколевих ефірів вищих жирних спиртів

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Амфотерні			
Бетапав АП.30	ТОВ НВО «НИИ ПАВ»	Прозора рідина	Кокамідопропілбетаїн
Бетапав А.30	«НИИ ПАВ»	Прозора світло-жовта рідина	Алкілбетаїн
Криптоаніонні			
Карбоксипав АФ6.35	ТОВ НВО «НИИ ПАВ»	Прозора світло-жовта рідина	Карбоксилати оксиетильованих алкілфенолів

Досліджувані ПАР є добре розчинними у воді, утворюють при цьому прозорі розчини, та є стійкими до солей жорсткості.

Оцінка ефективності змочувальної дії ПАР є важливою при використанні під час взаємодії твердих тіл з розчинами та у процесі видалення природних й технологічних забруднень з суворих текстильних матеріалів [4]. Під час змочування текстильних матеріалів у результаті орієнтованої адсорбції молекул ПАР на поверхні волокон відбувається його гідрофілізація [5–7].

Визначення змочувальної здатності розчинів ПАР проведено методом занурення Дрейвза, який полягає у почерговому введенні зразків суворого трикотажного полотна у підготовлені водні розчини ПАР з подальшою фіксацією часу до повного їх занурення [8].

Результати дослідження змочувальної здатності досліджуваних ПАР у межах концентрацій 0,2–5 г/л представлені на рис. 1–2.

Встановлено, що досліджувані аніоноактивні ПАР не змочують суворий трикотаж протягом 3-ох год. На рис. 1 зображені залежності часу змочування бавовняного трикотажного полотна від концентрації неіоногенних ПАР.

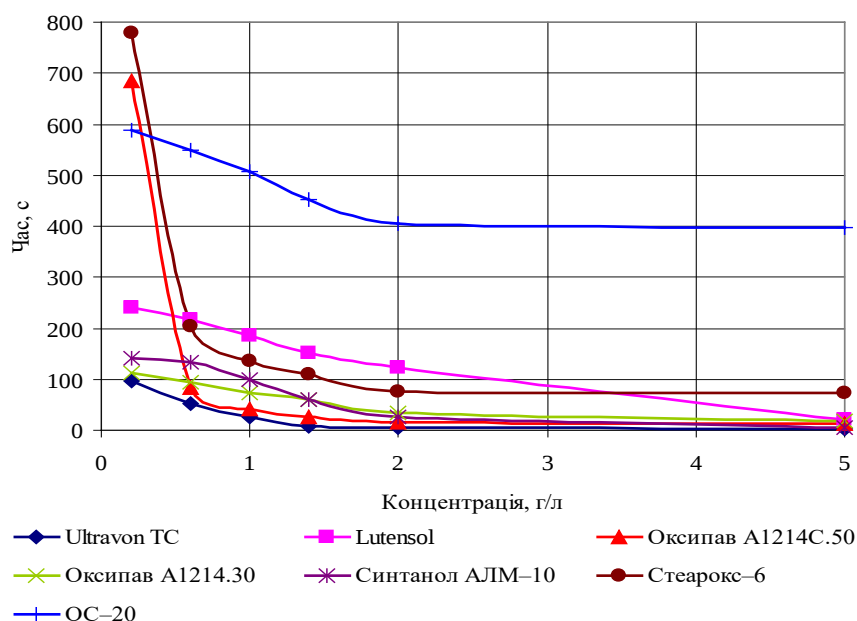


Рис. 1. Вплив концентрації неіоногенних ПАР на час змочування суворого бавовняного трикотажу

Аналіз представлених результатів дозволяє стверджувати, що зі збільшенням концентрації ПАР у розчинах час змочування трикотажу зменшується. Найдовше відбувається змочування при використанні ОС–20, застосування якого навіть при концентрації 5 г/л забезпечує змочування лише за 398 с (6 хв. 48 с). Найкращими змочувачами є Ultravon TC,

Оксилав А1214С.50 та Синтанол АЛМ–10 при концентрації 2 г/л. При цьому час змочування суворого трикотажу складає 6, 15 і 26 с відповідно.

На рис. 2 наведені залежності часу змочування зразків бавовняного трикотажного полотна від концентрації амфотерних та криптоаніонного ПАР.

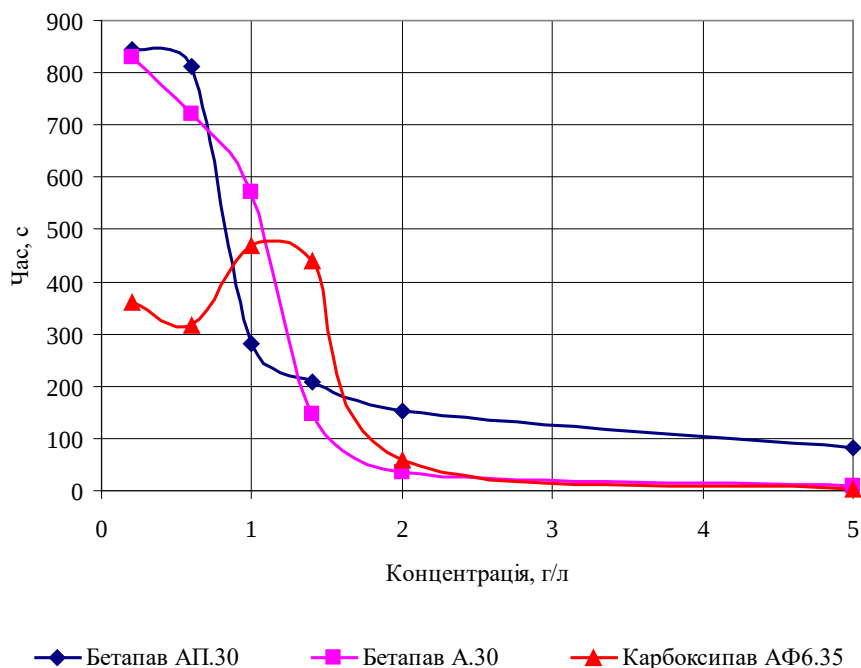


Рис. 2. Вплив концентрації амфотерних та криптоаніонного ПАР на час змочування суворого бавовняного трикотажу

Дані, наведені на рис. 2, дозволили встановити, що застосування амфотерних ПАР при низькій концентрації 1 г/л сприяє стрімкому скороченню часу змочування бавовняного трикотажу і складає 280 с (4 хв. 40 с) та 575 с (9 хв. 35 с) відповідно для Бетапав АП.30 та Бетапав А.30. Для порівняння при застосуванні даних ПАР при концентрації 0,2 г/л цей показник становить 845 с (14 хв. 5 с) та 830 с (13 хв. 50 с). Найнижчі показники часу змочування спостерігаються при застосуванні Бетапав АП.30 та Бетапав А.30 в концентрації 2 г/л і складають 152 с (2 хв. 32 с) і 36 с відповідно. Подальше збільшення концентрації досліджуваних амфотерних ПАР до 5 г/л не призводить до помітного зменшення часу змочування зразків суворого трикотажу.

Крива, що ілюструє залежність часу змочування бавовняного трикотажного полотна від концентрації криптоаніонної ПАР Карбоксипав АФ6.35 має екстремальний характер, що ймовірно пов'язано з хімічною природою даної речовини. Криптоаніонні ПАР – клас

речовин, що поєднують у собі властивості аніонактивних та неіоногенних ПАР, які переважно використовують у косметичних výroбах у якості диспергаторів, емульгаторів, солюбілізаторів [9, 10]. Найкращий показник змочування, тобто найменший його час – 59 с, спостерігається при концентрації криптоаніонної ПАР Карбоксилав АФ6.35 2 г/л.

Таким чином, за результатами експерименту встановлено, що найбільш ефективними змочуючими агентами є неіоногенні ПАР, а аніонактивні зовсім не змочують трикотаж. Серед неіоногенних ПАР найкращою здатністю до змочування володіють Ultravon TC, Оксипав А1214.30, Оксипав А1214С.50 та Синтанол АЛМ-10. При індивідуальному застосуванні при концентрації 0,6-1 г/л змочування суворого трикотажного полотна відбувається протягом 0,5-1,5 хв. Досліджувані амфотерні та криптоаніонний ПАР володіють низькими змочувальними властивостями у порівнянні з неіоногенними ПАР. Лише при високій концентрації Бетапав А.30 та Карбоксилав АФ6.35 5 г/л час змочування зразків суворого трикотажного полотна складає 4-9 с.

Найбільш ефективним змочувачем є неіоногенна ПАР Ultravon TC, застосування якої при концентрації 2 г/л сприяє змочуванню зразка суворого трикотажу за 6 с.

Висновки. Встановлено, що найбільш ефективними змочуючими агентами є неіоногенні ПАР Ultravon TC та Оксипав А1214С.50 при концентрації 2 г/л, час змочування зразка суворого трикотажу при цьому складає 6 і 15 с відповідно. Встановлено, що аніонактивні ПАР зовсім не змочують суворий трикотаж.

