



ЛУЦЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

# ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

## VIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

ТК-2024

«ПРОГРЕСИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ  
АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ»

м. Луцьк, УКРАЇНА  
28-30 травня 2024 року



LUTSK  
NATIONAL  
TECHNICAL  
UNIVERSITY

**З ВІРОЮ У ПЕРЕМОГУ  
ТА УКРАЇНУ!**

# COLLECTION OF SCIENTIFIC REPORTS

## of VIII-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE

ТК-2024

«PROGRESSIVE DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT  
OF AUTOMATED TECHNOLOGICAL COMPLEXES»

Lutsk, UKRAINE

May 28-30, 2024

## ***МИ РАДІ ВІТАТИ ВАС У ЛНТУ!***

Починаючи з 2010 року, науковці з різних куточків України та світу збираються для обговорення прогресивних напрямків розвитку автоматичних технологічних комплексів та мехатронних роботизованих систем. Цьогоріч теж не стали відмовлятися від онлайн-зустрічі, адже в умовах війни спілкування є дуже важливими як і для науковців, так і для підтримки наших Збройних Сил України.

Особливості проведення наукових досліджень в Україні в умовах військового стану заслуговують на повагу та допомогу міжнародного товариства. Плідна, конструктивна робота, в ім'я здоров'я, збереження сили духу всіх нас і нашої патріотично налаштованої молоді тільки сприятиме розвитку України та науки зокрема.

Сьогодні наука, особливо технічна, виступає на своєму фронті, поруч з нашою армією, у війні з російськими окупантами.

Кращі доповіді будуть рекомендовані до публікації у науковому журналі «Технологічні комплекси» за 2024 рік.

Адміністрація Луцького національного технічного університету, науковці нашого ЗВО та команда VIII Міжнародної науково-технічної конференції з проблем вищої освіти і науки ТК-2024 «Прогресивні напрямки розвитку автоматизованих технологічних комплексів» щиро вітає учасників конференції та впевнена у цікавій, науковій, корисній роботі, впевненості миру нам у завтрашньому дні і перемозі Україні.

***Ми впевнені, що наступного разу всі зустрінемося  
у мирному форматі!***

*Колектив VIII Міжнародної науково-технічної конференції  
з проблем вищої освіти і науки ТК-2024  
«Прогресивні напрямки розвитку  
автоматизованих технологічних комплексів»*

**ГОЛОВА ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ:**

**ВАХОВИЧ Ірина Михайлівна**, ректор ЛНТУ, д.е.н., професор  
Луцький національний технічний університет



**ЗАСТУПНИК ГОЛОВИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ:**

**ДУРНЯК Богдан Васильович**, ректор УАД (м.Львів), д.т.н., професор  
**ЛЮТАК Олена Миколаївна**, проректор ЛНТУ, д.е.н., професор  
**КУЗНЄЦОВ Юрій Миколайович**, д.т.н., професор НТУ України «КПІ»

**МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:**

prof., DSc, **LUÍS FRÖLÉN RIBEIRO** (Bragança Polytechnic Institute, PORTUGAL);  
prof. Dr hab. inż. **Antoni ŚWIC** (Politechnika Lubelska, POLAND);  
prof. DSc, **Andriy KUTSYK** (Rzeszow University of Technology, POLAND);  
prof., DSc, **Jordan MAXIMOV** (Technical University of Gabrovo, BULGARIA);  
prof., DSc, **Joaquim A.G. HAMUYELA** (Agostiniao Neto University, Luanda, ANGOLA);  
prof., DSc, **Michał WEMBENEK** (AGH University of Science and Technology, POLAND);  
assoc. Prof. Dr. **Cumhur Gökhan ÜNLÜ** (Pamukkale University, TURKEY).

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:**

д.т.н., проф. **СТРУТИНСЬКИЙ В.Б.** (НТУ України «Київський політехнічний інститут»);  
д.т.н., проф. **СОКОЛЕНКО А.І.** (Національний університет харчових технологій);  
д.т.н., проф. **ЛАРШИН В.П.** (Одеський національний політехнічний університет);  
д.т.н., проф. **КИРИЛОВИЧ В.А.** (Державний університет «Житомирська політехніка»);  
д.т.н., проф. **РЕГЕЙ І.І.** (Українська академія друкарства, м. Львів);  
д.т.н., проф. **СЕНЬКІВСЬКИЙ В.М.** (Українська академія друкарства, м. Львів);  
д.т.н., проф. **СТОЦЬКО З.А.** (Національний університет «Львівська політехніка»);  
д.т.н., проф. **ПІСТУН Е.П.** (Національний університет «Львівська політехніка»);  
д.т.н., проф. **МАТІКО Ф.Д.** (Національний університет «Львівська політехніка»);  
д.т.н., проф. **ФЕДЮРИШИН Р.М.** (Національний університет «Львівська політехніка»);  
д.т.н., проф. **МАРЧУК В.І.** (Луцький національний технічний університет);  
д.т.н., проф. **ПОЛЩУК Л.К.** (Вінницький національний технічний університет);  
д.т.н., проф. **РУДЬ В. Д.** (Луцький національний технічний університет);  
к.т.н., доц. **САПОН С.П.** (Національний університет «Чернігівська політехніка»);  
к.т.н., доц. **ЗАБОЛОТНИЙ О.В.** (Луцький національний технічний університет).

**ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:**

**Голова організаційного комітету –**  
**ПАЛЬЧЕВСЬКИЙ Богдан Олексійович**, д.т.н., професор;  
**Заступник голови організаційного комітету –**  
**ПОВСТЯНИЙ Олександр Юрійович**, д.т.н., професор  
**КОНДІУС Інна Степанівна**, к.т.н., доцент;  
**МУРОВАНІЙ Ігор Сергійович**, к.т.н., доцент;  
**ЛАПЧЕНКО Юрій Сергійович**, к.т.н., доцент;  
**РЕДЬКО Ростислав Григорович**, к.т.н., доцент;  
**ЛПЩИНА Наталія Миколаївна**, к.т.н., доцент;  
**ВАЛЕЦЬКИЙ Богдан Петрович**, к.т.н., доцент;  
**ДЕНИСЮК Віктор Юрійович**, к.т.н., доцент;  
**КАЙДИК Олег Леонтіївич**, к.т.н., доцент;  
**ПОЛІНКЕВИЧ Роман Миколайович**, к.т.н., доцент;  
**ЧЕТВЕРЖУК Тарас Іванович**, к.т.н., доцент.



**ЗМІСТ****CONTENTS****Секція 1. Інтелектуальні  
виробничі системи****Section 1. Intelligent  
production systems***Baschkir B. V., Stelmakh N. V.*

Integration of the gripper into the thermoplastic machine system..... 9

*Маркіна Л. М., Гуменюк Л. О., Сацук В. О., Гуменюк П. О.*

Застосування штучного інтелекту в моделюванні в'язкості замісу спиртового виробництва на основі мультиагентних систем..... 11

*Пономаренко С. В., Сапон С. П., Легеца Є. В.*

Інтелектуальні системи управління динамічними характеристиками шпindelних вузлів..... 13

*Роман В. І., Острей Я. С.*

Огляд застосування штучних нейронних мереж для задач ультразвукової витратометрії..... 16

**Секція 2. Мехатронні та  
роботизовані технологічні  
комплекси сучасного  
виробництва****Section 2. Mechatronics and  
robotic technological  
complexes of modern  
production***Samchuk L., Povstiana Y., Povstiana S.*

Development process of mechatronics systems based on uml diagrams... 19

*Валецький Б. П.*

Мехатронний модуль та картезіанські конструкції..... 21

*Денисюк В. Ю., Огородник М. О.*

Мехатронний автоматизований комплекс для дослідження мікрооб'єктів..... 23

*Книш Р. О.*

Розроблення експериментального стенда для дослідження штанцювання картону натискним сегментом..... 25

*Лукашов Є. С., Лукашов А. С., Клітної В. В.*

Моделювання роботи системи підвіски з керованою квазінульовою жорсткістю..... 27

**Секція 3. Системи  
автоматичного керування  
та прогнозного  
діагностування  
технологічних комплексів****Section 3. Systems of automatic  
control and predictive  
diagnostics of technological  
complexes***Гальчук Т. Н., Бембенек М.*

Розрахунок режимів різання в системах автоматизованого проектування..... 31

<b><i>Кривошапко С. Б.</i></b>	
Використання математичного апарату алгебри логіки для синтезу цифрових пристроїв автоматики .....	32
<b><i>Курилко Н. В., Федоришин Р. М.</i></b>	
Сучасні стратегії та технології управління вітровими електростанціями.....	34
<b><i>Лапченко Ю. С., Сіжук Р. В.</i></b>	
Визначення коефіцієнта гармонік вихідної напруги при повірці генератора сигналів високочастотного Г4-176.....	36
<b><i>Маркіна Л. М.</i></b>	
PID регулятори в системах автоматичного регулювання.....	39
<b><i>Пальчевський Б. О., Свіць А.</i></b>	
Методи та алгоритми оцінки залишкового ресурсу пакувального обладнання.....	41
<b><i>Решетило О. М., Лапченко Ю. С., Сацук В. О., Власюк М. І.</i></b>	
Розробка автоматизованої системи керування та діагностування прес-екструдера технологічного процесу виробництва виробів з пластмас.....	47
<b><i>Середюк О. Є., Труфан М. М.</i></b>	
Застосування методу подвійного контролю при діагностуванні редукторів приводів нафтогазопромислового обладнання.....	50
<b><i>Сільник М. Я.</i></b>	
Розвиток систем автоматичного контролю технічного стану рухомого складу під час руху поїзда.....	52

**Секція 4. Інформаційно-вимірювальні системи автоматизованих технологічних систем**

**Section 4. Information and measurement systems of automated technological systems**

<b><i>Григоренко І. В., Григоренко С. М.</i></b>	
Розробка інформаційно-вимірювальної системи контролю процесу виготовлення плавленого сиру.....	55
<b><i>Денисюк В. Ю.</i></b>	
Аналіз області застосування оптичного спектрального методу контролю у металургії.....	57
<b><i>Кохан О. С., Дядюра К. О.</i></b>	
Інтелектуальні інформаційно-вимірювальні системи вугільної промисловості.....	59

**Секція 5. Функціональні  
елементи сучасних  
технологічних комплексів**

**Section 5. Functional elements of  
modern technological  
complexes**

*Кузнєцов Ю. М., Шинкаренко В. Ф., Нікітенко В. Р.*

Мотор-шпиндельні агрегати для багатошпиндельних токарних автоматів ..... 62

*Молчанов В. Ф.*

Розробка установок для систем експлуатації МОР..... 66

**Секція 6. Інформаційні  
технології в  
автоматизованому  
виробництві**

**Section 6. Information  
technologies in automated  
production**

*Krestyanpol L. Yu.*

Using the TestRail environment to implement the software testing process..... 69

*Дурняк Б. В., Луцків М. М.*

Робасті системи автоматичного керування нестационарними об'єктами з нечіткими регуляторами..... 72

*Денисюк В. Ю., Ящук А. А.*

Аналіз методів оцінки біометричних параметрів користувача інформаційної системи..... 75

*Іванишин Т. В.*

Моделювання двоверстатної автоматизованої лінії з нестабільним ритмом роботи та стохастичними тривалостями оброблення деталей..... 77

*Кайдик О. Л., Терлецький Т. В., Кондіус І. С., Меус О. С., Остапук В. В.*

До питання організації процедури ідентифікування суб'єктів доступу в СКУД..... 80

*Кайдик О. Л., Терлецький Т. В., Оміотек З., Угрин Д. І., Дуда О. М.*

До питання якості оцінювання ефективності захисту інформаційних систем..... 82

*Луцків М. М., Федина Б. І., Наконечний М. Д.*

Тоновідтворення цифрових зображень гібридними фарбодрукарськими системами..... 85

*Михайлов А. О., Штефан Є. В., Михайлов О. В., Штерн М. Б.*

Метод дослідження закономірностей процесів формоутворення деталей з порошкових та пористих матеріалів..... 87

*Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Слипченко С. Є., Біліченко М. В.*  
Формалізація процесу проектування портативних верстатів  
агрегатно-модульної конструкції ..... 89

**Секція 7. Розумне  
виробництво в умовах  
Індустрії 4.0 та Індустрії  
5.0**

**Section 7. Smart production in  
the conditions of Industry 4.0  
and Industry 5.0**

*Симонюк В. П., Мартинюк П. Р.*

Сонячний потенціал як основа для SLS друку..... 92

*Солнцев О. В., Кузнецов Ю. М., Хамуйсла Ж. А. Г.*

Створення розумного гібридного мультипідприємства в умовах  
викликів «Індустрія 4.0» і наближення «Індустрія 5.0»..... 94

*Хомик С. А., Рудь В. Д.*

Металотермія в технологіях утилізації відходів металообробки.... 100

**Секція 1. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ВИРОБНИЧІ  
СИСТЕМИ**

\*\*\*

**Section 1. INTELLIGENT PRODUCTION  
SYSTEMS**



UDC 62-522.7

**B. V. Baschkir**, student

**N. V. Stelmakh**, Ph.D., Ass. prof.

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

## **INTEGRATION OF THE GRIPPER INTO THE THERMOPLASTIC MACHINE SYSTEM**

The last few years have seen significant developments in artificial intelligence, machine learning and computer vision technologies, opening up new opportunities for automating and optimising production processes.

