



Автоматизація
Технологічних і
Бізнес
Процесів

ISSN 2312-3125 (print)

ISSN 2312-931X (online)

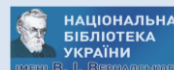
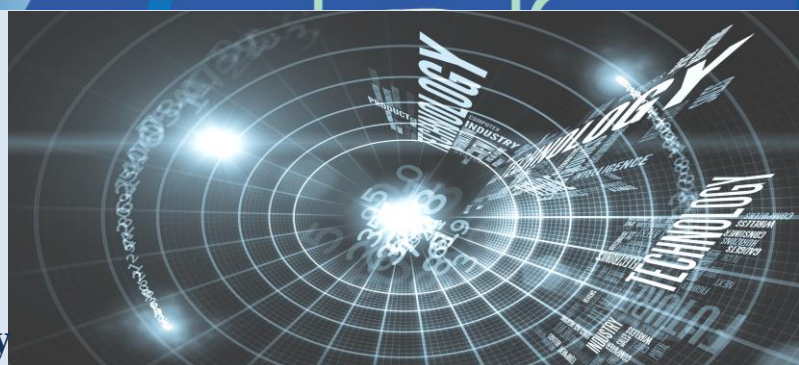
ISO 26324:2012

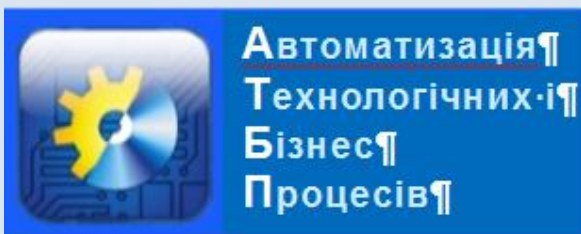
<http://www.atbp.onaft.edu.ua/>

Автоматизація технологічних і бізнес-процесів Automation of technological and business-processes

- Development of an evolutionary method for time series forecasting
- Experimental comparison of orientation determination algorithms based on Complimentary filter and Madgwick filter
- The technical objects' efficiency control by their renewal
- Automation of operational accounting for sugar masecuite in modernized control system of sugar plant's grocery department
- Development of an automated resource for data processing of ONAFТ scientists from scientometric databases.

and so on...





Автоматизація
Технологічних і
Бізнес
Процесів

Volume 12, Issue 3 /2020

ISSN 2312-3125 (print), ISSN 2312-931X (online)

УДК 681.5+66-933.6+338.364

Головний редактор:

Артеменко С.В., д.т.н., проф. (Одеса)

Почесний науковий консультант:

Хобін В.А., д.т.н., проф. (Одеса)

Заступники головного редактора:

Котлик С.В., к.т.н., доц. (Одеса)

Сгоров В.Б., к.т.н. (Одеса)

Редакційна колегія:

Монтік П.М., проф. (Одеса, Україна)

Князева Н.О., проф. (Одеса, Україна)

Плотніков В.М., проф. (Одеса, Україна)

Дорофеев Ю.І., доц. (Харків, Україна)

Тимченко В.Л., проф. (Миколаїв, Україна)

Жученко А.І., проф. (Київ, Україна)

Кіріченко Л.О., проф. (Харків, Україна)

Радівілова Т.А., доц. (Харків, Україна)

Коновенко Н.Г., доц. (Одеса, Україна)

Apostolos Korlos, prof. (Thessaloniki, Greece)



Журнал «Автоматизація технологічних і бізнес-процесів» було ініційовано до видання рішенням складу І Всеукраїнської науково – практичної конференції «Інформаційні технології та автоматизація – 2008», що відбулась у стінах Одеської національної академії харчових технологій та продовжує проводитися щорічно:

www.itia.com.ua

Журнал зареєстровано
Міністерством Юстиції України
Серія КВ №15895-4367Р від 16.10.2009 р.

Щоквартальний науково-виробничий журнал «Автоматизація технологічних і бізнес-процесів» включено до категорії "Б" Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук згідно наказу МОН України від 11.07.2019 № 975 «Про затвердження рішень атестаційної колегії міністерства щодо діяльності спеціалізованих вчених рад від 23 квітня 2019 року» за спеціальностями 122, 123, 151.

www.atbp.onaft.edu.ua

Відповідальний редактор:

Бодюл О.С., к.т.н. (Одеса)

Комп'ютерний дизайн та верстка:

Козуб О.О. (Одеса)

Засновник:

Одеська національна академія харчових технологій

Адреса редакції:

м. Одеса, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039,
тел.: (048)712-42-54, e-mail: journal.atbp@gmail.com

Підписано до друку 28.08.2020 р.

Рекомендовано до друку та розташування в мережі
Інтернет Вченою радою Одеської національної
академії харчових технологій

28 серпня 2020 р., протокол № 1

Відповідальність за достовірність інформації несе
автор публікації.

Матеріали друкуються мовою оригінала.

Передрукування матеріалів журналу дозволяється
лише за згодою редакції. Ліцензія СС-ВУ.

Надруковано у видавництві «Diol Print»

Тираж 101 прим.



AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL AND BUSINESS-PROCESSES

Volume 12, Issue 3 /2020

ISSN 2312-3125 (print), ISSN 2312-931X (online)

Editor-in-chief:

Artemenko S., prof. (Odessa, Ukraine)

Honorary scientific consultant:

Khobin V., prof. (Odessa, Ukraine)

Deputy chief editors:

Kotlyk S., PhD (Odessa, Ukraine)

Yehorov V., PhD (Odessa, Ukraine)

Editorial Board:

Montik P., prof. (Odessa, Ukraine)

Kniazieva N., prof. (Odessa, Ukraine)

Plotnikov V., prof. (Odessa, Ukraine)

Dorofiev Y., PhD (Kharkiv, Ukraine)

Tymchenko V., prof. (Mykolayiv, Ukraine)

Zhuchenko A., prof. (Kiev, Ukraine)

Kirichenko L., prof. (Kharkiv, Ukraine)

Radivilova T., PhD (Kharkiv, Ukraine)

Konovenko N., PhD (Odessa, Ukraine)

Apostolos Korlos, prof. (Thessaloniki, Greece)

Executive editor:

Bodiul O.S., PhD (Odessa, Ukraine)

Computer design and imposition:

Kozub O.O. (Odessa, Ukraine)

Founder:

Odessa National Academy of Food Technologies

Address of the editorial office:

Ukraine, Odessa, Kanatnaya str, 112, 65039,

tel.: (048)712-42-54, e-mail:

journal.atbp@gmail.com

It's sent for the press 04.09.2020

It's recommended for printing and publishing online by academic council of Odessa National Academy of Food Technologies

28 August 2020, protocol № 1

Articles are printed in original language

It's allowed to use materials from the journal according to the Creative Commons license: CC-BY.

It's printed in publishing house «Diol Print» (Odessa).
Circulation is 101 copies.

Журнал реферується і індексується 14-ма провідними Світовими базами даних і індексними системами: EBSCO Information Services, ISSN, CrossRef, NBUV, Directory of Open Access Journals (DOAJ), ROAD, Google Scholar, OCLC WorldCat, Bielefeld Academic Search Engine (BASE) ULRICHS WEB Global Serials Directory, Index Copernicus International.

Журналу присвоєно Міжнародний стандарт якості ISO 26324: 2012. Стандарт свідчить про те, що кожній статті опублікованій в нашому журналі в обов'язковому порядку присвоюється Міжнародний цифровий ідентифікатор DOI номер (Digital Object Identifier). Це в свою чергу гарантує, що доступ до матеріалу статті буде доступний для читачів незалежно від будь-якого роду форс-мажорних ситуацій.

Згідно з Міжнародними нормами журналу присвоєна ліцензія Creative Commons CC-BY Attribution, яка фіксує звід правил щодо захисту авторських прав авторів. Для збільшення рівня цитованості статей, опублікованих в нашому журналі вченими з усього Світу, і, як наслідок, збільшення індексу цитування наших авторів, редакція журналу АТБП оформляє всі пристатейні списки літератури відповідно до IEEE Citation Style (стиль цитування Міжнародної асоціації Institute of Electrical and Electronics Engineers).



ЗМІСТ

Мулеса О. Ю., Снитюк В. Є. Розробка еволюційного методу для прогнозування часових рядів.....	4
Бугайов Д. В., Аврутов В. В., Нестеренко О. І. Експериментальне порівняння алгоритмів визначення орієнтації на базі компліментарного фільтру та фільтру Маджвіка.....	10
Скаковський Ю. М. Автоматизація оперативного обліку цукрового утфелю в модернізованій системі керування для продуктового відділення цукрового заводу.....	19
Воїнова С. О. Управління ефективністю технічних об'єктів шляхом їх оновлення.....	28
Журавльов Ю. І. Модель взаємозв'язку геометрії гілок термоелементів і показників надійності при проектуванні двокаскадних охолоджувачів в режимі мінімуму інтенсивності відмов.....	33
Шершун О. О., Тигуренко Ж. А., Зінченко І. І., Ольшевська О. В. Розроблення автоматизованого ресурсу обробки даних науковців ОНАХТ з наукометричних баз даних.....	40
Дрозд О. В. Вдосконалення пристроїв захисту робочих вузлів грейферів.....	46
Антонова А. Р., Барткова С. О. Огляд переваг хмарних обчислень та онлайн-IDE.....	50

CONTENT

Mulesa O., Snytyuk V. Development of an evolutionary method for time series forecasting.....	4
Buhaiov D., Avrutov V., Nesterenko O. Experimental comparison of orientation determination algorithms based on Complimentary filter and Madgwick filter.....	10
Skakovsky Y. M. Automation of operational accounting for sugar massecuite in modernized control system of sugar plant's grocery department.....	19
Voinova S. A. The technical objects' efficiency control by their renewal.....	28
Zhuravlov Yu. Model of interrelation of geometry of branches of thermoelements and reliability indicators at designing of two-stage coolers in the mode of a minimum of intensity of failures.....	33
Shershun O. O., Tyturenko Zh. A., Zinchenko I. I., Olshevska O. V. Development of an automated resource for data processing of ONAFT scientists from scientometric databases.....	40
Drozd O. V. Improvement of devices of protection of working units of grades.....	46
Antonova A., Bartkova S. An overview of the advantages of cloud computing and online IDE.....	50



УДК 004.6+519.2

РОЗРОБКА ЕВОЛЮЦІЙНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Мулеса О. Ю.¹, Снитюк В. Є.²¹ Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна² Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, УкраїнаORCID: ¹ <http://orcid.org/0000-0002-6117-5846>, ² <http://orcid.org/0000-0002-9954-8767>E-mail: ¹ oksana.mulesa@uzhnu.edu.ua, ² snytyuk@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal "Automation of technological and business - processes.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1854>

Анотація. Процеси прийняття рішень щодо діяльності об'єктів господарювання, як правило, пов'язані з необхідністю аналізу основних показників їх діяльності. Виявлення тенденцій зміни числових показників в часі дозволяє робити припущення щодо їх майбутніх значень. Такі задачі можна звести до задач прогнозування часових рядів, які полягають у дослідженні законів зміни значень ряду та, на основі заданого критерію точності, знаходження прогнозних значень. Аналітичний огляд сучасних наукових публікацій показав, що задача прогнозування часових рядів є актуальною. Існує багато досліджень присвячених розробці ефективних гібридних методів прогнозування, в основі яких містяться декілька інших методів.

Дослідження присвячене розробці прогнозної моделі, яка використовує кращі властивості базових моделей прогнозування, дозволяє підвищити точність прогнозу та його волатильність.

В ході дослідження було розроблено еволюційний метод прогнозування на основі базових моделей прогнозування. Для обчислення прогнозних значень будується оптимізаційна модель, в яку входять прогнозні значення, обчислені за допомогою базових моделей. Параметри моделі можуть бути визначені за допомогою генетичного алгоритму. Критеріями якості прогнозної схеми були відносна похибка прогнозування, а також волатильність прогнозу. Такий підхід дозволяє зменшити відхилення прогнозних значень від точних.

Виконано експериментальну верифікацію розробленого методу прогнозування. Виконано порівняльний аналіз результатів роботи розробленого методу та інших методів прогнозування для часового ряду «Кількість хворих на СНІД». Показано, що використання прогнозної схеми дозволяє як підвищити точність прогнозу, так і покращити його волатильність.

Abstract. Usually, decision-making processes regarding the activities of economic entities require core activity metrics analysis. Identification of trends in changes in numerical indicators over time allows us to assume their future values. Such tasks can be reduced to forecasting of numerical sequences, which based on investigation of rules of changing values of sequence and discovering forecasting values by defined precision criteria. Analytical overview of recent scientific papers shows that forecasting numerical sequences is topical. There are lots of research of development an effective hybrid forecasting methods based on several of other methods.

Research is about development of forecasting model which use best properties of base forecasting models, allows us to improve forecasting precision and its volatility.

During the research an evolutionary method of forecasting based on base forecasting models was developed. To compute forecasting values we build optimisation model which includes forecasting values taken from base models. Parameters of model can be defined by genetic algorithm. The quality criteria of forecasting system was relative error of forecasting and volatility of forecast. Such approach allows us to reduce a deviation of forecasting values against exact values.

Experimental verification of the proposed forecasting method was done. A comparative analysis of the results of the developed method and other forecasting methods for the time series "Number of AIDS patients" was performed. It is shown that the use of the forecast scheme allows both to increase the accuracy of the forecast and to improve its volatility.

Ключові слова: часовий ряд, еволюційний метод, точність прогнозу, волатильність прогнозу, прогнозна схема.

Keywords: time series, evolutionary method, forecast accuracy, forecast volatility, forecast scheme.



1. Вступ

Процеси прийняття рішень щодо діяльності об'єктів господарювання, як правило, пов'язані з необхідністю аналізу основних показників їх діяльності. Виявлення тенденцій зміни числових показників в часі дозволяє робити припущення щодо їх майбутніх значень. Такі задачі можна звести до задач прогнозування часових рядів, які полягають у дослідженні законів зміни значень ряду та, на основі заданого критерію точності, знаходження прогнозних значень.

Для розв'язання задачі прогнозування на основі часових рядів можливим є застосування великої кількості різних методів прогнозування. До відомих класів методів прогнозування можна віднести регресійні методи, методи на основі авторегресії, методи, які дозволяють враховувати сезонність, нейромережні методи тощо. Проте, відомою особливістю проблеми прогнозування є те, що, як правило, неможливо розробити уніфікованих рекомендацій щодо того, який метод прогнозування є ефективнішим для кожного конкретного часового ряду. Таким чином, тягар вибору методу прогнозування лягає на аналітика. Тому, актуальною є розробка методу, який дозволить би в автоматичному режимі враховувати кращі результати різних методів при прогнозуванні заданих числових показників.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Аналітичний огляд сучасних наукових публікацій показав, що задача прогнозування часових рядів є актуальною. В основі досліджень, при цьому, лежать різні концепції. Так в [1] розглядається нейромережний метод прогнозування на основі моделі авторегресійного інтегрованого ковзного середнього. В роботі відзначено, що використання зазначеного гібридного підходу в роботі нейронної мережі, дозволяє досягти більш високої точності прогнозування. Роботи [2, 3] присвячені розробці гібридної моделі, яка дозволяє розбивати часовий ряд на його лінійні та нелінійні компоненти. Таким чином, авторам вдалося поєднати можливості трьох різних моделей. Показано, що така модель дозволяє підвищити точність прогнозування. [4] містить метод прогнозування часових рядів з використання ймовірнісної нейронної мережі, яка складається з декількох шарів машини Больцмана. Розроблений метод був застосований також для короткострокового прогнозування хаотичних рядів. [5] присвячена аналізу стратегій машинного навчання для прогнозування часових рядів. В [6] міститься метод умовного прогнозування часових рядів на основі адаптації WaveNet. Показано, що такий метод добре підходить для задач регресійного типу навіть у випадку, коли ряд є коротким.

Також, існує ряд досліджень, присвячених розробці ефективних гібридних методів прогнозування, в основі яких містяться декілька інших методів. Так, наприклад, в [7] виконано порівняльний результатів прогнозування часового ряду різними відомими методами прогнозування та гібридним методом, який включає в себе два-три інші методи. Відзначено, що різні комбінації гібридної моделі є найбільш ефективні, в порівнянні з звичайними методами. Роботи [8-10] присвячені розробці комбінованої схеми на основі базових прогнозних моделей. В основі запропонованої моделі лежить ідея побудови прогнозної схеми для визначення прогнозного значення у формі опуклої лінійної комбінації результатів прогнозування часового ряду базовими методами. Такий підхід в ряді випадків дозволяє покращити результати прогнозування, проте, він має ряд обмежень при застосуванні.

Таким чином, розробка прогнозних моделей, які використовують кращі властивості базових моделей прогнозування, дозволяє підвищити точність прогнозу та його волатильність.

3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є розробка ефективної моделі прогнозування часових рядів. Для досягнення поставленої мети були розв'язані такі задачі:

- побудувати математичну модель задачі прогнозування часових рядів;
- розробити гнучку прогнозу схему на основі базових моделей, основні параметри якої визначаються еволюційним методом для підвищення точності прогнозування та волатильності прогнозу;
- здійснити експериментальну верифікацію отриманих результатів та виконати порівняльний аналіз.

4. Еволюційний метод прогнозування часових рядів

Розглянемо задачу прогнозування на основі часових рядів у такій постановці:

Нехай $v_1, v_2, \dots, v_t, \dots, v_n$ – деякий дискретний часовий ряд без пропусків довжини n . Значення часового ряду фіксуються в дискретні моменти часу $i = \overline{1, n}$. Задача прогнозування часових рядів полягає у побудові вирішального правила F , яке дозволяє знайти оцінку значення ряду в майбутні періоди часу, що являє собою прогноз в заданій точці $n+m$ з кроком прогнозу m ($m \geq 1$) [11]. Тоді, формально, залежність прогнозного значення φ_{n+m}^0 від ретроспективних даних можна записати:

$$\varphi_{n+m}^0 = F(v_{n-k+1}, v_{n-k+2}, \dots, v_n, m),$$

де k – глибина передісторії, m – крок прогнозування.

Розглянемо метод побудови еволюційного методу прогнозування на основі базових моделей прогнозування. Для цього на першому етапі виберемо систему базових моделей прогнозування M_1, M_2, \dots, M_q . Серед них можуть бути регресійні, нейромережні та інші методи прогнозування.

Зафіксуємо значення кроку прогнозування m ($m \geq 1$) та глибини передісторії k . Обчислимо відповідні прогнозні значення для відомих елементів ряду обраними базовими методами та запишемо їх у таблицю (табл.1):



Таблиця 1 - Результати прогнозування базовими прогнозними моделями

Номер елемента	Прогнозні моделі			
	M_1	M_2	...	M_q
$k+m$	$\varphi_{k+m}^{(1)}$	$\varphi_{k+m}^{(2)}$	$\varphi_{k+m}^{(q)}$
$k+m+1$	$\varphi_{k+m+1}^{(1)}$	$\varphi_{k+m+1}^{(2)}$	$\varphi_{k+m+1}^{(q)}$
...
n	$\varphi_n^{(1)}$	$\varphi_n^{(2)}$	$\varphi_n^{(q)}$

Побудуємо прогнозну схему у вигляді функції для обчислення прогнозного значення часового ряду в момент часу p ($k+2m \leq p \leq n+m$), за правилом:

$$G(p) = \alpha_1 \varphi_p^{(1)} + \alpha_2 \varphi_p^{(2)} + L + \alpha_q \varphi_p^{(q)}, \quad (1)$$

де α_j ($j = \overline{1, q}$) – ваговий коефіцієнт прогнозної моделі M_j для обчислення прогнозного значення часового ряду в момент часу p ($k+2m \leq p \leq n+m$).

Для обчислення значень параметрів схеми α_j ($j = \overline{1, q}$) при заданому значенні p побудуємо функціонал:

$$L(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q) = \sum_{i=k+m}^{p-m} \left| \frac{G(i) - v_i}{v_i} \right|, \quad (2)$$

та застосуємо генетичний алгоритм для розв'язання задачі мінімізації функції:

$$L(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q) \rightarrow \min. \quad (3)$$

Нехай $(\alpha_1^*, \alpha_2^*, \dots, \alpha_q^*) \in \text{Arg min } L(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q)$. Тоді, для визначення точності отриманих прогнозних значень, на наступному етапі обчислимо величини:

$$\Delta_j = \sum_{i=k+m}^{p-m} \left| \frac{\varphi_i^{(j)} - v_i}{v_i} \right|, \quad j = \overline{1, q},$$

та

$$\Delta_0 = L(\alpha_1^*, \alpha_2^*, \dots, \alpha_q^*).$$

У випадку, якщо виконується умова:

$$\forall j \in \{1, 2, \dots, q\} \quad \Delta_0 \leq \Delta_j,$$

то можна зробити висновок, що застосування схеми (1) із заданими параметрами $(\alpha_1^*, \alpha_2^*, \dots, \alpha_q^*)$ дозволяє підвищити точність прогнозу у порівнянні з базовими прогнозними моделями M_1, M_2, \dots, M_q .

Іншим критерієм якості прогнозної схеми є волатильність отриманого прогнозу, яка може бути оціненою середньоквадратичним відхиленням за формулами (4)-(5):

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=k+m}^{p-m} (\varphi_i^{(j)} - v_i - \delta_j)^2}{p-k-2m+1}}, \quad j = \overline{1, q}, \quad (4)$$

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=k+m}^{p-m} (G(i) - v_i - \delta_0)^2}{p-k-2m+1}}, \quad (5)$$

де

$$\delta_j = \frac{1}{p-k-2m+1} \sum_{i=k+m}^{p-m} (\varphi_i^{(j)} - v_i), \quad j = \overline{1, q},$$

$$\delta_0 = \frac{1}{p-k-2m+1} \sum_{i=k+m}^{p-m} (G(i) - v_i).$$

Таким чином, прогнозне значення φ_p може бути обчислене за формулою:

$$\varphi_p = \alpha_1^* \varphi_p^{(1)} + \alpha_2^* \varphi_p^{(2)} + L + \alpha_q^* \varphi_p^{(q)}.$$



Експериментальна верифікація розробленого методу. Для експериментальної верифікації було розглянуто часовий ряд з даними про кількість хворих на СНІД на початок року в Закарпатській області [12]. Часовий ряд складався з 23 елементів. Прогнозування кількості хворих на заданій території дозволяє здійснювати планування діяльності кадрового складу медико-соціальних закладів, для максимального охоплення хворих потрібними їм послугами. Важливим при такому прогнозуванні є забезпечення мінімального відхилення прогнозних значень від реальних. Точність прогнозу, при цьому, є менш важливою.

За базові моделі було вибрано модель авторегресії з кроком передісторії $k = 4$ та модель тренду у вигляді поліноміальної функції третього порядку. Прогнозування здійснювалося на 1 крок вперед.

Результати обчислень наведені в табл.2. та на рис.1.

Таблиця 2 - Результати прогнозування значень часового ряду «Кількість хворих на СНІД» базовими моделями

Рік	Елементи часового ряду	Метод авторегресії	Модель тренду
1997	8	-	-
1998	35	-	-
1999	51	-	-
2000	63	-	-
2001	77	-	-
2002	94	-	-
2003	91	-	-
2004	77	-	-
2005	73	-	-
2006	100	81,1748	49,016
2007	109	117,9946	99,3452
2008	136	113,2296	127,3312
2009	154	151,6245	168,5805
2010	185	170,5247	198,5224
2011	221	210,8523	236,5665
2012	251	251,9838	280,3528
2013	288	282,4377	318,5382
2014	322	322,6126	358,7616
2015	370	359,3304	396,0834
2016	421	417,1556	442,9315
2017	484	476,5829	496,1607
2018	571	554,905	558,6563
2019	627	652,4457	647,8408

Примітка: в кожному ряді виділено краще прогнозне значення

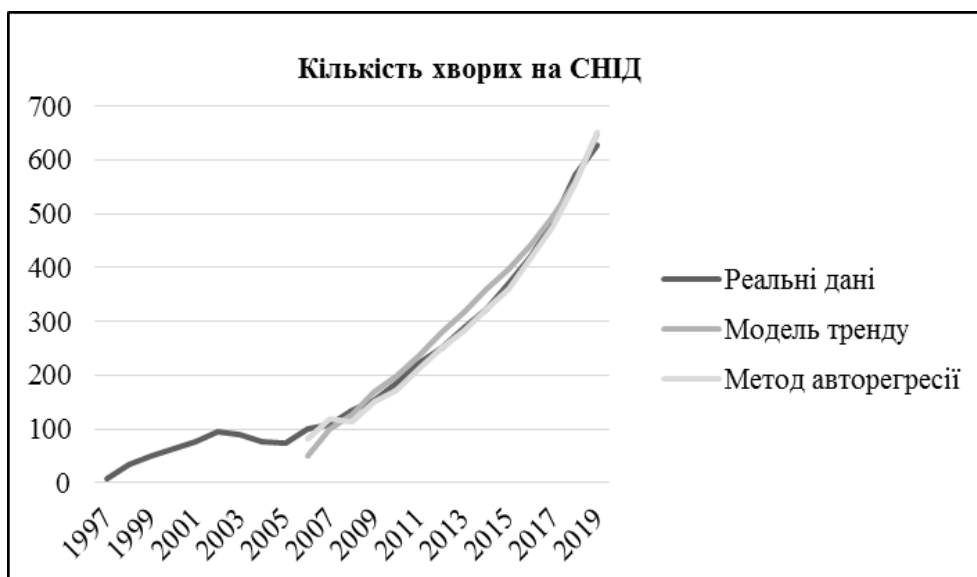


Рис. 1 - Результати прогнозування кількості хворих на СНІД різними методами



Для покращення ефективності прогнозу на наступному етапі було застосовано схему (1) у такому виді:

$$L(\alpha_1, \alpha_2) = \sum_{i=10}^m \left| \frac{\alpha_1 \varphi_i^{(1)} + \alpha_2 \varphi_i^{(2)} - v_i}{v_i} \right|, \quad (6)$$

де $\varphi_i^{(1)}$ – результат прогнозування i -го значення ряду методом авторегресії, $\varphi_i^{(2)}$ – результат прогнозування i -го значення поліноміальною моделлю тренду, $m = \overline{14, 22}$.

Значення α_1, α_2 на кожному кроці були знайдені за допомогою генетичного алгоритму для мінімізації функціоналу (6). Результати обчислень наведені в табл.3. Критеріями точності прогнозу були обрані відносна похибка та волатильність прогнозу у формі середньоквадратичного відхилення (4)-(5).

Таблиця 3 - Порівняння результатів прогнозування прогнозною схемою з іншими базовими моделями

Рік	Елементи часового ряду	Метод авторегресії	Модель тренду	Параметри моделі		Прогнозне значення
				α_1	α_2	
2010	185	170,5247	198,5224	0,95945054	0,052944097	174,1206
2011	221	210,8523	236,5665	1,171551501	-0,07885669	228,3695
2012	251	251,9838	280,3528	1,454850157	-0,36053295	265,5222
2013	288	282,4377	318,5382	1,48363889	-0,41159206	287,9278
2014	322	322,6126	358,7616	1,186310485	-0,14273517	331,5108
2015	370	359,3304	396,0834	1,344293004	-0,29879915	364,696
2016	421	417,1556	442,9315	1,045989452	-0,02676594	424,4849
2017	484	476,5829	496,1607	1,085873472	-0,06252759	486,485
2018	571	554,905	558,6563	1,036641888	-0,01913628	564,5472
2019	627	652,4457	647,8408	0,920765306	0,085053726	655,8506
Відносна похибка прогнозу		0,027136	0,102863			0,026486053
Середньоквадратичне відхилення		11,2493	12,9884			10,9777

Примітка: в кожному ряді виділено краще прогнозне значення

Обговорення результатів. Розроблений метод прогнозування часових рядів дозволяє покращити результати прогнозування за допомогою інших базових методів. Такий підхід, при розв'язанні реальних задач прогнозування часових рядів, дає можливість одночасно розглядати довільну кількість відомих методів прогнозування і розглядати результати їх роботи як окремо, так і в сукупності.

Експериментальна верифікація роботи розробленого методу показала, що при його вірному налаштуванні, вдається досягнути зменшення похибки прогнозування, а також покращення волатильності прогнозу, що дозволяє забезпечити зменшення відхилення прогнозного значення від точного.

Для розв'язання оптимізаційної задачі (2)-(3), крім генетичного алгоритму, можливим є також застосування інших еволюційних алгоритмів.

Висновки. Робота присвячена розробці еволюційного методу прогнозування часових рядів. В ході дослідження було побудовано математичну модель задачі прогнозування та розроблено метод прогнозування, який дозволяє обчислювати прогнозні значення, враховуючи результати прогнозування іншими методами. Результуючі значення, при цьому, обчислюються як згортка результатів, отриманих за допомогою обраних базових моделей, коефіцієнти якої обчислюються за допомогою генетичного алгоритму.



Виконано порівняльний аналіз результатів роботи розробленого методу та інших методів прогнозування для часового ряду «Кількість хворих на СНІД», який довів ефективність еволюційного методу прогнозування.