Література

1. Кричевский Г. Е. Химическая технология текстильных материалов. В 3 т. Т. 1. Теоретические основы технологии. Волокна. Загрязнения. Подготовка текстильных материалов. – Москва: Росс. заоч. ин-т. текстильной и легкой промышленности, 2000. – 436 с.
2. Fakin D. The Effect of Pretreatment on the Environment and Dyeing Properties of a Selected Cotton Knitted Fabric / D. Fakin, D. Golob, Z. Stjepanović // *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. – 2008. – Vol. 16, No. 2 (67). – P. 101–104.
3. Скалозубова Н. С. Исследование капиллярных свойств трикотажных полотен / Н.С. Скалозубова, А. Н. Куник, Ю. Г. Сарибекова // *Вестник Херсонского национального технического университета*. – 2014. – №1 (48). – С. 157-162.
4. Кулаков О. І. Розробка ефективних змочувачів для текстильної промисловості / О. І. Кулаков, А. Я. Ганзюк // *Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины*. – 2005. – №1(10). – С.181–183.

References

1. Krichevskij, G. E. (2000). *Himicheskaya tekhnologiya tekstil'nykh materialov*. T. 1. Teoreticheskie osnovy tekhnologii. Volokna. Zagryazneniya. Podgotovka tekstil'nykh materialov [Chemical technology of textile materials. V. 1. Theoretical foundations of technology. Fibers. Contamination. Pre-treatment of textile materials]. (Vols. 1–3; Vol. 1). Moscow, Russia: Ross. zaoch. in-t. tekstil'noj i legkoj promyshlennosti [in Russian].
2. Fakin, D., Golob, D., Stjepanović, Z. (2008). The Effect of Pretreatment on the Environment and Dyeing Properties of a Selected Cotton Knitted Fabric. – *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16, 2 (67), 101–104.
3. Skalozubova, N. S., Kunyk, A. N., Sarybekova, Yu. H. (2014). *Issledovanie kapillyarnykh svoystv trikotazhnykh poloten* [Investigation of the capillary properties of knitted fabrics]. – *Herald of the Kherson National Technical University*, 1 (48), 157–162.
4. Kulakov, O. I., Ganzjuk, A. Ya. (2005). *Rozrobka efektyvnykh zmochuvachiv dlya tekstilnoyi promislovosti* [Development of effective wetting agents for the textile industry]. – *Problems of light and textile industry of Ukraine*, 1 (10), 181–183.
5. Abramzon, A. A., Zaychenko, L. P., Fayngold, S.

5. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение / А.А. Абрамзон, Л.П. Зайченко, С.И. Файнгольд. – Ленинград: Химия, 1988. – 200 с.
6. Ланге К. Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение. – Санкт-Петербург: Профессия, 2004. – 240 с.
7. Плетнев М. Ю. Косметико-гигиенические моющие средства. – Москва: Химия, 1990. – 272 с.
8. Крикунова К. Ф. Технический анализ при отделке тканей и трикотажных изделий / К. Ф. Крикунова, И. В. Крикунова. – Москва: Легпромбытиздат, 1989. – 256 с.
9. Абрамов Г. Шампуни. Часть I. История и общие сведения [Электронный ресурс] / Г. Абрамов. – Режим доступа: <http://www.trichology.ru/prof-shampoo2.html>.
10. Артамонова В. Шампуни: химия и биология в одном флаконе [Электронный ресурс] / В. Артамонова. – Режим доступа: http://wsyakayawsyachina.narod.ru/technology/shampoo_2.html.
- I. (1988). Poverhnostno-aktivnyie veschestva. Sintez, analiz, svoystva, primeneniye [Surface-active substances. Synthesis, analysis, properties, application]. Leningrad: Himiya [in Russian].
6. Lange, K. R. (2004). Poverhnostno-aktivnye veshchestva: sintez, svojstva, analiz, primeneniye [Surfactants: synthesis, properties, analysis, application]. St. Petersburg: Professiya [in Russian].
7. Pletnev, M. Yu. (1990). Kosmetiko-gigienicheskie moyushchie sredstva [Cosmetic and hygienic cleaning agents]. Moscow: Himiya [in Russian].
8. Krikunova, K. F., Krikunova, I. V. (1989). Tehnicheskiy analiz pri otdelke tkaney i trikotazhnyih izdeliy [Technical analysis in the finishing of fabrics and knitwear]. Moscow: Legprombytizdat [in Russian].
9. Abramov, G. Shampuni. Chast' I. Istoriya i obshchie svedeniya [Shampoos. Part I History and general information] Retrieved from: <http://www.trichology.ru/prof-shampoo2.html> [in Russian].
10. Artamonova, V. Shampuni: khimiya i biologiya v odnom flakone [Shampoos: chemistry and biology in one bottle] Retrieved from: http://wsyakaya.wsyachina.narod.ru/technology/shampoo_2.html [in Russian].

SEMESHKO OLGA

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8309-5273>
solgaya@gmail.com
Kherson National Technical University

ASAULYUK TATYANA

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5961-6895>
tatisevna@gmail.com

SKALOZUBOVA NATALIYA

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6048-4068>
nataliia.skalozubova@gmail.com
Kherson National Technical University

SARIBYEKOVA YULIA

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6430-6509>
ysaribyeкова@gmail.com
Kherson National Technical University

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ПРОМЫВКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОГО ТРИКОТАЖА

СЕМЕШКО А. Я., СКАЛОЗУБОВА Н. С., АСАУЛЮК Т. С., САРИБЕКОВА Ю. Г.

Херсонский национальный технический университет

Цель. Исследование смачивающей способности растворов поверхностно-активных веществ различных классов по отношению к суровому хлопчатобумажному трикотажному полотну.

Методика. Определение смачивающей способности растворов поверхностно-активных веществ различной концентрации проводилось методом погружения Дрейвза.

Результат. В работе приведены результаты исследования смачивающей способности растворов поверхностно-активных веществ различных классов по отношению к суровому хлопчатобумажному трикотажному полотну.

Научная новизна. Впервые установлены зависимости времени смачивания образцов сурового хлопчатобумажного трикотажного полотна от концентрации поверхностно-активных веществ различных классов.

Практическая значимость. Установлены поверхностно-активные вещества и их концентрации, обеспечивающие максимально быстрое смачивание трикотажа.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, композиция, смачивание, трикотажное полотно, подготовка, промывка.

INVESTIGATION OF THE WETTING ABILITY OF SURFACTANTS IN THE WASHING PROCESS OF COTTON KNITTED FABRIC

SEMESHKO O. Ya., SKALOZUBOVA N. S., ASAULYUK T. S., SARIBYEKOVA Yu. G.

Kherson National Technical University

Purpose. Investigation of the wetting ability of surfactants solutions of various classes in relation to a grey cotton knitted fabric.

Methodology. The wetting ability of surfactants solutions of different concentrations was determined by the Draves immersion method.

Findings. The paper presents the results of the study of the wetting ability of surfactants solutions of various classes in relation to grey cotton knitted fabric.

Originality. For the first time, the dependence of the wetting time of the samples of grey cotton knitted fabric on the concentration of surfactants of various classes was established.

Practical value. Surfactants and their concentrations are established, which ensure the maximum rapid wetting of knitwear.

Key words: surfactants, composition, wetting, knitted fabric, preparation, washing.

УДК 541.136

ДЕНДУРА О. В., ЧЕРНИШ О. В., ХОМЕНКО В. Г., БАРСУКОВ В. З.

Київський національний університет технологій та дизайну

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІТЧИЗНЯНОГО ПРИРОДНОГО ГРАФІТУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Мета. Метою даної роботи було вивчення деяких фізичних характеристик і дослідження властивостей ряду графітів Завалівського комбінату (Україна).

Методика. Структура зразків вивчалася за допомогою оптичної та скануючої електронної мікроскопії з рентгенівським флуоресцентним аналізатором. Фракційний склад графітів визначався за допомогою фракційних сит, фотографічним та фотоседиментаційним методами. Електропровідність вимірювалася чотирьохелектродним методом. Електрохімічні характеристики визначалися імпедансним методом та методом циклічної вольтамперометрії.

Результати. Проведений порівняльний аналіз природних графітів спеціального призначення ряду комерційних фірм і графітів Завалівського комбінату. На основі даного аналізу із вітчизняних графітів для електрохімічних досліджень був вибраний графіт марки ЕУЗ-М.

Наукова новизна. Вперше, експериментально визначено властивості деяких марок вітчизняних графітів та науково обґрунтовано можливість їх використання в ЛІА.

Практична значимість. Запропоновано шляхи використання вітчизняного графіту, в першу чергу ЕУЗ-М, після додаткової очистки, у виробництві електродів ЛІА.

Ключові слова: графіт, дисперсність, електропровідність, поруватість, літій-іонні акумулятори.

Вступ. Минуло вже три десятиліття з моменту початку промислового виробництва літій-іонних акумуляторів (ЛІА), але пошук нових активних матеріалів для негативних електродів таких хімічних джерел струму та вдосконалення їх технології триває. Синтезуються нові активні матеріали, проте традиційно, в таких електродах, широко використовуються природні високочисті графіти.