Thanks to the rapid development of these technologies, manufacturers can effectively implement intelligent systems in their production lines, which can increase productivity, reduce costs and improve product quality.

Additionally, the growing focus on environmental issues and reducing material losses in production is driving manufacturers to implement more efficient and precise thermoplastic processing processes, making the integration of intelligent grippers and AI technologies highly relevant [1].

The concept of an injection moulding machine with a gripper that performs auxiliary functions can be an innovative solution for optimising thermoplastics processing.

While the main function of an injection moulding machine is to heat and shape the material, the gripper can play an important role in making operations easier for the operator. For example, it can automatically recognise the shape or size of the workpiece and detect unexpected anomalies or defects on the surface of the material.

The gripper can be equipped with various sensors and cameras to read and analyse data. For example, it can use machine vision technology to accurately recognise the shape and position of the material, which will automate the gripping and positioning process [2].

In addition, the gripper can be equipped with an artificial intelligence system that learns to detect and respond to a variety of situations. For example, it can react to changes in material properties or damage, allowing the operator to effectively manage the processing process and prevent material waste.

In addition, integrating a gripper with an auxiliary function can

improve process monitoring by collecting production data that can be used to analyse performance and identify possible improvements to the system [3]. This can help reduce costs, optimise production processes, and ensure high product quality.

Overall, the use of a gripper with an auxiliary function in the injection moulding machine concept can significantly improve the efficiency and accuracy of the thermoplastic processing process, as well as reduce material loss and the risk of operator error, making it a powerful tool for modern manufacturing.

In the future, it is planned to develop the design of the gripping device and experimentally prove the effectiveness of its integration into the thermoplastic machine system.

### References

1. Zhu, G., Xiao, X., Li, C., Ma, J., Ponraj, G., Prituja, A.V., Ren, H. A Bimanual Robotic Teleoperation Architecture with Anthropomorphic Hybrid Grippers for Unstructured Manipulation Tasks. *Appl. Sci.* 2020, 10, 2086. <https://doi.org/10.3390/app10062086>

2. N. Stelmakh, I. Mastenko, O. Sulima, & T. Rudyk. (2023). Features of the implementation of computer vision in the problems of automated product quality control. *Informatyka, Automatyka, Pomiar* W Gospodarce I Ochronie Środowiska, 13(1), pp. 38-41, DOI: 10.35784/iapgos.3434

3. Moldovan C., Staretu I., Itu A. (2013). Software Modules for Command and Control of the Anthropomorphic Gripper for Robots. *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 332. P. 229-234 DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.332.229>

УДК 004.89:681.513

**Л. М. Маркіна**, ст. викладач

**Л. О. Гуменюк**, канд. техн. наук, доцент

**В. О. Сацик**, канд. техн. наук, доцент

**П. О. Гуменюк**, канд. техн. наук, доцент

*Луцький національний технічний університет*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МОДЕЛЮВАННІ В'ЯЗКОСТІ ЗАМІСУ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ МУЛЬТИАГЕНТНИХ СИСТЕМ**

В основу теорії і практики систем штучного інтелекту в першу чергу покладені поняття формальних систем, заснованих на класичній логіці, традиційних методах інженерії знань. На сьогоднішній день розвиваються нові підходи: нечітка логіка, нейромережеві моделі, генетичні алгоритми, багатоагентні (мультиагентні) системи і штучні організації [1].

Багатоагентна система складається з декількох взаємодіючих програмних компонентів – агентів, які здатні співпрацювати між собою для вирішення проблем, які не залежать від можливостей будь-якого окремого агента. Багатоагентні системи важливі, перш за все, тому що вони, як виявилось, мають дуже широке застосування в різних сферах, таких як контроль промислового процесу, електронна комерція, управління ресурсами, диспетчеризація, біотехнології та медицина, робототехніка, багатоагентна соціологія та багато інших. Взаємодія агентів проводиться у форм і переговорів за певними протоколами [2].

Визначення та регулювання в'язкості є важливими етапами у процесі приготування замісу, який впливає на ефективність виробництва спирту. В'язкість визначає ступінь рухливості замісу та його транспортування, що є лімітуючим фактором даного технологічного процесу.

В своїх дослідженнях ми здійснили спробу моделювання зміни в'язкості замісу для покращення якості керування процесом його підготовки в багатоагентному програмованому середовищі NetLogo.

Розроблена модель реалізує алгоритм, де створюється певна кількість агентів-черепашок, що представляють зерно та ферменти. Користувач задає співвідношення цих кількостей. Початковий інтерфейс моделі дозволяє встановлювати кількість зерна та

ферментів за допомогою повзунків grain та enzyme, а також змінювати температуру через повзунок temperature та час обробки.

Черепашки «розчиняються» із заданою ймовірністю, змінюючи в'язкість середовища, а відтак і свій колір (стають жовтими), що можна спостерігати на рисунку 1.

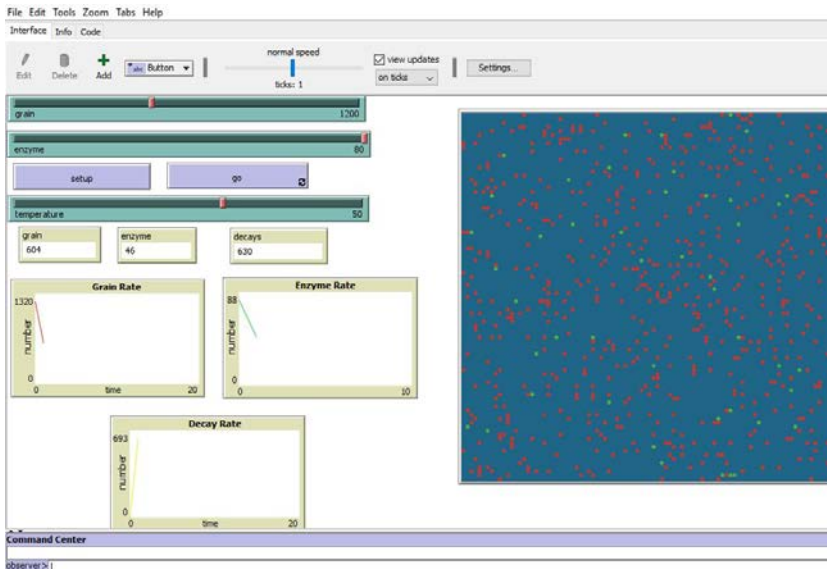


Рисунок 1 – Зміна в'язкості замісу та кольору черепашок у процесі розчинення

Таким чином, застосування ШІ на основі мультиагентних систем в середовищі NetLogo при моделюванні в'язкості замісу дозволяє точно визначати оптимальні параметри процесу (співвідношення часток зерно-вода, кількість ферментних препаратів, температурні режими і час обробки) та забезпечує більш ефективне виробництво спирту.

### Список використаних джерел:

1. Мультиагентні системи. URL: <http://surl.li/tvubm> (дата звернення 14.05.24).
2. Основні особливості використання мультиагентних систем та технологій. URL: <http://surl.li/tvuda> (дата звернення 14.05.24).

УДК 621.9.06:004.896

**С. В. Пономаренко**, аспірант**С. П. Сапон**, канд. техн. наук, доцент*Національний університет «Чернігівська політехніка»***Є. В. Легеза**, директор ТОВ «МЛ Технології»

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДИНАМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ

Сталим трендом останніх років в машинобудівній галузі є впровадження засобів виробництва з інтелектуальними функціями. Інтелектуальний шпиндельний вузол (ШВ) здійснює наступні функції: збір даних, обробка отриманих сигналів, управління виконавчими механізмами та видача результатів [1]. Інтелектуальні системи управління динамічними характеристиками ШВ сприяють підвищенню показників точності і якості обробки. Насьогодні досліджується ряд методів та засобів підвищення стабільності процесу різання за рахунок покращення динамічних характеристик ШВ та визначення оптимальних режимів обробки.

Як було виявлено [2], рекомендовані виробником режими різання можуть знаходитись за межами стабільної роботи технологічної оброблюючої системи. Тому прогнозування стабільності процесу різання дозволяє підбирати режими різання, при яких не виникатиме самозбурююча вібрація. Прогнозування стабільності відбувається шляхом побудови діаграми сталості (SLD – stability lobes diagram), яка відображає залежність швидкості обертання шпинделя від максимальної глибини різання, при якій оброблююча система не виходить зі стабільного режиму роботи. Для побудови SLD використовують [3] рівняння (1) з чотирма вхідними показниками: коефіцієнти різання, динамічні параметри системи, параметри процесу різання та геометрія інструменту.

$$M\ddot{q}(t) + C\dot{q}(t) + Kq(t) = K_C(t)[q(t) - q(t - T)] \quad (1)$$

Для усунення самозбурюючихся вібрацій використовують метод зміни частоти обертання шпинделя [4]. При цьому відбувається контроль вібрацій в зоні різання, і при наближенні до переходу різання в нестабільний стан швидкість обертання шпинделя варіюється системою управління для уникнення наростання самозбурюючих вібрацій.

Одним з напрямків покращення динамічних характеристик ШВ є оптимізація керуючої системи верстата. При порівнянні різних

підходів до управління режимами обробки [5] було показано, що найбільш перспективним є машинне навчання на основі нейромереж.

Для інтелектуальних систем управління найбільшу цікавість представляють активні методи усунення самозбурюючих вібрацій. В основі таких методів лежить:

- 1) спостереження за певним фактором, по якому визначається критичний рівень вібрацій;
- 2) обробка інформації щодо зміни факторів;
- 3) вплив виконавчого механізму на ШВ з розрахованим напрямом та потужністю.

До засобів, які реалізують активні методи керування ШВ, відносяться активний магнітний підшипник, п'єзоелектричний актуатор, інерційний вібропривод тощо.

Ще більший потенціал інтелектуальних систем управління ШВ розкривається при інтеграції шпиндельного вузла в загальну систему управління цехом. У металорізальних верстатах дізнатися про стан ШВ можна, порівнюючи «відбиток» цього компоненту після експлуатації з «відбитком» при запуску в експлуатацію [6]. Під «відбитком» розуміють часові (імпульс сили) та амплітудно-частотні характеристики приводу. Тому, опрацювавши дані системи управління ШВ на верстатах в цеху, можна оперативно вносити необхідні корективи в технологічну систему.

Попри достатньо велику теоретичну базу актуальним залишається питання практичної перевірки та застосування новітніх методів управління динамічними характеристиками ШВ. Тому дослідження можливостей інтелектуального управління стабільністю різання може зменшити кількість білих плям в наукових знаннях та практичних підходах як при проектуванні нових верстатів і вдосконаленні існуючих, так і в прогнозуванні стабільності різання і визначенні оптимальних режимів роботи.

#### **Список використаних джерел:**

1. J. Wójcicki, M. Leonesio, and G. Bianchi, "Potential for smart spindles adoption as edge computing nodes in Industry 4.0," *Procedia CIRP*, vol. 99, pp. 86–91, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.PROCIR.2021.03.015.

2. G. Corson, J. Karandikar, and T. Schmitz, "Integral blade rotor milling improvement by physics-guided machine learning," United States, 2021. [Online]. Available: <https://www.osti.gov/biblio/1836426>

3. C. Yue, H. Gao, X. Liu, S. Y. Liang, and L. WANG, “A review of chatter vibration research in milling,” *Chinese Journal of Aeronautics*, vol. 32, no. 2, pp. 215–242, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.cja.2018.11.007.

4. Z. Li, Q. Song, L. Zhanqiang, B. Wang, and Y. Cai, “Chatter suppression mechanism and parameters configuration of the spindle speed variation with piecewise characteristics,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 122, Sep. 2022, doi: 10.1007/s00170-022-10071-z.

5. M. Guo, W. Xia, J. Liu, W. Guo, and C. Wu, “Investigation on active vibration control to improve surface quality in precision milling process,” *Proc Inst Mech Eng B J Eng Manuf*, 2023, doi: 10.1177/09544054231207422.

6. H.-J. Koriath, M. Hoffmann, and P. Blau, “Цифровые технологии Industrie 4.0 для станков и промышленного оборудования,” *Avtomatisazija v promyshlennosti 1819-5962*, vol. 5, pp. 9–11, Apr. 2017.