Список використаних джерел:

1. Khashei Mehdi, Mehdi Bijari. An artificial neural network (p, d, q) model for timeseries forecasting. *Expert Systems with applications*. 2010. 37.1. P. 479-489.
2. Khashei Mehdi, Mehdi Bijari. Which methodology is better for combining linear and nonlinear models for time series forecasting? 2012. P. 265-285.
3. Khashei Mehdi, and Mehdi Bijari. A novel hybridization of artificial neural networks and ARIMA models for time series forecasting. *Applied Soft Computing*. 2011. 11.2. P. 2664-2675.
4. Kuremoto Takashi, et al. Time series forecasting using a deep belief network with restricted Boltzmann machines. *Neurocomputing*. 2014. 137. P. 47-56.
5. Bontempi Gianluca, Souhaib Ben Taieb, Yann-Aël Le Borgne. Machine learning strategies for time series forecasting. *European business intelligence summer school*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.
6. Borovykh Anastasia, Sander Bohte, Cornelis W. Oosterlee. Conditional time series forecasting with convolutional neural networks. *arXiv preprint arXiv*. 2017. 1703.04691.
7. Deb Chirag, et al. A review on time series forecasting techniques for building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. 74. P. 902-924.
8. Гече Ф., Мулеса О., Гече С., Вашкеба М. Розробка методу синтезу прогнозуючої схеми на основі базових прогнозуючих моделей. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2015. Т. 3, N 2(23). С. 36-41. – Режим доступу : DOI : [10.15587/2312-8372.2015.44932](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.44932).
9. Geche F., Batyuk A., Mulesa O., Vashkeba M. [Development of effective time series forecasting model](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70581-1_26). *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*. 2015. Volume 4 Issue 12. P. 4377 – 4386.
10. Mulesa O., Geche F., Batyuk A., Buchok V. Development of Combined Information Technology for Time Series Prediction. In: *Shakhovska N., Stepashko V. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing II. CSIT 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 689. Springer, Cham. 2018. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-70581-1_26
11. Кучанський О. Ю., Білощицький А. О. Прогнозування часових рядів методом селективного зіставлення зі зразком. *Восточно-Европейський журнал передових технологій*. 2015. 6 (4). С. 13-18.
12. Офіційний сайт Центру громадського здоров'я Міністерства охорони здоров'я України. http://old.phc.org.ua/pages/diseases/hiv_aids/statistics/hiv-aids-treatment

References:

1. Mehdi Khashei and Mehdi Bijari, "An artificial neural network (p, d, q) model for timeseries forecasting." in *Expert Systems with applications* 37.1 (2010), pp. 479-489.
2. Mehdi Khashei and Mehdi Bijari, "Which methodology is better for combining linear and nonlinear models for time series forecasting?" (2012), pp. 265-285.
3. Mehdi Khashei and Mehdi Bijari, "A novel hybridization of artificial neural networks and ARIMA models for time series forecasting." in *Applied Soft Computing* 11.2 (2011), pp. 2664-2675.
4. Takashi Kuremoto et al., "Time series forecasting using a deep belief network with restricted Boltzmann machines." in *Neurocomputing* 137 (2014), pp. 47-56.
5. Gianluca Bontempi et al., "Machine learning strategies for time series forecasting." in *European business intelligence summer school*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.
6. A. Borovykh et al., "Conditional time series forecasting with convolutional neural networks." in *arXiv preprint arXiv:1703.04691* (2017).
7. Chirag Deb et al., "A review on time series forecasting techniques for building energy consumption." in *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 74, pp. 902-924, 2017.
8. F. Geche et al., "Rozrobka metodu syntezu prohnozuiuchoi skhemy na osnovi bazovykh prohnozuiuchykh modelei" in *Tekhnologichnyi audyt ta rezervy vyrobnytstva*, N 2(23), pp. 36-41, 2015. DOI : [10.15587/2312-8372.2015.44932](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.44932).
9. F. Geche F. et al., "[Development of effective time series forecasting model](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70581-1_26)" in *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, Volume 4 Issue 12, pp. 4377-4386, 2015.
10. O. Mulesa O. et al., "Development of Combined Information Technology for Time Series Prediction." In: *Shakhovska N., Stepashko V. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing II. CSIT 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 689. Springer, Cham., 2018. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-70581-1_26
11. O. Kuchanskyi and A. Biloshchytskyi, "Prohnozuvannia chasovykh riadiv metodom selektyvnoho zistavlennia zi zrazkom" in *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*, 6 (4), pp. 13-18, 2015.
12. Офіційний сайт Центру громадського здоров'я Міністерства охорони здоров'я України. http://old.phc.org.ua/pages/diseases/hiv_aids/statistics/hiv-aids-treatment



УДК 629.058

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПОРІВНЯННЯ АЛГОРИТМІВ ВИЗНАЧЕННЯ ОРІЄНТАЦІЇ НА БАЗІ КОМПЛІМЕНТАРНОГО ФІЛЬТРУ ТА ФІЛЬТРУ МАДЖВІКА

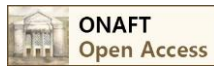
Бугайов Д.В.¹, Аврутов В.В.², Нестеренко О.І.³

^{1,2,3}Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

ORCID: ¹<http://orcid.org/0000-0002-9691-8654>, ²<http://orcid.org/0000-0002-3875-0646>,³<http://orcid.org/0000-0002-5564-0182>E-mail: ¹myscience@engineer.com, ²vyshgorod@gmail.com, ³oleg.i.nesterenko@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal “Automation of technological and business - processes.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1921>

Анотація. В статті розглядаються питання визначення орієнтації об'єктів. Основними джерелами інформації для розрахунку кутів орієнтації слугують мікроелектромеханічні датчики, а саме мікроелектромеханічний гіроскоп (надає данні про кутову швидкість) та мікроелектромеханічний акселерометр (надає данні про гравітаційне прискорення в нерухомому режимі, та перевантаження в стані руху). Але застосування мікроелектромеханічних датчиків для визначення орієнтації і параметрів руху саме по собі не можливо без використання спеціалізованих алгоритмів обробки отриманих з них сигналів. Головний недолік полягає саме у “якості” отриманих сигналів, тобто наскільки отриманий сигнал з вимірювачів достовірно відображають рух або нерухомий стан об'єкту. Тому алгоритмами визначення орієнтації які запропоновані в роботі для розгляду було обрано алгоритм Компліментарного фільтру та алгоритм фільтру Маджвіка. Використані вимірювальні датчики (гіроскопи і акселерометри) об'єднані в один вимірювальний модуль який в свою чергу є базою для роботи розробки компанії Inertial Labs – курсовертикалі AHRS-10P. Курсовертикаль AHRS-10P в дослідженні використовується як референтна система, так як вона визначає кути орієнтації об'єкту на якому вона встановлена, за допомогою алгоритму фільтру Калмана і паралельно може видавати сирі данні зняті з акселерометрів і гіроскопів. В результаті дослідження, отримано аналітичні залежності визначеного кута тангажу та кута крену за допомогою алгоритму Компліментарного фільтру та алгоритму фільтру Маджвіка в порівнянні з кутом тангажу та кутом крену отриманими референтною системою AHRS-10P на базі фільтру Калмана.

Abstract. The article deals with the issues of determining the orientation of objects. The main sources of information for calculating the orientation angles are microelectromechanical sensors, microelectromechanical gyroscope (provides data on angular velocity) and microelectromechanical accelerometer (provides data on gravitational acceleration in stationary mode and overload in motion). But the use of microelectromechanical sensors to determine the orientation and motion parameters in itself is not possible without the use of specialized algorithms for processing the signals obtained from them. The main disadvantage is the "quality" of the received signals, in other words how accurate is the received signal from the sensors and how accurately signal reflects the movement or stationary state of the object. Therefore, the Complementary filter algorithm and the Madgwick filter algorithm were chosen for the orientation determination. Measuring sensors which were used (gyroscopes and accelerometers) are combined into one measuring module, which is the basis for the attitude and heading system of the Inertial Labs company –AHRS-10P. The AHRS-10P is used as a reference system in the study, as it determines the orientation angles of the object on which it is mounted, using the Kalman filter algorithm and have ability simultaneously outputs raw data taken from accelerometers and gyroscopes. As a result of the study, the analytical dependences of the determined pitch angle and roll angle were obtained using the Complementary Filter algorithm and the Madgwick filter algorithm in comparison with the pitch angle and roll angle obtained by the reference system AHRS-10P based on Kalman filter.

Ключові слова: Компліментарний фільтр, фільтр Маджвіка, фільтр Калмана, MEMS гіроскоп, MEMS акселерометр, орієнтація.

Keywords: Complimentary filter, Madgwick filter, Kalman filter, MEMS gyroscope, MEMS accelerometer, orientation.



1. Вступ

За період минулого десятиліття галузь області навігації стала не можливою без використання інерціальних вимірювачів [1] побудованих на базі мікроелектромеханічних систем (МЕМС) – гіроскопів та акселерометрів. Які являють собою легкі, мініатюрні вимірювачі фізичних величин пов'язаних з рухом об'єктів де вони встановлені. Їх використання в першу чергу пояснюється трендом на мініатюризацию та постійно зростаючим попитом на легкі повітряні та наземні апарати для застосування в абсолютно різних галузях суспільства. З іншого боку це пояснюється запитом на розробку автономних автопілотних систем, де вплив на процес керування і саму присутність людини буде мінімізовано до нуля [2]. Але застосування МЕМС-датчиків для визначення параметрів руху саме по собі не можливо без використання спеціалізованих алгоритмів обробки отриманих з них сигналів. Головний недолік полягає саме у "якості" отриманих сигналів, тобто наскільки отриманий сигнал з вимірювачів достовірно відображають рух або нерухомий стан об'єкту. А для процесу керування високоточна інформація про параметри руху повинна надходити безперебійно. Так як визначення орієнтації об'єкту є одним з елементів комплексної задачі, що стосується автономної роботи механізованих систем чи повітряно-наземних апаратів, дослідження алгоритмів її визначення є актуальним завданням. Широку популярність в цьому напрямку завоював фільтр Калмана [3]. Він дійсно дає непогані результати, але все ж таки і має недоліки які будуть показані далі. Саме ці факти і заставляють проводити пошуки альтернативних, максимально ефективних алгоритмів визначення орієнтації.

2. Проблематика

Визначення кутів нахилу (орієнтації) об'єкту можливе за допомогою гіроскопів, або за допомогою акселерометрів. У першому випадку кут нахилу обчислюється за допомогою дискретного інтегрування кутової швидкості, що визначається саме гіроскопом.

Однак, у МЕМС гіроскопа є негативна технічна особливість – нестабільний дрейф нуля [4]. Суть цього недоліку зводиться до того, що при відсутності обертового руху об'єкта, на виході гіроскопу все ще буде наявне значення відмінне від нуля. Іншим недоліком використання лише гіроскопу, є застосування процедури дискретного інтегрування вимірюваної кутової швидкості, яка за своєю природою дає неточний результат. Третя проблема тісно пов'язана з попередньою. Вона виражається в поступовому накопиченні помилки обчислення кута через обмеження точності змінних мікроконтролера.

Якщо використовувати лише акселерометр, то для визначення кута нахилу досить застосувати прості геометричні перетворення для обрахунку, що дуже просто на практиці. Але акселерометр дозволяє визначити точні кути нахилу приладу тільки в стані спокою. Так як, в стані спокою на нього не діють зовнішні сили, і тому на виході датчика представлено лише значення проекції прискорення вільного падіння на спостережувану вісь.

Таким чином, на основі одного лише акселерометра можна також досить легко обрахувати кут нахилу. Але, на жаль, будь-який вплив зовнішньої сили вносить в ці обчислення непередбачувану помилку. Такими зовнішніми силами, наприклад, можуть бути вібрація від двигунів об'єкта або раптовий порив вітру. Частково зняти цей вплив можна за допомогою фільтру нижніх частот (ФНЧ), але побічним ефектом подібної обробки сигналу буде сильне зменшення швидкодії, тобто значення визначеного кута буде обраховуватися з великою затримкою, що не є перевагою в задачах в режимі реального часу.

В результаті є два сенсори, кожен з яких дозволяє розрахувати кути нахилу об'єкту, де вони встановлені, відносно поверхні землі. Але в разі гіроскопа точність таких розрахунків знижується через дрейф нуля і помилок інтегрування. У разі ж акселерометра занадто велика чутливість до зовнішніх впливів.

Тому з метою мінімізації всіх вищесказаних недоліків, чутливі елементи намагаються алгоритмічно поєднати в єдину систему, так щоб йшло доповнення одного датчика другим і виділяються лише їх позитивні сторони [5].

3. Постановка задачі

Метою даної роботи є реалізація алгоритмів визначення орієнтації на базі Компліментарного фільтру та фільтру Маджвіка і порівняти їх працездатність з референтною системою на базі фільтру Калмана.

4. Класифікація алгоритмів визначення орієнтації

Існуючі алгоритми визначення орієнтації мають певні спільні риси. До спільних сторін відноситься те, що головним джерелом інформації для їх роботи є гіроскопи та акселерометри (додатковим джерелом інформації може бути і магнітометр), мета всіх алгоритмів полягає в доповненні одних сигналів іншими для підвищення точності. Але все ж таки головна ідея нівелювання помилок різниться. На цьому базисі, проводячи літературний аналіз можна виокремити таку структуру існуючих алгоритмів визначення орієнтації з поєднанням сигналів різних датчиків [5], [6]:

1. алгоритми на базі фільтру Калмана та на основі його модифікацій;
2. алгоритм Компліментарного фільтру (також в літературі відомий як Альфа-Бета фільтр);
3. алгоритм матриці напрямних косинусів (інколи зустрічається під назвою фільтр Премерлани і Бізарда);
4. фільтр Махоні;
5. фільтр Маджвіка.

Як було сказано раніше, фільтр Калмана має широку сферу застосування, і є одним з еталонних алгоритмів для визначення орієнтації через те, що він має високу достовірність показань, проявляє гарні фільтраційні можливості, оцінює і прогнозує стан системи, має безліч різних реалізацій, що дозволяють підібрати фільтр для певного завдання. Але не дивлячись на це все, недоліки фільтра також є значимими, що проявляються в складному налаштуванні, для



функціонування потрібно швидкодіючий обчислювальний пристрій, необхідна висока частота дискретизації для ефективного оперування, яка може перевищувати фізичні можливості об'єкта, обов'язкова наявність математичної моделі датчиків, що створює складності при імплементації нових зразків чутливих елементів [7].

В даній роботі розглядаються алгоритми на основі Компліментарного фільтра та фільтра Маджвіка, через те що перший не потребує складного налаштування та є легковажим по відношенню до обчислювальних ресурсів; другий же, є одним з останніх представників розроблених алгоритмів і поступово набирає все більшу популярність.

5. Алгоритм Компліментарного фільтра

Головне завдання комплементарного фільтра полягає в тому, щоб нівелювати дрейф нуля гіроскопа і помилки процедури дискретного інтегрування. Це досягається за рахунок того, що обраховане значення кута нахилу являє собою сукупність кута отриманого інтегруванням кутової швидкості вимірної гіроскопом і складовою миттєвого значення кута обрахованого за допомогою акселерометрів. Це можна виразити наступною формулою [8]:

$$\hat{\varphi}_t = K(\hat{\varphi}_{t-1} + \omega_t \cdot \Delta t) + (1-K)\varphi_{a,t}$$

Тут складові формули означають наступне:

- 1) $\hat{\varphi}_t$ – шукана оцінка значення кута в момент часу t .
- 2) $\hat{\varphi}_{t-1}$ – оцінка значення кута на попередньому кроці алгоритму.
- 3) ω – значення кутової швидкості, отримане з показань гіроскопа в момент часу t .
- 4) Δt – частота дискретизації.
- 5) K – коефіцієнт комплементарного фільтра (знаходиться в межах від 0 до 1).
- 6) φ_a – значення кута нахилу, отримане за показаннями акселерометра в момент часу t .

На рис. 1 показано блок-схему повної реалізації Компліментарного фільтра на базі використання даних з інерціальних датчиків (гіроскопів та акселерометрів) для визначення оціненого кута орієнтації об'єкта.

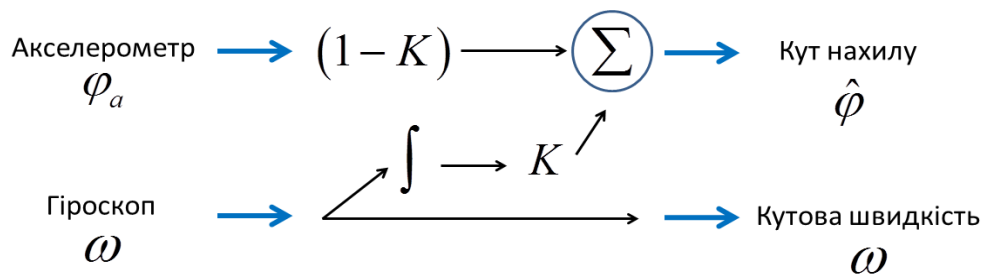


Рис. 1 – Блок-схема комплементарного фільтра

Значення коефіцієнта комплементарного фільтра може бути виражено через частоту дискретизації сигналу:

$$K = \frac{\tau}{\tau + \Delta t},$$

де τ – це постійна часу.

Постійна часу фільтра відображає відносну тривалість затримки реакції фільтра, на вхідні сигнали. Це значення слід спостерігати експериментально, а його типовий діапазон становить від 0,5 до 1 сек [9], [10].

Таким чином, видно, що в кожен момент часу Компліментарний фільтр проводить корекцію сигналу отриманого з гіроскопу за допомогою показань отриманих з акселерометрів. Сила ж цієї корекції визначається коефіцієнтом фільтра K .

Вибір коефіцієнта K залежить від величини дрейфу нуля гіроскопа, від швидкості накопичення помилок обчислення і від умов в момент використання. Так, занадто велике значення K призведе до того, що на результат роботи фільтра буде сильно впливати зовнішні чинники, наприклад вібрація корпусу об'єкта на якому встановлена система. Занадто ж мале значення K може виявитися недостатнім, щоб проводити корекції дрейфу нуля гіроскопа. Як правило, коефіцієнт комплементарного фільтра підбирається вручну для кожного випадку окремо виходячи з вищевказаних умов [11], [12].

5. Алгоритм фільтра Маджвіка

Фільтр Маджвіка поступово привертає до себе все більше уваги з боку розробників інерціальних систем для вирішення задачі орієнтації. Фільтр має 2 варіанти імплементації [3]:

- в першому варіанті, для розрахунку кутів орієнтації об'єкта використовуються показання лише з інерціальних датчиків (гіроскопи та акселерометри);
- в другому варіанті, для розрахунку кутів орієнтації об'єкта, показання з інерціальних датчиків доповнюються показаннями магнітометра. Це додатково дає можливість коригувати точність визначення кута курсу об'єкта.



В алгоритмі кути орієнтації представлені в кватерніонному вигляді, це дає додаткову перевагу над кутами Ейлера, що проявляється в виключенні можливості ситуації складання рамок (блокування обертання, англ. gimbal lock) [13], [14].

Детально фільтр Маджвіка описаний в роботі [15]. За структурою роботи, головним завданням фільтру є визначення оцінки кватерніону орієнтації в певний момент часу, ${}^S q_{est,t}$. В позначенні прийнято, що передній нижній індекс позначає цільову систему відліку, а передній верхній індекс позначає систему відліку що пов'язана безпосередньо з об'єктом обертання. Далі в тексті індекс S позначає систему відліку пов'язану з вимірювальними датчиками (від англ. sensor), а індекс E систему відліку пов'язану з Землею (від англ. Earth).

Оцінка кватерніону орієнтації ${}^S q_{est,t}$ виконується шляхом численного інтегрування розрахованої швидкості зміни орієнтації об'єкту, ${}^S \dot{q}_{est,t}$. Швидкість зміни орієнтації об'єкту може бути визначена за наступною формулою:

$${}^S \dot{q}_{est,t} = {}^S \dot{q}_{\omega,t} - \beta {}^S \dot{q}_{\varepsilon,t},$$

тут складові формули означають наступне:

1) ${}^S \dot{q}_{\omega}$ – швидкість зміни орієнтації, яка обрахована за показаннями гіроскопічного датчика. Індекс ω вказує на те що кватерніон розраховується з виміряних кутових швидкостей. Обрахунок цього параметру здійснюється за наступною формулою:

$${}^S \dot{q}_{\omega,t} = \frac{1}{2} {}^S \hat{q}_{est,t-1} \otimes {}^S \omega_t,$$

де, в кватерніонному множенні задіяна нормована оцінка кватерніону орієнтації на попередньому кроці обрахунку ${}^S \hat{q}_{est,t-1} = [q_1 \ q_2 \ q_3 \ q_4]$, та вектор кутових швидкостей ${}^S \omega = [0 \ \omega_x \ \omega_y \ \omega_z]$ виміряних на кожній з осей в певний момент часу t .

2) ${}^S \dot{q}_{\varepsilon}$ – нормована оцінка швидкості зміни орієнтації, яка обчислюється на підставі вимірів акселерометрів (і магнітометрів якщо використовується розширена модель фільтра Маджвіка). Розрахунок проводиться за наступною формулою (без урахування показників магнітометрів):

$${}^S \dot{q}_{\varepsilon,t} = \frac{\nabla f}{\|\nabla f\|} = \frac{J_g^T \left({}^S \hat{q}_{est,t-1} \right) f_g \left({}^S \hat{q}_{est,t-1}, {}^S \hat{a}_t \right)}{\left\| J_g^T \left({}^S \hat{q}_{est,t-1} \right) f_g \left({}^S \hat{q}_{est,t-1}, {}^S \hat{a}_t \right) \right\|},$$

де, проводиться розрахунок градієнту поверхні рішень ∇f , визначених цільовою функцією $f_g \left({}^S \hat{q}, {}^S \hat{a} \right)$ та її якобіаном $J_g^T \left({}^S \hat{q}_{est,t-1} \right)$, в залежності нормованих значення показань з акселерометрів ${}^S \hat{a} = [0 \ a_x \ a_y \ a_z]$ та нормованого значення кватерніону орієнтації розрахованого на попередньому кроці алгоритму ${}^S \hat{q} = [q_1 \ q_2 \ q_3 \ q_4]$ в певний момент часу t . Повні вирази розрахунку цільової функції та її якобіану є наступними:

$$f_g \left({}^S \hat{q}, {}^S \hat{a} \right) = \begin{bmatrix} 2(q_2 q_4 - q_1 q_3) - a_x \\ 2(q_1 q_2 + q_3 q_4) - a_y \\ 2\left(\frac{1}{2} - q_2^2 - q_3^2\right) - a_z \end{bmatrix}, \quad J_g^T \left({}^S \hat{q} \right) = \begin{bmatrix} -2q_3 & 2q_4 & -2q_1 & 2q_2 \\ 2q_2 & 2q_1 & 2q_4 & 2q_3 \\ 0 & -4q_2 & -4q_3 & 0 \end{bmatrix}$$

3) β – встановлена помилка вимірювання гіроскопа. Цей параметр являє собою коефіцієнт посилення фільтра, що представляє собою сукупність всіх помилок вимірювань нуля гіроскопа. Можливими джерела появи помилки може бути: шум датчика, тип згладжуючого фільтру, помилки квантування, помилки калібрування, помилки установки і вирівнювання датчика, не ортогональність осей датчика і частотні обмеження сигналу. Розрахунок проводиться за наступною формулою:

$$\beta = \left\| \frac{1}{2} \hat{q} \otimes [0 \ \tilde{\omega}_\beta \ \tilde{\omega}_\beta \ \tilde{\omega}_\beta] \right\| = \sqrt{\frac{3}{4}} \tilde{\omega}_\beta$$

де, в кватерніонному множенні \hat{q} та $\tilde{\omega}_\beta$ позначено одиничний кватерніон та оцінку середньої похибки вимірювання нуля гіроскопа по кожній осі відповідно.



На рис. 2 показано блок-схему повної реалізації фільтру Маджвіка на базі використання даних з інерціальних датчиків (гіроскопів та акселерометрів) для визначення оціненого кватерніону орієнтації об'єкта.

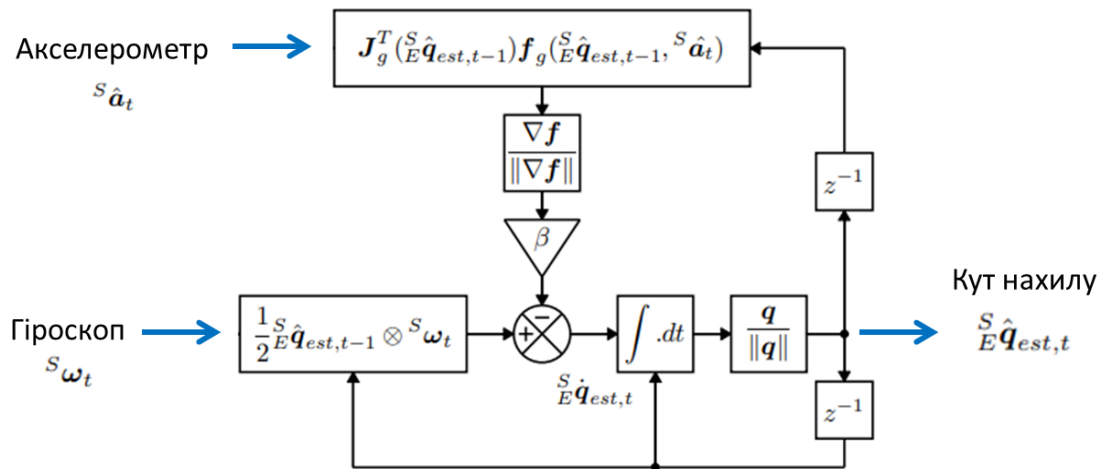


Рис. 2 – Блок-схема фільтру Маджвіка (без урахування магнітометрів) [15]

6. Відомості про референтну систему

В якості референтної системи була використана розробка компанії Inertial Labs – курсовертикаль AHRS-10P [16]. Основні техніко-технічні показники та сам прилад показано на рис. 3.



Точність розрахунку кутів:

курс	0.3° в статиці	0.6° в динаміці
крен та тангаж	0.05° в статиці	0.08° в динаміці

Нестабільність нуля ЧЕ:

Гіроскопи	1°/год
Акселерометри	0.005mg

Тип магнітометру:

Магнітний компас

Рис. 3 – Техніко-технічні показники курсовертикалі Inertial Labs AHRS-10P

Курсовертикаль використовує 3-х осьові прецизійні чутливі елементи як, акселерометри, магнітометри та гіроскопи для забезпечення визначення кутів нахилу (курсу, крену та тангажу) об'єкта на якому вона встановлена під керівництвом розширеного алгоритму синтезу показань датчиків на основі фільтру Калмана. Ефективна при використанні як в рухомих так і статичних операціях.

7. Методологія проведеного експерименту

В якості експерименту було проведено запис інформації з чутливих елементів AHRS-10P при її довільному нахилі по кут крену та тангажу на робочому столі. Слід зазначити, що подальші розрахунки були побудовані на базі показань отриманих лише з акселерометрів і гіроскопів, так як для забезпечення відсутності магнітних збурень навколишнього середовища на магнітометри потрібно було проводити процедуру їх калібрування, що потребує додаткового обладнання. І через те, що магнітометри використовуються лише для корекції кута курсу, то для чистоти експерименту, значення кута курсу не буде визначатись та піддаватись аналізу.

Після зняття інформації, сирі данні з акселерометрів і магнітометрів були заведені в розроблений алгоритм Компліментарного фільтру та фільтру Маджвіка для обрахунку кутів крену та тангажу. Отримані значення кутів порівнювались зі значеннями наданими курсовертикаллю після роботи її алгоритму на базі фільтру Калмана.

8. Отримані результати

На рис. 4 показані значення кутових зміщень у часі на кут тангажу (англ. pitch) та крену (англ. roll) з референтної системи AHRS-10P. Саме ці данні будуть використанні для порівняльної характеристики отриманих значень кутових відхилень у часі за допомогою Компліментарного фільтру та фільтру Маджвіка.

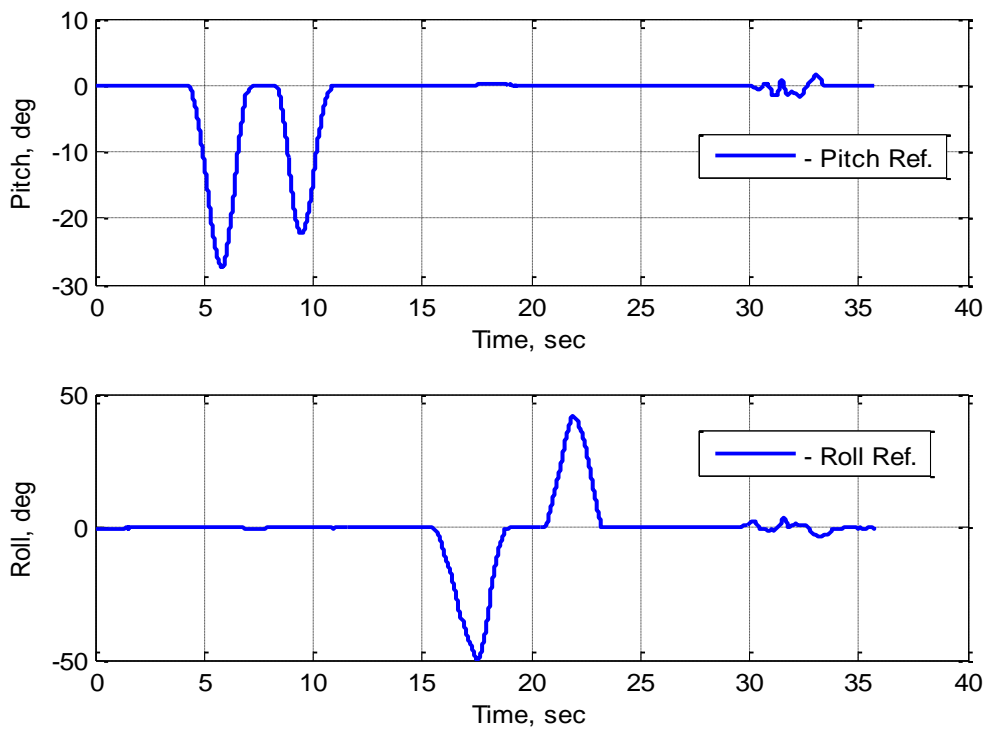


Рис. 4 – Значення кутів з референтної системи на базі алгоритму фільтру Калмана – Inertial Labs AHRS-10P

На рис. 5 та рис.6 показаний результат виконання алгоритму на базі Компліментарного фільтру для кута тангажу на крену відповідно. Також показано відмінність отриманих даних з референтною системою.