На території України знаходиться одне з найбільших в Європі родовищ руди з високовпорядкованим лускатим графітом. Завалівський комбінат, переробляючи цю руду, виготовляє серію графітів спеціального призначення. Нажаль, серед цих графітів відсутній графіт призначений для виготовлення електродів ЛІА.

До основних характеристик електродів відносяться: електропровідність, пористість, від якої залежить питома ємність електроду, доступність електроліту до активного матеріалу та механічні властивості. На пористість впливає як природа графіту (розмір, форма, дисперсність частинок), так і технологія виготовлення електродів.

Структура зразків вивчалась методами оптичної та скануючої електронної мікроскопії. Дослідження на мікроскопі МБІ-15У42 проводились в прохідному, відбиваючому і змішаному світлі. Для визначення розмірів частинок використовувався об'єкт-мікрометр. Скануючий мікроскоп Ремма 102-02 дає можливість, окрім вивчення структури об'єкта, проводити його елементний мікроаналіз.

Для побудови кривих розподілу частинок за розмірами користувалися фотографічним, ситовим і фотоседиментаційним (для дрібнодисперсних графітів) [1] методами.

Ефективна густина зразків графітів визначалася шляхом їх заповнення рідиною після вакуумної обробки [2].

Здатність зразків до газопроникності оцінювалася за допомогою аргону. Електропровідність зразків вимірювалася чотирьохелектродним методом (джерело постійного струму Б5-49, високоомний ламповий вольтметр ВК7-15).

Зразки для дослідження виготовлялися шляхом пресування, а також у вигляді пасти та плівок.

В даний час ряд зарубіжних фірм (Superior Graphite Co., Energraph Co., Lonza) спеціалізуються на випуску графітів, які використовуються у якості активних матеріалів в електродах ЛІА. Основні фізичні характеристики деяких природних графітів цих фірм наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Геометричні параметри комерційних марок графітів

Характеристика	Марка графіту. Розміри частинок, мкм							
	LBG-73	SLA-1025	ABG-1005	ABG-1010	KS6	SLP-30	SLP-50	LGN-1212
90% менше ніж	80	29.9	16.5	30.2	6.5	32	45	22
50% менше ніж	43	16.8	6.5	9.8	3.4	-	-	-
10% менше ніж	16	12	3	3.3	1.6	-	-	10
Питома поверхня (БЕТ, м ² /г)	2.85	1.50	16.50	24.00	20.00	7	6	7.22

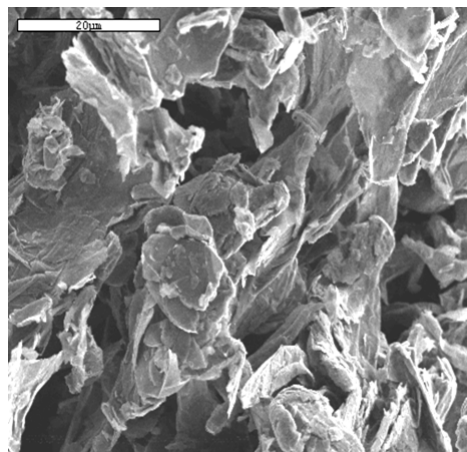
Вміст сторонніх домішок в зазначених графітах не перевищує 0,1%, а втрата ваги при випалюванні складає ~ 99,95%. Найбільша кількість домішок (0,5%) міститься в графіті KS6. Основним елементом у зольному залишку є залізо. У незначній кількості присутній хром, арсен, молибден. Із цих елементів молибден, який має найбільший атомний радіус, має найбільший негативний вплив на електрохімічні властивості ЛІА. Його вміст у графіті складає до $3 \cdot 10^{-3}$ %.

З таблиці 1 видно, що графіти відрізняються один від одного дисперсністю, середнім розміром часточок, питомою поверхнею. Максимальні розміри часточок не перевищують 100 мкм, а мінімальні можуть досягати мікронного розміру.

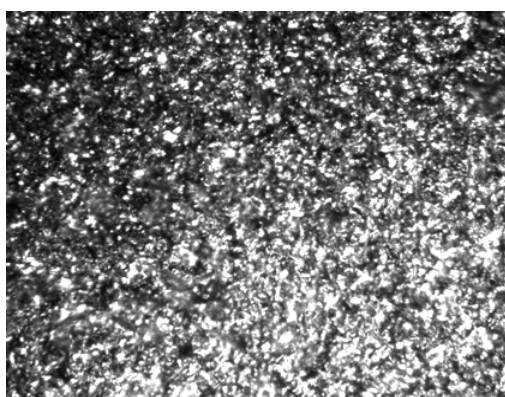
Мікроскопічні дослідження показують, що часточки графітів можуть відрізнятися своєю формою (рис.1).



а)



б)



в)



г)

Рис.1. Фотографії комерційних графітів: а) - SLA-1025; б) - ABG-1005; в) - KS6; г) – DBX-010

Очевидно, що час розряду-заряду ЛІА-аккумулятора (час інтеркаляції – деінтеркаляції літію у графіт) залежить від розміру часточок графіту. Отримання необхідної дисперсності графіту досягається, як правило, шляхом подрібнення вихідного графіту в кульових млинках. При цьому методі отримуємо частинки із заокругленими боковими гранями (рис.1а).

Існує методика диспергування попередньо терморозширеного графіту (“піскоструйна” методика). За цим методом одержання утворюються двомірні частинки (рис.1б). Очевидно, що навіть при одних і тих же розмірах часточок графіту, дисперговані різними методами, будуть відрізнятися питомою поверхнею, (мінімальна поверхня у сферичних) і питомою ємністю електрода (густиною електродного матеріалу).

Експеримент показав, що зразки електродів, які були виготовлені за однакових умов з графітом SLA-1025 мають густину $1,88 \text{ г/см}^3$, після вальцювання, а з графітом ABG-1005 – $1,56 \text{ г/см}^3$. Крім того, ці графіти відрізняються різним співвідношенням поверхонь на гранях (робочої) і бокової поверхні. Враховуючи анізотропію властивостей графіту стає зрозумілим більш висока електропровідність графіту з частинками, які мають сферичну форму.

Найбільш приблизний, до сферичної форми частинок, дрібнодисперсний графіт марки KS6 (рис. 1в).

Виявилося, що не лише форма, а й розмір часточок графіту впливає на густину електрода з однаковою кількістю зв'язуючого. Так, електроди до вальцювання з графітом KS6 мають густину 1,148 г/см³, а графітом SLA-1025 – 1,422 г/см³. Крім того адгезія електродної маси з KS6 (0,51 кгс/см²) у 3 рази гірша, ніж маси з SLA-1025 (1,62 кгс/см²). Вірогідно, що різні механічні властивості цих композитів обумовлюються питомою поверхнею цих графітів, оскільки чим вища дисперсність часточок, тим менша їх об'ємна і масова кількість здатна з'єднуватися із полімером.

Характерна одновимірна форма часточок штучного графіту DBX-010 (рис. 1г). Додавання цього графіту у кількості 5% по масі у графіт ABG-1005 збільшило електропровідність на 11% і покращило механічні властивості композиту (міцність, стійкість до розтріскування).

Аналізуючи досліджені комерційні марки спеціалізованих графітів можна зробити висновок, що всі вони високочисті, дрібнодисперсні, але відрізняються між собою за розміром, формою часточок і гранулометричним складом.

В Україні на Завалівському графітовому комбінаті переробляють руду у спеціальні марки графітів, у тому числі і для лужних акумуляторів. Нажаль, графітів для електродів ЛІА комбінат ще не випускає.

Виник інтерес, виходячи з аналізу спеціалізованих графітів зарубіжних фірм, оцінити можливість використання вітчизняних графітів у якості активних матеріалів у електродах ЛІА. Для досліджень були відібрані графіти марок:

ГAK-1 і ГAK00 - графіти для виготовлення активних мас лужних акумуляторів (~ 0,5% домішок);

ЕУЗ-М - дрібнодисперсний графіт для виготовлення електровуглецевих виробів (~ 0,5 % домішок);

ГСМ - графіт спеціальний малозольний (~ 0,1% домішок) для синтезу алмазів;

ГЛ-1 - графіт ливарний (~ 13% домішок);

ГПТ - графіт переробний;

С-1 - колоїдно-графітовий препарат (~ 1,3% домішок).

Визначена насипна густина і середній розмір часток зазначених графітів (табл.2).

Таблиця 2

Характеристика Завалівських графітів

Марка графіту	ГAK-1	ГAK00	ЕУЗ-М	ГСМ-1	ГЛ-1	ГПТ	С-1
Насипна густина, г/см ³	0,417	0,419	0,278	0,413	0,443	0,430	0,141
Середній розмір частинок, мкм	132	128	28	260	123	380	8,5

Графіти Завалівського родовища відносяться до високоупорядкованих, лускатих графітів (рис.2).