## **ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАДАЧ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ВИТРАТОМЕТРІЇ**

Ультразвукова витратометрія є одним із важливих розділів вимірювань, який постійно розвивається і покращується. В першу чергу це зумовлено перевагам ультразвукових витратомірів (УЗВ) над іншими методами вимірювання: широкий діапазон, двонаправлений режим роботи, незначний вплив на профіль швидкості потоку, довговічність, вимірювання витрати агресивних та забруднених потоків. Поряд з перевагами, УЗВ притаманні недоліки, серед яких найвагомим є чутливість до зміни просторової структури профілю швидкості потоку, що виникають під дією різноманітних джерел (місцеві опори, регулююча апаратура). Зважаючи на це, одним з пріоритетних напрямків наукових досліджень є розробка ефективних способів підвищення точності вимірювання витрати УЗВ в таких умовах, зокрема збільшення кількості акустичних каналів (АК), задля ефективнішого покриття спотвореного профілю швидкості потоку.

Суть роботи багатоканальних хордових УЗВ полягає в підсумовуванні значень швидкості потоку виміряних вздовж АК. Згідно ISO 17089, існує два підходи до такого підсумовування (інтегрування) – утворення суми із застосуванням постійних або змінних вагових коефіцієнтів (для кожної швидкості свій коефіцієнт). Для знаходження вагових коефіцієнтів АК УЗВ можна застосовувати числові методи інтегрування або штучні нейронні мережі (ШНМ), які потрібно попередньо навчити [1-5]. Для навчання використовуються дані CFD-моделювання потоку за такої конфігурації трубопроводу, яка викликає спотворення структури потоку. Окрім цього, науковці пропонують використовувати ШНМ для передбачення ймовірної структури профілю потоку (його інтерполяції в точках, необхідних для УЗВ).

Розглянемо стислий огляд застосування ШНМ для інтегрування значень швидкості та передбачення структури профілю потоку в задач ультразвукової витратометрії: в [1] автори використовують ШНМ у вигляді багаточарових перцептронів або ШНМ радіально



базисних функцій; в [2] автори досліджують прогнозування профілів швидкості потоку з використанням класифікатора часткових шаблонів (Partitional Pattern Classifier), який першочергово був розроблений для розпізнаванні мовлення з використанням ШНМ; в [3] автори для інтегрування значень швидкості потоку застосовано тришарову ШНМ з прямим розповсюдженням; в [4] та [5] авторами на базі наявних результатів досліджень попередніх років, виконано удосконалення (оптимізацію) ШНМ для підвищення ефективності в умовах спотворень структури потоку – так в [4] запропоновано оптимізацію ШНМ з використанням генетичних алгоритмів, а в [5] пропонується використовувати машини опорних векторів (Support Vector Machine) або машини екстремального навчання (Extreme Learning Machine).

Як висновок, ШНМ завдяки високій здатності до складного нелінійного відображення між вхідними та вихідними даними, а також властивості до узагальнення, є поширеним методом дослідження УЗВ в умовах спотворень структури потоку. Комбінація ШНМ з методами машинного навчання є перспективним напрямом продовження таких досліджень.

#### **Список використаних джерел:**

1. Luntta, E., & Halttunen, J. (1999). Neural network approach to ultrasonic flow measurements. *Flow Measurement and Instrumentation*, 10, pp. 35-43.
2. Yeh, T. T., Espina, P. I., & Osella, S. A. (2001). An intelligent ultrasonic flowmeter for improved flow measurement and flow calibration facility. In *IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Budapest, Hungary, May 21-23, 2001*.
3. Zhao, H., Peng, L., Takahashi, T., Hayashi, T., Shimizu, K., & Yamamoto, T. (2014). ANN Based Data Integration for Multi-Path Ultrasonic Flowmeter. *IEEE Sensors Journal*, 14(2), pp. 362-370.
4. Hu, L., Qin, L., Mao, K., Chen, W., & Fu, X. (2016). Optimization of Neural Network by Genetic Algorithm for Flowrate Determination in Multipath Ultrasonic Gas Flowmeter. *IEEE Sensors Journal*, 16(5), pp. 1158-1167.
5. Qin, L., Hu, L., Mao, K., Chen, W., & Fu, X. (2016). Application of extreme learning machine to gas flow measurement with multipath acoustic transducers. *Flow Measurement and Instrumentation*, 49, pp. 31-39.

**Секція 2. МЕХАТРОНІ ТА  
РОБОТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ  
КОМПЛЕКСИ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**\*\*\***

**Section 2. MECHATRONIC AND ROBOTIC  
TECHNOLOGICAL COMPLEXES OF MODERN  
PRODUCTION**

УДК 621.865.8

**Ludmila Samchuk**, candidate of technical sciences

**Yuliia Povstiana**, candidate of technical sciences

**Solomiia Povstiana**, student of higher education of the Faculty of  
Computer and Information Technologies

*Lutsk National Technical University*

## **DEVELOPMENT PROCESS OF MECHATRONIC SYSTEMS BASED ON UML DIAGRAMS**

The implementation of any system, especially a technological one, requires detailed planning of its development. Such a plan should describe the entire process, starting from design, technical or software implementation, to testing. The process of designing a mechatronic system has its peculiarities based on the following principles: the use of combined engineering method, where some stages can be executed in parallel [1].

There are the main stages of design and implementation, which are common for all mechatronic systems: 1) analysis of system requirements; 2) creation of the basic concept and its mathematical or simulation modeling and testing; 3) selection of necessary third-party spare parts that best satisfy the specified requirements; 4) simulation testing of the system with new constraints or capabilities imposed by the selected components; 5) Optimization of the system design, and in case of unsatisfactory results, returning to point 2 or 3; 6) Synthesis of the mechatronic system and development of control system, firmware writing; 7) Final testing and commissioning, and if necessary, further support of the mechatronic system [2]. Regarding the design, development, and life cycle of mechatronic systems, the use of specialized tools requires them to meet certain criteria derived from the principles mentioned above: support for combined engineering method, i.e., parallel development of system components; support for a flexible approach to design and production work, with the ability, if necessary, to return to a previous stage; uniformity and widespread use of the design tool for ease of use and understanding, graphical clarity; high reliability and accuracy to avoid ambiguities and contradictions. In the process of designing mechatronic systems, it is advisable to use CASE tools for planning the implementation process of mechatronic systems, in particular, on the example of a Unified Modeling Language (UML). For example, let's create an activity diagram to describe the life cycle of an

abstract mechatronic system (Figure 1). As can be seen from Figure 1, UML allows you to graphically display the production processes that occur during the development of mechatronic systems in a very convenient and clear way.

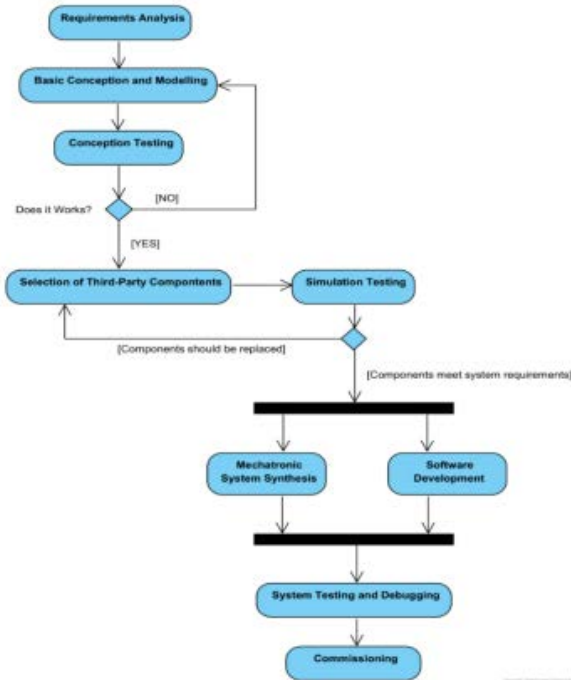


Figure 1 – Activity diagram for the mechatronic system design process

The field of mechatronics can borrow highly relevant design and business process planning tools from the IT sphere, including the Unified Modeling Language (UML).

### References:

1. Loveykin V.S., Romasevich Yu.O., Chovniuk Yu.V. Design and operation of mechatronic devices. Mechatronics: study guide. Kyiv, 2012. C.253-232.
2. Kunzel Gunnar. The Mechatronics Design Process. Information and automation technologies in production quality management, 12-14.09.2005p., C. 67-73.

## МЕХАТРОННИЙ МОДУЛЬ ТА КАРТЕЗІАНСЬКІ КОНСТРУКЦІЇ

Декартові роботи (лінійні або їх за кордоном називають картезіанськими) – це промислові роботи, три осі яких управляються лінійно і розташовані під прямим кутом один до одного [1]. Картезіанські конструкції широко застосовуються при проектуванні широкого класу технологічних машин, у яких робочим органом, що переміщається у просторі або площині, є технологічний інструмент. Це може бути фарбувальний пістолет, газорізальний палик, лазер, шпindel з різальним інструментом і т.п.

У цих машинах важливу роль відіграє траєкторія переміщення робочого органу. Це особливі вимоги до всіх систем машини. Такі машини оснащуються системами ЧПК та відповідними приводами з елементами точної механіки на всіх керованих осях.



Рисунок 1 – Типові конструкції картезіанських технологічних машин

Конструкції картезіанських машин будуються з урахуванням використання мехатронних модулів лінійного переміщення різних видів. Це можуть бути модулі з кульковинтовою передачею, зубчато-ременної передачі, лінійним електродвигуном, пневмо-і гідроциліндрами.

У систему лінійного переміщення обов'язково в тому чи іншому вигляді входить напрямний елемент, що задає траєкторію руху вздовж однієї осі прямокутної системи координат.

Перспективним підходом до проектування таких машин є

використання модульного принципу із застосуванням типових мехатронних модулів лінійного переміщення [2].



Рисунок 2 – Схема алгоритму проектування мехатронного модуля

Отже, застосувавши модульний підхід пропонується проста та зручна для інжинірингу а, за потреби, і реінжинірингу конструкції транспортно-технологічного агрегату, з параметрами мехатронної системи.

Подібний підхід є ефективним для розробки різних конструкцій аналогічних пристроїв.

### Список використаних джерел:

1. EngineersHandbook.com, «Cartesian Coordinate Robots.» [Online]. Available: <http://www.engineershandbook.com/Components/robclasscartesian.htm>.

2. Валецький Б.П. Сучасні принципи побудови контейнерних майданчиків складських терміналів / Б.П. Валецький // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. – Випуск 58. – Луцьк, 2017. – С.50-55.

УДК 621.7.077: 681.513.3

**В. Ю. Денисюк**, канд. техн. наук, доцент

**М. О. Огородник**, магістрант

*Львівський національний технічний університет*

## **МЕХАТРОННИЙ АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРООБ'ЄКТІВ**

Проектування і конструювання високоточних прецизійних мехатронних мікрomanipуляційних систем з високоточними напрямними є життєво необхідним для реалізації мікротехнологій. Це обумовлює актуальність постановки задачі підвищення точності мікропереміщень п'єзоелектричних мікрomanipуляційних систем шляхом розроблення методики та побудови комп'ютеризованих засобів вимірювання лінійних та кутових переміщень їх складових елементів на основі використання сучасних засобів накопичення та обробки відеоінформації з подальшою її обробкою [1, 2]. Тому мехатронний модуль точних переміщень автоматизованого комплексу для дослідження мікроб'єктів повинен володіти компактністю, конструктивною простотою, достатньою для зазначених задач точністю і швидкістю, а також відносно низькою вартістю [3].

Автоматизований комплекс дослідження мікроб'єктів складається з основи, мікроскопа, відеокамери, мікрomanipулятора, автоматизованої багатокоординатної системи столика, джойстиків, монітора і системи керування. Переміщення столика автоматизованого комплексу в діапазоні до 0,5 мм з точністю близько 0,5 мкм з використанням багат шарових п'єзоперетворювачів проблематичне, так як максимальні переміщення на 1-2 порядки менше необхідного при прийнятних габаритах. З цієї причини перспективним є використання біморфних п'єзоактуаторів (БПА). Для надійного і стабільного функціонування столика необхідно розробити алгоритми керування столиком.

На рисунку 1 зображена схема керування двокоординатного столика. Вона містить цифрову і аналогову частини: блоки пристрою керування, блоки приводів (БПА) і допоміжні блоки. Блоки пристрою керування включають контролери, панель оператора, ЦАП і АЦП, підсилювачі і датчики зворотного зв'язку (емнісні).