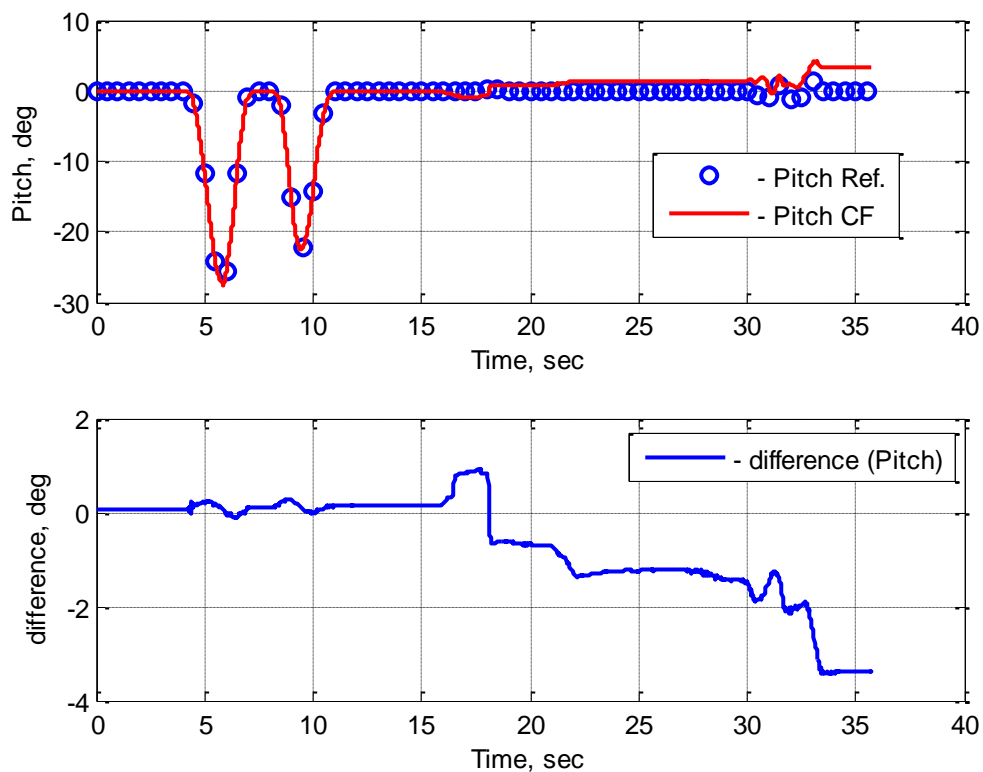


Рис. 5 – Отримане значення кута тангажу за допомогою алгоритму Компліментарного фільтру та різниця показань з референтною системою

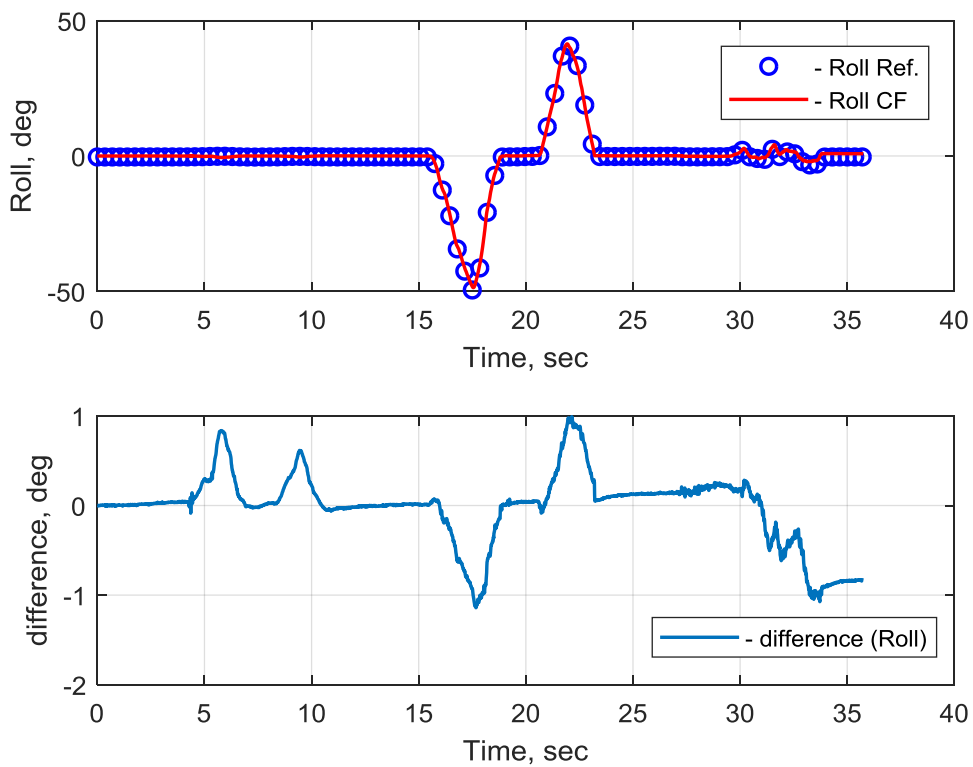


Рис. 6 – Отримане значення кута крену за допомогою алгоритму Компліментарного фільтру та різниця показань з референтною системою

На рис. 7 та рис.8 показаний результат виконання алгоритму на базі фільтру Маджвіка для кута тангажу на крену відповідно. Також показано відмінність отриманих даних з референтною системою.

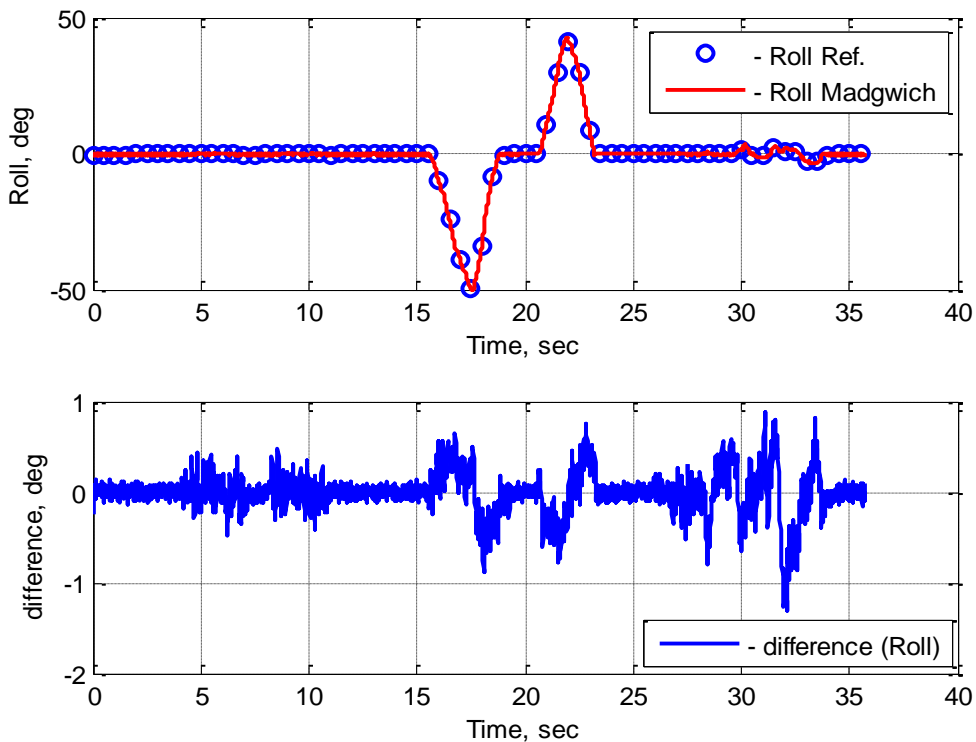


Рис. 7 – Отримане значення кута тангажу за допомогою алгоритму фільтру Маджвіка та різниця показань з референтною системою

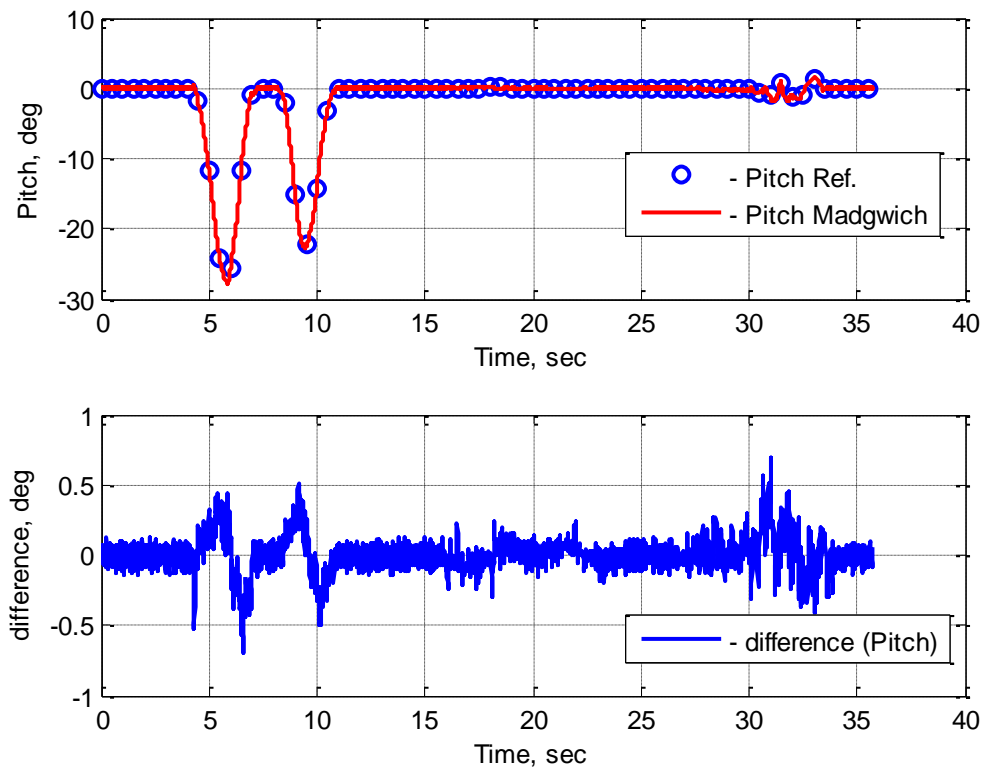


Рис. 8 – Отримане значення кута крену за допомогою алгоритму фільтру Маджвіка та різниця показань з референтною системою

Доцільно провести математичне порівняння отриманих значень. Для цього проведемо розрахунок коефіцієнту кореляції Пірсона для кожного алгоритму в порівнянні з референтним за наступною формулою:

$$\rho(A, B) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i - \mu_A}{\sigma_A} \right) \left(\frac{B_i - \mu_B}{\sigma_B} \right),$$

де через A та B позначено порівнювані вибірки; через μ_A та σ_A позначено середнє і стандартне відхилення для A , і через μ_B та σ_B позначено середнє і стандартне відхилення для B ; N – кількість точок вибірки (для A та B значення повинні бути однаковим).

Значення коефіцієнту кореляції Пірсона лежить в проміжку $0 \leq \rho(A, B) \leq 1$, де значення максимально наближене до одиниці вказує на високу ступінь лінійної залежності між порівнюваними вибірками, і навпаки значення наближене до нуля вказує на низьку ступінь лінійної залежності між порівнюваними вибірками. Результат обрахунку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнти кореляції

Досліджуваний алгоритм	Референтний алгоритм: Фільтр Калмана	
	Кут крену	Кут тангажу
Компліментарний фільтр	0,9844	0,9996
Фільтр Маджвіка	0,9998	0,9997

Висновки

В даній роботі були розглянуті три види алгоритмів визначення орієнтації: на базі фільтру Калмана, на базі Компліментарного фільтру та на базі фільтру Маджвіка. У якості еталонної (референтної) системи для перевірки роботи розроблених алгоритмів була використана курсовертикаль АНРС-10Р яка в собі вже вміщує алгоритм роботи на базі фільтру Калмана. Отримані результати показали що всі алгоритми мають гарні властивості обрахунку кутів орієнтації. Фільтр Маджвіка показав майже ідентичні показання з референтною системою.

В подальших дослідженнях доцільно буде провести аналіз роботи фільтрів по визначенню кутів нахилу об'єкта котрий знаходиться в рухомому стані, і визначити ступінь компенсації похибок інерціальних сенсорів розглянутими алгоритмами комплексування.

**Список використаних джерел:**

- [1] Collin, J., Davidson, P., Kirkko-Jaakkola, M., Leppäkoski H. Inertial sensors and their applications. In *Handbook of Signal Processing Systems*, Springer, Cham. 2019. С. 51-85.
- [2] El-Sheimy, N., Youssef, A. Inertial sensors technologies for navigation applications: state of the art and future trends. *Satellite Navigation*. 2020. №1(1), 2.
- [3] Яцына, Ю., Гриднев, Ю., Шведко, А. Сравнительный анализ дискретных фильтров Калмана и Маджвика. *Наука и инновации*. 2017. № 2(168).
- [4] Сергеенков, Д. Д. Экспериментальное сравнение алгоритмов определения ориентации для мультикоптеров. *Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности*. 2019. № 4(2). С. 31-40.
- [5] Кориков, А. М., Мещеряков, Я. Е. Ориентация горных технологических машин на основе микроэлектромеханических систем. *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*. 2018. № 21(4).
- [6] Мещеряков Я.Е. Автоматизация процессов мониторинга и позиционирования функциональных элементов горных технологических машин: автореф. дис. канд. техн. наук. Томск, 2018.
- [7] Радзівілов, Г. Д., Фесенко, О. Д. Компенсація похибок інерціальних вимірювальних датчиків МЕМС на основі фільтра Маджвика. *Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації*. 2018. № 1. С. 77-82.
- [8] Malinen, E. Fusion of data from quadcopter's inertial measurement unit using complementary filter. Bachelor's Thesis, Lappeenranta University of Technology, Finland. 2015.
- [9] Urdhwarshie, R., Bakshi, M., Naiknavare, P., Naik, S. Design and implementation of IMU sensor fusion and PID control in quadrotor. *Int. J. Electron. Commun.* 2014. № 2. С. 55-63.
- [10] Mai, T. A., Dang, T. S., Anisimov, D. N., Fedorova, E. Fuzzy-PID Controller for Two Wheels Balancing Robot Based on STM32 Microcontroller. *International Conference on Engineering Technologies and Computer Science (EnT)*. IEEE. 2019. С. 20-24. DOI: 10.1109/EnT.2019.00009
- [11] Baerveldt, A. J., Klang, R. A low-cost and low-weight attitude estimation system for an autonomous helicopter. *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems*. IEEE. 1997. С. 391-395.
- [12] Min, H. G., Jeung, E. T. Complementary filter design for angle estimation using mems accelerometer and gyroscope. *Department of Control and Instrumentation, Changwon National University, Changwon, Korea*. 2015. С. 641-773.
- [13] Гордеев В. Н. Кватернионы и бикватернионы с приложениями в геометрии и механике. *Киев: Издательство "Сталь"*. 2016. 316 с. ISBN 978-617-676-099-3.
- [14] Perumal, L. Quaternion and its application in rotation using sets of regions. *International Journal of Engineering and Technology Innovation*. 2011. № 1(1), 35.
- [15] Madgwick, S. An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays. *Report x-io and University of Bristol (UK)*. 2010. С. 113-118.
- [16] Inertial labs. Attitude and Heading Reference System AHRS-10 Datasheet. URL: <https://inertiallabs.com/products/ahrs/>.

References:

- [1] Collin, J., Davidson, P., Kirkko-Jaakkola, M., Leppäkoski, H., "Inertial sensors and their applications. In Handbook of Signal Processing Systems", Springer, Cham, pp. 51-85, 2019.
- [2] El-Sheimy, N., Youssef, A., "Inertial sensors technologies for navigation applications: state of the art and future trends", *Satellite Navigation*, 1(1), 2, 2020.
- [3] Yatsyna, Y., Gridnev, Y., Shvedko, A., "Sravnitelnyiy analiz diskretnykh filtrov Kalmana i Madzhvika", *Nauka i innovatsii*, 2 (168), 2017. [in Russian]
- [4] Sergeenkov, D. D., "Eksperimentalnoe sravnenie algoritmov opredeleniya orientatsii dlya multikopterov", *Mezhdunarodnyiy zhurnal informatsionnykh tehnologiy i energoeffektivnosti*, 4 (2), 31-40, 2019. [in Russian]
- [5] Korikov, A. M., Meshcheryakov, Ya.E., "Orientatsiya gornyykh tehnologicheskikh mashin na osnove mikroelektromehaniicheskikh sistem", *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki*, 21 (4), 2018. [in Russian]
- [6] Meshcheryakov Ya.E. "Avtomatizatsiya protsessov monitoringa i pozitsionirovaniya funktsionalnykh elementov gornyykh tehnologicheskikh mashin: avtoref. dis. kand. tehn. nauk.", Tomsk, 2018. [in Russian]
- [7] Radzivilov, G.D., & Fesenko, O.D., "Kompensatsiia Pokhybok Inertsialnykh Vymiriuvalnykh Datchykv MEMS Na Osnovi Filtra Madzhvika", *Zbirnyk Naukovykh Prats Viiskovoho Instytutu Telekomunikatsii Ta Informatyzatsii*, (1), 77-82, 2018. [in Ukrainian]
- [8] Malinen, E., "Fusion of data from quadcopter's inertial measurement unit using complementary filter", Bachelor's Thesis, *Lappeenranta University of Technology*, Finland, 2015.
- [9] Urdhwarshie, R., Bakshi, M., Naiknavare, P., Naik, S., "Design and implementation of IMU sensor fusion and PID control in quadrotor", *Int. J. Electron. Commun*, 2, 55-63, 2014.
- [10] Mai, T. A., Dang, T. S., Anisimov, D. N., Fedorova, E., "Fuzzy-PID Controller for Two Wheels Balancing Robot Based on STM32 Microcontroller", *In International Conference on Engineering Technologies and Computer Science (EnT)*, IEEE, pp. 20-24, 2019. DOI: 10.1109/EnT.2019.00009



- [11] Baerveldt, A. J., Klang, R., “A low-cost and low-weight attitude estimation system for an autonomous helicopter”, *In Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems*, IEEE, pp. 391-395, 1997.
- [12] Min, H. G., Jeung, E. T., “Complementary filter design for angle estimation using mems accelerometer and gyroscope”, *Department of Control and Instrumentation, Changwon National University, Changwon, Korea*, 641-773, 2015.
- [13] Gordeev V.N., (2016). “Kvaternioni i bikvaternioni s prilozheniyami v geometrii i mehanike”, *Izdatelstvo "Stal"*, Kiev, 316 p., 2016. ISBN 978-617-676-099-3.
- [14] Perumal, L., “Quaternion and its application in rotation using sets of regions”, *International Journal of Engineering and Technology Innovation*, 1(1), 35, 2011.
- [15] Madgwick, S., “An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays”, *Report x-io and University of Bristol (UK)*, 25, 113-118, 2010.
- [16] Inertial labs. (2020). Attitude and Heading Reference System AHRS-10 Datasheet. Retrieved from: <https://inertiallabs.com/products/ahrs/>.

УДК 664.1: 65.011.56

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОПЕРАТИВНОГО ОБЛІКУ ЦУКРОВОГО УТФЕЛЮ В МОДЕРНІЗОВАНІЙ СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ ДЛЯ ПРОДУКТОВОГО ВІДДІЛЕННЯ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Скаковський Ю. М.

Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4888-4469>

yurysk@ukr.net

Copyright © 2020 by author and the journal “Automation of technological and business - processes.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1922>

Анотація. Розглядаються технічні рішення з розробки підсистеми автоматичного оперативного обліку цукрового утфелю в модернізованій системі керування для продуктового відділення цукрового виробництва. Наведений аналіз відомих рішень із розробки аналогічних систем. Проведені лабораторні дослідження програми оперативного обліку цукрового утфелю, що був зварений у вакуум-апараті періодичної дії (ВА) протягом зміни. Програма була складена FBD подібною мовою програмування контролера МІК52 українського виробництва. Імітаційне моделювання підсистеми проводилось на спеціалізованому стенді із застосуванням промислових контролерів та програмних засобів українського виробництва, в тому числі SCADA-системи «ІНДЕЛ». Для зв'язку програмованого контролера та комп'ютера використаний перетворювач інтерфейсів MODBUS RTU – USB типу БПІ-52. Наведені результати моделювання підсистеми оперативного обліку утфелю, аналіз котрих дозволяє зробити висновки про працездатність розроблених алгоритмів та програм. Інтегрування розробленої підсистеми обліку утфелю до системи автоматизованого керування (САК) процесами у ВА дозволило розширити перелік функцій, що виконуються у САК, та підвищити інтелектуальні можливості системи. Отримані позитивні результати проведеного дослідження дозволили сформулювати рекомендації та пропозиції до модернізації АСКТП продуктового відділення, на основі методики автоматизованих розрахунків традиційних показників обліку виробництва цукрового заводу. Розроблена промислова версія АРМ оператора-варщика, котра запропонована до впровадження. Крім того, за отриманими результатами були визначені напрямки подальших досліджень САК технологічними процесами цукрового заводу.

Abstract. Technical solutions to develop the subsystem of automatic operational accounting for sugar massecuite in modernized control system for food department of sugar production are considered. The analysis of known solutions to develop similar systems was done. Laboratory studies of the program for operational accounting of sugar massecuite that was brewed in batch pan (VA) during the shift were conducted. The program was compiled in FBD-like programming language for



Ukrainian-made MIK52 controller. The simulation of subsystem was carried out at specialized bench using industrial controllers and software of Ukrainian production including SCADA system INDEL. To ensure communication between programmable controller and computer, MODBUS RTU converter - USB interface type BPI-52 was used. Simulation results of the massecuite operational accounting subsystem are presented, its analysis allows to draw conclusions about working capacity of developed algorithms and programs. Integration of developed massecuite accounting subsystem into the automated control system (ACS) of processes in VA allowed to expand the list of functions performed in ACS and increase the intellectual capabilities of the system. The obtained positive results of the study enabled to formulate recommendations and proposals for ACS of technological processes in food department modernization based on the methodology of traditional indicators' automated calculations for sugar plants production. The industrial version of operator-cooker's automated workplace has been developed and is proposed for implementation. In addition, according to obtained results, the directions for further research of ACS for technological processes of sugar factory were determined.

Ключові слова: Система автоматизованого керування (САК), автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора, мікропроцесорний контролер, оперативний облік утфелю, програма керування, вакуум-апарат періодичної дії (ВА), продуктове відділення, цукровий завод.

Keywords: Automated control system (ACS), automated workplace (AWP), microprocessor-based controller, operative accounting of massecuite, control program, batch pan, grocery department, sugar plant.

Вступ

В Одеській національній академії харчових технологій в межах госпдогвірної тематики виконуються роботи із надання науково-технічної допомоги при модернізації систем автоматизації для підвищення ефективності їх функціонування на Красилівському бурякоцукровому заводі (Хмельницької області). Розроблена та впроваджена система автоматизованого керування (САК) процесом уварювання цукрового утфеля у вакуум-апараті (ВА) періодичної дії у вигляді АРМ оператора-варщика, що базується на використанні технічних і програмних засобів українського виробництва [1]. На теперішній час, в зв'язку із реконструкцією технологічної схеми продуктового відділення, котра супроводжується модернізацією системи автоматизованого керування (АСКТП) на основі отриманих позитивних результатів промислових випробувань АРМ оператора-варщика, доцільно окрім задач керування розглянути задачі автоматичного оперативного обліку напівпродукту у продуктовому відділенні, що дозволить суттєво підвищити якість сервісу для служби головного технолога заводу, точність розрахунків, котрі традиційно виконуються робітниками цієї служби.

Аналіз літературних джерел і постановка проблеми

Більшість цукрових заводів оснащені системами комерційного обліку, які забезпечують: автоматизований облік сировини, що надходить на підприємство, облік готової продукції, що надходить на склад та відпускається споживачам. Однак, функції обліку внутрішніх запасів напівпродуктів, що знаходяться в проміжних ємностях і апаратах, і їхнє переміщення по технологічному тракту залишалися неавтоматизованими і реалізовувалися персоналом служби головного технолога вручну, відповідно до традиційної методики [2].

Операції по зняттю вихідних даних для подібних розрахунків є досить трудомістким, дуже висока їхня погрішність. Використання даних журналів операторів, наприклад, журнал звареного цукрового утфелю на ділянці кристалізації також приводить до істотної погрішності обумовленої людським фактором.

Найбільш успішні спроби рішення подібних задач у складі АСКТП цукрового заводу наведені у [2]. Але реалізація цих задач була виконана вже застарілими на теперішній час технічними та програмними засобами, що потребує додаткових досліджень, розробки та випробувань з використанням актуальних програмованих контролерів та комп'ютерів.

Реалізація задачі автоматичного оперативного обліку сировини (бурякової стружки) на базі сучасних технічних і програмних засобів була вирішена у складі модернізованої АСКТП дифузійного відділення [3].

Таким чином, для реалізації задачі автоматичного оперативного обліку утфелю у складі модернізованої АСКТП продуктового відділення необхідно, використовуючи досвід відомих розробок та враховуючи досвід робітників служб головного технолога та КВП і А даного заводу з роботи і обслуговування мікропроцесорних контролерів та регуляторів фірми «МІКРОЛ» (м. Івано-Франківськ), а також SCADA-системи «ІНДЕЛ», котра також являє собою сучасний програмний засіб вітчизняного виробництва, створений на підприємстві «Інфотехпром» (м. Полтава), який використано в більшості АРМ операторів на інших ділянках заводу, розробити підсистему оперативного обліку утфелю та інтегрувати її до складу АРМ оператора-варщика.

Мета і завдання дослідження

Мета й завдання передпроектних досліджень для створення АРМ оператора-варщика з інтегрованою до його складу підсистемою оперативного обліку утфелю полягала в зборі вихідних даних про необхідну для подання інформацію, бажану форму подання цієї інформації, визначення необхідної періодичності опитування даних, котра виключала би втрату інформації, а також в проведенні аналізу можливих варіантів структури системи, алгоритмічних рішень, вибору технічних та програмних засобів для їхньої реалізації з остаточним узгодженням пропонованої концепції із технічним керівництвом заводу. За узгодженням зі спеціалістами ЗАМОВНИКА обраний перелік вихідних даних, що



контролюються автоматично, та варіант програмної реалізації алгоритму обліку, котрий базується на використанні сигналу відключення ВА від вакуумної магістралі, що здійснюється після відключення апарату від пари, що гріє (закриття ВП2), та передусє підключенню внутрішнього середовища ВА до атмосфери та випуску готового утфелю до утфелемішалки. На рис. 1 наведено апаратурно-технологічну схему ВА, де зображені виконавчі пристрої (ВП1, ВП2, ВП3 та ВП5), з використанням котрих реалізуються означені допоміжні операції оператором з дистанційного пульта відповідними тумблерами [1].

Важливою обставиною є те, що рішення задачі оперативного обліку утфелю здійснюється на базі тих же технічних засобів, що використані за створенням АРМ оператора-варщика, за рахунок резервів їхніх інформаційно-обчислювальних можливостей, і не вимагає залучення додаткових обчислювальних ресурсів.

Наведені обставини визначають актуальність розглянутої задачі.