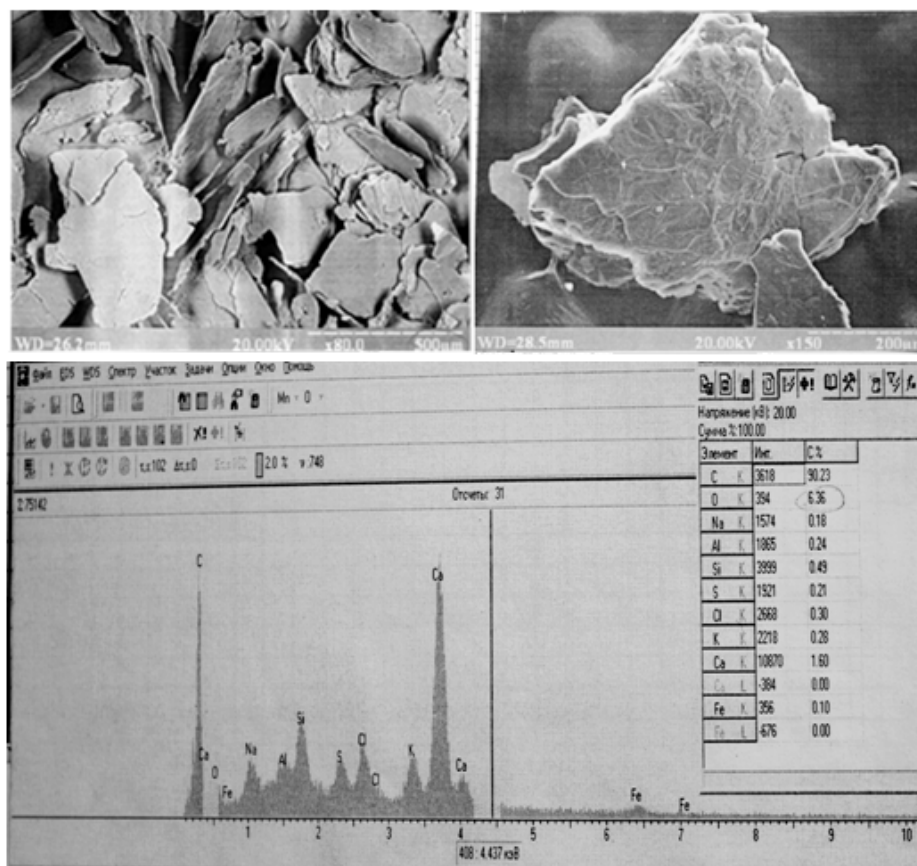


Рис.2. Структура Заваллівського графіта ГПТ і приблизний елементний склад мінеральних домішок

Вміст молібдену у Заваллівських графітах ($7 \cdot 10^{-4} \%$) менше, ніж у досліджуваних комерційних зразках.

Часточки графітів мають пласку форму, але відрізняються розміром і полідисперсністю (рис.3).



а)



б)

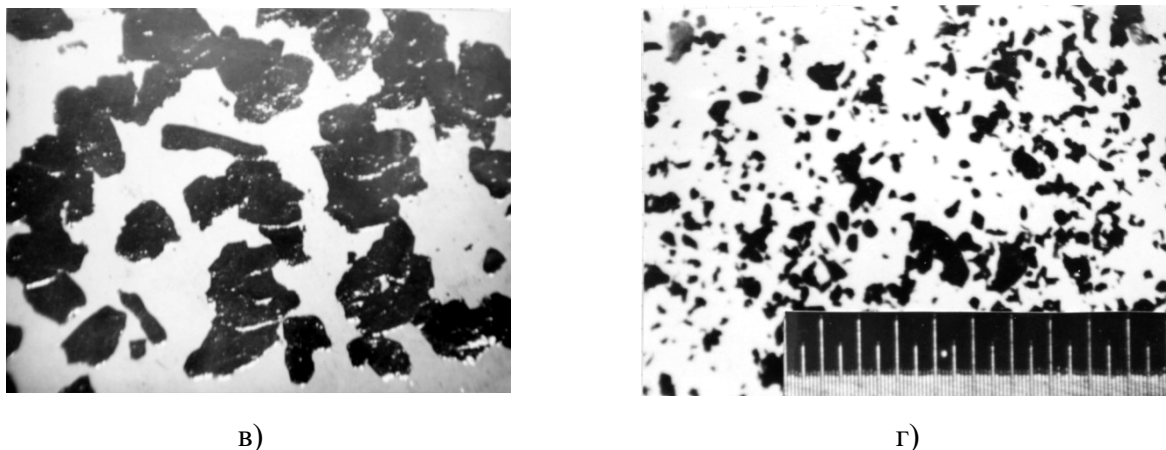


Рис.3. Графіти з різною дисперсністю: а) – ГАК-1; б) – ГАК-00; в) – ГП-Т; г) ЕУЗ-М

Очевидно, що властивості графітів залежать не лише від середнього розміру частинок, але і від їх розподілу за розмірами (рис.4).

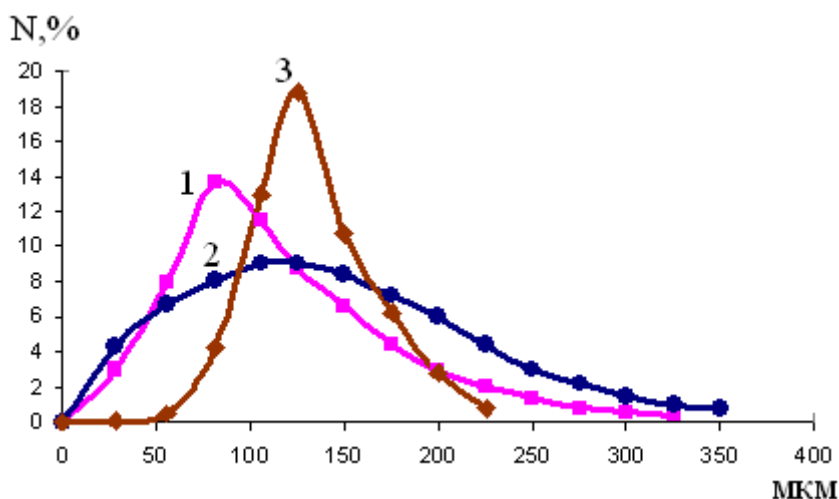


Рис.4. Криві розподілу за розмірами частинок графітів з близькими значеннями їх середніх розмірів (1– ГЛ-1; 2 – ГАК-00; 3 - ГАК-1)

Процес виготовлення електродів ЛПА включає в себе наступні операції: нанесення на металевий струмовідвід тонкого шару в'язкої електродної маси, вирівнювання товщини цього шару і вальцювання після видалення розчинника. Очевидно, що при здійсненні таких операцій у матеріалі виникає велике напруження, під дією якого виникає орієнтація плоских часточок графіту та їх ущільнення.

Ступінь ущільнення залежить не лише від величини навантаження, але і від дисперсності частинок графіту.

Так при тиску $0,5 \text{ кгс/см}^2$ пористість графіту ЕУЗ-М, в порівнянні з насипною, зменшується приблизно на 17%, а графіту ГПТ лише на 8%. Але при тиску $5,5 \text{ кгс/см}^2$ пористість дрібнодисперсного графіту зменшилась з 87,7% до 68%, у той час, коли у крупнодисперсного з 81% до 45%. Таку різну здатність до ущільнення можна пояснити

шорсткістю дрібних частинок, та малим тертям при переміщенні великих плоских часточок графіту.

Зі збільшенням навантаження електропровідність графітів природно збільшується. Характер такої залежності для всіх досліджуваних графітів практично однаковий (рис.5).

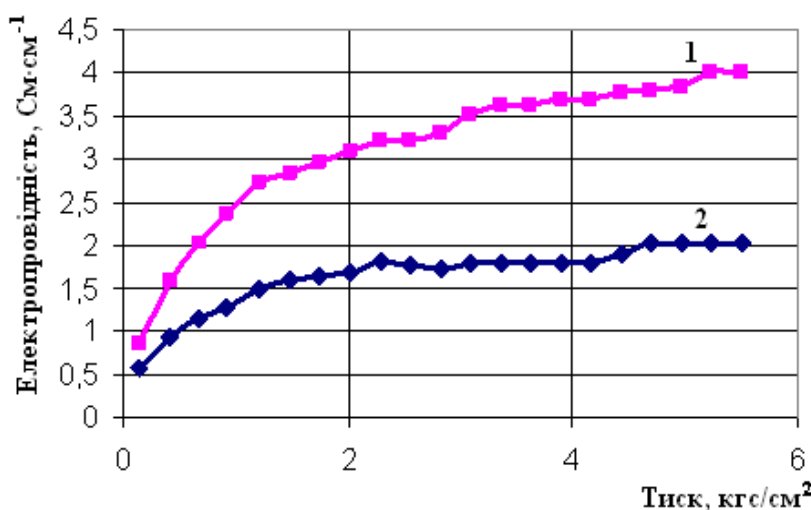


Рис.5. Графік залежності електропровідності графіту ГАК-1 від тиску
(1 – перпендикулярно дії сили; 2 – у напрямку дії сили)

Уже при мінімальному навантаженні (0,15 кгс/см²) фіксується різна електропровідність в напрямках, ця різниця збільшується з підвищенням тиску. До тиску ~ 1 кгс/см² відбувається ущільнення зразка в основному за рахунок переміщення частинок графіту. Після зняття навантаження релаксаційних процесів в зразках не зафіксовано. З підвищенням тиску частинки все більше нахиляються, а деякі з них руйнуються. Поряд з пластичною деформацією починає з'являється пружна, що виражається в стрибкоподібному підвищенні електричного опору до $\sim 10\%$ після зняття навантаження. Електропровідність досліджених графітів в напрямку дії сили 5,5 кгс/см² і в перпендикулярному їй напрямку приведена в Табл. 3.