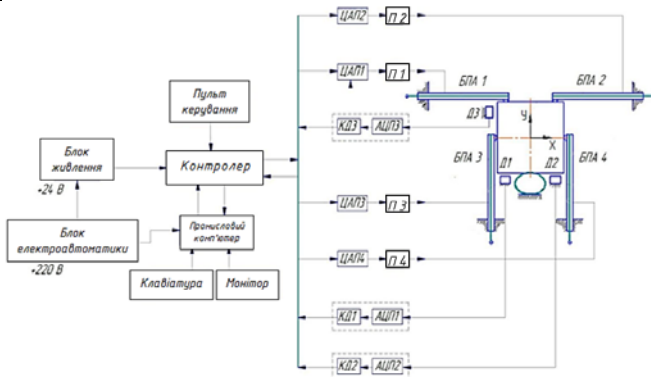


Рисунок 1 – Схема керування модуля точних переміщень столика:  
 Д1-Д3 – смісні датчики переміщення; КД1-КД3 – контролери датчиків; ЦАП1-ЦАП4 – цифро-аналогові перетворювачі; АЦП1-АЦП3 – аналого-цифрові перетворювачі; П1-П4 – підсилювачі

Алгоритм керування модуля точних переміщень столика з БПА забезпечує його ефективне функціонування в автоматичному і ручному режимах. Розроблено схему керування мехатронного модуля і визначені параметри основних її елементів, зокрема, цифрових смісних датчиків з контролером, від яких в основному залежить точність роботи всього модуля.

### Список використаних джерел:

1. Артюх О. М., Дударенко О. В., Кузьмін В. В., Сосик А. Ю., Щербина А. В. Основи мехатроніки: навч. посіб. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. 372 с.
2. Денисюк В. Ю., Симонюк В. П., Лапченко Ю. С., Тимошук А.А., Черняк С. О. Аналіз систем мікропереміщень для маніпулювання мініатюрними об'єктами. *«Теоретичні і експериментальні дослідження в сучасних технологіях матеріалознавства та машинобудування»*: зб. матер. VIII Міжнар. наук.-техн. конф., м. Луцьк, 25-28 трав. 2021 р. Луцьк, 2021. С. 25–27.
3. Денисюк В. Ю., Симонюк В. П., Лапченко Ю. С., Шибковський І. А. Метрологічне забезпечення вимірювання механічних та трибологічних властивостей матеріалів на субмікронному і нанометровому діапазонах лінійних розмірів. *«Перспективні технології та прилади»*: зб. статей. 2020. Вип. 17. С. 33–41.



## РОЗРОБЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ШТАНЦЮВАННЯ КАРТОНУ НАТИСКНИМ СЕГМЕНТОМ

Плоске штанцювання є найбільш розповсюдженим способом при виготовленні картонних розгорток. Саме за таким принципом побудовані штанцювальні преси провідних виробників, таких як Bobst, Heidelberg, Cama та ін. Однак великі пікові технологічні зусилля при плоскому штанцюванні [1], спричинені одночасним контактом висікальних і бігувальних лінійок по всій площині картонної заготовки, обумовили пошук альтернативних способів штанцювання.

Одним із них є застосування натискної пари сегмент – плоска штанцювальна форма [2]. В даному випадку зменшення пікових технологічних зусиль досягається завдяки мінімізації площі контакту між штанцювальною формою та натискним сегментом.

Програма експериментальних досліджень передбачає вирішення наступних завдань:

- проектування, виготовлення та монтаж експериментального стенда; розроблення 3D-моделі стенда;
- розроблення методики експериментальних досліджень вимірювання енергосилових параметрів;
- проектування та виготовлення технічних засобів вимірювання енергосилових параметрів штанцювання;
- визначення якості та енергосилових параметрів штанцювання картону для товщини картону  $\Delta=0,3-0,7$  мм; розміщення висікальної лінійки під кутом  $\alpha=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  відносно напрямку накочування сегмента; частоти обертання приводного вала механізму привода каретки та сегмента  $n=30-90$  об./хв.;
- за результатами експериментальних досліджень вивести емпіричні залежності для прогнозування енергосилових параметрів штанцювання картону натискним сегментом для різного форматного ряду штанцювальних пресів та різної заповненості штанцювальної форми технологічними інструментами.

3D-модель експериментального стенда зображена на рис.1. Стенд складається із електромеханічного привода 1; кривошипа 2,

регульованої тяги 3 та каретки 4 привода сегмента 5; зубчасторейкової передачі 6, плоскої штанцювальної форми 7. Штанцювання картонної розгортки *KP* забезпечується завдяки перекошуванню сегмента 5 по плоскій формі 7. Датчики для вимірювання крутних моментів наклеєні на приводному валу 8, закріпленому в опорі 9.

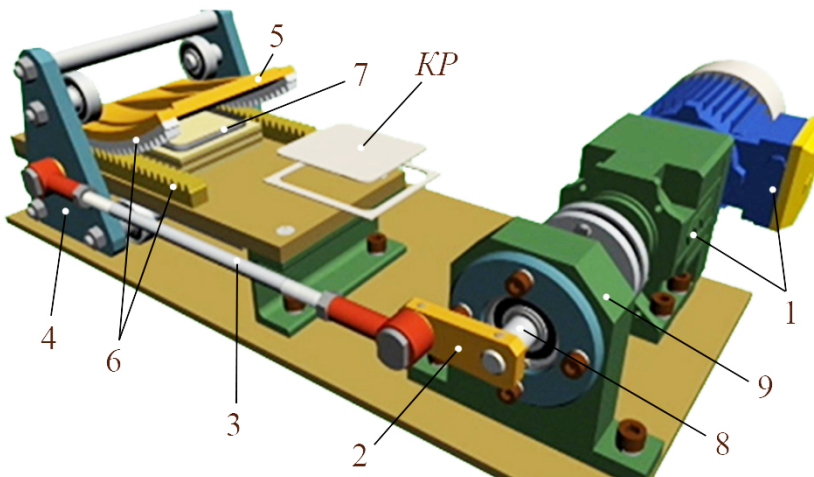


Рисунок 1 – 3D-модель експериментального стенда для досліджень штанцювання картону натискним сегментом

#### Список використаних джерел:

1. I. Regej, R. Knysz, O. Knysz. Prasa sztancowalna z użyciem segmentu naciskającego (stabilizacja procesu szancowania). *Opakowanie*. 2017. Warszawa: Wydawnictwo Sigma-NOT. S. 78–80.
2. Пристрій для виготовлення розгорток картонного пакування: пат. 112371 Україна: МПК В26F 1/38 (2006.01), В31В 1/16(2006.01). Регей І. І., Книш О. Б., Хведчин Ю. Й., Книш Р. О. №а201502149; заявл. 11.03.2015; опубл. 25.08.2016. Бюл. №16. 3 с.

УДК 681.5

Є. С. Лукашов, аспірант

А. С. Лукашов, аспірант

В. В. Клітний, канд. техн. наук, доцент

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

## **МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ ПІДВІСКИ З КЕРОВАНОЮ КВАЗІНУЛЬОВОЮ ЖОРСТКІСТЮ**

Однією з основних проблем при експлуатації машин чи механізмів є низькочастотна вібрація. Вона створює значні перешкоди для нормального функціонування машин та механізмів, впливає на здоров'я операторів та спричинює появу професійних захворювань. Розробка систем підвісок крісел для захисту оператора від вібраційного впливу для покращення умов праці є дуже важливим напрямом досліджень.

Більшість класичних рішень проблеми гасіння вібрацій у підвісках крісел не задовольняють необхідні потреби, оскільки вони не можуть адаптуватися до різних діапазонів вібрації та працюють на обмеженому спектрі частот. Ті підвіски, які в свою чергу можуть адаптуватися до вібрацій різноманітного діапазону є або надто дорогими для застосування або не підходять за своїми габаритами [1].

В роботі запропоновано схему підвіски крісла оператора з адаптивною квазінульовою жорсткістю (рис. 1), яка спираючись на роботи [2, 3] була допрацьована. До системи входить платформа 1 з центральним пружним елементом 2, напрямні рухомі блоки 4, які кріпляться планками 3 до платформи 1 з зовнішньою горизонтальною 7 і внутрішньою горизонтальною 8 пружинами, які переміщуються по напрямним 5, керуючий елемент складається з корпусу з рухомими боковими стінками 10 і розміщеного в ньому п'єзокерамічного елемента 11, який рухається по гільзі 12, система керування 9 і сенсорні п'єзокерамічні елементи 6.

Принцип роботи системи полягає в наступному. При збільшенні навантаження на центральну платформу 1 центральний пружний елемент 2 з горизонтальними зовнішніми пружинами 7 отримують деформації. В певному взаємному положенні горизонтальних пружинних елементів 3 підвіска миттєво змінює свою жорсткість, а отже змінює діапазон частот навантаження, що нею сприймається.

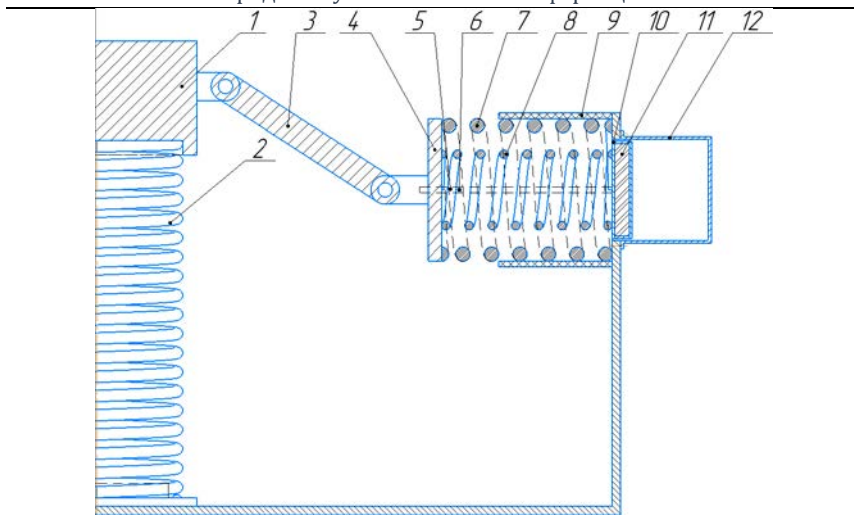


Рисунок 1 – Схема підвіски крісла оператора з керованою квазінульовою жорсткістю

Система керування 9 за рахунок сенсорних елементів 6 відстежує швидкість переміщень напрямних рухомих блоків 4 і за допомогою рухомих стінок корпусу 10, всередині якого знаходиться керуючий п'єзокерамічний елемент 11, входить в зачеплення зі стінками гільзи 12 і підключає до роботи горизонтальну внутрішню пружину 8, тим самим продовжуючи дію квазінульової жорсткості підвіски. За рахунок чого підвіска ефективно вирішує задачу віброзахисту оператора вантажопідійомної техніки.

Для моделювання роботи запропонованої системи підвіски розглянуто спрощену модель, яка складається з двох симетрично розміщених «Smart-Spring» для отримання негативної жорсткості і опорної вертикальної пружини (рис 2). На ступінь зниження вібрації в підвісці впливають різноманітні геометричні та жорсткості параметри. Так  $K_v$  і  $K_h$  представляють собою відповідно вертикальну та горизонтальну жорсткість;  $L_0$  являє собою початкову довжину пружини;  $L_h$  і  $L_{h0}$  – вихідна довжина і довжина пружини при довільному зміщенні;  $a$  – довжина планки;  $b$  – являє собою довжину від ізолюваного об'єкта  $M$  до нерухомого кінця «Smart-spring».

Були проведені статичні розрахунки для визначення оптимальних геометричних параметрів системи, параметрів

жорсткості для системи із застосуванням “Smart-Spring” та сил тертя, за рахунок яких забезпечується під’єднання внутрішньої горизонтальної пружини.

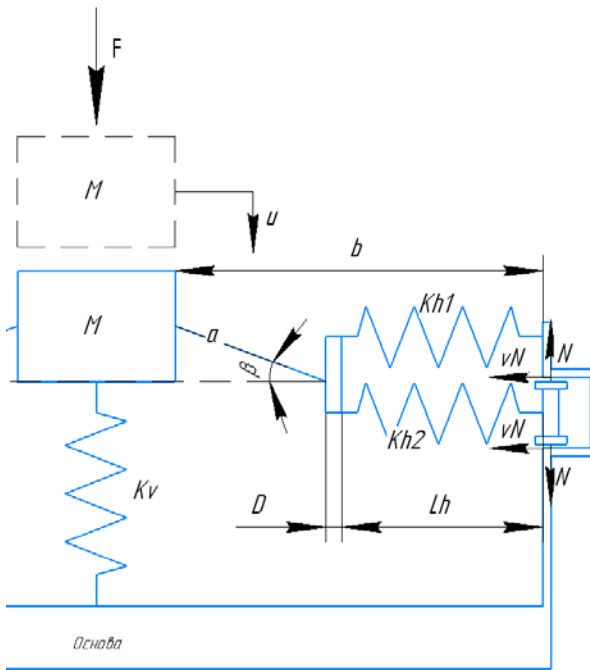


Рисунок 2 – Спрощена модель системи підвіски

### Список використаних джерел:

1. Abuabiah, M.; Dabbas, Y.; Herzallah, L.; Alsurakji, I.H.; Assad, M.; Plapper, P. Analytical Study on the Low-Frequency Vibrations Isolation System for Vehicle’s Seats Using Quasi-Zero-Stiffness Isolator. *Appl. Sci.* 2022, 12, 2418.