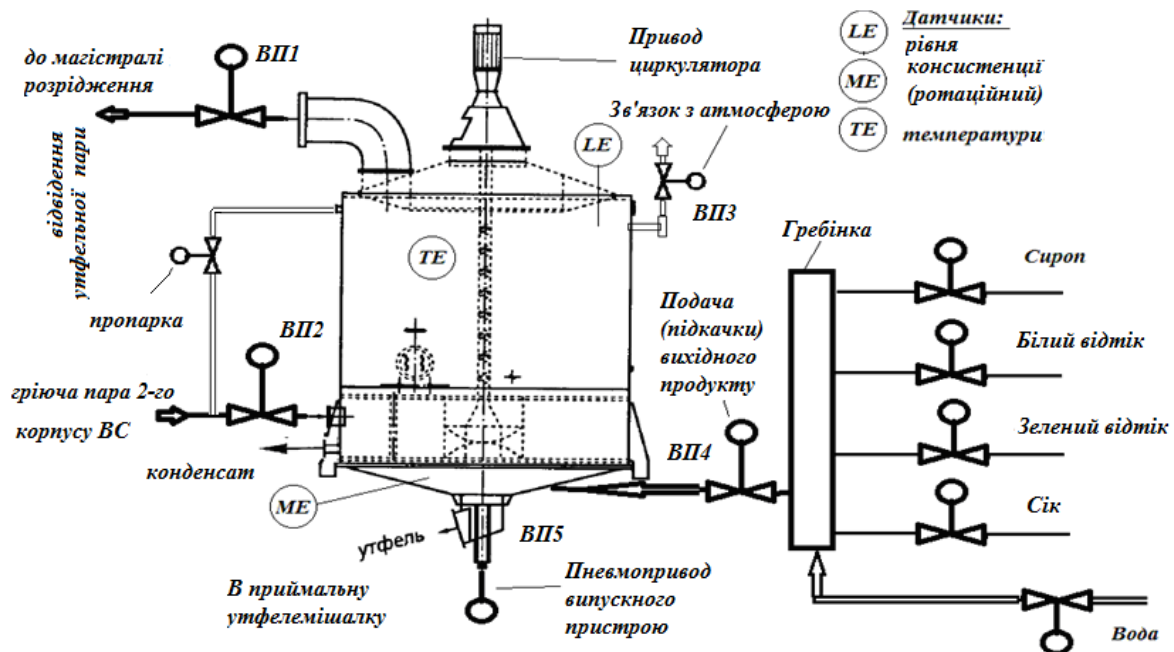


Рис. 1 – Апаратурно-технологічна схема ВА періодичної дії
Fig. 1 – Equipment and technological scheme of batch pan (VA)

Таким чином, основним завданням дослідження було розробити алгоритм і програму оперативного обліку утфелю з використанням мови програмування для мікропроцесорного контролера МІК52 та дослідити її роботу в лабораторних умовах, і за отриманням успішного результату, на базі зазначеного контролера, інтегрувати її до складу АРМ оператора з використанням SCADA-системи «ІНДЕЛ», що дозволить у подальшому включити цей АРМ у склад АСКТП продуктового відділення і заводу в цілому, тобто підключити до існуючої заводської інформаційної мережі.

Методи та матеріали досліджень

Під час виконання передпроектних досліджень використовувались методи порівняльного аналізу варіантів структури підсистеми оперативного обліку утфелю із застосуванням різних технічних та програмних засобів, з урахуванням факторів, що викладені вище, стосовно попередньо створених на заводі систем керування. Остаточні технічні рішення приймалися на основі критерію «ціна-якість» із перевіркою працездатності системи методами імітаційного моделювання. У процесі імітаційного моделювання був використаний лабораторний стенд, котрий було оснащено промисловим контролером: МІК52, аналоговими задатчиками РЗД-22 (зі струмовим виходом 4, ..., 20 мА), дискретними задатчиками (0; 24 В), блоком перетворення інтерфейсів БПП-52, комп'ютером із інстальованим програмним забезпеченням, зокрема: драйвером для БПП-52, SCADA-системою «ІНДЕЛ» з драйвером MODBUS RTU, котрий надає можливості створити інформаційний шлюз між комп'ютером та контролерами за допомогою двохпроводного інтерфейсу RS-485.

В основу запропонованого метода автоматичного оперативного обліку утфелю положено традиційну методику обліку виробництва [4].

Для оцінювання оптимальної періодичності опитування даних, котра виключала би втрату інформації, було застосовано відому інженерну методику, котра базується на наслідку із теореми Котельникова.

Результати дослідження. Основні остаточні технічні рішення

Для продуктового відділення задача автоматичного оперативного обліку утфелю складається із двох підзадач: «Розрахунок кількості звареного утфелю за зміну» і «Визначення кількості утфелю, що знаходиться на верстаті». Розглянемо рішення цих задач, що реалізуються у складі АСКТП продуктового відділення.



Підзадача «Розрахунок кількості звареного утфелю за зміну» вирішується за наступним алгоритмом. На основі сигналу від датчика рівня у ВА визначається кількість утфелю в ньому. Залежність маси утфелю у ВА від рівня в ньому $P = P(h)$ може бути суттєво нелінійною, тому доцільно використовувати у програмній реалізації алгоритмічний блок (АБ) з бібліотеки програмування контролера МІК52, що відбиває функцію кусково-лінійної апроксимації LINEAR (52).

Маса утфелю в апараті визначається як

$$P = V(h) \cdot \rho,$$

де P – маса утфелю в ВА, т;

$V(h)$ – об'єм ВА, що заповнений продуктом (утфелем), як функція рівня в ньому, м³;

ρ – щільність утфелю, кг/м³.

Для вимірювання рівня в ВА, котрий працює під розрідженням, використовують так званий п'єзометричний (з продувкою) метод вимірювання з використанням дифманометру.

Для підготовки вихідних даних для налагодження АБ LINEAR (52) використовують спеціальні таблиці, в яких означена функція $V(h)$ наведена з високою точністю, та архівні дані попередніх варок ВА, що досліджується, про щільність продукту в апараті на різних стадіях уварювання утфелю та вмісту сухих речовин (СР) у ньому. Названі дані зберігаються у службі головного технолога.

Розглянемо програму, складену мовою програмування «а» для контролера МІК52, що реалізує автоматичний оперативний облік утфелю, котрий зварений в ВА за зміну. Програма складалася з урахуванням середньостатистичної тривалості циклу варки утфелю 1-го продукту, котра складає 3,5,...,3,8 години. Відповідно за зміну, що складає 12-ть годин, кількість варок не може перевищити чотирьох подібних циклів.

На рис. 2 наведено програму складену для ВА№3. Програма реалізує наступний алгоритм. Сигнал пропорційний рівню у ВА (y %) формується в промисловому варіанті реалізації програми на виході 05 (% рівня у ВА) АБ АІN(05) 10 та подається на вхід АБ LINEAR (52) 17, а в варіанті програми для моделювання відповідно з АБ, що імітує зміну рівня [1]. Нумерація АБ виконується автоматично програмою і остаточно фіксується напередодні розробки SCADA-системи для АРМ.

Сигнал пропорційний масі утфелю, що знаходиться у ВА, формується у АБ LINEAR (52) 17 та подається з виходу ОUТ (02) на вхід ІNТ (02) АБ МЕМ(43) 1 (пам'ять). Числове значення маси утфелю у ВА фіксується на виході АБ 1 під час приходу на його вхід еWR (01) прямокутного імпульсу з АБ ОSС(40) 15 (одновібратор) (зміна значення з «0» на «1») та це значення зберігається на виході АБ 1 до приходу наступного імпульсу на вхід 01. Фіксація наприкінці циклу уварювання значення кількості утфелю у ВА реалізується за сигналом відключення апарата (тумблер Т3 «Основне розрідження») на пульті керування ВА) від магістралі вакууму – тобто за появою сигналу «1» на виході АБ DІN(06) 2. Останній сигнал подається на вхід одновібратора АБ 23 де формується імпульс тривалістю 5 сек., що забезпечує надійну передачу імпульсу до входу еUP (01) АБ CОUНТ(39) 13 (лічильник). На виході ОUТ (03) останнього АБ 13 формується порядковий номер імпульсу, що надійшов на лічильник, і передається на вхід АБ CАSЕ(84) 16 (перемикач за номером), що забезпечує формування сигналу «1» на відповідному виході dOТ1 АБ 16. За появою наступного імпульсу відповідного закінченню наступної варки (від Т3) аналогічні процедури призведуть до формування сигналу «1» відповідно на виході dOТ2 АБ 16, що дозволить формувати процедури для обчислення кількості утфелю, що зварений за другою варкою ВА.

Сигнал «1» на виході dOТ1 АБ 16 запускає одновібратор АБ15, котрий формує імпульс тривалістю 10 хвилин, що забезпечує з одного боку фіксацію сигналу числового значення маси утфелю у ВА (наприкінці відповідної варки) на виході АБ 1, як показано вище, так і з другого боку, керування, через АБ ХOР(23) 20 (АБО, що виключає), інтегратором АБ ІNТЕG (17) 22. На вхід ІNР(02) інтегратора АБ 22 подається сигнал з виходу АБ 1, а інтегрування триває на протязі 10 хвилин, що визначається сигналом з АБ 20, який поступає на відповідні входи інтегратора (03) та (04), як дозвіл на інтегрування. Тривалість інтегрування – 10 хвилин обрана для зручності масштабування сигналу на виході ОUТ (03) АБ 22, котрий пропорційний кількості утфелю, що зварено за першою варкою, з масштабним коефіцієнтом $K_m = 6,00$. Сигнал з виходу ОUТ (03) АБ 22 подається вхід ІNР1 (01) суматора АБ SУММ(13) 19, на відповідні входи котрого подаються сигнали пропорційні кількості утфелю, що зварений за іншими наступними варками. Таким чином на виході АБ SУММ(13) 19 формується, завдяки масштабуванню зі зворотними коефіцієнтами ($gain_1, \dots, 4 = 0,1666$), чисельне значення кількості утфелю звареного за поточну зміну.

Скидання даних обліку виконується з інтервалом тривалості зміни (12-ть годин) шляхом подання сигналу «1» на відповідні входи dRST усіх АБ де вони зберігаються. Означену функцію реалізують АБ ТІМЕR(38) 6, ОR(21) 5 та dSЕТ(83) 9. Початковий момент циклу скидання даних автоматичного обліку утфелю за узгодженням зі службою головного технолога визначається на початку наступної зміни і задається з допоміжної екранної форми АРМ оператора-варщика шляхом зміни параметра (01) налаштування АБ dSЕТ(83) 9 наступним чином: dSЕТ= 0-1-0.

Проведене імітаційне моделювання з використанням лабораторного стенду, згаданого вище, дозволило оцінити складену програму як працездатну, і визначити відносну похибку наведеного методу розрахунку, що склала за результатами випробувань 0,25%.

На рис. 3 наведений фрагмент програми автоматичного обліку звареного утфелю, що працює у режимі налагодження після третій варки утфелю.

Оцінювання відносної похибки методу виконувалось за порівнянням суми чисельних значень кількості звареного утфелю P_i за три варки, що зберігається в АБ 1, 7, 11 (пам'ять) та аналогічного значення P_{sum} на виході АБ 30 (суматор).

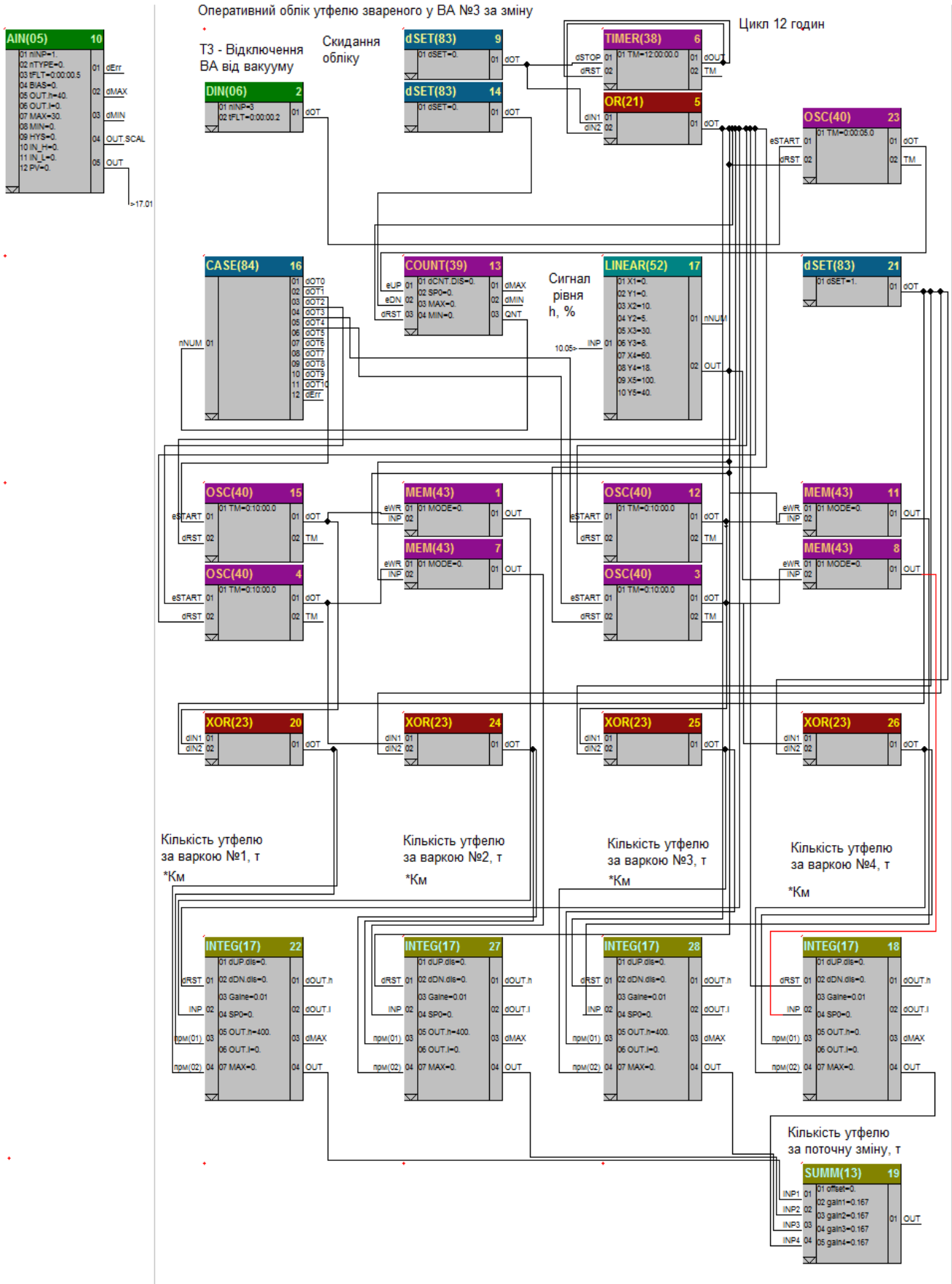


Рис. 2 – Програма обліку звареного утфелю за зміну
 Fig. 2 - The program of accounting for masecuite per shift

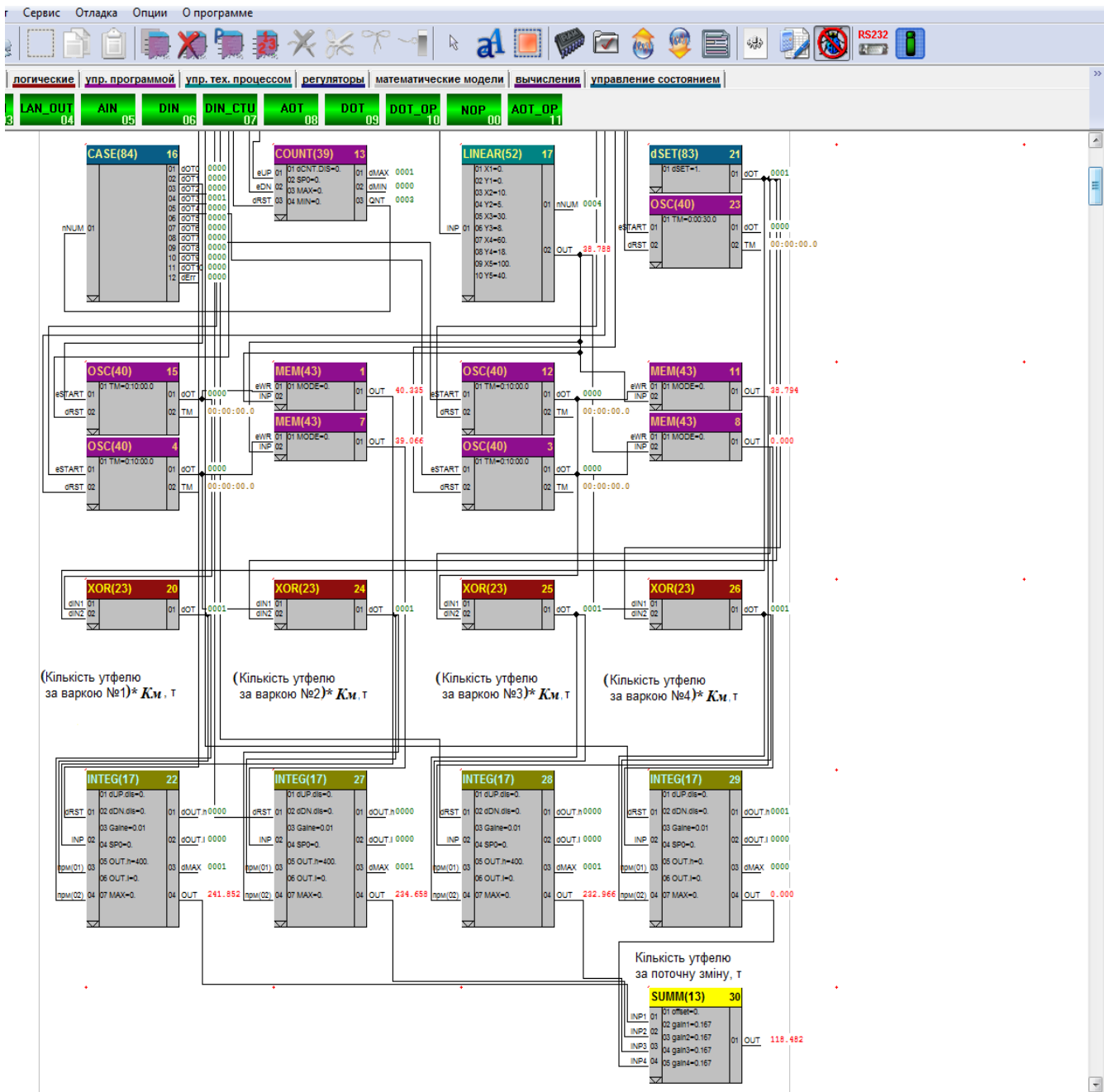


Рис. 3 – Фрагмент програми обліку звареного утфелю за зміну
 Fig. 3 – The program’s fragment of accounting for maseccuite per shift

Тобто відносна похибка методу складає:

$$\varepsilon = \frac{P_{sum} - \sum_{i=1}^3 P_i}{\sum_{i=1}^3 P_i} \cdot 100\% = \frac{118,48 - (40,33 + 39,06 + 38,79)}{118,18} \cdot 100\% = 0,25\%$$

Ця похибка виникає під час інтегрування з фіксацією моментів дозволу та заборони інтегрування у АБ INTEG (17) та округлення даних.

Загальна відносна похибка складається з вищенаведеної, похибки апроксимації нелінійної залежності $P = V(h) \cdot \rho$ (не перевищує 0,2 % за даними підприємства) та похибки вимірювання рівня утфелю у ВА з використанням дифманометра з класом точності 0,5. Таким чином, загальну відносну похибку автоматичного оперативного обліку звареного утфелю у ВА можна оцінити як таку, що складає менш одного відсотка, що для подібних задач є досить прийнятною, враховуючі що ці



розрахунки не відносяться до класу комерційних та те, що аналогічні похибки за ручним вимірюванням та розрахунками перевищують 4 - 5% [2].

Інтегрування розробленої програми в програму моделювання САК ВА, дозволяє реалізувати одночасно обидві задачі в складі АРМ оператора-варщика. В процесі складання інтегрованої програми виконується остаточна нумерація АБ та визначення номерів відповідних регістрів пам'яті, де зберігаються поточні числові значення змінних для зручності налагодження екранних форм у SCADA-системі.

На рис. 4 наведена інтегрована програма керування ВА (з програмою моделі об'єкту керування – ОК) та оперативного обліку кількості звареного утфелю за зміну для ВА №3.

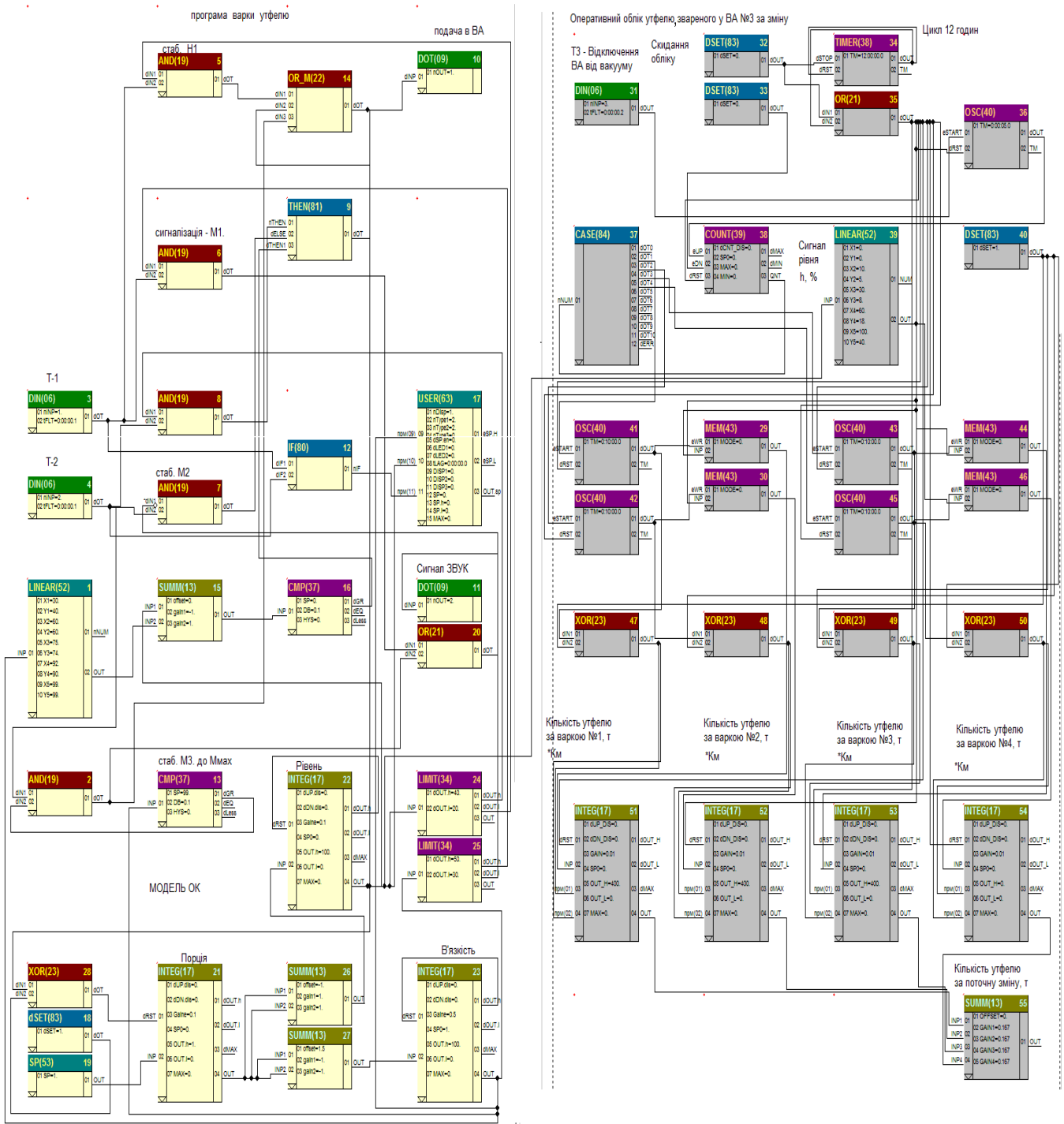


Рис. 4 – Програма керування та обліку звареного утфелю за зміну у ВА №3
 Fig. 4 – Controlling and accounting program for massecuite per shift in VA № 3



Отримані дані за кількістю звареного утфелю наводяться на основній екранній формі ВА№3 першого продукту оператора-варщика (рис. 5), де також наведена доповнена опцією «Скидання даних оперативного обліку звареного утфелю» допоміжна форма для налаштування програм.

Аналогічно наведеним рішенням, реалізуються задачі обліку звареного утфелю у інших ВА першого продукту.

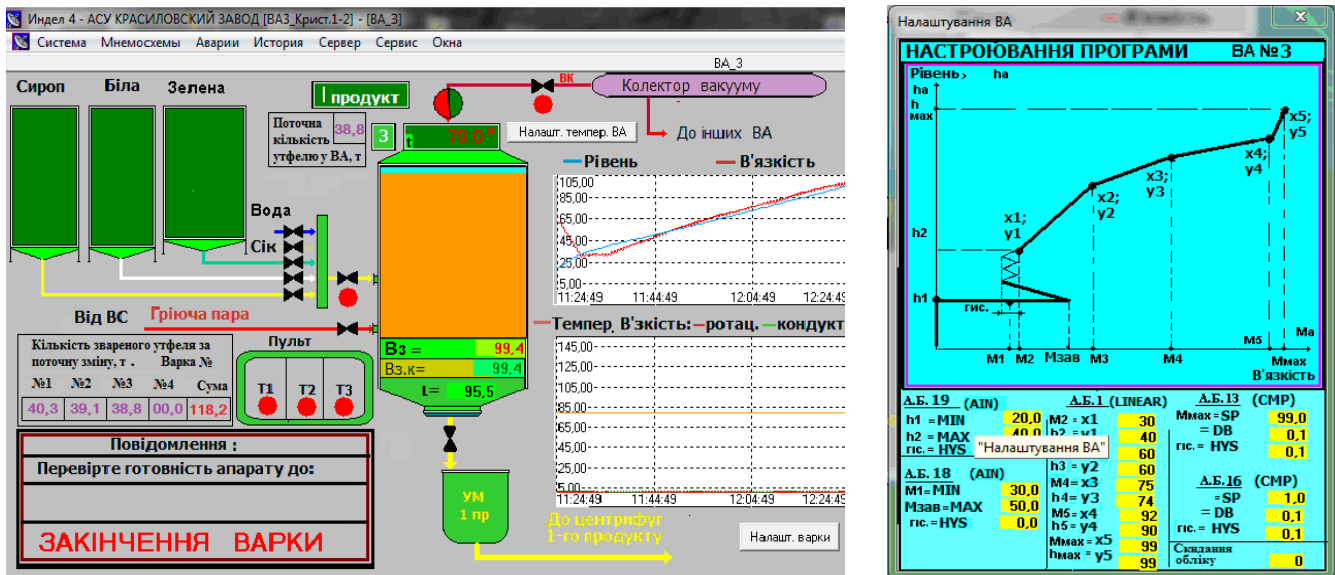


Рис. 5 – Основна екранна форма АРМ оператора-варщика на стадії закінчення варки №3 та доповнена форма для налагодження програм
Fig. 5 - The main screen form of operator-cooker's AWP in the end of cooking stage №3 and the supplemented form for debugging programs

Сумарна кількість утфелю, що зварена у всіх ВА першого продукту відділення, котре розглядається, обчислюється складанням отриманих чисельних значень для кожного ВА засобами SCADA-системи та наводяться на загальній екранній формі оператора відділення.

Розглянемо рішення другої підзадачі, котру доцільно вирішувати у складі АСКТП продуктового відділення – «Визначення кількості утфелю, що знаходиться на верстаті».

Традиційно верстат утфелю розраховують для кожного продукту. Розглянемо рішення цієї підзадачі на прикладі автоматичних розрахунків для першого продукту.

Кількість (маса) утфелю, що знаходиться на верстаті першого продукту, визначається шляхом підсумовування поточної кількості утфелю, що знаходиться у ВА першого продукту, утфелемішалках і кількості утфелю, отриманого за перерахуванням маси напівпродукту (на масу утфелю) у сиропних збірниках та збірниках білого відтоку (патоки) [4]. За технологічною схемою даного відділення, у збірники сиропу поступає також клеровка цукру останньої кристалізації. За узгодженням з головним технологом заводу в даній методиці не враховувався верстат сокових (досиропних) збірників і утфелю, що знаходиться в утфелерозподільнику перед центрифугами.

Кількість (маса) утфелю, що знаходиться на верстаті 1-ої кристалізації в будь-який момент часу в загальному випадку визначається відповідно до традиційної методики за формулою:

$$P_{sum}^1(t) = \sum_{i=1}^n K_i \cdot \int_0^H S_i[h_i(t)] \cdot dh_i(t), \quad (1)$$

де $P_{sum}^1(t)$ – поточне миттєве значення маси утфелю 1-го продукту, т;

K_i – коефіцієнт перерахування обсягу даного напівпродукту на масу утфелю, т/м³;

$S_i[h_i(t)]$ – поточне значення площі перерізу і-го апарата, при даному миттєвому значенні рівня напівпродукту в ньому, м²;

$h(t)$ – поточне миттєве значення рівня напівпродукту в і-ому апараті, м;

$[0;H]$ – діапазон вимірюваного значення рівня в апараті, м;

i – номер апарата.

Перерахування маси напівпродукту на масу утфелю виконують з урахуванням вмісту у них сухих речовин та щільності. Початкові значення коефіцієнтів перерахування K_i задаються, виходячи з даних технічного відділу заводу і уточнюються в процесі роботи.

Оцінювання поточних значень кількості напівпродукту в кожному апараті з урахуванням залежності площі перерізу від рівня в різних за конструкцією апаратах можна виконати декількома методами.



В першому – функції $S_i[h_i(t)]$ апроксимуються набором математичних залежностей, виходячи з конструктивних особливостей апарата. В другому – використовуються таблиці посантиметрового перерахування рівня на масу напівпродукту в кожному апараті з урахуванням, в обох випадках, щільності та середнього вмісту СР у них. Названі таблиці знаходяться у відділі головного технолога і використовуються при проведенні аналогічних розрахунків вручну. Таким чином, залежність (1) може бути представлена у вигляді:

$$P_{sum}^1(t) = \sum_{i=1}^n P_i[h_i(t)]. \quad (2)$$

Функції $P_i[h_i(t)]$, у випадках істотної нелінійності, можуть бути апроксимовані кусково-лінійними залежностями, як це виконано за програмної реалізації першої підзадачі для ВА. Аналогічний метод може бути використаний для оцінювання кількості утфелю, котрий знаходиться в утфелемішалках. Як показано у [2], другий метод виявився більш зручним у практичній реалізації і давав задовільну точність розрахунків. Слід зазначити, що автоматизований розрахунок за (2) є у всіх випадках більш точним, ніж ручний. Для збірників напівпродуктів (сиропу з клеровкою та білої патоки) характерна залежність кількості продукту від рівня в них близька до лінійної. Тому для них залежність (2) реалізується за спрощеною лінійною формулою. Відповідні коефіцієнти оцінюються також за даними служби головного технолога.