Таблиця 3

Електропровідність графітів під тиском 5,5 кгс/см²

Марка графіту	Електропровідність, См·см ⁻¹	
	Уздовж дії сили	Перпендикулярно дії сили
ГАК-1	2,03	4,02
ГАК00	2,20	3,84
ЭУЗМ	2,21	4,35
ГСМ	2,27	4,18
ГЛ-1	1,95	3,55
ГП-Т	2,34	4,06

Згідно з результатами експерименту електропровідність для всіх графітів у перпендикулярних напрямках відрізняється приблизно у два рази, що пов'язано з різною

довжиною шляху руху електронів. Характерно, що навіть дрібні часточки графіту ЕУЗ-М піддаються орієнтації під дією сили.

Залежність електропровідності графітів від їх пористості практично має лінійний характер (рис.6).

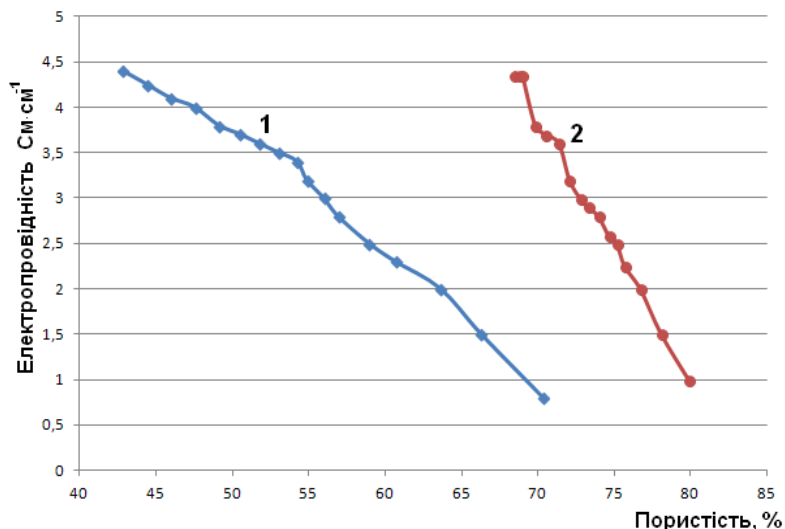
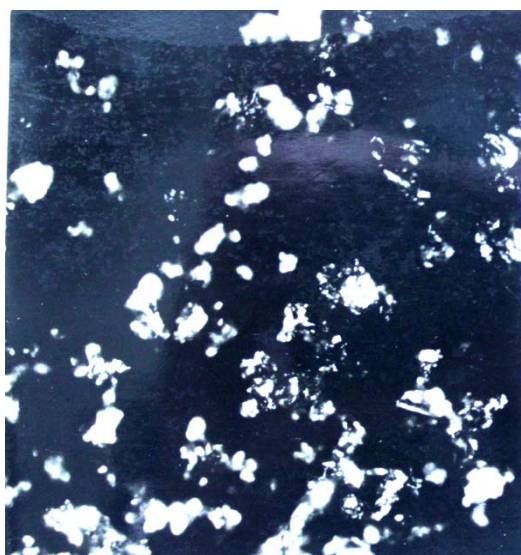


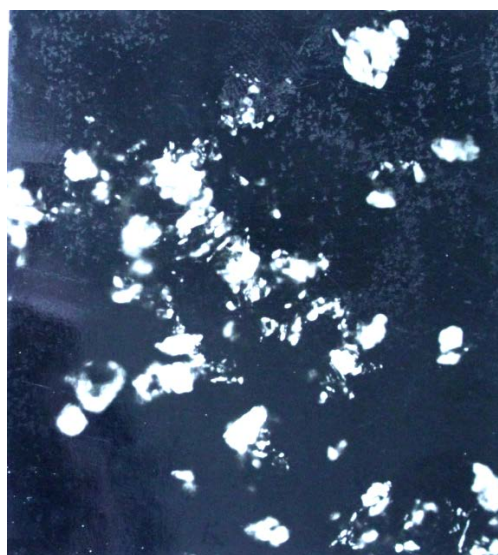
Рис.6. Залежність електропровідності графітів з різним розміром частинок від їх пористості (1 – НСМ-1; 2 – ЕУЗ-М)

Проте при одній і тій же пористості електропровідність дрібнодисперсного графіту вища, ніж у графіту з більшими частинками.

Після проведених досліджень був зроблений висновок, що за розміром та формою часточок вітчизняного графіту ЕУЗ-М найбільш близький до графіту LBG-73 (рис.7).



а)



б)

Рис. 7. Часточки графітів: а) – ЕУЗ-М; б) – LBG-73

З'явилася задача порівняти їх електрохімічні характеристики. Оскільки у графіті ЕУЗ-М у великій кількості присутня низькомолекулярна фракція, його попередньо розділили за допомогою сита 0,0025 на дві фракції. Із цих фракцій, а також із графітів LBG-73 були виготовлені зразки та досліджені у гальваностатичному режимі [3]. Для перших (формуєвих) циклів величини струмів склали С/20, для наступних циклів С/15. Результати досліджень наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Втрата розрядної ємності графітів при циклюванні

Марка графіту	Втрата ємності	
	Після першого циклу, %	Після 10-го циклу, %
ЕУЗ-М	6-7	6-8
LBG-73	7-8	3-5
SLA-1025	4-8	12-17

Отримані результати вказують на близькість електрохімічних властивостей цих графітів. Деяка відмінність властивостей графітів SLA-1025 пов'язана, ймовірно з більшим розміром його частинок. При подальшому циклюванні електрохімічні властивості графіту ЕУЗ-М наближаються до властивостей графіту LBG-73 (рис.8).

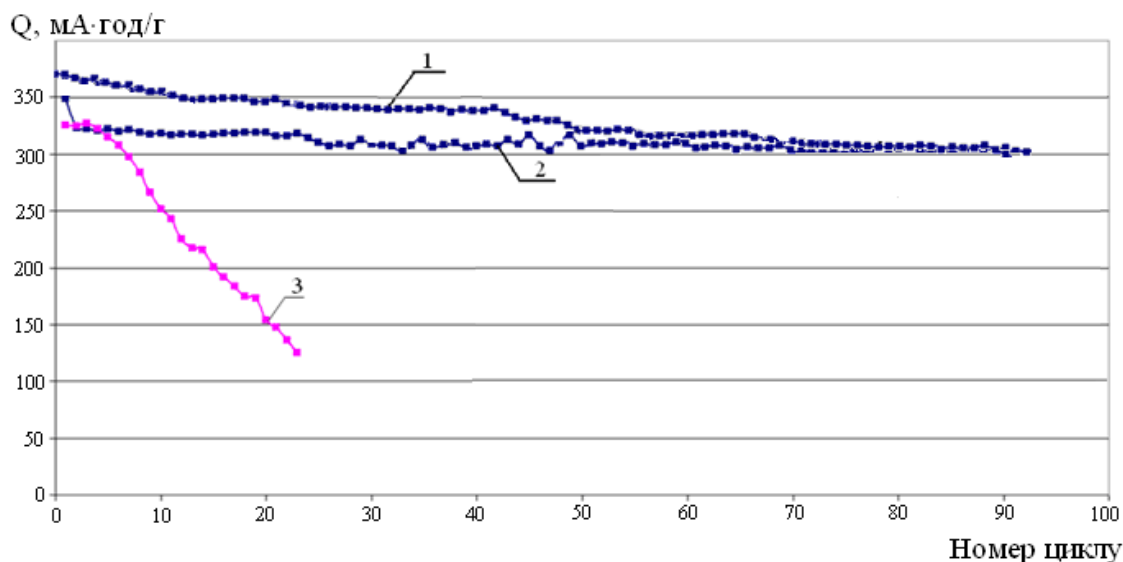


Рис.8. Залежність ємності від номера циклу для графітів: 1 – LBG-73; 2 – ЕУЗ-М (>25 мкм); 3 – ЕУЗ-М (<25 мкм)

Різне падіння ємності в процесі циклювання, на наш погляд, можна пояснити двома факторами. По-перше, марку графіту ЕУЗ-М отримують шляхом подрібнення попередньо очищеного графіту ГАК-1. В процесі подрібнення частково звільняються дрібні домішки заблоковані між графеновими шарами. Мікроскопічні дослідження показують, що концентрація таких мінеральних частинок в дрібнодисперсній фракції графіту ЕУЗ-М

підвищена. Дрібні частинки, маючи велику питому поверхню, поступово розчиняються, а утворені катіони починають взаємодіяти з кисневмісними групами на торцях графенових шарів, що ускладнює інтеркаляцію іонів літію в графіт. По-друге, частинки графіту розміром менше мікрметра здатні поступово розщеплюватися в процесі інтеркаляції-деінтеркаляції в них іонів літію. При цьому зменшується корисний об'єм активного матеріалу, а утворені графенові наночасточки сприяють блокуванню торців часточок [4].