2. Патент України № 154191. Система підвіски крісла оператора вантажопідйомної техніки з адаптивною квазінульовою жорсткістю. F16F 13/00, 15/02.

3. Wickramasinghe, V., Yong Chen, & Zimcik, D. (2007). Experimental Evaluation of the Smart Spring Impedance Control Approach for Adaptive Vibration Suppression. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 19(2), 171–179. doi:10.1177/1045389x06074026.

**Секція 3. СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО  
КЕРУВАННЯ ТА ПРОГНОЗНОГО  
ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
КОМПЛЕКСІВ**

**\*\*\***

**Section 3. SYSTEMS OF AUTOMATIC  
CONTROL AND PREDICTIVE DIAGNOSTICS  
OF TECHNOLOGICAL COMPLEXES**

УДК 621.91 (075)

**Т. Н. Гальчук**, канд. техн. наук, доцент

*Луцький національний технічний університет*

**М. Бембенек**, докт. техн. наук, професор

*AGH Університет в Кракові, Польща*

## **РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ**

Розрахунок і вибір раціональних режимів – ключові ланки для розробки технологічних процесів обробки різанням деталей, що в основному визначає їх якість. В сучасних системах автоматизованого проектування технологічних процесів є вбудовані модулі розрахунків режимів різання. Проте результати розрахунків в таких системах є приблизними, оскільки відсутня оптимізація.

З метою автоматизованого проектування технологічних процесів розроблена програма розрахунку режимів різання аналітичним методом. Програма призначена для визначення режимів різання під час обробки на свердлильних, токарних і фрезерних верстатах. Рекомендується використання для проектування в умовах дрібно- і середнесерійного типів виробництв.

Програма з високим рівнем автоматизації рішення задачі. Робота користувача зводиться до введення даних, пов'язаних з оброблюваною деталлю на виконуваному технологічному переході. Для цієї мети передбачені зручні засоби. В залежності від кваліфікації користувача для введення даних по одному переходу необхідно 10...60 секунд. Програма може запускатися з будь-якого логічного диска (крім оптичного), з будь-якого місця. Для початку роботи не потрібно ніяких налаштувань. Може експлуатуватися в різних операційних системах. Дані автоматично зберігаються в базі. Результати режимів різання відображаються у пункті «Результати». Під час виведення режимів різання на друк, формується звіт, який можна роздрукувати або зберегти в \* pdf файлі.

Програма показала хороші результати для виконання практичних, курсових, кваліфікаційних випускних робіт із спеціальності прикладна механіка.

## **ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ АЛГЕБРИ ЛОГІКИ ДЛЯ СИНТЕЗУ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ АВТОМАТИКИ**

Під час підготовки пропозицій із покращення організації дорожнього руху, зокрема, покращення стану аварійності та зменшення затримок транспорту на перехрестях шляхом введення адаптивного світлофорного регулювання фахівець повинен знати, що пропонує і вміти науково це обґрунтувати. Ось чому здобувач освіти має навчитися застосовувати на практиці математичний апарат алгебри логіки для синтезу цифрового пристрою, який зможе організувати роботу контролера за тим або іншим алгоритмом.

В сучасних умовах з ростом інтенсивності руху транспортних і пішохідних потоків на окремих перехрестях часто постає необхідність у введенні адаптивного світлофорного регулювання, робота якого організована за різними алгоритмами, основним з яких є алгоритм пошуку розривів у транспортних потоках при фіксованому значенні основних управляючих параметрів.

Роботу автомату за алгоритмом пошуку розривів у транспортних потоках, в напрямку дії зеленого сигналу, при фіксованих значеннях основних управляючих параметрів (час, який визначає розрив у потоці, мінімальна й максимальна тривалість зеленого сигналу) легко пояснити за допомогою часових діаграм його роботи (рис. 1).

Сигнал перемикається із зеленого на червоний при виявленні часового інтервалу між автомобілями, які наближаються до перехрестя, більшого або рівного заданому. В іншому випадку, тривалість зеленого сигналу продовжується на тривалість заданого інтервалу.

Основними параметрами управління, в рамках обраного алгоритму роботи контролера нами було взято:  $t_{\min}$ ,  $t_{\text{ек}}$ ,  $t_{\max}$ .

Варто зауважити, що вибір запропонованого алгоритму визначається його простотою, а автоматичні пристрої, за допомогою яких його реалізують, не вимагають використання засобів обчислювальної техніки. Окрім цього, для відпрацювання такого алгоритму необхідно мінімум інформації



про параметри потоку, а його реалізація гарантує безаварійний проїзд транспортними засобами перехрестя.

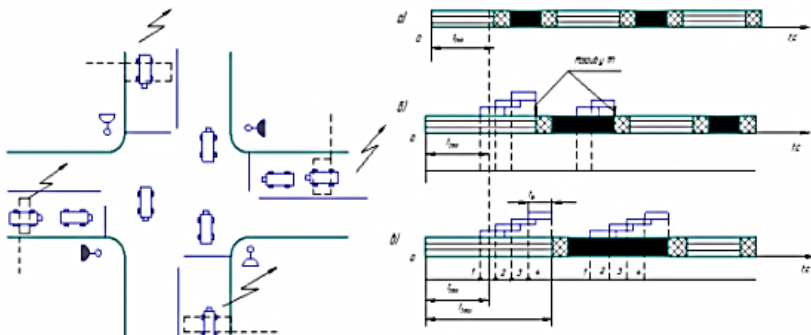


Рисунок 1 – Синтез ПЛП контролера, який забезпечує роботу світлофорної сигналізації за алгоритмом пошуку розривів у транспортних потоках

Плаваючий цикл світлофора буде мати місце тільки за умови появи автомобілів у зоні дії детекторів транспорту і виявленні розривів у транспортних потоках.

Встановлено, що за високої інтенсивності руху та відсутності транспортних засобів на усіх підходах до перехрестя відбудеться автоматичний перехід до автономного автоматичного регулювання по «жорсткій» програмі із тривалістю циклів  $T_{\text{Цmin}}=32$  с і  $T_{\text{Цmax}}=64$  с.

Окрім алгоритму синтезовано структурну схему програмно-логічного пристрою, яка дозволила забезпечити роботу світлофорної сигналізації із заданими параметрами.

### Список використаних джерел:

1. Войцицький А. П., Войцицький М. А. Електроніка і мікросхемотехніка: посіб. Житомир : Гельветика, 2018. 300 с.
2. Матвієнко М. П. Пристрої цифрової електроніки : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2021. 392 с.
3. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2019. 344 с.

УДК 681.52

**Н. В. Курилко,  
Р. М. Федоришин**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

## **СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ВІТРОВИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ**

Початково системи управління фокусувалися на оптимізації роботи окремих вітрових турбін, використовуючи базові стратегії управління для забезпечення стабільного виробництва енергії. Сучасні системи сконцентровані на груповому управлінні, де координація роботи багатьох вітротурбін дозволяє максимізувати загальне виробництво енергії, мінімізувати взаємні впливи, такі як завихрення від вітроколеса, та оптимізувати навантаження на конструкції самих вітротурбін [1].

Пріоритетною ціллю систем керування вітроелектростанціями (ВЕС) є забезпечення технічної сумісності генерованої енергії з електричною мережею, до якої підключена вітроелектростанція [2]. Сюди входять:

- **Якість електроенергії:** Електроенергія, вироблена ВЕС, має відповідати встановленим стандартам.
- **Робота під час критичних режимів:** ВЕС повинні мати здатність підтримувати електромережу при короточасних відхиленнях її параметрів від номінальних значень та уникати миттєвого від'єднання під час перебоїв у роботі електромережі.
- **Можливість обмеження максимальної активної потужності:** Надає оператору електромереж можливість балансування навантажень та підтримання стабільності мережі.
- **Можливість обмеження швидкості зростання вихідної потужності:** Забезпечує згладження пікових викидів активної потужності, пов'язаних з поривами вітру.
- **Можливість регулювання реактивної потужності:** Включає виробництво та споживання реактивної потужності в режимах регулювання  $\cos\phi$ , реактивної потужності або напруги в точці підключення ВЕС до електричної мережі.

Іншою важливою ціллю систем керування ВЕС є оптимізація режимів її роботи з метою мінімізації показника "Levelized Cost of Energy" (LCOE), який використовується для порівняння ефективності витрат для різних джерел генерації енергії. В

контексті систем автоматичного керування на цей показник впливають такі підцілі, як максимізація виробітку енергії та мінімізація навантажень на структурні елементи вітротурбін.

Перспективні напрямки досліджень у сфері автоматизації роботи вітроелектростанцій (ВЕС) включають [3]:

**Застосування штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН)** для прогностичного обслуговування, оптимізації продуктивності, прогнозування виробництва електроенергії та виявлення аномалій. Ці технології підвищують ефективність та надійність роботи ВЕС, забезпечуючи адаптацію до змінних умов та зменшуючи ризики відмов.

**Застосування алгоритми прогностичного керування** в тому числі лідар-базованого керування для покращення адаптивності та ефективності ВЕС. Ці методи дозволяють точніше передбачати та реагувати на зміни вітрових умов, оптимізуючи виробництво енергії та знижуючи навантаження на компоненти системи.

#### **Список використаних джерел:**

1. Njiri, J. G., & Söffker, D. (2016). State-of-the-Art in Wind Turbine Control: Trends and Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.110>
2. Tsili, M., & Papathanassiou, S. (2009). Review of grid code technical requirements for wind farms. *IET Renewable Power Generation*, 3(3), 308-332. <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2008.0070>
3. Meyers, J., Bottasso, C., Dykes, K., Fleming, P., Gebraad, P., Giebel, G., Göçmen, T., & van Wingerden, J.-W. (2022). Wind farm flow control: prospects and challenges. *Wind Energy Science*, 7(2271). <https://doi.org/10.5194/wes-7-2271-2022>

УДК 638.235.231

Ю. С. Лапченко, канд. техн. наук, доцент

Р. В. Сіжук, студент гр. МІВТс-21

Луцький національний технічний університет

### ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГАРМОНІК ВИХІДНОЇ НАПРУГИ ПРИ ПОВІРЦІ ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛІВ ВИСОКОЧАСТОТНОГО Г4-176

Для налаштування та тестування сучасної електронної апаратури, проведення досліджень у галузі радіоелектроніки та для вивчення фізичних процесів у технічних пристроях та системах потрібні найрізноманітніші електро- та радіовимірювальні прилади. В першу чергу, поряд із загальнодоступними мультиметрами, для лабораторії розробника електронних схем потрібні електронні осцилографи і джерела сигналів найрізноманітнішої форми [1]. Одним з них є генератор сигналів високочастотний Г4-176, діагностика якого є вельми важливою.

Визначення коефіцієнта гармонік вихідної напруги, що відповідає найбільшому рівню вихідної потужності, на гнізді О1 проводять на частотах 20, 204 Гц і 1; 2; 19,7; 100; 196; 299,9 кГц методом безпосереднього вимірювання за допомогою вимірювача нелінійних спотворень С6-11, селективного мікровольтметра В6-10, вольтметра ефективних значень Ф5263 і осцилографа С1-65А. Схема підключення зображена на рисунку 1 [2].

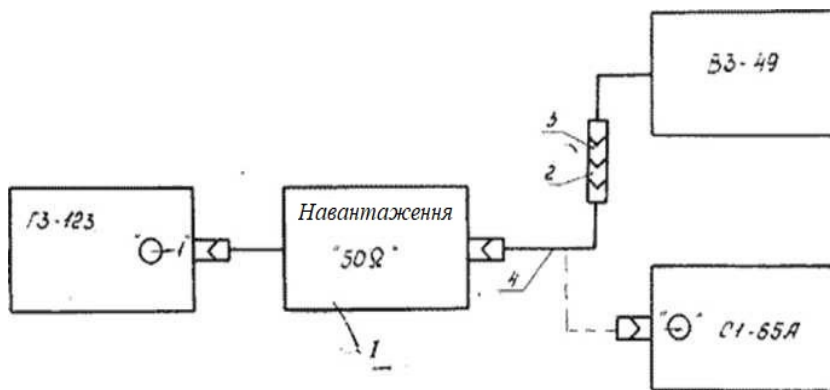


Рисунок 1 – Схема підключення приладів для перевірки нерівномірності рівня вихідної напруги: – навантаження «50Ом»; 2 – перехід коаксіальний 32-25; 3 – з'єднувач С-010; 4 – кабель сполучний

Перевірку коефіцієнта гармонік на гнізді «О1» проводять наступним чином. До гнізда «О1» підключають навантаження «50Ом», до навантаження підключають вольтметр Ф5263. На приладі, що перевіряється, встановлюють: перемикач НАВАНТАЖЕННЯ Ом в положення ВІДКЛІ; перемикачі ЧАСТОТА у положення «1000 Hz» (II піддіапазон); перемикач «<math>dV</math>» у положення «0»; перемикачами НАПРУГА V і ручкою плавного регулювання рівня вихідної напруги по вольтметру Ф5263 встановлюють напругу 22,5 В. відповідне найбільшому рівню вихідної потужності 10 Вт.