Таким чином, алгоритми рішення підзадачі «Визначення кількості утфелю, що знаходиться на верстаті 1-го продукту» реалізуються програмно за наведеною методикою, з використанням поточних даних, отриманих для кожного ВА 1-го продукту у підзадачі «Розрахунок кількості звареного утфелю за зміну».

Остаточні результати автоматичних розрахунків за обома підзадачами, а саме: сумарна кількість утфелю, що зварена у всіх ВА першого продукту відділення, та кількість утфелю що знаходиться на верстаті 1-го продукту, обчислюється складанням отриманих чисельних значень засобами SCADA-системи та наводяться на загальній екранній формі оператора продуктового відділення. Крім того, отримані результати архівуються засобами SCADA-системи, що дозволяє персоналу проводити необхідний аналіз результатів роботи кожної зміни та своєчасно вносити необхідні корективи в режими роботи продуктового відділення.

Аналогічно, за наведеною методикою можуть автоматично розраховуватись показники кількості утфелю на верстаті 2-го та 3-го продуктів (за реалізацією трипродуктової технологічної схеми відділення).

Обговорення результатів

Отримані результати проведеного дослідження дозволяють зробити висновки про працездатність розробленої підсистеми автоматичного оперативного обліку утфелю, що зварений у ВА періодичної дії. Інтегрування програми оперативного обліку до програми керування, дозволило розширити перелік функцій САК ВА, підвищити інтелектуальність пропонованої системи та склали умови для модернізації АСКТП продуктового відділення цукрового заводу на основі отриманих позитивних результатів. Імітаційне моделювання на спеціалізованому лабораторному стенді в середовищі промислового програмованого контролера МІК52 дозволило оцінити похибку розрахунків, як таку, що складає менш одного відсотка, що для подібних промислових систем є прийнятною. Отримані результати архівуються засобами SCADA-системи, що дозволяє персоналу проводити необхідний аналіз результатів роботи кожної зміни та своєчасно вносити необхідні корективи в режими роботи продуктового відділення, проводити оперативні заходи для поліпшення техніко-економічних показників роботи відділення та заводу в цілому.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення остаточної структури комплексу інтелектуальних технічних засобів для реалізації АСКТП продуктового відділення, що будується на основі контролерно комп'ютерної мережі з наступним підключенням до інформаційної мережі АСКТП заводу. В модернізованій АСКТП відділення пропонується використати промислові комп'ютери, що обумовлено складними умовами повітряного середовища операторського пункту (ОП) продуктового відділення, а саме високою температурою та підвищеною вологістю. Для зменшення цих шкідливих факторів як для оператора, так і для технічних засобів в ОП необхідно використати примусову вентиляцію.

Висновки

Проведені передпроектні дослідження з використанням методів імітаційного моделювання на спеціалізованому стенді, котрий було обладнано промисловим устаткуванням, дозволили розробити комплекс технічних рішень, в тому числі алгоритмів і програм, що забезпечує розширення функцій САК ВА. Функції автоматизованого керування процесами у ВА доповнені функціями автоматичного обліку утфелю, котрий зварено у ВА першого продукту за зміну та того, що знаходиться на верстаті. Автоматизація задач оперативного обліку суттєво полегшує роботу керівництва служби головного технолога і сприяє підвищенню техніко-економічних показників роботи відділення та заводу в цілому, за рахунок своєчасного прийняття необхідних рішень з коректування режимів на основі об'єктивної інформації, виключення впливу людського фактору та додаткових похибок в розрахунках показників роботи відділення.

Технічні і програмні засоби Українського виробництва забезпечують достатню точність підтримання регламентів ведення процесу та розрахунків характерних показників обліку виробництва, досить комфортні умови праці, як оперативному персоналу, так і технічним керівникам підприємства для аналізу технологічних процесів.

На основі отриманих позитивних результатів проведеного дослідження розроблена промислова версія АРМ оператора-варщика, з розширенням інтелектуальних функцій системи, та запропонована керівництву підприємства до впровадження.



Виконаний комплекс досліджень дозволяє зробити висновок про доцільність продовження робіт із модернізації систем керування підприємства, використовуючи принципи проектування АСКТП – «знизу вгору», а також наведені методи й підходи до прийняття основних технічних рішень з використанням вітчизняних технічних і програмних засобів.

Список використаних джерел

- [1] Скаковський Ю. М. Модернізація системи автоматизованого керування вакуум-апаратом періодичної дії цукрового виробництва на базі технічних і програмних засобів українського виробництва/ Ю. М. Скаковський, А. В. Бабков, О.Ю. Мандро// Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – Одеса: 2019 – том11 №3, С. 4-14.
- [2] Вітвицький В.Д. Рішення задач оперативного обліку в АСУТП ділянок цукрового виробництва/ В.Д.Вітвицький, Ю.М. Скаковський//Наукові праці ОНАХТ/ МОН України. - Одеса: 2004 - Вип. 27, С. 213-221.
- [3] Скаковский Ю.М. Использование микропроцессорных контроллеров и программ украинского производства для модернизации системы управления диффузионного отделения сахарного завода/ Ю.М. Скаковский, А.В. Бабков// Автоматизація технологічних і бізнес-процесів / Щоквартальний Міжнародний науково-виробничий журнал.– том 7, № 3, – Одеса: ОНАХТ, 2015, С. 49-51.
- [4] Приймак В.М. Технология и техноконтроль сахарного производства/В.М. Приймак. –М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. –240 с.

References

- [1] Skakovskij Yu. M. Modernizaciya sistemi avtomatizovanogo keruvannya vakuum-aparatom periodichnoyi diyi cukrovogo virobництва na bazi tehnicnih i programnih zasobiv ukrayinskogo virobництва/ Yu. M. Skakovskij, A. V. Babkov, O.Yu. Mandro// Avtomatizaciya tehnologichnih i biznes-procesiv. – Odesa: 2019 – tom11 №3, s. 4-14.
- [2] Vitvickij V.D. Rishennya zadach operativnogo obliku v ASUTP dilyanok cukrovogo virobництва/ V.D.Vitvickij, Yu.M. Skakovskij//Naukovi praci ONAHT/ MON Ukrayini. - Odesa: 2004 - Vip. 27, S. 213-221.
- [3] Skakovskij Yu.M. Ispolzovanie mikroprocessornyh kontrollerov i programm ukrainskogo proizvodstva dlya modernizacii sistemy upravleniya diffuzionnogo otdeleniya saharnogo zavoda/ Yu.M. Skakovskij, A.V. Babkov// Avtomatizaciya tehnologichnih i biznes-procesiv / Shokvartalniy Mizhnarodnij naukovo-virobnichij zhurnal.– tom 7, № 3, – Odesa: ONAHT, 2015, S. 49-51.
- [4] Prijmak V.M. Tehnologiya i tehnoimkontrol saharnogo proizvodstva/V.M. Prijmak. –M.: Legkaya i pishhevaya prom-st, 1981. –240 s.

УДК 658.5.011.16

THE TECHNICAL OBJECTS' EFFICIENCY CONTROL BY THEIR RENEWAL

Voinova S.A.

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0203-0599>

E- mail: voinova_s@yahoo.com

Copyright © 2020 by author and the journal “Automation of technological and business-processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1923>

***Анотація.** Ступінь функціонального вдосконалення технічного об'єкта характеризується рівнем його технологічної ефективності. У процесі експлуатації технічного об'єкта відбувається його знос, який знижує рівень його ефективності. Високопродуктивним методом управління рівнем технологічної ефективності технічного об'єкта є його оновлення. Здійснення оновлення є актуальною задачею. Оновлення як дія може бути частковим, повним і комплексним. Відповідно до складності багатогранного завдання оновлення виробництва, його предметний простір слід розділити на п'ять частин. Розглянуто складові основних елементів кожної частини, які підлягають оновленню. Показано місце та роль кожної частини у впливі їх на формування технологічної ефективності технічного об'єкта. Показано також вплив ступеня зносу технічного об'єкта. Особливої уваги заслуговує проблема*



управління процесом оновлення. Його якість впливає на режим функціонування технічного об'єкта. Режим визначає рівень ефективності технологічного процесу. Ефективність оновлення є тим більш значною, чим більшим є число рівнів виробничо-управлінської піраміди, які займає оновлюваний об'єкт. Організаційно-науково-технічний аспект управління процесом оновлення повинен бути доповненим соціальним. У процесі оновлення вплив та інтереси сфери управління мають бути визначальними для підприємств та інших виробничих структур, незалежно від форм власності та від рівня розташування їх у піраміді виробництва та управління. Важливими елементами кадрової проблеми є завдання підвищення рівня професійної кваліфікації та соціальної відповідальності персоналу. Складання та здійснення програми оновлення мають спиратися на належне ресурсне забезпечення. Найважливішим з результатів процесу оновлення виробництва є підвищення його екологічної ефективності. Ступінь успіху у вирішенні на підприємстві завдань оновлення як системи є істотним показником рівня його технологічної ефективності, професійної компетентності, соціальної відповідальності, організаційно-управлінської зрілості і майстерності керівництва підприємства.

Abstract. The degree of functional perfection of technical object is characterized by the level of its technological efficiency. During the operation of a technical object, its depreciation occurs. It reduces the level of its efficiency. A highly productive method of control the level of technological efficiency of a technical object is its renewal. Renewal implementation is an actual task. Renewal as an action can be partial, complete and complex. In accordance with the complexity of the multifaceted task of industry renewal, its subject space should be divided into five parts. The components of the main elements of each part to be updated are considered. The place and role of each part in their influence on the formation of the technological efficiency of a technical object are shown. The influence of the degree of depreciation of a technical object is shown too. The problem of control of the renewal process deserves a special attention. Its quality affects the mode of operation of a technical object. The mode determines the level of efficiency of the technological process. The efficiency of renewal is the more significant, the greater the number of levels of the production and control pyramid occupied by the renewable object. The organizational, scientific and technical aspects of control of the renewal process must be supplemented by a social one. In the process of renewal, the impact and interests of the control sphere should be decisive for enterprises and other production structures, whatever of their form of ownership and level of their location in the pyramid of production and control. The important elements of the personnel problem are the tasks of improving the level of professional qualification and social responsibility of staff. The design and implementation of the renewal program must be backed by adequate resources. The most important of the results of the industry renewal process is the increase of its ecological efficiency.

Ключові слова: управління, технологічна ефективність, технічний об'єкт, знос, застаріле обладнання, оновлення, екологічна ефективність.

Keywords: control, technological efficiency, technical object, depreciation, obsolete equipment, renewal, environmental efficiency

Introduction

For the successful development of industrial production, enterprises need to comply with the world level of development of technic and technology, that allows them to maximize profits and minimize losses, use their internal potential productively, and it is necessary to act in the direction of expanding the products' sales market, deriving the enterprise to a new higher level in the world market.

Since obsolete equipment is characterized by low maintainability due to lack of spare parts, low level of productivity and quality of manufactured products, frequent downtime due to the failure of its separate units, large expenditures of time for troubleshooting, leads to an increase in the cost of its maintenance and production, and also reduces working efficiency, the timely replacement of this obsolete equipment with new ones helps to lower production costs and increase the profit from the operation of the equipment. This allows to increase production efficiency, and the production of higher quality products, which should result from the replacement of worn out equipment with new ones, leads to an increase in the competitiveness of the enterprise.

Statement of problem

The degree of functional perfection of a technical object (TO) is characterized by the level of its technological efficiency (TE), the level of its components: ecological, economical, and general technical.

The new TO has the highest level of TE. From the moment of commissioning, TO experiences depreciation, which leads to a continuous gradual decrease in the level of its TE [1 - 3].

A highly productive method of control the level TE of TO' functioning is its renewal, in the implementation of which the process of development of world production actually consists. Therefore, the implementation of the renewal is an actual task.

Ways to solve the problem

Renewal (RN) of TO is, in essence, a control effect on it, improving its properties, increasing its TE. Similarly, RN of industrial production, its elements is a way, a method for control the level of their TE.

RN as an action can formally be represented in two forms, which can be characterized as follows.



Form "1": full term RN. Its purpose is to replace TO, which has exhausted its service life (resource of workability) and has passed into the limiting state, with a new object.

Form "2": full early RN. Its purpose is to replace a TO, which has not yet worked out its resource, but is outdated, lagging behind the current requirements for the level of TE, by a new object.

Form "3": partial (selective) RN. Its purpose is in RN of TO, through its modernization, reconstruction or technical re-equipment.

RN "1", in accordance with the normative submission, is subject to implementation in a prompt, urgent manner upon reaching the TO limit state. In this case, RN is associated with a large investment of resources (to replace a worn-out unit with a new one).

RN "2" can be carried out when the level of TO efficiency is considered insufficient, although TO still has some residual resource - ΔR . In this case, RN is also associated with a large investment of resources (to replace the worn-out object not yet up to the limit with a new one). However, during the period of time that the previous TO would need to spend ΔR , the new TO will operate at a high level of efficiency which inaccessible to the previous TO. The efficiency gain in the amount of ΔR may exceed the damage from underutilization of ΔR by the previous object. Essentially, this is an early RN.

RN "3" should be carried out when the degree of depreciation of an important unit or part of the TO (still having a residual resource) has reached the minimum acceptable level, as a result of which TE level of TO has decreased to the minimum acceptable value.

The foregoing reflects RN in the narrow sense of this concept, when only TO is subjected to this effect. In this case, an incomplete positive effect is obtained, since the renewed TO remained in the previous (outdated, not renewed) conditions of its use. To obtain the full effect, it is necessary to renewal not only TO, but also to renewal the conditions, the whole sphere (all circumstances) of its use. That is, it is necessary to carry out RN in the broad sense of this concept, that is, comprehensive RN (RN «4»).

From the above, it follows that the full RN gives an effect that is significantly greater than the partial (selective) RN. However, implementation of a comprehensive RN is able provided the the greatest possible (maximum) effect. RN is a complex multi-tier task of a problematic nature, of high dimension.

In the general case, the use of the RN of the considered forms and variants is advisable, since it causes an increase of TE of the renewable TO.

In accordance with the theoretical concepts of the complex multifaceted task of the OBD production, its subject space should be divided into the following five parts:

- machine condition
- equipment operating mode
- staff competence
- staff social responsibility
- production control system.

The Fig. 1 shows a structural and logical diagram of the formation of the effect of production renewal.

The main elements of each part, which are subjected to RN, are represented by the following components:

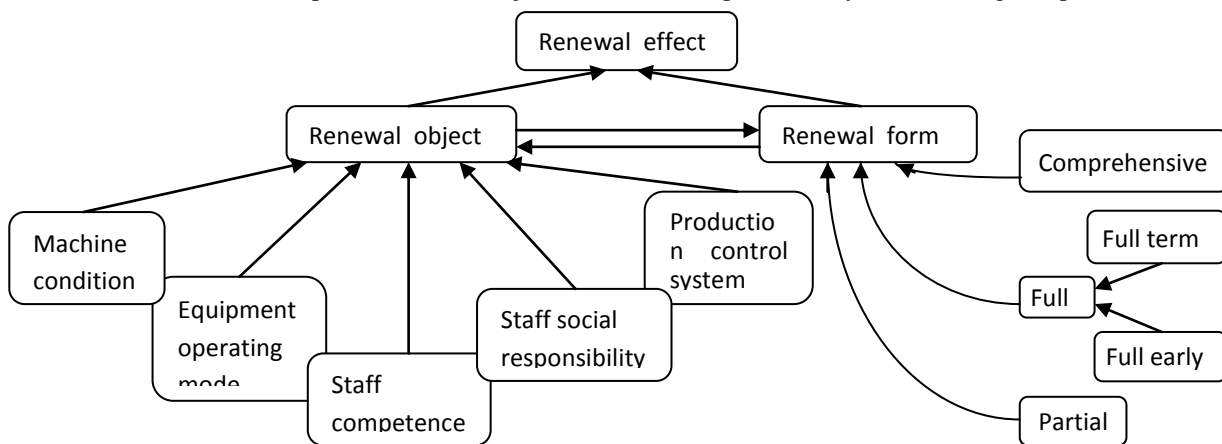


Fig. 1 – Structural-logical diagram of the formation of the effect of production renewal

1. Machine condition:

- scheme of the technological process of the enterprise, workshop, production site, unit;
- content of the set of equipment elements;
- the degree of perfection of structural and layout and other solutions of equipment elements;
- schematic and technical solutions of automatic control systems for technological, energetic equipment and networks for various purposes.

2. Equipment operating mode:



The solution of the problem of a choice of RN objects, character, content, sequence, the schedule of its realization requires to take note of the actions of a powerful lot of factors and circumstances changing over time. It's necessary system-integrated in-depth approach to the shaper, organization and implementation program of the RN production and any of its elements. Only in this case a high level of RN results is available. Only in this case is it possible to obtain the highest specific efficiency of resource investment in the RN.

RN is a flexible effective tool for TO TE level control. It should be especially noted that the expedient, high-quality, skillful possession of it and its application to the components of the multi-level sphere of control is a large reserve for the successful development of production.

In Ukraine, at a significant number of enterprises, in particular, in the food industry, part of the technological equipment and equipment of boiler houses has completed or is completing the spending of the estimated working life. In station power engineering, more than 80% of the equipment has worked out the calculated resource [5].

RN of such TO has acquired the character of an actual organizing-scientific-technical problem of national importance. With proper organization and its successful solution, a large technological and national economic effect will be obtained. In this case, the possibility of obtaining a large ecological effect is of particular importance.

Understanding that RN should be carried out in order to increase, first of all, the TO ecological efficiency and production in general has conceptual importance. The interests of increasing economic and general technical efficiency are of subordinate importance, therefore its should occupy the second and subsequent positions. The accelerating degradation of the state of the environment (first of all, living nature and human) requires, compels not to "protect nature", but more and more decisively, actively and toughly save it from ruin. On the way to the prompt solution of the tasks of this super-problem, now it is possible to use the only available on a large scale weapons – RN of the existing production. In the real accessible space "time - resources - global scale - psychological inertia and narrowness of understanding of danger", there is no other accessible way in this space. After all, the imaginary creation of the future some fundamentally new, harmless to nature, production will turn out to be nothing more than a complex RN of its outdated version on a global scale, because there is simply no other way.

In terms of the above, the quality of control of TO ecological efficiency is essential [6 - 8].

Considerable interest is the question of the structure of expenses for increasing TE of production [9].

The degree of success in solving RN tasks as a system at the enterprise is an essential indicator of the degree, level of its TE, level of professional competence, social responsibility, organizational-control maturity and professional skill of enterprise leadership (or other production structure).

Conclusions

1. RN is an indispensable element and an effective tool for the development of production.
2. The compilation and implementation of the RN program, regardless of the immensity of its object, should be based on proper, primarily intellectual, resource support.
3. The RN efficiency is the more significant, the greater the number of levels of the production and control pyramid occupied by the renewable object.
4. The important elements of the personnel problem are the tasks of improving the level of professional qualification and social responsibility of staff.
5. The degree of success in the implementation of the RN program of any production area depends to a large extent on the control quality at all levels of used production pyramid.
6. Understanding only the organizational, scientific and technical aspect of control is not enough. Control must be understood, and it is important, socially as well.
7. In the RN process, the impact and interests of the control sphere should be decisive for enterprises and other production structures, regardless of their forms of ownership and regardless of their level of location in the pyramid of production and control.
8. The most important of the results of the RN process of elements and production in general is an increase in their ecological efficiency.

References

- [1] Voinova S. "Ways of efficiency improving of modern production", *Avtomatizatsiya tehnologichnih i biznes-protseviv*, vol. 9, iss. 3, p.p. 7 - 10, 2017.
- [2] Voinova S. "Features of the technical objects control with registration their wear-out", *Avtomatizatsiya tehnologichnih i biznes-protseviv*, vol. 10, iss. 4, p.p. 28 - 31, 2018.
- [3] Voinova S. O. "Upravlinnya tehchnimi ob'ektami i tehchna gerontologiya", *Avtomatizatsiya tehnologichnih i biznes-protseviv*, no 7, 8, p.p. 20 - 23, 2011.
- [4] Voinova S. O. "Onovlennya tehchnogo ob'ekta yak zasib upravlinnya yogo tehnologichnoyu effektivnistyu", *Avtomatizatsiya tehnologichnih i biznes-protseviv*, no 5, 6, p.p. 25 - 27, 2011.
- [5] Korchevoy Yu. P., Pivnyak G. G. "Novitni tehnologiyi vikoristannya vugillya v energetitsi", *Visnik NAN Ukrayini*, no 2, p.p 51 - 56, 2006.
- [6] Voinova S. "Technical objects' ecological efficiency indicators control", *Avtomatizatsiya tehnologichnih i biznes-protseviv*, vol. 11, iss. 1, p.p. 43 - 46, 2019.



- [7] Voinova S. A. "Upravlenie ekologichnostyu v zadache upravleniya effektivnostyu funkcionirovaniya tehnologicheskogo ob'ekta", *Energetika ta elektrifikatsiya*, no 7, p.p. 43 – 46, 2019.
- [8] Voinova S. A., Dets D. V. "Increasing the level of environmental efficiency of industry is the important result of its functioning control" / *Avtomatizatsiya tehnologichnih i biznes-protsesiv*, vol. 9, iss. 2, p.p. 7 - 10, 2017.
- [9] Voinov A. P., Voinova S. A. "Upravlenie ekonomichnostyu tehnicheskogo ob'ekta kak element upravleniya ego ekologichnostyu", *Materiali II mizhnarodnoyi naukovo-tehnichnoyi konferentsiyi "Aktualni problemi energo-resursozberezhennya ta ekologiyi"*. Odesa: ODABA, p.p. 106 – 107, 2018.

Список використаних джерел

- [1] Voinova S. Ways of efficiency improving of modern production / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2017. Том 9. Вип. 3 . - С. 7 - 10.
- [2] Voinova S. Features of the technical objects control with registration their wear-out / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2018. Том 10. Вип. 4. - С. 28 - 31.
- [3] Воїнова С.О. Управління технічними об'єктами і технічна геронтологія / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2011. № 7, 8. – С. 20 - 23.
- [4] Воїнова С.О. Оновлення технічного об'єкта як засіб управління його технологічною ефективністю / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2011. № 5, 6. - С. 25 - 27.
- [5] Корчевой Ю.П., Пивняк Г.Г. Новітні технології використання вугілля в енергетиці / *Вісник НАН України*, 2006. №2. - С. 51 - 56.
- [6] Voinova S. Technical objects' ecological efficiency indicators control / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2019. Том 11. Вип. 1.- С. 43 - 46.
- [7] Воїнова С. А. Управление экологичностью в задаче управления эффективностью функционирования технологического объекта / *Энергетика та електрифікація*, 2019. № 7. - С. 43 - 46.
- [8] Voinova S. A., Dets D. V. Increasing the level of environmental efficiency of industry is the important result of its functioning control / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2017. Том 9. Вип. 2 .- С. 7 - 10.
- [9] Воїнов А.П., Воїнова С.А. Управление экономичностью технического объекта как элемент управления его экологичностью / *Матеріали II міжнародної науково-технічної конференції "Актуальні проблеми енерго-ресурсозбереження та екології"* 12-13 грудня 2018р., Одеса.- Одеса: ОДАБА, 2018.- С. 106 – 107.

УДК 621.362.192

МОДЕЛЬ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ГЕОМЕТРІЇ ГІЛОК ТЕРМОЕЛЕМЕНТІВ І ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ДВОКАСКАДНИХ ОХОЛОДЖУВАЧІВ В РЕЖИМІ МІНІМУМУ ІНТЕНСИВНОСТІ ВІДМОВ

Журавльов Ю. І.

Національний університет «Одеська морська академія», 65029, Одеса, вул. Дідріхсона, 8

Copyright © 2020 by author and the journal "Automation of technological and business-processes".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1924>

Анотація. Розглянуто конструктивний метод підвищення показників надійності (інтенсивності відмов і ймовірності безвідмовної роботи) двокаскадних термоелектричних охолоджуючих пристроїв в режимі мінімуму інтенсивності відмов. У двокаскадних охолоджуючих пристроях є істотними взаємний вплив каскадів, підвищення перепаду температур, що вимагає аналізу зв'язку показників надійності з енергетичними показниками і конструктивними параметрами охолоджувача. Метою досліджень було підвищення показників надійності двокаскадного термоелектричного охолоджувального пристрою за рахунок варіації геометрії термоелементів і їх розподілів в каскадах в робочому діапазоні перепадів температур функціонування охолоджувача в режимі мінімуму



інтенсивності відмов. Для досягнення цієї мети розв'язано завдання: створення моделі зв'язку показників надійності з конструктивними параметрами і енергетичними показниками охолоджувача; визначення значень показників надійності термоелектричного охолоджувача при різних значеннях геометрії термоелементів, перепадів температур і теплового навантаження. Розроблено математичну модель двокаскадного термоелектричного охолоджувача, що зв'язує показники надійності з енергетичними показниками і конструктивними параметрами термоелементів в робочому діапазоні температур функціонування виробу, що забезпечує можливість проектування термоелектричних охолоджувачів підвищеної надійності. Аналіз результатів моделювання показав, що при заданому перепаді температур і теплового навантаження, зменшення відношення висоти термоелемента до його поперечного перерізу: збільшується величина максимального робочого струму в каскадах; зменшується сумарна кількість термоелементів; зменшується загальне падіння напруги; зменшується інтенсивність відмов і збільшується ймовірність безвідмовної роботи термоелектричного охолоджувача. З ростом температури для різних значень геометрії термоелементів і заданого теплового навантаження: зменшується холодильний коефіцієнт; збільшується відношення кількості термоелементів в каскадах; збільшується відносний перепад температури в каскадах і робочий струм; збільшується інтенсивність відмов. Залежність відносної інтенсивності відмов від перепаду температур має явно виражений нелінійний характер і зростає в діапазоні високих температурних перепадів. Практичним результатом досліджень стало те, що для двокаскадних охолоджувачів з однаковою геометрією гілок термоелементів в каскадах за рахунок зменшення відношення висоти термоелемента до площі поперечного перерізу можна в 2-10 разів зменшити інтенсивність відмов і підвищити ймовірність безвідмовної роботи.

Abstract. A constructive method for increasing reliability indicators (failure rate and probability of failure-free operation) of two-stage thermoelectric cooling devices in the mode of minimum failure rate is considered. In two-stage cooling devices, the mutual influence of cascades, the increase in the temperature difference, is essential, which requires an analysis of the relationship between the reliability indexes and the energy parameters and design parameters of the cooler. The purpose of the research was to increase the reliability of a two-stage thermoelectric cooling device due to the variation in the geometry of the thermoelements and their distributions in the cascades in the operating range of the temperature gradients of the cooler in the mode of the minimum failure rate. To achieve this goal, the following tasks have been accomplished: creating a model for linking reliability indicators with design parameters and energy parameters of the cooler; determination of values of reliability indexes of a thermoelectric cooler for different values of thermoelements geometry, temperature differences and thermal load. A mathematical model of a two-stage thermoelectric cooler has been developed, linking reliability indicators with energy parameters and design parameters of thermoelements in the operating temperature range of the product, providing the possibility of designing thermoelectric coolers of increased reliability. Analysis of simulation results showed that for a given temperature difference and heat load in the ratio of the height of the thermoelement to its cross section decreases; the maximum operating current in cascades increases; the total number of thermoelements decreases; the total voltage drop decreases; the failure rate decreases and the probability of failure-free operation of the thermoelectric cooler increases. With increasing of temperature for different values of the geometry of thermoelements and a given heat load the refrigerating coefficient is decreased; the ratio of the number of thermoelements in cascades increases; the relative temperature drop in the cascades and the operating current increase; the intensity of failures increases. The practical result of the research was that for two-stage coolers with the same geometry of the branches of thermoelements in cascades, by reducing the ratio of the height of the thermoelement to the cross-sectional area, the failure rate and the probability of failure-free operation can be reduced by a factor of 2-10.

Ключові слова: інтенсивність відмов; термоелементи; каскади; перепад температури.

Keywords: failure rate; thermoelements; cascades; temperature drop

Вступ

Термоелектричні охолоджувачі систем забезпечення теплових режимів теплонавантаженої радіоелектронної апаратури часто працюють в умовах підвищених теплових навантажень, що знижує їх показники надійності. Крім теплового навантаження на показники надійності впливає і перепад температур, що генерується, режими роботи, конструктивні особливості пристрою. Для забезпечення більшого перепаду температур використовують каскадування, тому вимоги до двокаскадних термоелектричних охолоджувачів виявляються більш жорсткими у порівнянні з однокаскадними.

Аналіз літературних джерел показав, що проблемі підвищення показників надійності приділяється значна увага [1-3]. Розглянуто вплив технології виготовлення [4], механічних [5], температурних [6] параметрів, вологості [7], умов експлуатації термоелектричних охолоджувачів на всіх етапах життєвого циклу [8]. Разом з тим, етап проектування є найбільш значущим, оскільки на всіх наступних етапах життєвого циклу пристрій тільки витрачає потенційні ресурси надійності. Проблема підвищення показників надійності є фундаментальною. Основна увага при вирішенні цієї проблеми приділялася впливу енергетичних показників, конструктивні параметри розглянуті не достатньо. Тому підхід, заснований на дослідженні впливу конструктивних особливостей термоелементів і їх розподілу в каскадах на показники надійності термоелектричного охолоджувача буде актуальним.