Висновки. Аналізуючи досліджені комерційні марки спеціалізованих графітів можна зробити висновок, що всі вони високочисті, дрібнодисперсні, але відрізняються між собою за розміром, формою часточок і гранулометричним складом. Після проведених досліджень був зроблений висновок, що за розміром та формою часточок вітчизняного графіту саме ЕУЗ-М найбільш близький до комерційного графіту LBG-73. Втрата ємності на першому та десятому циклі вітчизняного графіту ЕУЗ-М та комерційного LBG-73 близькі за значенням. При подальшому циклюванні електрохімічні властивості графіту ЕУЗ-М наближаються до властивостей графіту LBG-73.

Результати електрохімічних досліджень показують перспективність використання вітчизняного графіту ЕУЗ-М в ЛІА після додаткового очищення від мінеральних домішок і видалення фракції графіту з розміром частинок менше $\sim 0,5$ мкм. Методика такого очищення природних графітів запатентована співробітниками КНУТД [5].

Література

1. Паничкина В. В., Уварова И. В. Методы контроля дисперсности и удельной поверхности металлических порошков. Киев, "Наукова думка", 1973, 188 с.
2. Плаченев Т. Г., Колосенцев С. Д. Порометрия, Л., "Химия", 1988, 176 с.
3. Barsukov V. Z., Il'in E. A., Likhmitskii K. V., Zayats O. V. Graphites from the Zavalie deposit as active materials for lithium-ion batteries/ V. Z. Barsukov, E. A. Il'in, K. V. Likhmitskii, O. V. Zayats, V. S. Tverdokhleba, V. V. Kryukov, E. A. Kryukova, V. I. Lysin // Russian Journal of Electrochemistry. – 2008. – V.44. – №5. – P. 579-584.
4. Морохов И. Д., Трусов Л. И., Чижик С. П. Ультрадисперсные металлические среды. – М.: Атомиздат, 1977, 264 с.
5. Пат. №96846 Спосіб хімічної очистки графіту / Барсуков В. З., Лисін В. І., Хоменко В. Г., Скрипник Ю. О., Волков О. І., Твердохліб В. С. 12.12.2011 р.

References

1. Panichkina V. V., Uvarova I. V. (1973). Metody kontrolya dispersnosti i udel'noy poverkhnosti metallicheskih poroshkov. [Methods for controlling the dispersity and specific surface area of metallic powders]. Kiev. "Naukova dumka". [in Russian].
2. Plachenov T. G., Kolosentsev S. D. (1988). Porometriya. [Porometry] L. "Khimiya". [in Russian].
3. Barsukov V. Z., Il'in E. A., Likhmitskii K. V., Zayats O. V., Tverdokhleba V. S., Kryukov V. V., Kryukova E. A., Lysin V. I. (2008). Graphites from the Zavalie deposit as active materials for lithium-ion batteries. Russian Journal of Electrochemistry. No.5 (44). 579-584. [in English].
4. Morokhov I. D., Trusov L. I., Chizhik S. P. Ul'tradispersnye metallicheskie sredy. [Ultradisperse metal environment] – M.: Atomizdat. [in Russian].
5. Barsukov V. Z., Lysin V. I., Khomenko V. H., Skrypnyk Yu. O., Volkov O. V., Tverdohlib V. S. (2011). Sposib khimichnoi ochystky hrafitu [Method of chemical purification of graphite]. Ukrainian patent, no. 96846. [in Ukrainian].

BARSUKOV VIACHESLAV

barsukov.vz@knutd.com.ua

ResearcherID: O-6308-2017

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3041-2474>

Kiev National University of Technologies & Design

KHOMENKO VOLODYMYR

Scopus Author ID: 7004402598

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0013-8010>

Kiev National University of Technologies & Design

CHERNYSH OKSANA
chernish.ov@knutd.edu.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9402-1595>
Scopus Author ID: 56818919300
Kiev National University of Technologies & Design

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ГРАФИТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ДЭНДУРА А. В., ЧЕРНЫШ А. В., ХОМЕНКО В. Г., БАРСУКОВ В. З.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Целью данной работы было ознакомление с некоторыми физическими характеристиками специальных коммерческих графитов и исследование свойств ряда графитов Завалевського комбината.

Методика. Структура образцов изучалась с помощью оптической и сканирующей электронной микроскопии с рентгеновским флуоресцентным анализатором. Фракционный состав графита определялся с помощью фракционных сит, фотографическим и фотоседиментационным методами. Электропроводность измерялась четырехэлектродным методом. Электрохимические характеристики определялись импедансным методом и методом циклической вольтамперометрии.

Результаты. Проведенный сравнительный анализ природных графитов специального назначения ряда коммерческих фирм и графита Завалевського комбината. На основе данного анализа из отечественных графитов для электрохимических исследований был выбран графит марки ЭУЗ-М.

Научная новизна. Электрохимические свойства электродов с этим графитом близкие к электродам с коммерческими графитами.

Практическая значимость. Отечественные графиты, в первую очередь графит марки ЭУЗ-М, после дополнительной очистки имеет перспективу успешного использования в производстве электродов ЛИА.

Ключевые слова: графит, дисперсность, электропроводность, пористость, литий-ионные аккумуляторы.

OPPORTUNITIES FOR THE USING OF DOMESTIC NATURAL GRAPHITE FOR MANUFACTURING OF LIQUID-ION BATTERIES

DENDURA O. V., CHERNYSH O. V., KHOMENKO V. G., BARSUKOV V. Z.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. The purpose of this work was to introduce some physical characteristics of special commercial graphites and to study the properties of a number graphites of the Zavallevsky plant.

Methodology. The structure of the samples was studied using optical and scanning electron microscopy with an X-ray fluorescence analyzer. The fractional composition of graphite was determined using fractional sieves, photographic and photo-sedimentation methods. The electrical conductivity was measured by a four-electrode method. Electrochemical characteristics were determined by the impedance method and the cyclic voltamperometry method.

Results. A comparative analysis of special graphite natural graphites of a number of commercial firms and graphite of the Zavallievsky plant. Based on this analysis, graphite from the EUZ-M brand was chosen from domestic graphites for electrochemical studies.

Originality. Electrochemical properties of electrodes with this graphite are similar to electrodes with commercial graphites.

Practical value. Domestic graphite, first of all graphite EUZ-M, after additional purification has the prospect of successful use in the production of electrodes LIA.

Key words: graphite, dispersity, electrical conductivity, porosity, lithium-ion batteries.

УДК 628.3

САБЛІЙ Л. А.¹, КОРЕНЧУК М. С.¹, КОНОНЦЕВ С. В.²

¹Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

²Національний університет водного господарства та природокористування

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РОТОРНИХ АЕРАТОРІВ ПРИ ОЧИЩЕННІ ВОДИ У СИСТЕМАХ З ОБОРОТНИМ ВОДОПОСТАЧАННЯМ

Метою досліджень є обґрунтування доцільності застосування аераторів роторного типу в спорудах біологічного очищення води систем з рециркуляцією.

Методика. Основні переваги та недоліки альтернативних систем аерації у рециркуляційних системах рибництва визначено на основі технічних характеристик приладів та за результатами спостережень. Визначення продуктивності аератора роторного типу за розчиненим киснем проведено в умовах лабораторного експерименту з використанням дослідної аераційно-окиснювальної установки роторного типу.

Результати. У роботі обґрунтовано ефективність використання роторних аераторів для забезпечення належного кисневого режиму у спорудах очищення оборотної води. Запропоновано схему підключення аератора у блоці біологічного очищення води та визначено раціональні параметри роботи при коефіцієнті рециркуляції у господарстві в межах 90-97%.

Наукова новизна. Доведено ефективність використання системи аерації роторного типу для насичення киснем оборотної води.

Практична значимість. Використання роторного аератора дозволить знизити енерговитрати на аерацію, забезпечить зменшення тепловтрат у рециркуляційних системах порівняно з системами пневматичної аерації.

Ключові слова: системи аерації води, роторний аератор, очищення оборотної води.