Відключають від навантаження «50Ом» вольтметр Ф5263, підключають вимірювач нелінійних спотворень С6-11 і визначають величину коефіцієнта гармонік. Вимірювання повторюють на частотах 20 Гц (I піддіапазон); 204 Гц (II піддіапазон), 19,7 кГц (III піддіапазон); 19,7; 100; 196 кГц (IV піддіапазон). На приладі, що перевіряється, встановлюють перемикачі ЧАСТОТА в положення «299,9 КHz». Перемикачами НАПРУГА V і ручкою плавного регулювання рівня вихідної напруги по вольтметру Ф5263 встановлюють напругу 22,5 В. Відключають від приладу, що перевіряється, навантаження «50Ом» і вольтметр Ф5263 і підключають виносний дільник «1:100». До дільника за допомогою коаксіального переходу 32-25 і з'єднувача С-010 підключають селективний В6-10 мікровольтметр з дільником «1:100». Вимірюють значення другої та третьої гармонік. Коефіцієнт гармонік  $K_r$  у відсотках визначають за формулою:

$$K_r = \frac{U_2^2 + U_3^2}{U_1} \cdot 100, \quad (1)$$

де  $U_1, U_2, U_3$  – напруги першої, другої і третьої гармонік у вихідному сигналі приладу, що перевіряється.

Відключають від приладу, що перевіряється, дільник «1:100» і селективний мікровольтметр В6-10. До гнізда «Ом» підключають навантаження «50Ом», до навантаження підключають осцилограф С1-65А. На приладі, що перевіряється, встановлюють перемикачі ЧАСТОТА в положення «001,0 Hz». Перемикачами НАПРУГА V і ручкою плавного регулювання рівня вихідної напруги встановлюють по екрану осцилографа С1-65А рівень вихідної напруги 22,5 (розмах напруги 64 В). При цьому на екрані осцилографа має спостерігатися неспотворений синусоїдальний сигнал. Вимірювання повторюють при положенні перемикачів

установки частоти «010,0 Hz».

Результати перевірки вважають задовільними, якщо величина коефіцієнта гармонік не перевищує:

- 0,1% у діапазоні частот від 20 Гц до 20 кГц;
- 0,2% у діапазоні частот понад 20 до 100 кГц;
- 0,5% у діапазоні частот понад 100 до 200 кГц;
- 1% у діапазоні частот понад 200 до 299,9 кГц.

**Список використаних джерел:**

1. Метрологія : навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Н.М. Защепкіна. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 397 с.
2. Паспорт на генератор сигналів високочастотний Г4-176.

УДК 621.337

**Л. М. Маркіна**, старший викладач

*Луцький національний технічний університет*

## **PID РЕГУЛЯТОРИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ**

На сьогоднішній день автоматизація виробництва передбачає використання не лише сучасних засобів автоматизації але розробку систем автоматичного регулювання. Це дозволить зібрати, обробити та провести аналіз даних, а також здійснити контроль і керування різними параметрами об'єкта з метою досягнення заданих цілей.

До основних компонентів систем автоматичного регулювання можна віднести:

1. датчики та сенсори, які збирають інформацію про стан об'єкта;
2. контролери, які аналізують ці дані та приймають рішення щодо необхідних дій.

Використання систем автоматичного регулювання автоматизації виробничих процесів значно підвищує ефективність роботи підприємств, знижує витрати та підвищує продуктивність.

Під час розробки системи автоматичного регулювання невід'ємною складовою, що забезпечує стабільність, точність та ефективність роботи технологічних процесів є використання регуляторів. Регулятори виконують функцію безперервного контролю та коригування параметрів об'єкта керування. Розрізняють три основні види регуляторів: P-регулятор, I-регулятор та D-регулятор. Всі вони використовуються для рішення різних завдань. Зокрема, пропорційний дозволяє визначити різницю між заданим і фактичним значенням параметра, інтегральний оцінює сумарну помилку за час і коригує вихідний сигнал на основі цієї суми та диференціальний враховує швидкість зміни помилки та коригує вихідний сигнал на основі цієї швидкості [1]. Серед перелічених регуляторів найбільшої популярності здобув PID-регулятор, який є найточніший та найстабільніший для контролю параметрів процесу.

Як приклад застосування такого виду регулятора є спиртова промисловість, а саме на ділянці приготування замісу, де здійснюється змішування таких компонентів, як вода, фермент та зерно. Впровадження САР з PID-регулятор на цій ділянці

забезпечує своєчасний контроль та регулювання таких параметрів, як концентрації та кількості отриманої суміші, яка надходить на наступні стадії [2]. Реалізація такої системи представлена на рисунку 1.

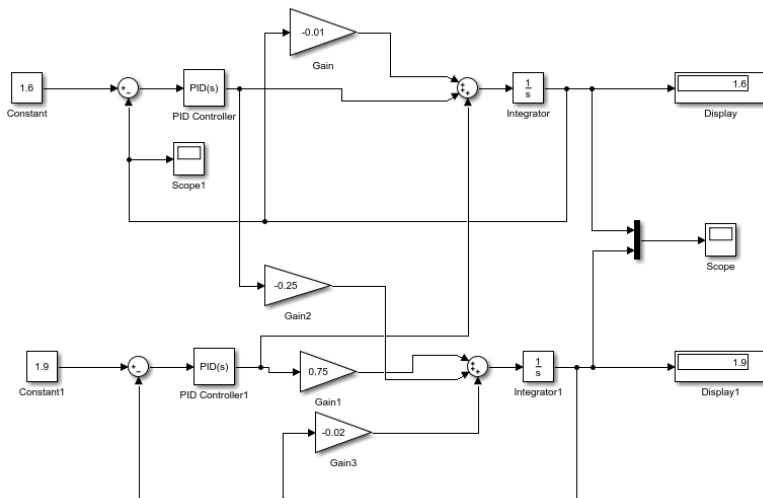


Рисунок 1 – САР приготування замісу з використанням PID-регулятора

Реалізація САР була здійснена з використанням Matlab. Результатом використання такої системи регулювання є забезпечення ефективної, стабільної та безпечної роботи параметрів процесу.

#### Список використаних джерел:

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і дог. — К.: Либідь, 2007. 656 с
2. Смолянкін О. О., Маркіна Л. М. Моделювання процесу замісу у змішувальному баку при виробництві спирту. // WORLD SCIENCE. № 6 (34) Vol. 2, June 2018. – P. 52-56.



**Б. О. Пальчевський**, докт. техн. наук, професор

*Луцький національний технічний університет*

**А. Свіць**, докт. техн. наук, професор

*Люблінська політехніка, Польща*

## МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ОЦІНКИ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ПАКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Згідно з стандартом ISO 13381-1-2016 залишковий ресурс – це час, що залишився до переходу машини в непрацездатний стан, скорочено RUL (Remaining useful life) [1]. Оцінка залишкового ресурсу ґрунтується на аналізі динаміки зміни показника ефективності обладнання на протязі тривалого часу спостереження за його роботою і прогнозі зміни цього показника до перетину контрольної межі, що визначає його критичний стан (рис. 1).

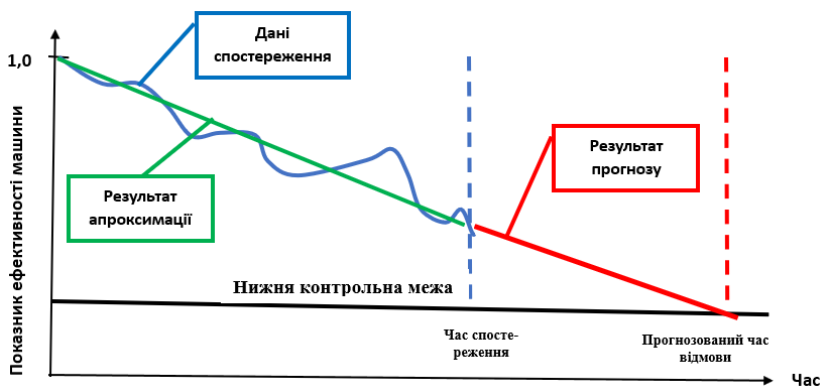


Рисунок 1 – Схема оцінки терміну залишкового ресурсу шляхом прогнозу показника ефективності обладнання

Такий підхід також називають підходом оцінки деградації стану обладнання (degradation model) [2]. В даному випадку є два варіанти вибору параметрів для прогнозу:

1. Прогноз сигналу з датчика.
2. Прогноз індексу технічного стану.

Для обох варіантів необхідні дані про роботу обладнання (технологічні параметри, сигнали з датчиків), але для другого випадку на їх основі будується індикатор технічного стану (health

indicator), який надалі використовується для прогнозу технічного стану обладнання. Індикатор технічного стану тоді являє собою результат агрегації різних показників. Для оцінки загального стану технологічного обладнання часто використовують показник загальної ефективності обладнання OEE (OEE – overall equipment effectiveness, загальна ефективність обладнання) [6]. Показник загальний ефективності обладнання OEE або  $E_{заг}$  – інтегрований показник ефективності обладнання дає змогу провести аналіз втрат продуктивності та виявити проблемні місця в обладнанні.

Для оцінки залишкового ресурсу необхідно мати потенційно доступні наступні дані:

- про роботу обладнання (технологічні параметри, сигнали з датчиків протягом усього терміну роботи обладнання з моменту запуску до моментів відмови).
- про час роботи обладнання повністю (тривалість “пробігів” повністю).
- про допустимі значення (контрольні межі) для окремих параметрів або індикаторів технічного стану, досягнення яких сигналізує про вихід обладнання з ладу.

Поширеним засобом використання статистичних підходів для керування і прогнозування виробничих процесів є контрольна карта Шухарта. Теорія контрольних карт дозволяє виявити реальні зміни в процесі. Контрольна карта Шухарта має дві статистичні визначальні контрольні межі відносно центральної лінії, які називаються верхньою контрольною межею (ВКМ) і нижньою контрольною межею (НКМ). В деяких ситуаціях аналізу робочих процесів, коли неможливо отримати більш за одне значення параметру процесу, наприклад значення характеристики ефективності обладнання, доводиться аналізувати і управляти процесом на основі індивідуальних значень. При використанні карт індивідуальних значень контрольні межі розраховують на основі міри варіації, отриманої по ковзних розмахах зазвичай двох послідовних спостережень. Ковзний розмах — це абсолютне значення різниці вимірів в послідовних парах, тобто різниця першого і другого вимірів, потім другого і третього, і так далі [3].

Процес прогнозування залишкового ресурсу технологічної системи можна розділити на наступні кроки [5].

Перший крок – це фіксувати сигнали моніторингу стану, які відображають деградаційну поведінку обладнання та побудувати індикатори стану обладнання з моніторингових сигналів щоб

кількісно визначити серйозність деградації.

Другий крок – класифікувати стадію деградації обладнання та визначити необхідні дії з його технічного обслуговування.

Третім кроком є прогнозування залишкового ресурсу обладнання.

Четвертий крок – фіксувати сигнали моніторингу стану, які відображають деградаційну поведінку компонент (механізмів чи вузлів) обладнання та побудувати індикатори їх стану обладнання з моніторингових сигналів щоб кількісно визначити серйозність їх деградації. Класифікувати компоненти за рівнем стадії деградації та визначити ті компоненти, які вимагають відновлювальних робіт.

Останнім кроком є прогнозування залишкового ресурсу деградованих компонент обладнання шляхом відображення різних моделей деградації.

Зазвичай при визначенні залишкового ресурсу обладнання вибір доводиться робити з моделей на основі даних, на основі знань чи на основі фізичного опису процесів, тобто для визначення залишкового ресурсу машини використовують такі методи прогнозування [1, 2]:

1. Методи, засновані на основі фізичного опису процесів поведінки контрольованого елемента обладнання, тобто на фізичних моделях відмови, і залежність цієї поведінки від різноманітних несправностей. В виробничих умовах необхідно побудувати фізичну модель, що описує процес деградації техніки.

2. Методи на основі моделі даних, які ігнорують фізичний опис процесів, що мають місце в обладнанні, та використовують емпірично встановлені зв'язки між тривалістю спостереження та появою відмов. І тому часто застосовують процедури машинного навчання. Прогностичні моделі на основі даних можна умовно класифікувати на два типи:

- Статистичні підходи зазвичай намагаються вивчити існуючі зв'язки між змінними в даних (наприклад, співвідношення між сигналом погіршення та часом роботи) і використовувати ці відносини для прогнозування поведінки в майбутньому.

- Прогнозування RUL на основі машинного навчання (ML). Сучасне обладнання забезпечене необхідною кількістю датчиків і контрольних пристроїв для відстеження великої кількості параметрів його роботи. При прогнозуванні помилок необхідно вибрати найбільш інформативну з них. Для вирішення цієї проблеми можуть бути використані методи машинного навчання

(ML).