На відміну від однокаскадних охолоджувачів [9] в двокаскадних є істотним взаємний вплив каскадів, підвищення перепаду температур, що вимагає додаткових досліджень зв'язку показників надійності з енергетичними і конструктивними параметрами охолоджувача.

Метою роботи є підвищення показників надійності двокаскадного термоелектричного охолоджувального пристрою за рахунок варіації геометрії термоелементів і їх розподілів в каскадах в режимі мінімуму інтенсивності відмов.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- розробити модель зв'язку показників надійності з геометрією гілок термоелементів і їх розподілом в каскадах для різних перепадів температури та фіксованого теплового навантаження;
- визначити можливість підвищення показників надійності двокаскадного охолоджувача в робочому діапазоні.

1. Розробка моделі зв'язку параметрів геометрії гілок термоелементів з показниками надійності двокаскадних охолоджувачів в режимі мінімуму інтенсивності відмов

Одним з методів підвищення показників надійності охолоджуючих термоелектричних пристроїв (ТЕУ) є конструктивний. Для побудови каскадних термоелектричних охолоджуючих пристроїв підвищеної надійності в рамках використання конструктивного методу необхідно досліджувати вплив геометрії гілок термоелементів в каскадах на основні параметри і показники надійності. У даній роботі проведений такий аналіз: для режиму λ_{\min} за умови $(l/S)_1 = (l/S)_2 = 40; 20; 10; 4,5; 2,0$ (де l, S - висота і площа поперечного перерізу гілки в каскаді) для різних значень перепаду температури ΔT і теплового навантаження $Q_0 = 2,0$ Ватт.

Для проведення обчислень скористаємося співвідношеннями, наведеними в [10].

Як відомо, холодопродуктивність двокаскадного ТЕУ визначається першим каскадом

$$Q_0 = n_1 I_{\max 1}^2 R_1 (2B_1 - B_1^2 - \Theta_1) = n_1 \gamma_1 (2B_1 - B_1^2 - \Theta_1), \quad (1)$$

де n_1 – кількість термоелементів в першому каскаді, шт;

$$I_{\max 1} = \frac{\bar{e}_1 T_0}{R_1} \text{ -- максимальний робочий струм першого каскаду, А;}$$

\bar{e}_1, R_1 – середнє значення коефіцієнта термоЕРС, В / К, і електричний опір, Ом, першого каскаду,

$$R_1 = l_1 / (\bar{\sigma}_1 S_1);$$

$\bar{\sigma}_1$ – усереднене значення електропровідності гілки термоелемента, См/см;

T_0 – температура теплопоглощаючого спаю, К;

B_1 – відносний робочий струм першого каскаду, $B_1 = I/I_{\max 1}$;

I – величина робочого струму, А;

$$\Theta_1 \text{ -- відносний перепад температури першого каскаду } \Theta_1 = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_{\max 1}} = \frac{T_1 - T_0}{0,5 \bar{z}_1 T_0^2};$$

T_1 – проміжна температура, К;

\bar{z}_1 – усереднене значення ефективності термоелектричного матеріалу першого каскаду, 1/К;

γ_1 – максимальна термоелектрична по-тужність охолодження першого каскаду, Вт,

$$\gamma_1 = I_{\max 1}^2 R_1 = \bar{e}_1^2 \bar{\sigma}_1 T_0^2 (S/l)_1;$$

$\Delta T_{\max 1}$ – максимальний перепад температури першого каскаду, К, $\Delta T_{\max 1} = 0,5 \bar{z}_1 T_0^2$.

При послідовному електричному з'єднанні каскадів

$$I_{\max 1} B_1 = I_{\max 2} B_2 = I, \quad (2)$$

де $I_{\max 2}$ – максимальний робочий струм другого каскаду, А, $I_{\max 2} = \frac{\bar{e}_2 T_1}{R_2}$;

R_2 – електричний опір гілки термоелемента другого каскаду, Ом, $R_2 = l_2 / (\bar{\sigma}_2 S_2)$;

$\bar{\sigma}_2$ – усереднена електропровідність гілки термоелемента другого каскаду, См/см;

B_2 – відносний робочий струм другого каскаду, $B_2 = I/I_{\max 2}$.

Кількість термоелементів в суміжних каскадах співвідносяться наступним чином:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{I_{\max 1}^2 R_1}{I_{\max 2}^2 R_2} \frac{2B_1 (1 + (\Delta T_{\max 1} / T_0) \Theta_1) + B_1^2 - \Theta_1}{2B_2 - B_2^2 - \Theta_2}, \quad (3)$$



де $\Theta_2 = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_{\max 2}} = \frac{T - T_1}{0,5\bar{z}_2 T_1^2}$ – відносний перепад температури в другому каскаді;

T – температура тепловиділяючого спая, К;

$\Delta T_{\max 2}$ – максимальний перепад температури другого каскаду, $\Delta T_{\max 2} = 0,5\bar{z}_2 T_1^2$, К;

\bar{z}_2 – усереднене значення ефективності термоелектричного матеріалу другого каскаду, 1/К.

Потужність споживання першого та другого каскадів, відповідно, можна записати у вигляді

$$W_1 = 2n_1 I_{\max 1}^2 R_1 B_1 \left(B_1 + \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \Theta_1 \right); \quad (4)$$

$$W_2 = 2n_2 I_{\max 2}^2 R_2 B_2 \left(B_2 + \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \Theta_2 \right). \quad (5)$$

Загальна потужність споживання двокаскадного ТЕУ становить

$$W_{\Sigma} = W_1 + W_2; \quad (6)$$

Холодильний коефіцієнт E двокаскадного ТЕУ можна записати як

$$E = Q_0 / W_{\Sigma}. \quad (7)$$

Падіння напруги на двокаскадний ТЕУ

$$U_{\Sigma} = W_{\Sigma} / I; \quad (8)$$

Відносну величину інтенсивності відмов λ / λ_0 двокаскадного ТЕУ можна подати у вигляді суми інтенсивностей відмов каскадів:

$$\lambda / \lambda_0 = n_1 B_1^2 (\Theta_1 + C_1) \left(\frac{B_1 + \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \Theta_1}{1 + \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \Theta_1} \right)^2 K_{T1} + n_2 B_2^2 (\Theta_2 + C_2) \left(\frac{B_2 + \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \Theta_2}{1 + \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \Theta_2} \right)^2 K_{T2},$$

де C_1 і C_2 – відносна величина теплового навантаження першого і другого каскадів відповідно,

$$C_1 = Q_0 / (n_1 I_{\max 1}^2 R_1), \quad C_2 = (Q_1 + W_1) / (n_2 I_{\max 2}^2 R_2);$$

K_{T1} і K_{T2} – коефіцієнт значимості, що залежить від температури [10];

λ_0 – номінальна інтенсивність відмов, $\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-8}$ 1/ч.

Імовірність безвідмовної роботи P двокаскадного ТЕУ можна представити у вигляді:

$$P = \exp(-\lambda t), \quad (10)$$

де t – призначений ресурс, $t = 10^4$ ч.

Результати розрахунків наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні параметри і показники надійності двокаскадного охолоджувача при $T = 300$ К, $Q_0 = 2,0$ Вт, $(I/S)_1 = (I/S)_2 = I/S = \text{var}$ для різних значень ΔT в режимі λ_{\min}

I/S	$R_1 \cdot 10^3$, Ом	$R_2 \cdot 10^3$, Ом	$I_{\max 1}$, А	$I_{\max 2}$, А	I , А	n_1 , шт.	n_2 , шт.	$n_1 + n_2$, шт.	U_1 , В	U_2 , В	U_{Σ} , В	λ / λ_0	$\lambda \cdot 10^8$, 1/ч	P
$\Delta T = 60$ К														
$T_1 = 267$ К; $B_1 = 0,328$; $B_2 = 0,316$; $\Theta_1 = 0,426$; $\Theta_2 = 0,389$; $K_{T1} = 1,035$; $K_{T2} = 1,018$; $W_1 = 4,74$ Вт; $W_2 = 13,1$ Вт; $W_{\Sigma} = 17,9$ Вт; $E = 0,112$; $n_2/n_1 = 2,28$														
40	36,4	42,6	1,185	1,23	0,39	320	729,6	1050	12,2	33,6	45,8	9,22	27,7	0,9972
20	18,2	21,3	2,37	2,46	0,78	160,4	366,5	526,9	6,1	16,8	22,9	4,61	13,8	0,99862
10	9,09	10,64	4,75	4,92	1,56	80	181	261	3,04	8,4	11,41	2,3	6,9	0,99931
4,5	4,09	4,79	10,56	10,9	3,46	35,9	81,6	117,6	1,37	3,78	5,15	1,0	3,1	0,99969
2,0	1,82	2,13	23,7	24,6	7,8	16,0	36,5	52,5	0,61	1,68	2,29	0,455	1,37	0,99986
$\Delta T = 70$ К														
$T_1 = 262$ К; $B_1 = 0,455$; $B_2 = 0,436$; $\Theta_1 = 0,562$; $\Theta_2 = 0,469$; $K_{T1} = 1,043$; $K_{T2} = 1,021$; $W_1 = 7,67$ Вт; $W_2 = 23,0$ Вт; $W_{\Sigma} = 30,67$ Вт; $E = 0,0652$; $n_2/n_1 = 2,44$														
40	34,8	42,0	1,165	1,215	0,53	300,4	733	1033	14,5	43,4	57,9	37,4	112,2	0,98884
20	17,4	21,0	2,33	2,43	1,06	150,2	366,0	516,3	7,23	21,7	28,9	18,7	56,1	0,99440
10	8,7	10,53	4,65	4,85	2,12	75,4	183,0	258,5	3,62	10,8	14,5	9,36	28,1	0,9972
4,5	3,91	4,47	10,35	10,78	4,71	33,9	82,0	115,9	1,63	4,88	6,5	4,23	12,7	0,99873
2,0	1,74	2,10	23,3	24,3	10,6	15,0	36,6	51,6	0,72	2,17	2,9	1,87	5,62	0,99944



$\Delta T = 80 \text{ K}$														
$T_1 = 256 \text{ K}; B_1 = 0,63; B_2 = 0,59; \Theta_1 = 0,716; \Theta_2 = 0,571; K_{T1}=1,052; K_{T2}=1,024;$														
$W_1 = 13,6 \text{ Вт}; W_2 = 53,8 \text{ Вт}; W_{\Sigma} = 67,4 \text{ Вт}; E = 0,0297; n_2/n_1 = 3,1$														
40	33,3	41,7	1,12	1,19	0,71	325,0	1008	133,3	19,2	75,8	95,0	183,0	549	0,9466
20	16,67	20,83	2,24	2,38	1,41	162,5	502,2	664,7	9,65	38,1	47,8	91,5	274,4	0,9729
10	8,33	10,42	4,49	4,77	2,83	81,0	250,1	331,1	4,82	19,03	23,8	45,6	136,7	0,9864
4,5	3,75	4,69	9,97	10,6	6,28	40,5	125,5	166,0	2,17	8,56	10,7	22,8	68,5	0,99317
2,0	1,67	2,08	22,4	23,9	14,1	16,2	50,3	66,5	0,965	3,82	4,78	9,0	27,1	0,9973
$\Delta T = 90 \text{ K}$														
$T_1 = 250 \text{ K}; B_1 = 0,874; B_2 = 0,80; \Theta_1 = 0,907; \Theta_2 = 0,684; K_{T1}=1,062; K_{T2}=1,024;$														
$W_1 = 48,3 \text{ Вт}; W_2 = 291,0 \text{ Вт}; W_{\Sigma} = 339,0 \text{ Вт}; E = 0,0059; n_2/n_1 = 4,6$														
40	32,0	40,8	1,08	1,175	0,94	701,4	3226	3928	51,4	309,6	361	1849	5548	0,5742
20	16,0	20,4	2,15	2,35	1,88	350,7	1613	1964	25,7	154,6	180,3	924,6	2774	0,7578
10	8,0	10,2	4,30	4,71	3,76	175,4	808	983,0	12,8	77,3	90,1	463	1388	0,8704
4,5	3,6	4,6	9,57	10,46	8,4	78,9	363	441,8	5,78	34,8	40,6	208	624	0,9395
2,0	1,60	2,04	21,5	23,5	18,8	35,1	161,5	196,6	2,57	15,5	18,0	92,9	278,7	0,9725

2. Аналіз результатів моделювання зв'язку параметрів геометрії гілок термоелементів з показниками надійності двохкаскадних охолоджувачів

Аналіз результатів розрахунку основних параметрів і показників надійності двокаскадного ТЕУ при заданому перепаді температури ΔT і тепловому навантаженні Q_0 в режимі λ_{\min} показує, що зі зменшенням відношення l/S :

- збільшується величина максимального робочого струму $I_{\max 1}$ і $I_{\max 2}$ в каскадах;
- зменшується електричний опір гілок термоелементів в каскадах R_1 і R_2 ;
- збільшується робочий струм I ;
- зменшується сумарна кількість термоелементів $n_1 + n_2$;
- зменшується загальне падіння напруги U_{Σ} ;
- зменшується інтенсивність відмов λ , так при $\Delta T = 60 \text{ K}$ зі зменшенням l/S від 20 до 2 інтенсивність відмов зменшується в 10 разів;
- збільшується ймовірність безвідмовної роботи P .

При заданому перепаді температури ΔT , тепловим навантаженням Q_0 і $(l/S)_1 = (l/S)_2 = \text{const}$ проміжна температура T_1 , відносні перепади температури в каскадах Θ_1 і Θ_2 , відносний робочий струм в каскадах B_1 і B_2 , співвідношення кількості термоелементів в суміжних каскадах n_1/n_2 , загальна споживана потужність W_{Σ} , холодильний коефіцієнт E не залежить від геометрії гілок термоелементів.

Зі зростанням перепаду температури ΔT для різних значень відношення l/S при заданому тепловому навантаженні Q_0 :

- зменшується проміжна температура T_1 (рис. 1, крива 1);
- зменшується холодильний коефіцієнт E (рис. 1, крива 2);
- збільшується відношення кількості термоелементів в каскадах (рис. 1, крива 3);
- збільшується відносний робочий струм в каскадах B_1 і B_2 (рис. 2);
- збільшується відносний перепад температури в каскадах Θ_1 і Θ_2 (рис. 3);
- збільшується робочий струм I (рис. 4);
- збільшується падіння напруги U_{Σ} (рис. 5);
- функціональна залежність сумарної кількості термоелементів в $n_1 + n_2$ має слабо виражений мінімум при $\Delta T = 70 \text{ K}$ (рис. 6);
- збільшується інтенсивність відмов λ/λ_0 (рис. 7);
- зменшується ймовірність безвідмовної роботи P (рис. 8).

З наведених графічних залежностей випливає, що відношення кількості термоелементів в каскадах істотно залежить від перепаду температури з різким зростанням на високих перепадах температур (рис. 1). Сумарна кількість термоелементів (рис. 6) в діапазоні помірних перепадів температур змінюється незначно, проте істотно залежить від геометрії гілок термоелементів.

Залежність відносної інтенсивності відмов від перепаду температур має явно виражений нелінійний характер і зростає в діапазоні високих температурних перепадів, що необхідно враховувати при проектуванні і експлуатації охолоджувачів в режимі мінімуму інтенсивності відмов.

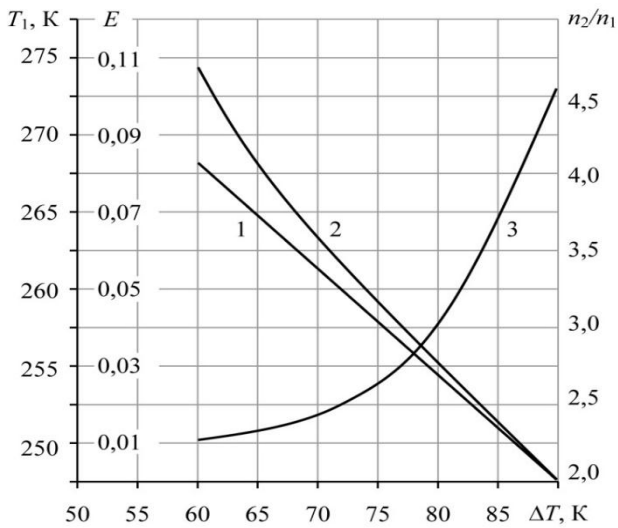


Рис. 1. Залежність проміжної температури T_1 (1), холодильного коефіцієнта E (2) відношення n_2/n_1 (3) двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

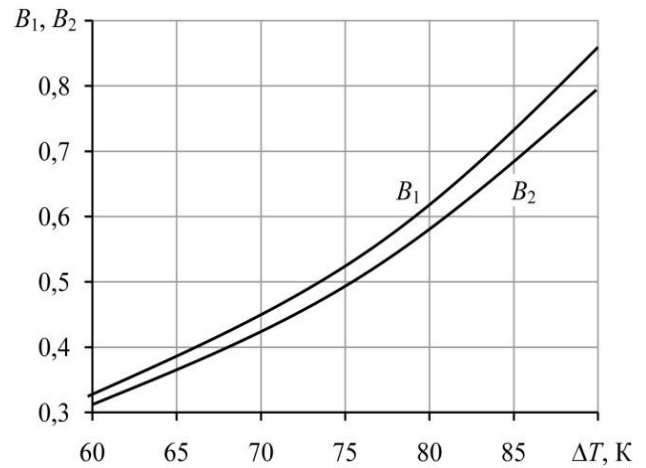


Рис. 2. Залежність відносного робочого струму в каскадах двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

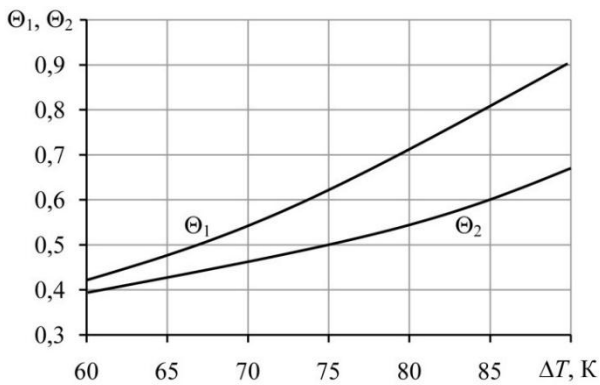


Рис. 3. Залежність відносного перепаду температури в каскадах двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

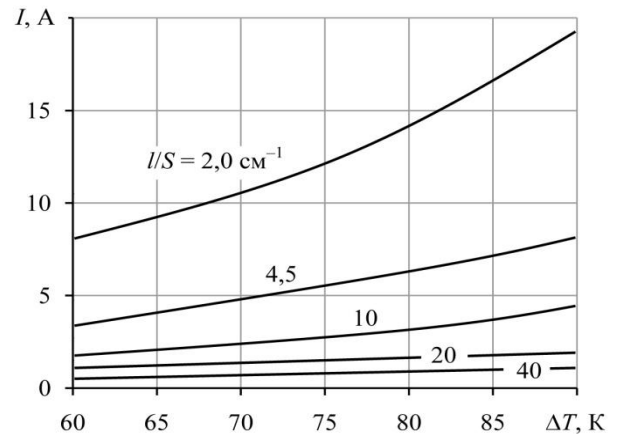


Рис. 4. Залежність робочого струму I двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT для різних значень відношення l/s при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

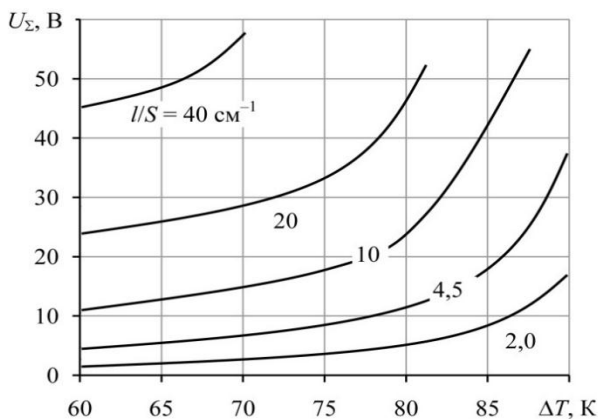


Рис. 5. Залежність загального падіння напруги U_{Σ} (б) двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT для різних значень відношення l/s при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

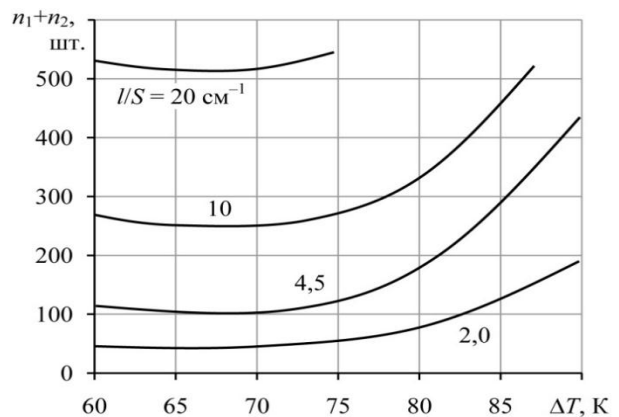


Рис. 6. Залежність сумарної кількості термоелементів двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT для різних значень відношення l/s при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

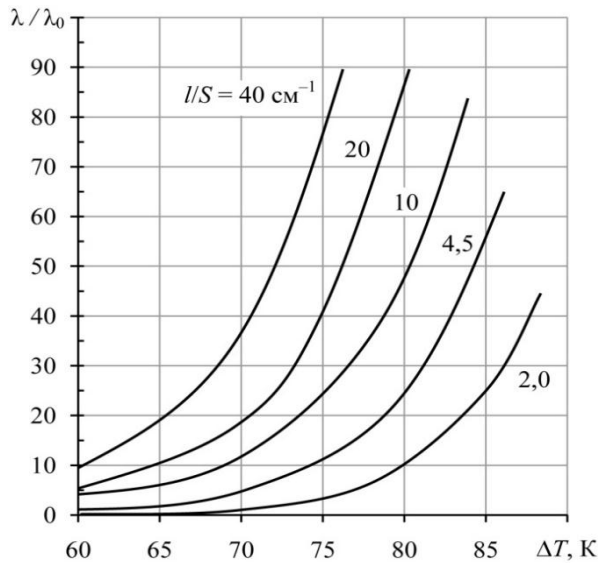


Рис. 7. Залежність відносної інтенсивності відмов λ / λ_0 двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT для різних значень l/χ ; $t = 10^4$ ч в режимі λ_{\min} .

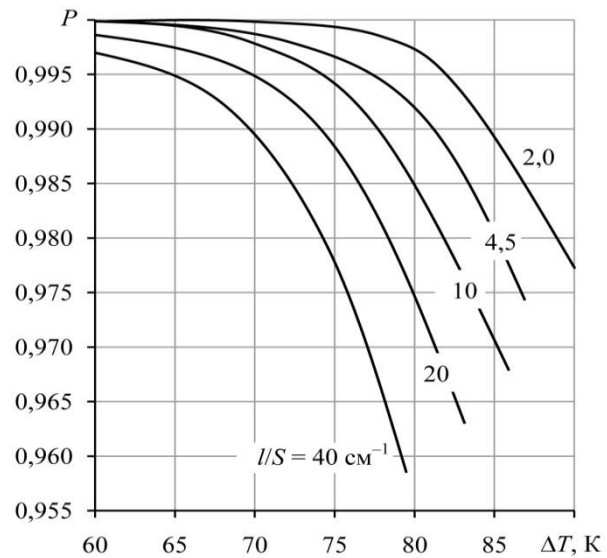


Рис. 8. Залежність ймовірності безвідмовної роботи P (б) двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT для різних значень l/χ ; $t = 10^4$ ч в режимі λ_{\min} .

Висновки

1. Розроблено надійнісно-орієнтована модель двокаскадного термоелектричного охолоджувача, що зв'язує показники надійності з енергетичними показниками і конструктивними параметрами термоелементів;
2. Аналіз моделі свідчить про те, що при побудові двокаскадних ТЕУ з однаковою геометрією гілок термоелементів в каскадах $(l/S)_1 = (l/S)_2$ за рахунок зменшення відношення l/S можна значно (в 2—10 разів залежно від перепаду температури ΔT) зменшити інтенсивність відмов λ/λ_0 при заданому тепловому навантаженні в режимі λ_{\min} .

Список використаних джерел

- [1] Zebarjadi, M. Perspectives on thermoelectrics: from fundamentals to device applications / M. Zebarjadi, K. Esfarjani, M. S. Dresselhaus, Z. F. Ren, G. Chen // *Energy & Environmental Science*, № 5, 2012. – P. 5147–5162.
- [2] Rowe, D. M. Thermoelectrics and its Energy Harvesting. Materials, Preparation, and Characterization in Thermoelectrics / D. M. Rowe // Boca Raton: CRC Press, 2012. – 544 p.
- [3] Ping, Yang. Approach on thermoelectricity reliability of board-level backplane based on the orthogonal experiment design / Ping Yang // *International Journal of Materials and Structural Integrity*, 4(2–4), 2010. – P. 170–185.
- [4] Jurgensmeyer, A. L. High Efficiency Thermoelectric Devices Fabricated Using Quantum Well Confinement Techniques / A. L. Jurgensmeyer // Colorado State University, 2011. – 54 p.
- [5] Wereszczak, A. A. Thermoelectric Mechanical Reliability / A. A. Wereszczak, H. Wang // *Vehicle Technologies Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting*. – Arlington, 11 May 2011. – P. 18.
- [6] Melcor Thermoelectric Cooler Reliability Report // Melcor Corporation, April 9th., 2002. – 36 p.
- [7] Царьов, А.В. Дослідження характеристик термоелектричних пристроїв для систем термостатування стартових комплексів / А.В. Царьов, В.В. Чугунков // *Актуальні проблеми російської космонавтики: Матеріали XXXII академічних читань з космонавтики* - М.: Комісія РАН, 2008. - С. 320-321.
- [8] Hyoung-Seuk, Choi. Prediction of reliability on thermoelectric module through accelerated life test and Physics-of-failure / Choi Hyoung-Seuk // *Electronic Materials Letter*, 7, 2011. – P. 271.
- [9] Zaykov, V. Analysis of the model of interdependence of thermoelement branch geometry and reliability indicators of the single-stage cooler / V. Zaykov, V. Mescheryakov, Yu. Zhuravlov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/1 (85), 2017. – P. 26-33.
- [10] В.П. Зайков, В.П. Прогнозування показників надійності термоелектричних охолоджуючих пристроїв. Книга 2. Каскадні пристрої / В.П. Зайков, В.І. Мещеряков, Ю.І. Журавльов // *Одеса: Політехперіодика*, 2016. - 124 с.

References

- [1] Zebarjadi, M., Esfarjani K., Dresselhaus, M. S., Ren, Z. F., Chen, G. (2012). Perspectives on thermoelectrics: from fundamentals to device applications. *Energy & Environmental Science*, 5, 5147–5162.
- [2] Rowe, D. M. (2012). Thermoelectrics and its Energy Harvesting. Materials, Preparation, and Characterization in Thermoelectrics. *Boca Raton: CRC Press*, 544.



- [3] Ping Yang. (2010). Approach on thermoelectricity reliability of board-level backplane based on the orthogonal experiment design. *International Journal of Materials and Structural Integrity*, 4(2-4), 170-185.
- [4] Jurgensmeyer, A. L. (2011). High Efficiency Thermoelectric Devices Fabricated Using Quantum Well Confinement Techniques. *Colorado State University*, 54.
- [5] Wereszczak A. A., Wang H. Thermoelectric Mechanical Reliability. *Vehicle Technologies Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting*. – Arlington, 18.
- [6] Melcor Thermoelectric Cooler Reliability Report. (2002). *Melcor Corporation*, April 9th., 36.
- [7] Tsarev, A.V., Chugunkov, V.V. (2008). Investigation of thermoelectric devices characteristics for temperature control systems launch facilities. *Actual problems of Russian cosmonautics: Materials of XXXII Academic Conference on Astronautics*. – M.: The Board of RAS, 320-321.
- [8] Hyoung-Seuk Choi. (2011). Prediction of reliability on thermoelectric module through accelerated life test and Physics-of-failure. *Electronic Materials Letter*, 7, 271.
- [9] Zaykov V., Mescheryakov V., Zhuravlov Yu. (2017). Analysis of the model of interdependence of thermoelement branch geometry and reliability indicators of the single-stage cooler. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/1 (85), 26-33.
- [10] Zaykov V., Mescheryakov V., Zhuravlov Yu. (2016). Prediction of reliability on thermoelectric cooling devices. Book 2. Cascade devices. *Odessa: Politehperiodika*, 124.