Вступ. Сучасна індустріальна аквакультура характеризується широким застосуванням обладнання та технічних засобів для підтримки параметрів середовища у заданому діапазоні. Вирощування рибницької продукції в установках замкнутого водопостачання (УЗВ) характеризується найвищими темпами отримання товарної продукції та рівнем продуктивності басейнів. Процеси аерації води є невід'ємною складовою технології інтенсивного вирощування риб в системах з оборотним водопостачанням, завдяки яким забезпечується ефективне використання вирощувальних ємностей та окиснення органічних забруднень у спорудах біологічного очищення [1, 2]. Доцільність використання аеробних методів біологічного очищення при відновленні якості оборотної води обумовлює потребу у насиченні води киснем в межах таких біореакторів. Також системи аерації застосовують в процесах підготовки підживлювальної води з підземного джерела водопостачання. Серед пріоритетних завдань індустріальної аквакультури є зменшення залежності від природних кормових ресурсів та зниження питомих витрат енергії на вирощену продукцію [3-6]. При вирощуванні продукції аквакультури в УЗВ аерація також відіграє важливе значення у стабілізації рН води, адже при застосуванні технології нітри-денітрифікації в процесах видалення сполук Нітрогену відбувається інтенсивне підкислення води на виході з нітрифікаторів [7, 8]. В умовах інтенсивної аерації спостерігається інтенсифікація основних процесів очищення оборотної води [9]. Таким чином, актуальною є проблема забезпечення сучасних господарств з оборотним водопостачанням надійною та енергоефективною системою аерації.

Постановка завдання. Витрати, пов'язані з підтримкою належного кисневого

режиму у спорудах біологічного очищення оборотної води, відображаються на собівартості вирощеної продукції. Поширені схеми аерації сучасних рециркуляційних систем характеризуються певними проблемними аспектами, які призводять до зростання питомих витрат на підтримання заданих концентрацій кисню у воді. Тому завданням даної роботи є обґрунтування ефективності використання аераторів роторного типу в системах очищення оборотної води.

Методологія досліджень. Ефективність роботи будь-якої аераційної установки в системі з оборотним водопостачанням можна оцінити за питомими витратами електроенергії, віднесеними до одиниці розчиненого у воді кисню. Окрім того, існує ряд додаткових чинників, що визначатимуть принципову можливість застосування аератора в певних умовах. В даному аспекті важливого значення набуває рівень негативного впливу системи аерації на стан об'єктів вирощування або на біоту очисної установки. Ефективність використання аераторів різних конструкцій оцінено за комплексом вказаних факторів на основі балансу розчиненого кисню у воді рециркуляційної системи.

Результати дослідження. Питома потреба у кисні в межах басейну визначатиметься рядом чинників, серед яких найвагомішими є наступні: об'єкт вирощування; щільність посадки риб у басейні; вміст кисню у воді, що подається; гідравлічний режим у басейні. В межах споруд біологічного очищення необхідна кількість кисню пропорційна кількості амонійного нітрогену та органічних речовин, що надходять у воду як продукти метаболізму риб (відповідно до класичної технології очищення оборотної води УЗВ). Для рибницьких комплексів з інтенсивним водообміном, зокрема систем з оборотним водопостачанням (СОВ), де підтримка кисневого балансу забезпечується завдяки притоку у басейни попередньо аерованої води, потреба у встановленні додаткових систем аерацій в самих басейнах відпадає.

Таким чином, аерація води в межах замкнутого контуру УЗВ може одночасно (або частково) відбуватись у трьох точках: змішувальній ємності, куди подається підживлювальна вода; у рибницьких басейнах; у аеробних біореакторах.

Найбільшою простотою технічного оснащення та найвищою продуктивністю характеризуються системи аерації з використанням технічного кисню, які включають балонне обладнання з відповідною арматурою та трубопроводами, а також пристрої для введення кисню у воду. Водночас, такі системи характеризуються найвищими експлуатаційними витратами, що пов'язано з високою вартістю технічного кисню, необхідністю його транспортування та утримання складського запасу. Окрім того, газобалонне приміщення має бути передбачено у проектній документації господарства, що також відобразиться на капітальних витратах. Одним з найбільш вагомих чинників, що обґрунтовуватиме доцільність використання для аерації технічного кисню, є застосування для знезараження води озону, який раціонально отримувати з технічного кисню безпосередньо на господарстві.

Більш поширені системи пневматичної аерації, що забезпечуються шляхом подачі повітря під рівень води та розпиленням через дрібнопористі матеріали, потребують влаштування компресорної станції. У такому разі повітропроводи від компресора можуть бути проведені до басейнів, споруд біологічного очищення, змішувальних ємностей. Сучасні компресори характеризуються порівняно високими ККД, додатковою перевагою такої схеми

може бути забезпечення автоматизованої подачі корму у басейни по повітропроводах. Компресорні станції здатні також забезпечити роботу ерліфтних систем для перекачування води. Тому системи пневматичної аерації з використанням компресорів достатньо поширені у сучасних УЗВ. Водночас, системи розпилення повітря не завжди працюють ефективно, - крупнобульбашкова аерація суттєво знижує ККД системи, а дрібнопористі розпилювачі характеризуються здатністю до закупорки. Суттєві проблеми створюють й самі повітропроводи, що прокладаються по дну басейна, оскільки вони ускладнюють догляд за ними, вилов риб.

Системи аерації на основі струменевих змішувачів знайшли застосування в УЗВ з порівняно низькою частотою водообміну, де водночас з насиченням води киснем, актуальним виявляється й завдання щодо забезпечення у басейні активного руху води. Такі системи характеризуються вищим ККД у порівнянні з барботажними методами, що пов'язано з більш ефективною диспергацією повітря, зростанням часу контакту пухирців з водою. Окрім того, відпадає потреба в окремому приміщенні, яке є обов'язковим для компресорів чи систем насичення технічним киснем. Проте, гідродинамічні умови у камері струменевих аераторів суттєво обмежують можливість їх використання у аеробних біореакторах.

В межах запропонованої нами технології багатостадійного очищення оборотної води УЗВ системи аерації на основі ежекції повітря можуть бути ефективно використані для забезпечення кисневого режиму аеробних біореакторів (Рисунок). Така можливість пов'язана з використанням прикріплених очисних агентів у біореакторі другого ступеня та доцільністю попередньої аерації підживлювальної води з підземного джерела водопостачання. Відповідно, підживлювальний потік води після попереднього очищення подається в роторний аератор, після чого насичена киснем вода надходить у біореактор II ступеня.

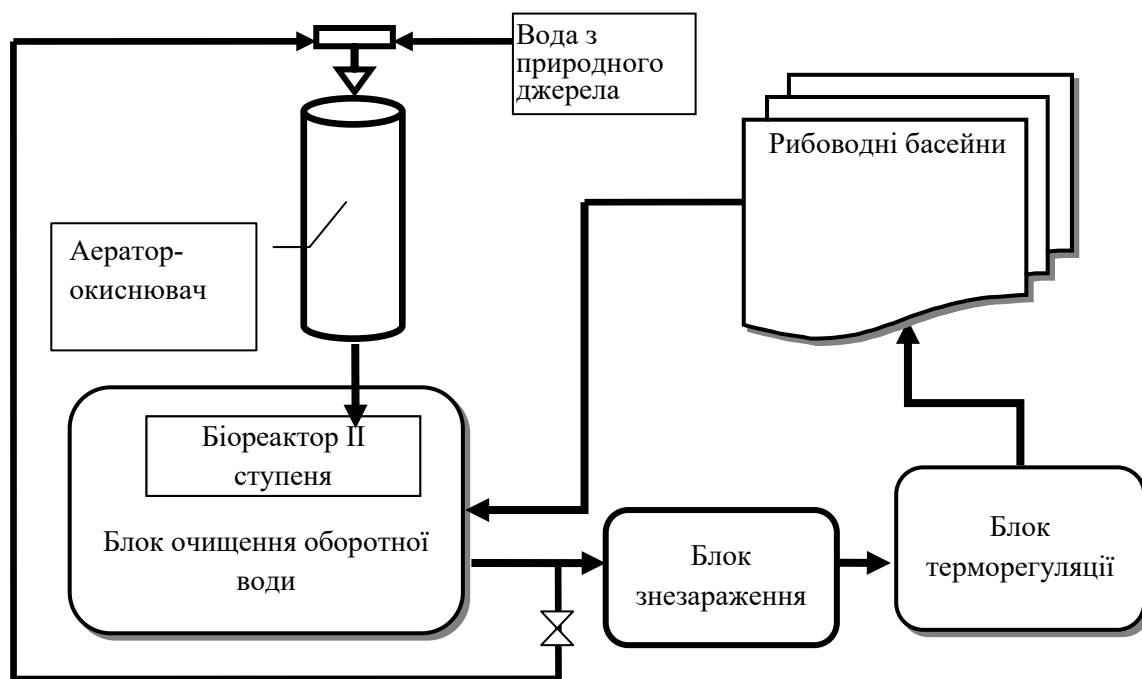


Рис. Схема водозабезпечення господарства з системою аерації роторного типу

Результати попередніх досліджень підтвердили високу енергоефективність використання низьконапірного аератора роторного типу в умовах очисних споруд з активним мулом [11], а відсутність потреби у рециркуляції мулової суміші для розробленої біотехнології виключила проблемні аспекти щодо загибелі значної частини мікробіоти у камері роторно-пульсаційного вузла. За швидкості масопереносу кисню в межах 4,3-6 г/(дм³·год), характерної для роторно-пульсаційного аератора, в умовах тепловодних УЗВ забезпечується насичення киснем суміші підживлювальної та очищеної оборотної води до значень 9-13 мг/дм³. При коефіцієнті рециркуляції на рівні 90-92% такої кількості кисню вистачатиме для забезпечення процесів очищення у біореакторі. У разі підвищення коефіцієнту рециркуляції до 95-97% приплив кисню у біореактор збільшується шляхом змішування підживлювального потоку з частиною очищеної оборотної води у пропорційній дефіциту кисню кількості.