3. Методи на основі знань спираються на відомості, що надаються проектувальником обладнання, а також на основі даних, отриманих у результаті досвіду його багаторічної експлуатації. А також в вигляді експертних систем з використанням евристичних моделей. На основі цих методів прогнозують очікувану поведінку системи, виходячи з деякого набору загальних правил. Для аналізу даних, що описують стан технологічного обладнання, ряд авторів використали експертні системи для діагностики складних механічних систем, верстатів з ЧПК, двигунів, зброї.

Нами була розроблена експертна система для визначення залишкового ресурсу багатопозиційної машини для пакування в'язких продуктів в полімерні пакети [4, 5]. Враховуючи, що таке пакувальне обладнання є багатокomпонентним, тобто включає значну кількість послідовно працюючих механізмів, і характеризується масовим випуском продукції, що визначає велику кількість повторюваних циклів в його роботі, то виникає сприятлива можливість визначати терміни їх залишкового ресурсу використовуючи статистичні підходи методів на основі моделі даних. Застосований метод прогнозування зосереджений на підходах, керованих статистичними даними, які використовують лише наявні дані минулих спостережень і статистичні моделі. Для проведення процедур моніторингу і прогнозування багатокomпонентного технологічного устаткування ми вважали, що відмови його компонентів є незалежними, адже при відновленні кожного з компонент простоює вся машина-автомат, отже потоки їх відмов зупиняються. Така модель інтегрує інформацію про необроблені дані з кількох компонентів і дозволяє визначити стан багатокomпонентного технологічного обладнання. Це також спрощує формування графіку і передбачення часу технічного обслуговування обладнання на основі результатів моніторингу в реальному часі. Коли ми бачимо погіршення показників роботи, то розуміємо, що потрібно готуватися до відмови обладнання, і слід проводити ремонт виявлених ненадійних компонент.

Нами була також створена гібридна прогностична система для визначення залишкового ресурсу обладнання та його компонент. Розглянуто двоетапний процес визначення залишкового ресурсу багатокomпонентної пакувальної машини-автомата для фасування молока в пакети. На першому етапі визначається тривалість терміну до відновлювальних робіт, а на другому – ті компоненти машини,

які повинні відновлюватися. Такий підхід дозволив за результатами моніторингу стану машини і її компонентів здійснити двоетапний аналіз і прогнозування її залишкового терміну. Спочатку ми аналізуємо існуючі дані, здійснюємо оцінку поточного стану машини-автомату і показуємо, чи існує потреба в запобіганні несправності і комплексному огляді стану компонент машини. Таким чином, на першому етапі ми виявили наявність проблем з необхідності технічного обслуговування машини шляхом використання карт індивідуальних значень Шухарта і визначення нижньої контрольної межі для показників технічного стану (динаміка частоти відмов і динаміка коливання коефіцієнту готовності (доступності OEE) машини. На другому етапі було виявлено компоненти, які найбільше впливають на зниження залишкового терміну машини і проведено аналіз їх стану також шляхом використання карт індивідуальних значень Шухарта для визначення нижньої контрольної межі показнику технічного стану (динаміка коливання коефіцієнту готовності (доступності OEE) компоненту. Такий процес визначення залишкового ресурсу забезпечує передбачення деградації технічного стану обладнання, використовуючи результати моніторингу технічного стану машини та її компонентів.

Переглянуті моделі оцінки RUL класифікуються на два широкі типи моделей, тобто моделі оцінки RUL, засновані на даних подій і на даних стану машини. Під даними про події ми маємо на увазі минулі зареєстровані дані про несправності. Дані стану машини теж є важливим джерелом інформації. Такі дані дуже різноманітні, наприклад дані про вібрацію, дані аналізу масла, температуру, тиск, вологість, вологість, дані про навантаження, швидкість та навколишнє середовище тощо. В подальшому для підвищення якості прогнозу доцільно знімати додаткові сигнали моніторингу в режимі онлайн за допомогою різних типів датчиків, що дозволяють уточнити технічний стан обладнання, наприклад сигнали вібрації, температури, струму двигуна, акустичних випромінювань тощо.

### **Список використаних джерел**

1. ISO 13381-1:2015, Condition monitoring and diagnostics of machines. Prognostics. Part 1: General guidelines, IDT.
2. ISO 17359:2003(E), Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines.

3. [Organització Internacional per a la Normalització](#). International Standard ISO 8258: Shewhart Control Charts. : ISO, 1991. 29 p. - ДСТУ ISO 7870-2:2016 (ISO 7870-2:2013, IDT) Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта - введено в дію 01.09.2016 [<https://bitly.su/kfgI>]

4. Palchevskiy B., Krestyanpol L.: APPLICATION OF PREDICTIVE MAINTENANCE IN THE PACKAGING PRODUCTION/ Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska – IAPGOS, № 3, 2022, pp. 27–33. [<http://doi.org/10.35784/iapgos.3051>]

5. B. Palchevskiy. Intellectual monitoring of parameters technological equipment/ naukovi\_notatky, 2022. - Volume 73.- Pages 228-233. DOI 10.36910/775.24153966.2022.73.33

6. Palchevskiy B. IMPROVING THE EFFICIENCY OF INTELECTUAL PACKAGING SYSTEMS // Technological complexes. - Scientific journal. - Lutsk: Lutsk national technical university, 2018, №1(15).- p.4-14

УДК 519.6

**О. М. Решетило**, канд. техн. наук, доцент

**Ю. С. Лапченко**, канд. техн. наук, доцент

**В. О. Сацик**, канд. техн. наук, доцент

**М. І. Власюк**, студент СКДм-21

*Луцький національний технічний університет*

## **РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ПРЕС-ЕКСТРУДЕРА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБІВ З ПЛАСТМАС**

Проведений аналіз технологічного процесу роботи прес-екструдера технологічного процесу виробництва виробів з пластмас показав, що здійснюється лише контроль температури в трьох зонах, відсутній контроль щільності заповнення форми масою, що не забезпечує високої якості готової продукції, технологічний процес потребує значних витрат електроенергії, відсутній контроль технічного стану прес-екструдера. Реалізація розробленої автоматизованої системи керування та діагностування прес-екструдера технологічного процесу виробництва виробів з пластмас, дозволить здійснювати контроль технічного стану прес-екструдера, прогнозувати ймовірність виходу з ладу його вузлів, здійснювати прогнозовану заміну або ремонт відповідних вузлів та елементів.

В автоматизованій системі керування та діагностування, використанні наступні технічні засоби автоматизації: для вимірювання рівня гранул в бункерах завантажувального пристрою та прес-екструдера використано давачі рівня дискретного типу ДУ-001; для контролю положення механізмів переміщення корпусу прес-екструдера та половини прес-форми використано геркони FLEX-14; для вимірювання температури у трьох зонах корпусу прес-екструдера та двох половинах прес-форми використано давачі ТС5289; для вимірювання тиску в фільтрі прес-екструдера використано давач тиску ПД-100 ДИМ; для ввімкнення електродвигунів приводів використано магнітні пускачі АСКО ПМ 4-95 380В; для керування швидкістю обертання електродвигуна приводу шнекового транспортера прес-екструдера використано частотний перетворювач NL1000-01R5G2 1,5 кВт 220В для трифазних електродвигунів; оскільки давачі температури та тиску мають уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА, то для їх

підключення використано модуль аналогового вводу ADAM-4017; для підключення давачів рівня та положення, що мають дискретний вихідний сигнал, і пускачів використано модуль дискретного вводу-виводу ADAM-4050; для передачі аналогового вихідного сигналу на частотний перетворювач використано модуль аналогового виводу ADAM-4024; для передачі даних в систему керування на персональний комп'ютер використано модуль перетворення інтерфейсів RS-232 в RS-422/485 ADAM-4520; для живлення автоматизованої системи керування та діагностування обрано імпульсний блок живлення моделі S-10-24 потужністю 10 Вт напругою 24 В та силою струму 0,42 А. Програме забезпечення вищого рівня автоматизованої системи керування станком прес-екструдером моделі CSE 2000 розроблено в SCADA-системі «Genesis 32» фірми Iconics. Для цього спочатку вибрано OPC сервер GPRS OPC, що є безкоштовним [1]. Використовуючи стандартні елементи бібліотеки в додатку GraphWorX 32 розроблено проект, що містить одновіконну панель керування, загальний вигляд якої наведено на рисунку 1.

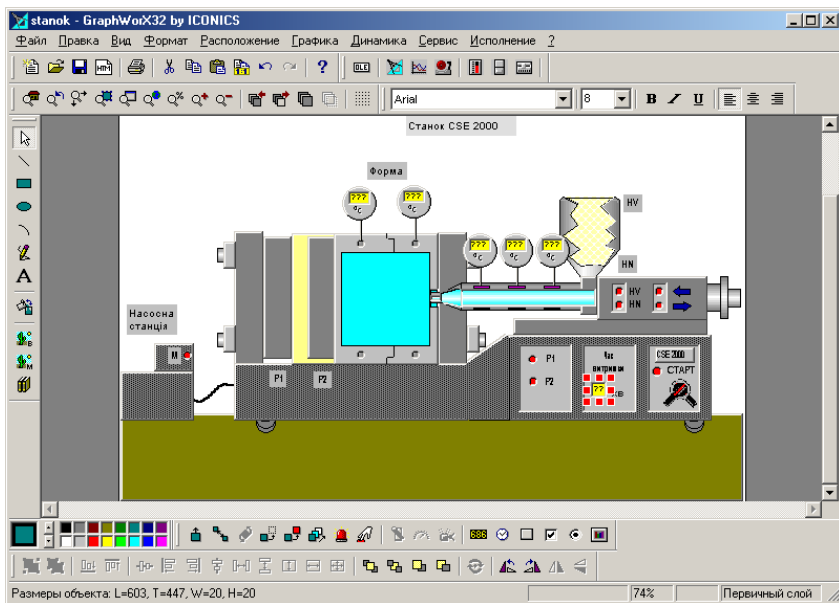


Рисунок 1 – Загальний вигляд статичної мнемосхеми прес-екструдера моделі CSE 2000 для виготовлення виробів з пластмас на базі SCADA-системи «Genesis 32»



Систему діагностування технічного стану обладнання технологічного процесу реалізовано в попередньо розробленому проекті на основі системи керування в SCADA-системі Genesis 32. Загальний вигляд робочого вікна бази даних системи діагностування наведено на рисунку 2.

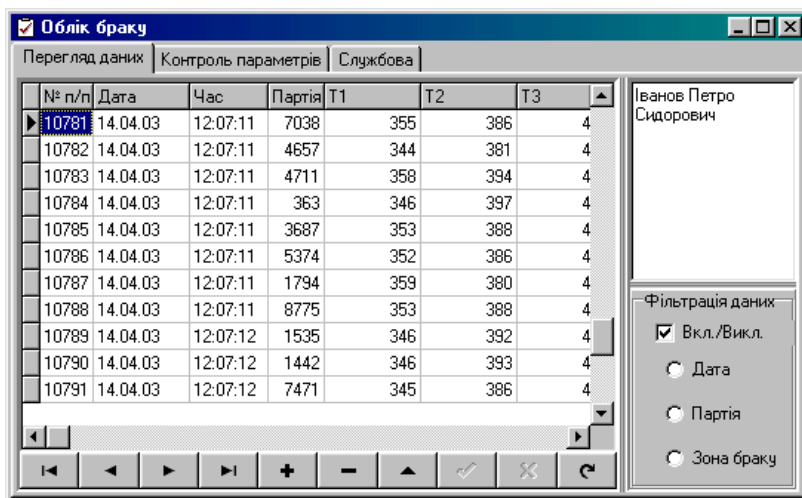


Рисунок 2 – Загальний вигляд робочого вікна бази даних системи діагностування

Програмне забезпечення системи керування та діагностування технологічного процесу виробництва виробів з пластмас методом екструзії реалізовано у вигляді проекту в SCADA-системі Genesis 32.

#### Список використаних джерел:

1. OPC Server URL: <https://es.ua/opc-server> (дата звернення 15.05.2024).

УДК 681.518:606.91

**О. Є. Середюк**, докт. техн. наук, професор

**М. М. Труфан**, аспірант

*Івано-Франківський національний технічний університет*

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПОДВІЙНОГО КОНТРОЛЮ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ РЕДУКТОРІВ ПРИВОДІВ НАФТОГАЗОПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ**

В сучасному світі інформаційно-вимірювальні технології займають переважаче місце у розвитку інтелектуальних систем контролю і діагностування. Вони дозволяють не тільки збирати, обробляти та передавати дані, але і аналізувати отримані дані для прийняття “розумних” рішень.

В роботі [1] нами розглянуто принципи методу подвійного контролю в інформаційно-вимірювальних системах і перспективи його застосування.

Метою дослідження є визначення ефективності методу подвійного контролю при діагностиці редукторів приводів нафтогазопромислового обладнання, зокрема при виявленні різноманітних їхніх дефектів, які стосуються зношування підшипників та зубчастих коліс в процесі їх експлуатації.