УДК 004.738.5.057.2:027-021.431

РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕСУРСУ ОБРОБКИ ДАНИХ НАУКОВЦІВ ОНАХТ З НАУКОМЕТРИЧНИХ БАЗ ДАНИХ

Шершун О. О.¹, Титуренко Ж. А.², Зінченко І. І.³, Ольшевська О. В.⁴

^{1,2,3,4} Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна

ORCID: ¹ <http://orcid.org/0000-0002-0914-7362> ² <http://orcid.org/0000-0001-6774-1688>,

³ <http://orcid.org/0000-0002-4512-3915>, ⁴ <http://orcid.org/0000-0002-4512-3915>

E-mail: ¹ aleksander.shershun@gmail.com, ² janettrnk@gmail.com, ³ lib.onaft@gmail.com, ⁴ olshevska.olga@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal “Automation of technological and business-processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1925>

Анотація. Дана робота присвячена програмному продукту для автоматизації виявлення точок зростання і потенціалу нових напрямків науки та науково-технічного прогресу. Об'єктом дослідження виступає галузь автоматизації обробки даних. Завданням проектування є розробка веб-ресурсу, що організовує взаємодію програмних процедур з базою даних. При дослідженні основних проблем предметної області, аналізі аналогів та засобів розробки було обрано об'єктно-реляційну систему управління базами даних PostgreSQL. Для розробки програмного продукту використано фреймворк Django - вільний фреймворк для веб-додатків на мові Python, що використовує шаблон проектування MVC. Інтерфейс було побудовано на мові розмітки HTML та CSS. Також було використано шаблонізатор Jinja, для об'єднання html-файлів. За побудову графіків відповідала підключена бібліотека ChartJS. Наукова новизна полягає у об'єднанні всіх даних про науковців таких наукометричних баз як: Web of Science (WoS), Scopus та Google Scholar на єдиному ресурсі, де й відбувається аналітика даних та звітування науковців. У результаті роботи було створено програмний продукт, який відповідає всім вимогам для систематизації наукометричних даних науковців, а також опрацювання статистичних даних ОНАХТ. Даний програмний продукт не є вимогливим до апаратного забезпечення, що дозволяє використовувати додаток широкому колу людей. А вартість використання даного продукту рівна вартості доступу до мережі Internet.

Abstract. This work is devoted to a software product to automate the identification of growth points and potential of new areas of science and scientific and technological progress. The object of research is the field of data processing automation. The task of design is to develop a web resource that organizes the interaction of software procedures with the database. In the



study of the main problems of the subject area, analysis of analogues and development tools, an object-relational database management system PostgreSQL was chosen. The software was developed using the Django framework, a free framework for Python web applications that uses the MVC design template. The interface was built in HTML and CSS markup languages. The Jinja template was also used to merge html files. The connected ChartJS library was responsible for plotting the graphs. The scientific novelty is to combine all data about scientists in such scientometric databases as: Web of Science (WoS), Scopus and Google Scholar in a single resource, where data analysis and reporting of scientists takes place. As a result of the work, a software product was created that meets all the requirements for the systematization of scientometric data of scientists, as well as the processing of ONAHT statistics. This software product is not demanding on hardware, which allows the application to be used by a wide range of people. And the cost of using this product is equal to the cost of access to the Internet.

Ключові слова: наукові бази, автоматизовані ресурси, фреймворки, цитування, веб-додатки.

Keywords: scientific databases, automated resources, frameworks, citations, web applications

Вступ

Останні декілька років питання наукометрії широко обговорюються в науково освітній спільноті. Вже нікого не дивує, що бібліометричні бази даних є не паперовими, а електронними, які розроблюються фахівцями з інформаційних технологій. Внаслідок розвитку технологій Web 3.0 та Science 2.0, наукометричні показники досліджень вченого стали широко доступними. Також наукометричні показники стали інтенсивно використовуватися різного рівня адміністративними організаціями в управлінні наукової діяльності, зокрема при звітній документації.

Мета і завдання розробки – створити програмний продукт, який забезпечить програмну підтримку збереження наукометричних науково-дослідних працівників ОНАХТ та створення звітної документації. Необхідно проаналізувати предметну область й виявити ряд проблем у сфері наукометрії, ліквідувати їх у процесі розробки програмного забезпечення.

Теоретична частина

З трансформацією доступу до інформації та її загальною глобалізацією по всьому світу почався період стрімкого її збільшення. Інформацію стало легко знаходити та завантажувати за мінімум часу на будь-який із доступних електронних гаджетів. Вивчаючи бенчмаркінг реформованих наукових центрів, які знайшли свою ланку та способи організації звітної документації, слід імплементувати їх досвід у власну діяльність.

Наукометрична база даних власної генерації – це бібліографічна і реферативна база даних з інструментами для відстеження цитованості статей, опублікованих у наукових виданнях, з іншого боку це розділ наукознавства, що займається статистичними дослідженнями структури та динаміки масивів і потоків наукової інформації про окремого науковця або наукового колективу.

Найбільш авторитетні і повні міжнародні бази даних, спрямовані на вивчення наукової активності країн (вчених, організацій) за бібліометричними показниками: Web of Science (WoS), корпорації Clarivate Analytics та Scopus, видавничої корпорації Elsevier. Їх дані враховуються в різних міжнародних і національних рейтингових системах [1].

Clarivate Analytics також була створена платформа ResearcherID, яка трансформувалася у Publons у 2019 році. Профіль вченого на даній платформі може містити дані про інститутські об'єднання, дослідницькі області, а також список публікацій [2].

ORCID – ще один важливий міжнародний реєстр вчених. На підставі цього реєстру вчені забезпечують собі: коректну цитованість своїх статей, можливість подавати свої статті в престижні міжнародні наукові видання, можливість участі в рейтингах міжнародного рівня, можливість брати участь у подачі заявок на гранти.

Також існує Google Scholar – безкоштовна пошукова система за повним текстом наукових публікацій, всіх форматів і дисциплін. Проект працює з 2004 року та включає в себе дані із більшості рецензованих онлайн журналів найбільших наукових видавництв Європи та Америки.

Основна проблема даної предметної області полягає у відсутності якісної наукової комунікації між вченими, внаслідок чого виникає велика кількість невирішених науково-дослідницьких проблем, а також великі масиви наукової звітної документації, які зазвичай виконуються вручну [5].

Створення наукометричних баз даних та міжнародних реєстрів вчених поборолو інформаційну кризу та надало науковим дослідникам зручний механізм пошуку наукової літератури та їх авторів, що дозволяє налагодити комунікацію між ними й зекономити час, який можна присвятити для досліджень. Але й досі наявний той факт, що далеко не всі наукові дослідники користуються цими розробленими технологіями.

Кожен з розглянутих аналогів має певні переваги та недоліки, деякі надають зручні можливості пошуку та виведення аналітичних даних, але не зберігають даних про публікації та посилання до наукометричних сервісів або навпаки. Але до загальних недоліків цих програмних продуктів можна віднести:

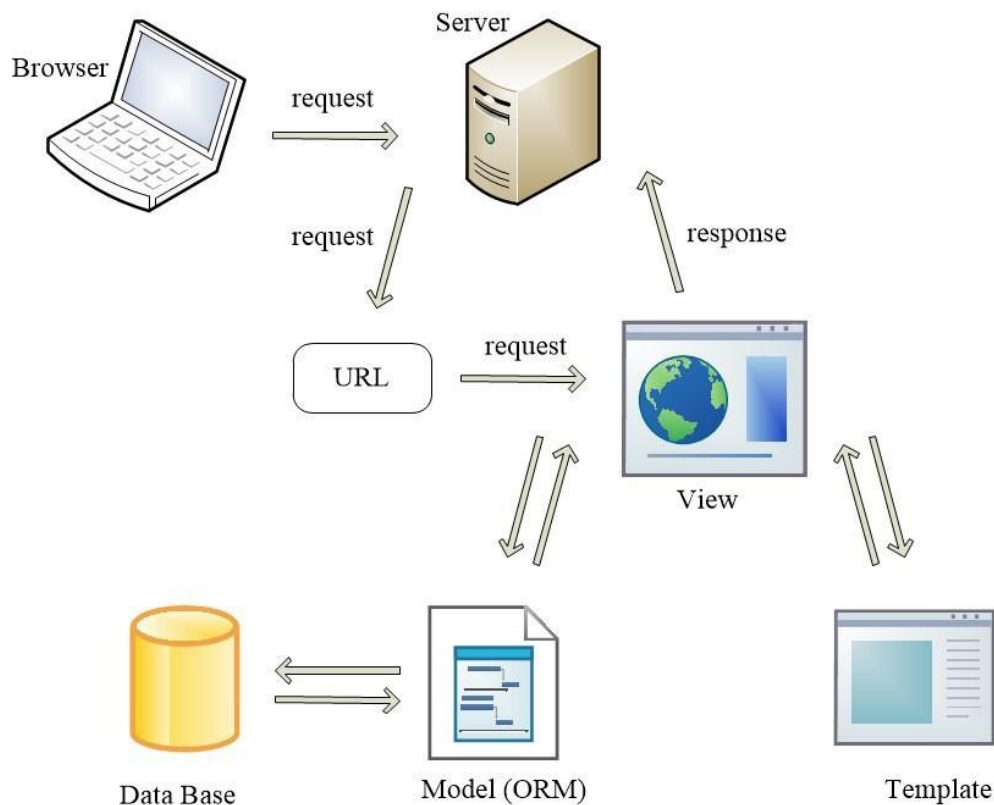
- вони не дуже зручні у використанні;
- не підходять при використанні у рамках однієї установи;
- більшість аналітичних даних орієнтовано на загальну картину, а не на науковців;
- переважна більшість функціоналу орієнтовано лише для ознайомлення з даними;
- відсутня можливість створення звітів.



Практична частина

Для реалізації програмної частини було використано Django, який є вільним фреймворком для веб-додатків на мові програмування Python, він використовує архітектуру MVC. Для роботи з базою даних Django використовує технологію ORM, яка пов'язує бази даних з концепціями мов об'єктно-орієнтованого програмування, тобто модель даних описується класами Python, і по ній генерується схема бази даних, включаючи типи полів і зв'язку. Функціональність Django розширюється завдяки плагінами - програмні модулі, які дозволяють додати в додаток необхідну функціональність. Також Django забезпечує безпеку для веб-додатків, а саме захист від навмисної атаки у вигляді міжсайтової підробки запиту (CSRF), XSS атак і SQL-ін'єкцій.

На рисунку 1 наведена інформаційна модель взаємодії клієнта з сервером та взаємодія компонентів сервера між собою. Побудова інформаційної моделі вимагає подання сутностей таблицями, а атрибутів сутностей - стовпцями таблиць; для можливих ключів визначається обмеження `unique`, зовнішні ключі стають деклараціями посилальної цілісності. Конструкції в інформаційній моделі повинні бути реалізовані в обраній СУБД. Оскільки розроблювана програма є веб-додатком, вона розташовується на сервері.



Browser – клієнтський агент (інакше браузер) для взаємодії з сервером додатку за допомогою передачі гіпертексту; Server – програмне середовище для функціонування серверних додатків та БД, відповідає на запити клієнта; URL – форма унікальної адреси конкретного веб-ресурсу в мережі Інтернет; View – місце розміщення «логіки» роботи додатку; Model (ORM) – технологія програмування, яка пов'язує базу даних з концепціями об'єктного програмування, яка створює «віртуальну об'єктну базу даних»; Template – код, який відповідає за формування зовнішнього вигляду додатку, має спеціальний синтаксис, який дозволяє впроваджувати дані у код HTML; Database – база даних, побудована на основі моделі, яка задовольняє потреби додатку

Рис. 1 – Інформаційна модель

База даних зберігає всю необхідну інформацію для повноцінного функціонування системи. Об'єднання великої кількості даних в єдину базу дає змогу для формування безлічі варіації групування інформації — особисті дані клієнта, історія замовлень, каталог товарів та будь-що інше. Головною перевагою БД є швидкість внесення та використання потрібної інформації. Завдяки спеціальним алгоритмам, які використовуються для баз даних, можна легко знаходити необхідні дані всього за декілька секунд. Також в базі даних існує певний взаємозв'язок інформації:



зміна в одному рядку може спричинити зміни в інших рядках — це допомагає працювати з інформацією простіше і швидше [3]. База даних складається з 11 таблиць пов'язаних між собою. База приведена до 3-ої нормальної форми та містить зв'язки один до багатьох. Схема бази даних зображена на рисунку 2.

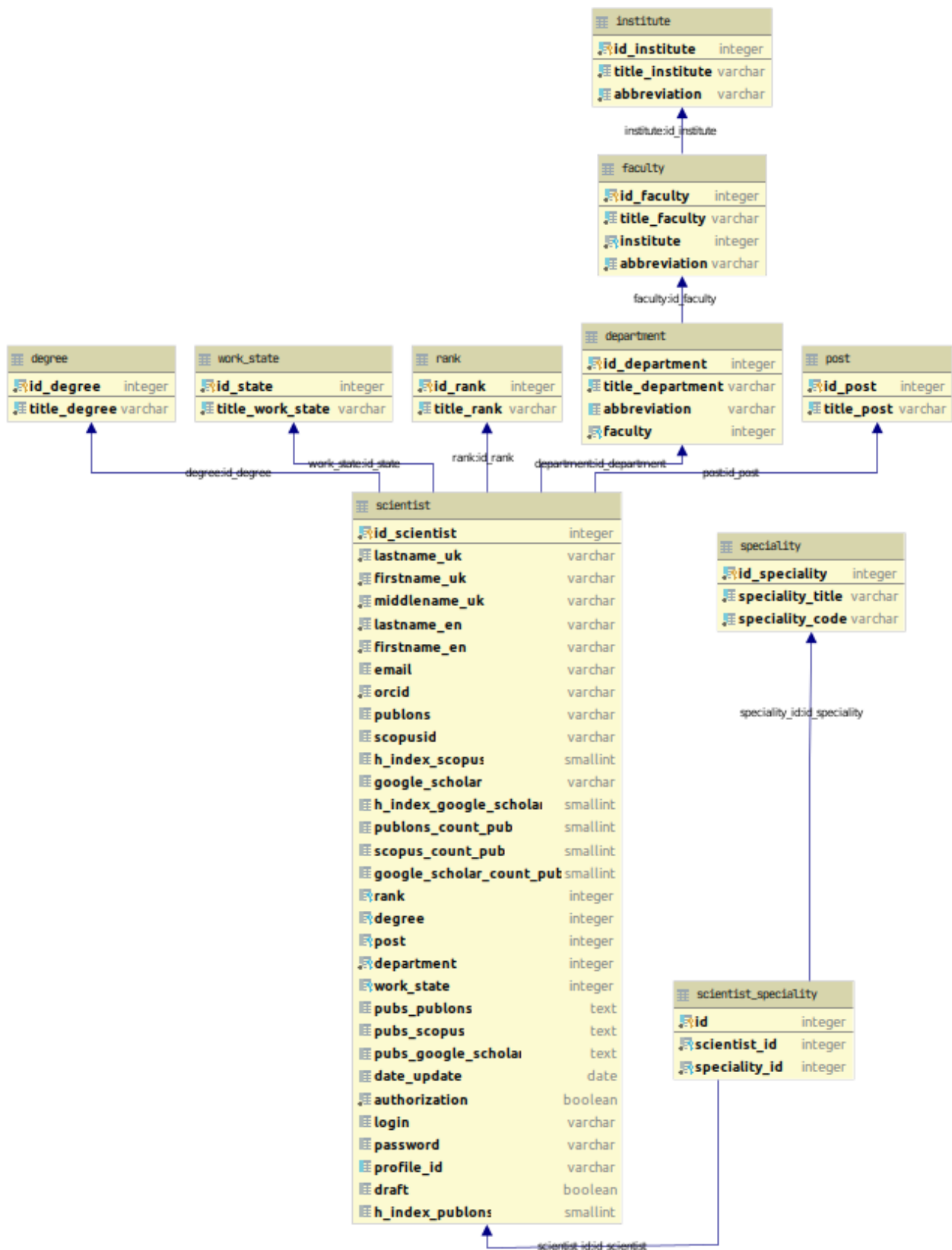


Рис. 2 – Таблиця науковців



У даному проекті для реалізації додатку і його зв'язку із БД використовувався власний ORM.

ORM - технологія програмування, яка зв'язує бази даних з концепціями об'єктно-орієнтованих мов програмування, створюючи «віртуальну об'єктну базу даних». Існують як пропріетарні, так і вільні реалізації цієї технології. Використання такого фреймворку дозволяє без значних втрат змінювати базу даних при необхідності. Зникає необхідність переписувати усі SQL-запити навіть при великих змінах. Django ORM призначена для вирішення завдань об'єктно-реляційного відображення. Вона являє собою вільне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом. Дана бібліотека надає легкий у використанні каркас для відображення об'єктно-орієнтованої моделі даних в традиційні реляційні бази даних. Django ORM не тільки вирішує завдання зв'язку класів Python з таблицями бази даних, а й також надає механізми для автоматичної генерації і оновлення набору таблиць, побудови запитів і обробки отриманих даних і може значно зменшити час розробки, яке зазвичай витрачається на ручне написання SQL та JDBC коду. ORM автоматизує генерацію SQL-запитів і звільняє розробника від ручної обробки результуючого набору даних і перетворення об'єктів, максимально полегшуючи перенесення додатків на будь-які бази даних SQL. Пов'язані об'єкти можуть бути налаштовані на каскадні операції. Наприклад, батьківський клас, може бути налаштований на каскадне збереження і / або видалення свого нащадка. Це може скоротити час розробки і забезпечити цілісність. Функція перевірки зміни даних дозволяє уникнути непотрібного запису дій в базу даних, виконуючи SQL-оновлення тільки при зміні полів персистентних об'єктів [4].

Макетування сайту було виконано у програмі розробки інтерфейсів Adobe Experience Design. Adobe XD входить до пакета Adobe Creative Cloud, має багато плагінів, можливість створення інтерактивних прототипів та зручні інструменти для розробника.

Для реалізації клієнтської частини використовуються такі технології як : зв'язка HTML5, CSS3, JavaScript (з використанням бібліотеки JQuery).

У побудованні графіків було використано Chart.js, інструмент легкий у своєму видозміні зовнішнього вигляду та вибудовуванні даних в діапазоні часу та логарифмічній шкалі.

Результати

Програмне забезпечення розроблене в рамках даного проекту має класифікацію клієнт-серверного додатку з тривірневою архітектурою: клієнт, сервер додатків та сервер бази даних. Для користування даним додатком необхідна будь-яка програма-браузер. Але рекомендується використовувати Google Chrome, саме на цьому браузері була протестована робота додатку. Системні вимоги для оптимального користування браузером представлені нижче.

Таблиця 1 – Оптимальні системні вимоги браузеру Google Chrome починаючи з версії 83.0.4103.61.

	Вимоги до Windows	Вимоги до Mac	Вимоги до Linux
Операційна система	Windows XP SP2+ Windows Vista Windows 7 Windows 8 Windows 10	Mac OS X 10.06+	Ubuntu 10.04+ Debian 6+ OpenSuSE 11.3+ Fedora Linux 14+
Процесор	Intel Pentium 4 / Athlon 64 або більшої версії із підтримкою SSE2		
Пам'ять на жорсткому диску	350 мб		
Оперативна пам'ять	512 мб		

Для початку користування ресурсом потрібно у браузері прописати адресу, де він розміщений. Сторінкою при завантаженні ресурсу є «Головна» сторінка, яка зображена на рисунку 3. На ній розташовані рейтинги науковців за кількістю публікацій у різних базах (Google Scholar, Web of Science, Scopus) та інформація про ресурс.

На сторінці «Пошук» розміщений загальний перелік усіх науковців за замовчуванням за алфавітом та можливість пошуку серед них за різними параметрами.

Загальний пошук може бути здійснений за такими полями: ПІБ, кафедра, спеціальність, ORCID. Відсортувати можна за h-index або індекс Хірша різних науковців з різних наукових баз за зростанням та спаданням. У пошуку надаються карточки профілів вчених на яких є мінімальна інформація для загального користування: ПІБ (укр. та англ.), інститут, факультет, кафедра, посада, ступінь, звання, спеціальність та наукометричні дані (ORCID, Google Scholar, h-index Google Scholar, Publons, h-index Web of Science, Scopus ID, h-index Scopus).

Авторизація на ресурсі буде ранжованою. Її зможуть пройти керівники структурних підрозділів, відповідальний за звіт наукової діяльності є працівники координаційного центру видання та науково-технічна бібліотека ОНАХТ. Авторизація необхідна для формування звітної документації за такими шаблонами затвердженими Міністерством освіти науки України:

- Наукометричні показники (відповідно статусу національного ЗВО).
- Наукові, науково-педагогічні працівники, які мають не менше п'яти наукових публікацій у періодичних видання, які на час публікації було включено до наукометричних баз Scopus або Web of Science (відповідно статусу національного ЗВО).



- Показники наукової та науково-технічної діяльності за 5 років.
 - Список наукових праць, опублікованих та прийнятих редакцією до друку за певний рік у закордонних виданнях, які мають імпакт-фактор, за формою (окремо Scopus, Web of Science).
- Також авторизованим користувачам доступна повна інформація про професорсько-викладацький склад ОНАХТ.

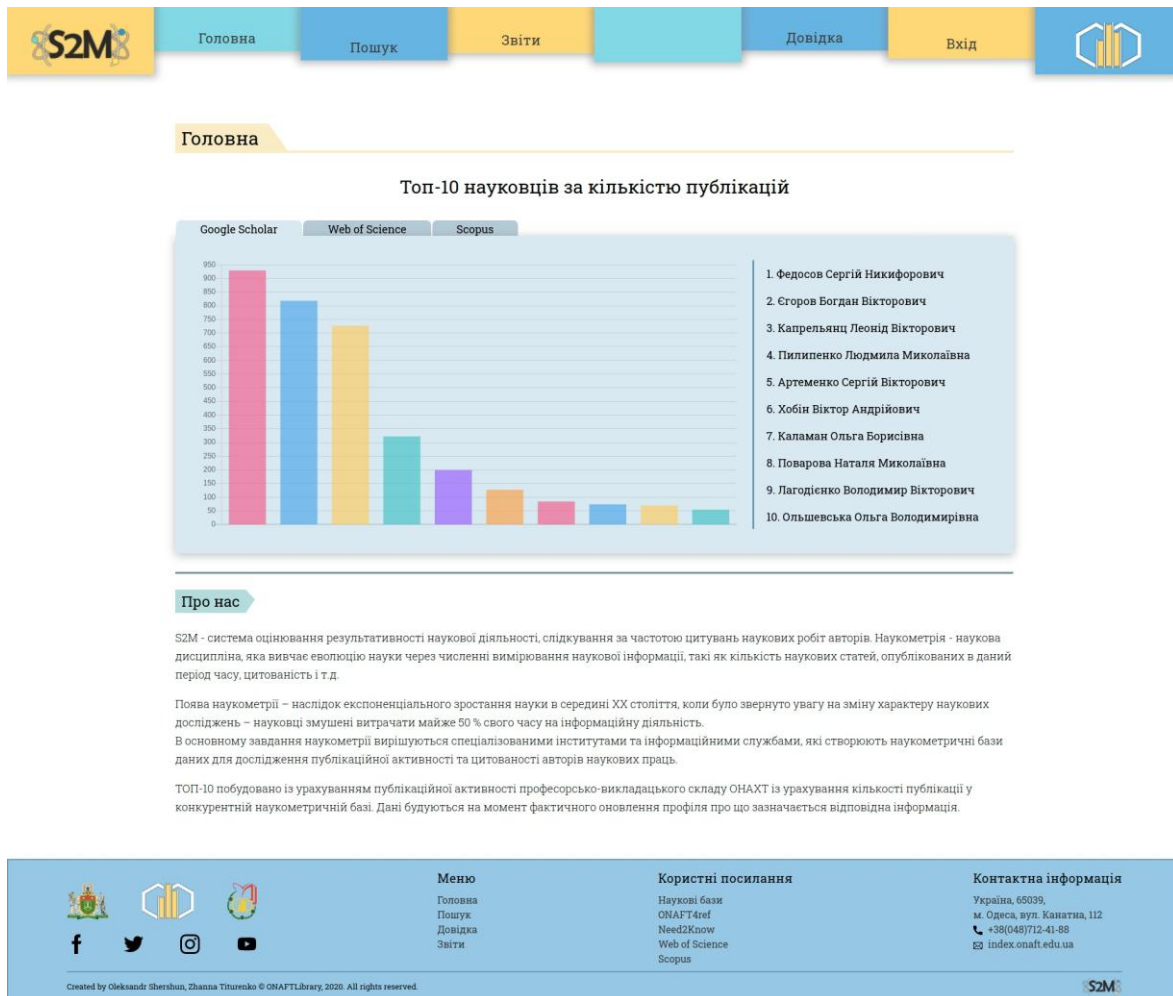


Рис. 3 – Головна сторінка

У профілі науковця зображена необхідна інформація, яка розділена на блоки. У верхньому блоці можна побачити ПІБ на українській та англійській мовах, ОНАХТ ID користувача та інформація стосовно оновлення профілю. У наступному блоці зображена інформація про приналежність інституту, факультету, кафедри, його посада, ступінь, звання, спеціальність, електронна пошта та поточний стан в академії. Ще нижче зображені дані профілів у наукометричних базах: ORCID, Google Scholar, h-index Google Scholar, кількість публікацій у Google Scholar, Publons, h index Web Of Science, кількість публікацій у Web Of Science, Publons, h-index Web Of Science, кількість публікацій у Web Of Science, Scopus ID, h-index Scopus, кількість публікацій у Scopus. Також зображені графіки співвідношення кількості публікацій та h-index. У нижньому блоці представлено перелік публікацій науковця.

На сторінці «Довідка» надається опис ресурсу, його мета, короткий екскурс по функціям програмного продукту. Також нижче є інструкція, як у текстовому виді, так і у вигляді відео-інструкції стосовно цього ресурсу. Додатком ще є відео модерації профілів у наукометричних базах даних.

Висновки

Розроблений проект є якісним програмним продуктом, який відповідає усім поставленим до нього вимогам. При виконанні були вивчені представлені на даний час сучасні технології розробки додатків клієнт-серверного типу, а саме вільний фреймворк Django, мова програмування Python та отримані необхідні навички створення якісних та стійких веб-додатків, використовуючи бібліотеку JQuery. Розроблений програмний продукт впроваджено у робочий процес Науково-технічної бібліотеки ОНАХТ. У подальшому планується доопрацювання розробленого програмного продукту.



Список використаних джерел

- [1] Наукова бібліотека Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого // НАУКОМЕТРИЯ: [Веб-сайт]. URL: http://library.nlu.edu.ua/biblioteka/naukometr/1_Naukometr.pdf (дата звернення: 05.02.2020).
- [2] Wikipedia, the free encyclopedia // ResearcherID: [Веб-сайт]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ResearcherID> (дата звернення: 20.02.2020).
- [3] Що таке база даних?: [Веб-сайт]. Київ. URL: <http://apeps.kpi.ua/shco-take-basa-danykh> (дата звернення: 08.05.2020).
- [4] Об'єктно-реляційне відображення: [Веб-сайт]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Об%27єктно-реляційне_відображення (дата звернення: 23.04.2020).
- [5] Індукування журналу // Видавничий дім "Інтернаука": [Веб-сайт]. URL: <https://www.inter-nauka.com/ua/magazine/yuridicheskiy-nauchnyu-zhurnal/indexing> (дата звернення: 16.06.2020).

References

- [1] Scientific library of the Yaroslav Mudryi National law university. Naukometriia : [Web site]. URL: http://library.nlu.edu.ua/biblioteka/naukometr/1_Naukometr.pdf (date of access : 05.02.2020).
- [2] Wikipedia, the free encyclopedia. ResearcherID : [Web site]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ResearcherID> (date of access : 20.02.2020).
- [3] That is the database?: [Web site]. Kyiv. URL: <http://apeps.kpi.ua/shco-take-basa-danykh> (date of access: 08.05.2020).
- [4] Objective-relational reflection: [Web site]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Object%E2%80%93relational_mapping (date of appeal : 23.04.2020).
- [5] Codeindexing of magazine. Publishing house "Internauka" : [Web site]. URL <https://www.inter-nauka.com/ua/magazine/yuridicheskiy-nauchnyu-zhurnal/indexing> (date of appeal :

УДК 621.876.063

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ РОБОЧИХ ВУЗЛІВ ГРЕЙФЕРІВ

Дрозд О. В.

Національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса, Україна
e-mail: elenadroz912@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal "Automation of technological and business-processes".
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1728>

***Анотація.** Надійна робота суднового та берегового перевантажувального обладнання при переробці масового вантажу з використанням кранів з грейферним підвісом забезпечується призначенням режиму роботи крана і підтриманням технічного стану його елементів і вузлів. В умовах зростаючих обсягів перевезень масового вантажу морем і освоєння цих вантажопотоків сучасними спеціалізованими суднами, актуальною проблемою є скорочення часу стоянки за рахунок підвищення продуктивності перевантажувального обладнання. Аналіз експлуатації суднового крана з грейферним підвісом показав, що вразливим і який призводить до збоїв в роботі, є вантажний підвіс з грейфером. Деструктивні процеси в його елементах на ранніх стадіях діагностування не завжди відображають, тому основними заходами підвищення продуктивності крана є вдосконалення схеми технічних рішень грейферних вузлів. З усієї номенклатури масового вантажу крупнокусковою вантаж скельних порід вважається складним до переробки, тому були проаналізовані робочі елементи вантажних грейферів для важких умов експлуатації. У ситуації, що склалася, використання класичного пристрою демпфування коливань, в основі якого застосовують пружинний демпфер, має ряд недоліків для моря, які полягають в необхідності додаткових елементів зв'язку робочих органів з демпфером і витрат на ремонтні роботи при заміні пружин. Застосування демпфуючого пристрою з додатковими тягами і гідравлічним циліндром-демпфером має незахищеність штока і ущільнюючих елементів від ударних навантажень, які характерні для роботи на морі. Рекомендоване схемотехнічне рішення являє*



Недоліки пристрою, які обумовлені застосуванням демпфера з гвинтових пружин:

- пружини створюють поздовжні коливання робочих органів, які негативно впливають на елементи підвіса та блочно-тросову систему грейфера;
- велика вага пружинних демпферів;
- необхідність наявності додаткових елементів в конструкції підвіса грейфера для зв'язку робочих органів з демпфером;
- значні витрати часу на ремонтні роботи при заміні пружин.