Висновки. Доцільність використання аераторів роторного типу для підтримки кисневого режиму в системах з оборотним водопостачанням обґрунтована їх енергоефективністю та компактністю. Ефективність включення таких аераторів у комплекс споруд біологічного очищення пов'язана із використанням УЗВ підживлювальної води з природного джерела водопостачання. В ході експериментальних досліджень підтверджено можливість підтримки концентрації кисню у підживлювальній воді в межах 9-13 мг/дм³, що забезпечує належний кисневий режим у біореакторі з прикріпленою мікробіотою, куди вода подається разом із забрудненою оборотною водою.

Література

1. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения (пер. с англ.) Якоб Брайнбалле / Eurofish – international organization: Копенгаген. – 2010. – 70 с.
2. Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F. W., Summerfelt, S. T., Vinci, B. J. Recirculating Aquaculture Systems. NRAC Publication no. 01-002, Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY. – 2001. – 650 pp.
3. Turcios Ariel E., Papenbrock J. / Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents – What Can We Learn from the Past for the Future? // Sustainability. – 2014. – Vol. 6. – p. 836-856.
4. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability / C.I.M. Martins et al. // Aquacultural Engineering. - 2010. – Volume 43. – Issue 3. – p. 83-93.
5. Crab R., Avnimelech Y., Defoirdt T., Bossier P., Verstraete W. / Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production // Aquaculture. – 2007. – 270. – p. 1-14.
6. Dunning R. D., Losordo T. M. and Hobbs A. O. The Economics of Recirculating Tank

References

1. Rukovodstvo po akvakulture v ustanovkakh zamknutoho vodosnabzheniya (per. s anhl.) Yakob Brainballe / Eurofish – international organization: Kopenhagen. – 2010. – 70 s.
2. Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F. W., Summerfelt, S.T, Vinci, B.J. Recirculating Aquaculture Systems. NRAC Publication no. 01-002, Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY. – 2001. – 650 pp.
3. Turcios Ariel E., Papenbrock J. / Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents – What Can We Learn from the Past for the Future? // Sustainability. – 2014. – Vol. 6. – p. 836-856.
4. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability / C.I.M. Martins et al. // Aquacultural Engineering. - 2010. – Volume 43. – Issue 3. – p. 83-93.
5. Crab R., Avnimelech Y., Defoirdt T., Bossier P., Verstraete W. / Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production // Aquaculture. – 2007. – 270. – p. 1-14.
6. Dunning R. D., Losordo T. M. and Hobbs A. O. The Economics of Recirculating Tank

Systems: A Spreadsheet for Individual Analysis. – SRAC Publication. – No. 456. – 1998. – 8 pp.

7. Lee P. G., Lea R. N., Dohmann E. et al. Denitrification in aquaculture systems: an example of fuzzy logic control problem // Aquacultural Engineering. – 23. – 2000. – p. 37-59.

8. Rijn J. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications / Jaap van Rijn, Yossi Tal, Harold J. Schreier // Aquacultural Engineering. – 2006. – 34. – p. 364-376.

9. Cripps S. J., Bergheim A. Multi-Stage Waste Reduction Technology for Land-Based Aquaculture. In Technical Solutions in the Management of Environmental Effects of Aquaculture, Proceedings of The Scandinavian Association of Agricultural Scientists, Seminar No. 258; Helsinki, Finland, 13–15 September 1995. – p. 50–61.

10. Саблій Л. А. Використання аераційної системи ежекторного типу для біологічного очищення стічних вод / Л. А. Саблій, О. М. Ободович, В. В. Сидоренко, С. В. Кононцев, М. С. Коренчук // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – № 4 (31). – 2017. – с. 18-23.

11. Саблій Л. А., Кононцев С. В., Коренчук М. С. Підвищення ефективності аерування мулової суміші в аеротенках шляхом використання низьконапірного аератора / Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук. - техн. зб. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. №28. – С. 290-295.

Systems: A Spreadsheet for Individual Analysis. – SRAC Publication. – No. 456. – 1998. – 8 pp.

7. Lee P. G., Lea R. N., Dohmann E. et al. Denitrification in aquaculture systems: an example of fuzzy logic control problem // Aquacultural Engineering. – 23. – 2000. – p. 37-59.

8. Rijn J. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications / Jaap van Rijn, Yossi Tal, Harold J. Schreier // Aquacultural Engineering. – 2006. – 34. – p. 364-376.

9. Cripps S. J., Bergheim A. Multi-Stage Waste Reduction Technology for Land-Based Aquaculture. In Technical Solutions in the Management of Environmental Effects of Aquaculture, Proceedings of The Scandinavian Association of Agricultural Scientists, Seminar No. 258; Helsinki, Finland, 13–15 September 1995. – p. 50–61.

10. Sablii L. A. Vykorystannia aeratsiinoi systemy ezhektornoho typu dlia biolohichnoho ochyshchennia stichnykh vod / L. A. Sablii, O. M. Obodovych, V. V. Sydorenko, S. V. Konontsev, M. S. Korenchuk // Voda i vodoochysni tekhnolohii. Naukovo-tekhnichni visti. – № 4 (31). – 2017. – s. 18-23.

11. Sablii L. A., Konontsev S. V., Korenchuk M. S. Pidvyshchennia efektyvnosti aeruvannia mulovoi sumishi v aerotenkakh shliakhom vykorystannia nyzkonapirnogo aeratora / Problemy vodopostachannia, vodovidvedennia ta hidravliky: nauk. - tekhn. zb. – K.: KNUBA, 2017. – V. №28. – S. 290-295.

SABLIY LARISA

larisasabliy@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4217-3535>

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Department of Environmental Biotechnology and Bioenergy, Kyiv

KONOTSEV SERGII

akula13@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6116-5675>

National University of Water Management and Nature Resources Use, s. Rivne

KORENCHUK MYKOLA

nikoleagle0@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6068-9100>

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Department of Environmental Biotechnology and Bioenergy, Kyiv

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНЫХ АЭРАТОРОВ
ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ В СИСТЕМАХ С ОБОРОТНЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ
САБЛІЙ Л.А.¹, КОНОНЦЕВ С.В.², КОРЕНЧУК М.С.¹**

¹Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

²Национальный университет водного хозяйства и природопользования

Целью исследований является обоснование целесообразности применения аэраторов роторного типа в сооружениях биологической очистки систем с рециркуляцией.

Методика. Основные преимущества и недостатки альтернативных систем аэрации в индустриальном рыбоводстве определены на основе технических характеристик приборов и по результатам наблюдений. Определение производительности аэратора роторного типа с растворенным кислородом проведено в условиях лабораторного эксперимента с использованием исследовательской аэрационно-окислительной установки роторного типа.

Результаты. В работе обоснована эффективность использования роторных аэраторов для обеспечения надлежащего кислородного режима УЗВ и в сооружениях очистки оборотной воды. предложена схема подключения аэратора в блоке биологической очистки воды и определены рациональные параметры работы при коэффициенте рециркуляции в хозяйстве в пределах 90-97%.

Научная новизна. Доказана эффективность использования систем аэрации роторного типа для насыщения кислородом оборотной воды УЗВ, подаваемого в биореактор с прикрепленным биоценозом.

Практическая значимость. Использование роторного аэратора позволит снизить энергозатраты на аэрацию, обеспечит уменьшение теплопотерь по сравнению с системами пневматической аэрации.

Ключевые слова: системы аэрации, роторный аэратор, очистка оборотной воды.

**EFFICIENCY ANALYSIS OF THE ROTARY-TYPE AERATORS USAGE
FOR WATER TREATMENT IN RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS
SABLIY L.¹, KONONTCEV S.², KORENCHUK M.¹**

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

²National University of Water and Environmental Engineering

Purpose of the research is to substantiate the feasibility of rotary type aerators usage at biological water treatment plants with recirculation.

Methodology. The main advantages and disadvantages of alternative aeration systems in recirculating aquaculture systems are determined on the basis of the devices technical characteristics and observations results. Determination of the rotor type aerator performance on dissolved oxygen was carried out under conditions of a laboratory experiment using rotary-type aeration.

Findings. The paper substantiates the efficiency of rotary aerators for ensuring the proper oxygen regime for water treatment. The scheme of aerator connection the block of biological water treatment facilities was proposed and the rational operational parameters at the coefficient of recirculation at the farm were determined within the limits of 90-97%.

Originality. The efficiency of rotor-type aeration systems for oxygen saturation of reversible water has been proved.

Practical value. The usage of a rotary aerator will reduce the energy consumption and the heat loss compared to pneumatic aeration systems.

Keywords: water aeration systems, rotary-type aeration, recycled water treatment.