Найбільш близьким за технічною сутністю та результатом, що досягається, до винаходу, що пропонується, є пристрій демпфування коливань, що містить основу, додаткові тяги та гідравлічний циліндр -демпфер, зв'язаний з робочими органами грейфера (рис. 2) [5].

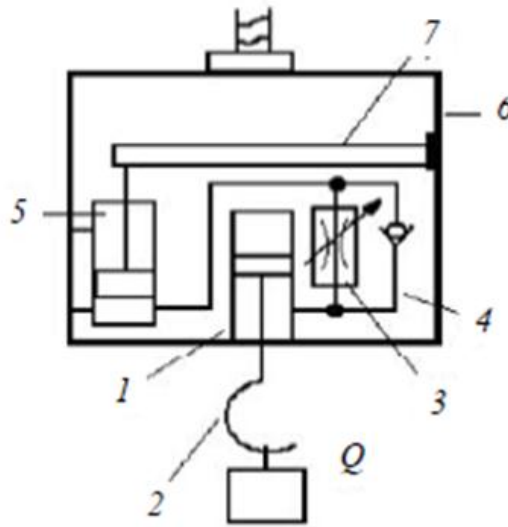


Рис. 2 – Схема демпфуючого пристрою

Недоліки пристрою, які обумовлені застосуванням гідравлічного циліндра – демпфера:

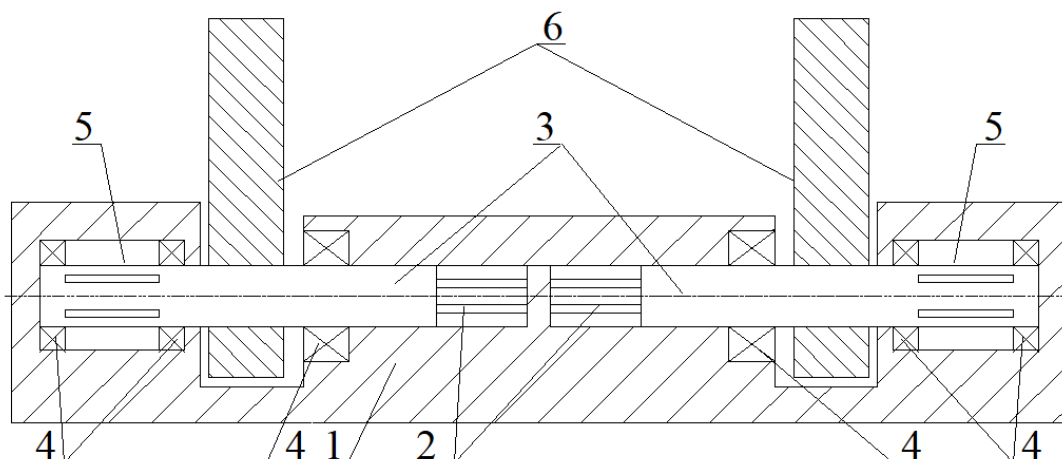
- незахищеність штоку та ущільнювальних елементів циліндра –демпфера від ударів та абразивного впливу вантажу;
- велика ймовірність забруднення вантажу робочою рідиною циліндра –демпфера при зношуванні штоку та ущільнювальних елементів;
- необхідність наявності додаткової системи управління та підтримки тиску в гідравлічному циліндрі –демпфері;
- велика вага гідравлічних демпферів;
- необхідність наявності додаткових елементів в конструкції підвіски грейфера для зв'язку робочих органів з демпфером;
- значні витрати часу на ремонтні роботи при заміні гідроциліндра.

Мета і завдання дослідження

Задачею винаходу є створення пристрою демпфування коливань, який можливо застосовувати у вантажних грейферах, у якому присутнє плавне гасіння коливання як у момент відриву робочих органів грейфера від поверхні, так і під час транспортування вантажу, підвищена зносостійкість самого демпфера, знижені експлуатаційні ремонтні витрати та одночасно збережені простота схемотехнічних рішень демпферів відомих типів.

Результати досліджень

Поставлена задача вирішується таким чином: пристрій демпфування коливань вантажного грейфера складається з основи, закріпленої на робочих органах грейфера, та відрізняється тим, що основа містить торсіонні вали. Торсіонні вали обертаються в підшипниках кочення. З одного боку через шліцьові втулки зафіксовані в основі, а з другого боку містять лопатеві гідроамортизатори та жорстко змонтовані зі стойками, які змонтовані з траверсою грейфера (рис. 3) [6, 7].



**Рис. 3 – Пристрій демпфування коливань вантажного грейфера:
1- основа; 2- шліцьова втулка; 3- торсіонний вал; 4- підшипники кочення;
5 - лопатеві гідроамортизатори; 6 – стойки**

Запропонований [8] пристрій демпфування коливань вантажного грейфера складається з основи 1, шліцьової втулки 2, торсіонного валу 3, підшипників кочення 4, лопатевих гідроамортизаторів 5, стійок 6.

Шліцьова втулка запресована до основи і взаємодіє з торсіонним валом завдяки відповідним шліцам на ньому.

При завершенні циклу завантаження грейфера (замикання щелеп та початок відриву від поверхні) динамічне навантаження з завантаженого грейфера передається до стійок та траверси крізь торсіонні вали. Під впливом навантаження відбувається деформація кручення валів. Завдяки пружним деформаціям вала відбувається гасіння та демпфірування коливань транспортера [6, 7].

Висновки

Технічний ефект досягається завдяки тому, що комбінація торсіонних валів та лопатевих гідроамортизаторів забезпечує:

- демпфірування деструктивних коливань на всіх етапах робочого циклу грейфера;
- зменшення кількості додаткових механічних елементів у системі підвіса грейфера;
- збільшення терміну міжремонтного періоду вантажного обладнання;
- зниження експлуатаційних та ремонтних витрат.

Використання пропонуємого пристрою захисту дозволить збільшити міжремонтний період експлуатації крана з грейферним підвісом та отримати значний економічний ефект.

Список використаних джерел

- [1] Суwegeина Т.Ю., Никандров И.С., Малыгин А.Л. Исследование процесса зачерпывания смёрзшегося флотационного колчедана при перегрузке из штабеля в бункер транспортёра // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.
- [2] Човнюк, Ю.В., Діктерюк, М.Г. Уточнений динамічний аналіз та оптимізація режимів руху вібраційних грейферів// Hebezeuge und Fordermittel - №4(48), 2015. – р. 14 – 20.
- [3] Вайнсон, А.А., Андреев, А.Ф. Крановые грузозахватные устройства. – М.: Машиностроение, 1982. – 304 с.
- [4] А.с. 433088 СССР, МПК7: В66С1/34. Подвеска грейфера / Г.Я. Курземниекс, Э.К. Лачгалвис (СССР). – № 1720926/27-11; заявлено 06.12.71; опубл. 25.06.74, Бюл. № 23. – 2 с.
- [5] Рыжиков, В.А., Туркеничева, Л.А. Демпфирование колебаний груза в механизме подъема крана// Известия вузов. Северокавказский регион. Технические науки. - №3 – 2010. – с. 48 – 50.
- [6] Чобиток, В.М. Ходовая часть танков. Подвеска. – М.: Техника и Вооружение. – 2005. – №11.
- [7] Сандлер, А.К., Дрозд, О.В. Роликовый узел стрічкового транспортера. Декларацийний патент України № 118311. МПК (2017.01) G 01G 11/10 (2006.01), G01G 21/06 (2006.01), B65G 39/00 – заявл. 03.05.2017. // Опубл. 25.07.2017, бюл. № 14/2017.
- [8] Дрозд О.В. Пристрій демпфування коливань вантажного грейфера. Патент України № 136745. МПК(2019.01) F16F 7/00- заявл. 04.04.2019// Опубл. 27.08.2019, бюл. № 16/ 2019.



References

- [1] Surovegina T.Yu., Nikandrov I.S., Malygin A.L.(2014). Investigation of scooping up a frozen floating pyrite during reloading from a stack to a conveyor hopper[Modern problems of science and education, 6].[in Russian].
- [2] Chovnyuk, Y.V., Dikteryuk, M.G.(2015). [Hebezeuge und Fördermittel, 4, 14-20].[in German].
- [3] Vinson, A.A., Andreev, A.F.(1982).Cargo lifting devices. Moscow: Mashinostroyeniye [in Russian].
- [4] A.S. 433088 USSR, MPC7: B66C1 / 34. Grapple pendant. G.Ya. Kurzemnieks, E.K. Lachgalvis (USSR,1971). - No. 1720926 / 27-11; Declared on December 6, 71; publ. 06/25/74, , Bull. No. 23. [in Russian].
- [5] Ryzhikov, V.A., Turkenicheva, L.A.(2010). Damping of load oscillations in the cargo lifting mechanism. [University News. North Caucasus region. Technical science. 3, 48-50].[in Russian].
- [6] Chobitok, V.M.(2005). Chassis of tanks. Suspension. Moscow: Tehnika i vooruzhenie - Equipment and weapons, 11 [in Russian].
- [7] Sandler, A.K., Drozd, O.V.(2017). Roller assembly of the belt conveyor. Declarative patent of Ukraine. № 118311. МПК (2017.01) G 01G 11/10 (2006.01), G01G 21/06 (2006.01), B65G 39/00. – declared 03.05.2017. Publ. 25.07.2017, bul. № 14/2017.[in Ukrainian].
- [8] Drozd, O.V.(2019). Device for damping vibrations of a cargo grab. Patent of Ukraine № 136745. MPC (2019.01) F16F 7 / 00- declared 04.04.2019 // Publ. 27.08.2019, bul. № 16/2019.[in Ukrainian].

УДК 004.4: 004.451.7.031.43

AN OVERVIEW OF THE ADVANTAGES OF CLOUD COMPUTING AND ONLINE IDE

Antonova A.¹, Bartkova S.²

^{1,2} Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

ORCID: ¹ <http://orcid.org/0000-0003-3599-0983>, ² <http://orcid.org/0000-0002-2137-1631>

E-mail: ¹ allaantonova62@gmail.com, ² bartkovasvetlana@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal “Automation of technological and business-processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1927>

Анотація. *The article discusses cloud computing and their impact on the field of software development, and analyzes several issues of developers that can be solved using the online IDE. Usage of cloud computing in the enterprise is not new, and it is not difficult in terms of implementation. That is why it is gaining popularity. First, due to the large number of technologies that allow you to optimize internal processes. Secondly, due to the large number of giant companies and small businesses that use these technologies. Cloud computing is very interesting in financial terms. After all, they allow not spending money on building and supporting the infrastructure. One can also not worry about risks, such as, for example, equipment that affects the system, weather conditions, and so on. It takes on all these moments. Evolving of architectural solutions also increases the impact on cloud technology. A service-oriented approach to software development is becoming increasingly popular. It is less and less possible to see the usual thin client and a single server-monolith. Clients are becoming more complex, attracting part of the business logic, servers are divided into parts, each of which is responsible for a particular part of the subject area, and in some cases may not know about the existence of others. The IDE, which requires developers for programming, also has analogs on the web platform. The online IDE has its advantages for solving some tasks and has become increasingly popular lately. Users of the online IDE can create, run, and customize software that works with a simple browser. The main goal of this study is to determine the main advantages of cloud technologies in the application development process, analyze the segment of online IDE. Based on these data to identify the main situations that determine their use, predict further development, and identify principles and technologies used in this area*



Abstract. У статті розглядаються хмарні технології та їх вплив на сферу розробки програмного забезпечення, також проаналізовано низку задач розробників, які можна вирішити за допомогою онлайн-IDE. Підхід із впровадженням хмарних обчислень в підприємства не новий, та не є дуже складним з точки зору реалізації. Саме тому він стає все більш популярним, по-перше, завдяки великій кількості технологій, які дозволяють оптимізувати велику кількість внутрішніх процесів, а по-друге, завдяки великій кількості як компаній-гігантів, так і малого бізнесу, які користуються такого роду сучасними методами, тим самим прискорюючи розвиток цих технологій. Хмарні обчислення дуже цікаві с фінансової точки зору. Адже вони дозволяють не витратити гроші на налаштування своєї інфраструктури, на зарплати робітникам які цю інфраструктуру будуть підтримувати. Також можна не турбуватися про ризики, такі як, наприклад, обладнання, що вийшло за ладу, погодні умови і так далі. Усі ці моменти постачальник бере на себе. Розвиток архітектурних рішень також мав свій вплив на хмарні технології. Стає все більш популярним сервіс-орієнтований підхід до розробки програмного забезпечення. Все рідше можна побачити звичний тонкий клієнт та один сервер-моноліт. Клієнти стають складніше, вбираючи в себе частину бізнес-логіки, серверні частини зараз прийнято ділити на частини, кожна з яких відповідає за якусь окрему частину предметної області, і іноді навіть може не знати про існування інших. IDE, яке необхідне розробникам для програмування, також має аналоги на веб-платформі. Онлайн-IDE має свої переваги для вирішення деяких задач і стає все популярнішим популярним останнім часом. Користувачі онлайн-IDE можуть створювати, запускати і налагоджувати додатки, маючи під рукою лише браузер. Основна мета цього дослідження – визначити основні переваги хмарних технологій в процесі розробки додатків, проаналізувати сегмент онлайн-IDE та на основі цих даних встановити основні ситуації, які зумовлюють їх використання, спрогнозувати подальший розвиток та виділити принципи та технології, які використовуються в даній сфері.

Ключові слова: : cloud computing, online IDE, software development.

Keywords: хмарні обчислення, онлайн IDE, розробка програмного забезпечення

Introduction

The development of technologies that simplify working with large amounts of information and allows to automate processes is inevitably growing. One of them is cloud computing technology, which replaced traditional computing technologies.

It is a technology related to services and programs that run on a distributed network that uses virtual resources. Cloud computing was developed and evolved from distributed computing and network computing. Users' data is typically processed by large cloud service providers.

The idea of cloud computing is not new or too complex in terms of technological resources and the Internet. New is the growth and maturity of cloud computing methods and strategies that provide business agility goals. The use of cloud computing in business has become much broader in the last year, as many companies are starting to provide their services online.

The number of easily accessible resources is growing, and utilitarian or service functions are the main basis for access to information technology resources and services. In this regard, cloud computing is a flexible, cost-effective and proven platform.

The evolution of reusability through service architecture is increasing the focus on business goals, as opposed to the number of computing platforms to support. As a viable alternative to resource management, cloud computing is fundamentally changing the way we look at computing solutions in trade, education, and the public sector. The use of cloud computing architecture and standards provides unique ways to provide computing solutions, as well as a variety of platforms to achieve the lowest business goals [1].

The benefits and the shortcomings of cloud technologies

There is no dispute about the impact of cloud technologies and the benefits they can bring to a variety of organizations, governments, or science. Today, largely driven by the financial crisis that has engulfed the global economy, more and more organizations are turning to cloud computing as a cost-effective way to bring solutions to market quickly. Advantages of cloud computing in reducing of implementation and maintenance costs, in mobility, flexibility and scaling increasing, in increasing of availability of high-performance applications for small and medium businesses, "greening" the data center and transformation of the IT department (focus on innovation vs. maintenance and implementation) [2].

However, there are shortcomings in the adoption of cloud computing by organizations, such as restraint on information protection and protection against unauthorized access, lack of knowledge about the privacy of service providers, lack of understanding between the organization and the cloud provider on the scope and implementation of services [3].

There are three main models of cloud service: Infrastructure as a Service (IaaS), based on equipment provided by the vendors for data processing and storage, Platform as a Service (PaaS), which provides developers with a cloud platform for applications and services and Software as a Service (SaaS), which allows users to access their programs through a browser instead of installing software on their computers. The last model provides centralized configuration and hosting, as well as automatic updates[4], which frees users from installing and maintaining software and simply provides the Internet access.



The features of the online IDE

The trend of using software on the Internet and providing them as services (SaaS) has reached the IDEs as well. To make it widespread took a long time, because it is a much smaller market than, for example, text editors. Moreover, the IDE, which developers need for programming, is also beginning to move to the web platform. The online IDE provides functionality similar to a traditional IDE, such as the ability to view, edit, and compile code, but has many benefits and has become popular recently. Online IDE users can create, run, and debug applications with only browser required, without being distracted by installing and maintaining a local version.

In addition, it should be noted that the online IDE is an integral part of learning programming languages in online courses as part of the system or as a stand-alone resource and in laboratory exercises in specialties where students study programming.

The following are the benefits of an online IDE:

- mobility and portability — the ability to work with regardless of location, as with a high-quality Internet connection and a modern browser;
- easy collaboration — one of the biggest advantages of the online IDE is the ability to share code and create applications in a team;
- speed — mostly web encoding means that it is possible to deploy the environment instantly, find problems and fix them faster, in contrast to the encoding in desktop mode;
- isolation from hardware and operating systems — no matter what operating system or hardware is used for development, they will not affect performance, as all settings are stored in a cloud environment.

Today there are a huge number of online IDEs on the market that certainly create competitive, high-quality services, but most of them have limited free versions that have limited resources to use — RAM, CPU resources and storage. This is due to the fact that while data processing in cloud services is the most economical way to host, it remains quite expensive.

That is why a lot of architectural decisions should be made while developing such service. What database management system should be used, how services will communicate with each other, how to scale the entire thing, how to make it fast, robust and cheap. Such decisions should be made by a lot of people with different competencies such as developers and developer operations.

One of the most important decisions in online IDE development is choosing the way in which untrusted code, submitted by a user, should be evaluated. There are two options here: virtualization and containerization and each has its own pros and cons.

Virtualization tools emulate a real machine with its own operating system, which knows nothing about the host. This guarantees almost complete isolation, but also this means that a lot of computational resources should be spent.

Containerization tools achieve isolation by creating layers over the host operating system. This means that security vulnerabilities are possible since all environments on a single machine share the same operating system. But also this option is much cheaper than running a VM, because it does not require any overhead for keeping multiple operating systems running simultaneously, moreover, container-based virtualization has become the de facto standard for deploying programs in data centers.

Docker is the most common solution to pick when developing a web based IDE. Docker is an open source project based on many operating system research technologies: LXC containers, OS virtualization, and hash or git-based versioning and differentiation systems.

The Docker-based approach works like a virtual machine image to solve dependency problems, providing other users with a binary image in which all software is already installed, configured, and tested. The key difference between Docker images and virtual machines is that Docker images share a Linux kernel with the main machine. Sharing the Linux kernel makes Docker much easier and more efficient than virtual machines - a regular computer can run no more than a few virtual machines at a time, but it won't have a problem running 100 containers. This feature has made the Docker particularly attractive to the industry and is largely responsible for the huge popularity of the Docker. [5].

It is safe-enough and not very resource-consuming, it allows to have multiple isolated containers running on a single machine. Usually there are a couple of so-called “eval”-servers with Docker running. Each has multiple containers in which users' code is being executed. Each of these containers can have different language interpreters/compilers.

The main application server communicates with eval-servers via message queue or HTTP. Output with evaluation results from eval-servers can be passed to clients directly through web-sockets or by message passing.

Such kind of approach allows to easily scale the application by simply increasing the amount of running eval-servers. It also guarantees that in case if one of eval servers will crash, other servers including the main application server will still be up.

An overview of platforms for cloud based development

The development and analysis of cloud technologies and online IDEs are reflected in both theoretical research and scientific work, as well as in commercial projects.

The topic of cloud technologies and computing is often studied by scientists in the literature. Its high popularity is because companies are increasingly providing on-demand services instead of placing their equipment in data centers.

Numerous studies consider the benefits of using cloud technologies, such as the mobility of technological systems, which are considered as a means of implementing the virtual component of the mobility of hardware and software. Cloud computing concepts form a virtual component of hardware mobility, which is most pronounced in the category of services provided as a service - IaaS, PaaS, and SaaS.

Cloud programming environments are web applications designed to offer developers capabilities. They usually consist of a source code editor, a series of compilers or interpreters depending on the language programming, a controller, and a project or



solution viewer for managing independent subcomponents. In addition to default functions and due to high competition, the programming environment has evolved, including connection to similar code, collaboration functions for code sharing, virtual machines for instant application development, and even control tools.

Online IDE is a solution to many narrow problems of developers, there is a lot of work on the development of an online IDE for various purposes. The authors of Harmonik = ++ (Web IDE) identify 45 articles found in scientific journals. [6]. Works such as "Jimbo" [7], "CoVSCode" [8], "Collabode" [9] emphasize co-programming in the online IDE. Also, some existing online IDEs support real-time collaboration in one form or another - Cloud9, CodeRun Studio, Eclipse Orion. Cloud IDE supports HTML for web development and real-time collaboration. Code Run Studio supports ASP .NET and C # .NET languages, and also allows you to exchange code via hyperlinks. Eclipse Orion focuses on web development (HTML and JavaScript) [6].

One of the most functional and complete online IDEs is AWS Cloud9 [10]. This cloud IDE, one of about 60 AWS services that integrate easily with others, will be especially handy when using AWS services to develop, deploy, or store data. Cloud9 has a set of tools installed for more than 40 programming languages, including JavaScript, Python, PHP, Ruby, Go and C++, and others.

AWS Cloud9 allows you to run the development environment on managed instances of Amazon EC2 (a web service that provides computing resources in the cloud) or any existing Linux servers with SSH support. The code editor and the built-in Cloud9 debugger have tooltips, automatic code completion, and step-by-step debugging. The Cloud9 terminal provides a web shell that allows you to install additional software, send code to the Git repository, or enter commands.

This default development environment includes all the SDKs, libraries, and modules needed to build applications. Cloud9 has an environment for local testing and debugging of AWS Lambda functions, which allows you to perform the necessary actions with the code directly, speeding up the process, and improving the quality of the code. AWS Cloud9 also has its terminal, which simplifies the quick launch of various commands and provides direct access to AWS services.

Conclusions

Online IDEs open up new opportunities for sharing and collaboration and allow, for example, programming in pairs with a colleague who is on another continent.

Most existing online IDEs are designed to work on small projects and small teams or to quickly share code in discussions or forums. Since processing large amounts of data on cloud services is a rather expensive process, the free Online IDE cannot be a full-fledged replacement for the desktop version, which can be used for multi-year projects with a large codebase. However, the advantage will be the availability of a large number of languages, the availability of chats, speed of writing, and the ability to conduct online classes.

This can also be useful when it comes to outsourcing and a colleague is a casual developer. For example, a developer needs the services of a DBA expert, who can be found online and work on a joint project immediately.

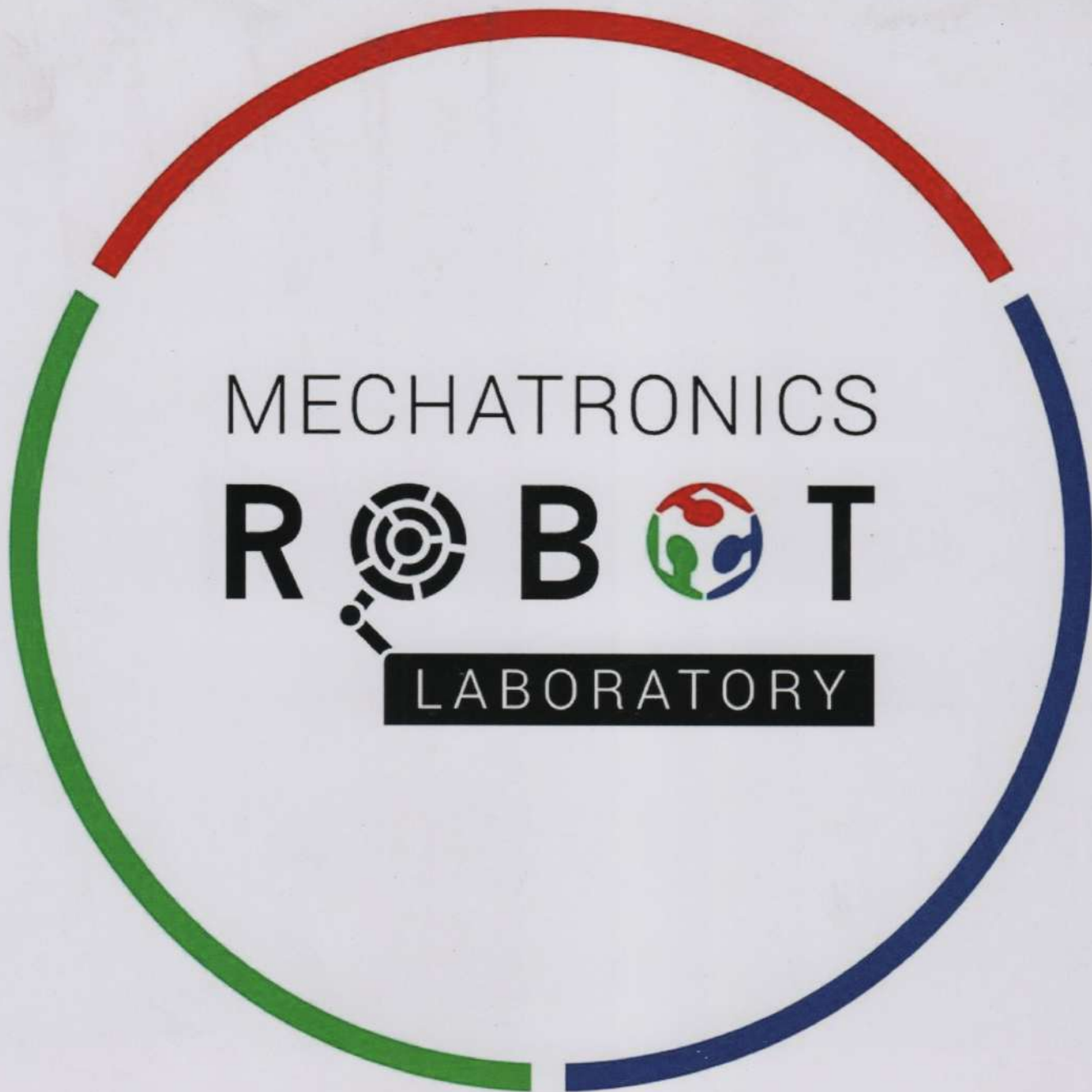
On-demand services open up new possibilities: instead of buying an expensive application, users can pay for the time used, or even use free versions.

Since many online IDEs are open source, developers will be free to use existing solutions and to develop additional modules. As the number of online services provided grows, the demand grows, which in turn opens up new directions and opportunities and is a promising area of development.

The development and analysis of cloud technologies and online IDEs are reflected in both theoretical research and scientific work, as well as in commercial projects online. The analysis of a large number of scientific papers indicates the popularity of the research topic, as well as a large number of advantages of cloud computing, and a relatively small number of quite significant disadvantages.

References

- [1] T. Erl, R. Puttini, Z. Mahmood, "Cloud computing: concepts, technology, & architecture," Pearson Education, 2013.
- [2] J. W. Rittinghouse, J. F. Ransome, "Cloud computing: implementation, management, and security," CRC press, 2016.
- [3] P. R. Palos-Sanchez, F. J. Arenas-Marquez, M. Aguayo-Camacho, "Cloud computing (SaaS) adoption as a strategic technology: Results of an empirical study," *Mobile Information Systems*, 2017.
- [4] T. Dillon, C. Wu, E.Chang, "Cloud computing: issues and challenges," 24-th IEEE international conference on advanced information networking and applications, IEEE, 2010, pp. 27-33.
- [5] C. Boettiger, "An introduction to Docker for reproducible research," *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 2015, vol. 49, iss. 1, pp. 71-79.
- [6] B. Yulianto *et al.*, "Harmonik=++(Web IDE)," *Procedia computer science*, 2017, vol. 116, pp. 222-231.
- [7] S. Ghorashi, C. Jensen, "Jimbo: a collaborative IDE with live preview," *Proc. of the 9th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*, 2016, pp. 104-107.
- [8] H.Fan *et al.*, "CoVSCode: A Novel Real-Time Collaborative Programming Environment for Lightweight IDE," *Applied Sciences*, 2019, vol. 9, iss. 21, pp. 4642.
- [9] Goldman M., Little G., Miller R. C. Collabode: collaborative coding in the browser," *Proc. of the 4th international workshop on Cooperative and human aspects of software engineering*, 2011, pp. 65-68.
- [10] G. Fylaktopoulos *et al* , "An overview of platforms for cloud based development," *SpringerPlus*, 2016, vol. 5, iss.1, p. 38.



Laboratory of Mechatronics and Robotics in Odessa National Academy of Food Technologies was established in 2014. It is the first co-work space with the widely developed material base. The main aim of Laboratory is to popularize technical education in general and robotics in particular. In this regard Laboratory provides open access for everyone (conditions for access – 20 % of the time should be voluntarily devoted to social events that are valuable for Laboratory). Laboratory of Mechatronics and Robotics consists of eight auditoriums: workroom for prototyping, specialized auditorium of industrial pneumatic robotics, specialized auditorium of industrial electrical robotics, specialized auditorium of portable robotics, specialized auditorium of industrial hydraulic robotics, recreation zone for relaxation, a head office and a small storeroom. All the auditoriums have all the necessary stands and equipment for students' education process, for work on the projects and conducting of research.

Kanatnaya St, 112, Odessa, 65039, Ukraine
+380487124254

mechatronics.robotlab@gmail.com
<http://www.robot.onaft.edu.ua/>