Редуктори, зазнають ряд фізичних впливів, які можуть впливати на їхню ефективність та надійність. Основні з них це нерівномірний перегрів і вібрації, які можуть бути ознакою несправності або нерівномірності в роботі редукторів.

Традиційні методи діагностування наведені в [2], такі як візуальний огляд, вимірювання рівня вібрації та аналіз масла, не завжди забезпечують достатню точність та надійність результатів. Тому, для досягнення більш точного та надійного контролю за станом редукторів приводів, нами пропонується застосовувати метод подвійного контролю технічного стану редукторів приводів нафтогазопромислового обладнання.

Суть методу полягає в паралельному оцінюванні отриманих даних з двох систем неруйнівного контролю: вібраційного та теплового та прийняття рішення на основі використання неконтрольованих алгоритмів машинного навчання.

Комбінація двох способів контролю, які передбачають в нашому випадку вібраційний і тепловий контроль на базі паралельного отримання даних та інтелектуальна їх обробка дозволяє виявляти

вібраційні аномалії, які можуть свідчити про несправність або нерівномірності в роботі редуктора і одночасно ненормальні теплові режими, такі як перегрів або нерівномірне розподілення тепла, які також вказують на несправність або проблеми у роботі редуктора.

Основними перевагами методу подвійного контролю є висока точність виявлення зношення редукторів, можливість оперативної діагностики та прогнозування можливих поломок. Крім того, цей метод дозволяє знизити час та витрати на обслуговування та ремонт редукторів, оскільки проблеми виявляються на ранніх стадіях їх розвитку.

#### **Список використаних джерел:**

1. Середюк О.Є., Труфан М.М., Винничук А.Г. Метод подвійного контролю в інформаційно-вимірювальних системах і перспективи його застосування. *Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи*: збірник тез та доповідей VI-а міжнар.наук.-практ. конф. м. Львів 16–17 листопада 2023 р. Львів:ЛПУ, 2023.С.270-271.

2. Копей Б. В., Заміховський Л. М., Євчук О. В., Стефанишин О. І., Копей В. Б. Вібраційна діагностика технічного стану редукторів верстатів-гойдалок, *Нафтогазова енергетика*: № 1(6) 2008. С. 25-27.

## **РОЗВИТОК СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ ПІД ЧАС РУХУ ПОЇЗДА**

Розвиток та удосконалення залізничного транспорту в Україні вимагає гарантій безпеки як для системи перевезення, так і для обслуговуючого персоналу.

На залізницях України у системі автоматичного контролю технічного стану рухомого складу під час руху поїзда продовжується експлуатація система пристроїв виявлення перегрітих аварійно букс (ПВНАБ-3), яка фактично застаріла. В даний час поступово вводиться новітня автоматизована система дистанційного контролю букс (АСДК-Б). При модернізації пристроїв і систем залізничного транспорту в Україні відмічається тенденція до застосування мікропроцесорної техніки. Пристрої виявлення аварійних букс побудовані на застосуванні вимірювання інфрачервоного випромінювання від корпусу букси та елементів колісної пари. Виявлення аварійного стану визначається перевищенням температури. [1]

У світовій практиці для дослідження інфрачервоного випромінювання були розроблені спеціальні прилади – інфрачервоні камери та на їх основі – теплові зори (термографи). Ці прилади дають змогу не тільки реєструвати ІЧВ, але й вимірювати його параметри, а також перетворювати низько енергетичне випромінювання на видиме для ока людини зображення.

Одним із основних елементів тепловізорів є фотоприймач. Сучасні фотоприймачі мають фокально-площинні інфрачервоні матриці (ІЧ-матриці), які можуть бути виконані на основі різних матеріалів – халькогенідів (бінарні сполуки елементів з халькогенами – елементами 6 групи головної підгрупи ( S, Se, Te, Po) свинцю (PbS, PbSe), сполуки кадмій- ртуть – телур – HgCdTe, антимоніду індію (SnSb), силіциду платини (PtSi), домішок кадмію (Si:x) та германію (Ge:x ), багатошарових структур із квантовими ямами на базі GaAs/AlGaAs ( так званих QWIP детекторів – Quantum WellInfrared Photodetector), мікроболометрів та піроелектриків.[2]

Температура шийки осі колісної пари в постійному режимі залежить від швидкості руху поїзда, температури довкілля, механічного навантаження на підшипник буксового вузла та інших факторів.

В сучасних системах виявлення перегрітих букс по ходу руху поїзда (наприклад, АСДК-Б) застосовано новий спосіб вирішення проблеми вибору температури еталону. Так, з урахуванням температури довкілля, за еталон температури прийнята температура калібратора камери, виміряна в безпосередній близькості від місця установавання приймача ІЧВ при заході поїзда до зони контролю. Завдяки цьому виключається вплив факторів, що негативно впливають на якість контролю.

З теплових приймачів ІЧВ для апаратури контролю нагріву букс інфрачервоною енергією відповідають болометри та пірометричні приймачі.

У закордонних компаніях використовуються різні принципи побудови апаратури виявлення перегрітих букс. Зокрема це: принцип уловлювання та перетворення в електричні сигнали енергії ІЧВ; принцип апаратури телевимірювання з видачею телеметричної інформації на самописець; обробка первинної телеметричної інформації постовим обладнанням з подачею інформації про результати контролю на реєструючий пристрій станційного обладнання та ін.. [3]

Висновок. Для досягнення безпеки руху, уникнення техногенних та екологічних катастроф необхідно активно впроваджувати нові перспективні вітчизняні та зарубіжні технології із впровадженням повної комп'ютеризації систем автоматичного контролю технічного стану рухомого складу.

#### **Список використаних джерел:**

1. Борзилов І.Д. Удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів засобами технічної діагностики. - Харків: УкрДАЗТ, 2003.-Ч. 1. -91 с.
2. Кошовий С.В. Система автоматичної ідентифікації рухомого складу САІ “Транстелекарт” // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. - № 5. – С 48-53.
3. Самсонкін В.Н., Бойник А.Б., Соколов О.Й. Безпека руху поїздів на залізничному транспорті.-К.:КУЕТТ, 2005.–170 с.

**Секція 4. ІНФОРМАЦІЙНО-  
ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ  
АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
СИСТЕМ**

\*\*\*

**Section 4. INFORMATION AND  
MEASUREMENT SYSTEMS OF AUTOMATED  
TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

УДК 681.518.22

**І. В. Григоренко**, канд. техн. наук, доцент

**С. М. Григоренко**, канд. техн. наук, доцент

*Харківський національний технічний університет «ХПІ»*

## **РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛАВЛЕНОГО СИРУ**

Плавлений сир є популярним молочним продуктом, який виготовляється термомеханічною обробкою сиру одного чи декількох найменувань та сиру, у присутності солей-плавників або структуроутворювачів, із додаванням продуктів, отриманих із молока та харчових продуктів, і біологічно активних добавок, ароматизаторів або без них. На Україні якість плавленого сиру регламентують ДСТУ [1].

Підтримка якості та смакових властивостей плавленого сиру залежить від контролю параметрів технологічного процесу на усіх етапах виробництва, що досягається завдяки створенню інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) контролю, яка отримує інформацію від об'єкту контролю та на підставі порівняння поточних значень параметрів з уставками формує керуючі впливи для виконавчих пристроїв з метою дії на технологічний процес. На рисунку 1 представлено спрощену структурну схему ІВС (без виконавчих пристроїв), яка здатна вирішувати визначені завдання.

До складу ІВС входять наступні елементи: ПВП1, ПВП2, ПВП3 – первинні вимірювальні перетворювачі, що призначені для контролю температури сирної маси у плавнику; ПВП4 – для контролю рівню рН сирної маси, який містить датчик температури та АЦП; ПВП5 – для виміру тиску пару, необхідного для забезпечення додаткового підплавлення сирної маси; ПВП6 – для виміру температури при стерилізації; ВВП1 – ВВП4 – це вторинні вимірювальні перетворювачі, у якості яких виступають цифрові перетворювачі напруги із вбудованими прецизійними підсилювачами та аналого-цифровими перетворювачами (АЦП); мікроконтролер для обробки вимірювальної інформації та забезпечення обміну даними.

У схемі використані наступні позначення:

ГСІ – зовнішній генератор синхронізуючих імпульсів для мікроконтролера;

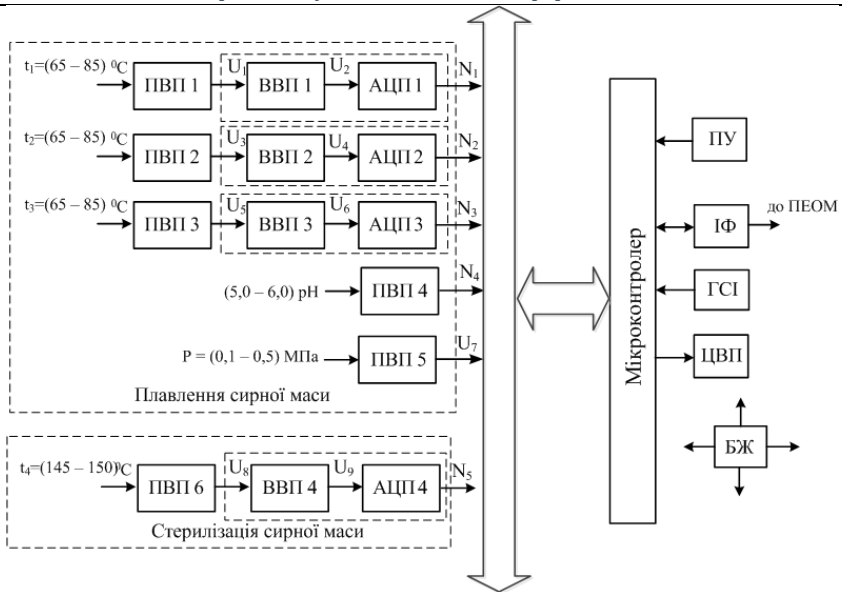


Рисунок 1 – Структурна схема ІВС контролю технологічного процесу виготовлення плавленого сиру

ПУ – пульт управління для початкового налаштування мікроконтролера та його скидання;

ІФ – інтерфейс для обміну даними із зовнішніми пристроями, зокрема із ПЕОМ;

ЦВП – цифровий відліковий пристрій, що забезпечує відображення інформації про поточні значення параметрів контролю у відповідності із алгоритмом опитування;

БЖ – блок живлення для забезпечення необхідної живлючої напруги для роботи ІВС.

### Список використаних джерел:

1. ДСТУ 4635:2006 Сири плавлені. Загальні технічні умови. [Чинний від 2007-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007.



## **АНАЛІЗ ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ У МЕТАЛУРГІЇ**

Застосування методів оптичного неруйнівного контролю надзвичайно поширене у різних галузях науки, техніки та промисловості. Серед різних видів оптичного контролю слід виділити спектральний метод, який базується на принципах оптичної спектроскопії і пов'язаний з вивченням спектральних характеристик емісійного, відображеного випромінювання, або випромінювання, що пройшло через об'єкт контролю оптичного випромінювання і дослідженням за отриманим спектром інформації про його стан. В результаті аналізу спектру емісійного випромінювання вдається отримати надзвичайно різноманітну інформацію про процес, що відбувається, або стан об'єкта, а також виділити ряд інформаційних ознак, на підставі яких можливе здійснення процедури контролю та управління цими процесами [1].

Контроль складу металів і сплавів, що виплавляються, є важливою процедурою, на основі якої визначається процентний вміст домішок та легуючих добавок у металі, а також елементний хімічний склад сплавів. Процес контролю хімічного складу має надзвичайно важливе значення в металургії, оскільки знання чистоти металу та домішок, що містяться в ньому, визначає і дозволяє прогнозувати технічні характеристики деталей, які будуть виготовлені з цього металу чи сплаву [2].

В даний час існує декілька методик контролю складу металів, що виплавляються: рентгенофлуоресцентний аналіз, пробірний аналіз, спектральний аналіз. Ці методи контролю складу металів і сплавів мають суттєвий недолік – відсутність можливості виконання процедури контролю в режимі реального часу.

Оптичний спектральний метод може бути успішно застосований для контролю технологічного процесу виплавки металів у режимі реального часу. Цей метод контролю складу металів і сплавів є найкращим, тому, що поєднує в собі високу швидкість та точність вимірювання з можливістю неруйнівного контролю технологічного процесу у режимі реального часу у разі застосування методів безконтактної оптичної спектроскопії [3, 4].

Застосування оптичного спектрального методу контролю можливе також у вакуумно-дуговому плавленні, особливо в процесах отримання зливків тугоплавких металів. Для отримання монокристалічного зливка металу необхідно здійснити його переплавлення. Оскільки тугоплавкі метали, до яких належить титан, вольфрам, молібден, нікель та інші плавляться при температурі вище 2000 °С, процес контролю виплавки проходить в екстремальних умовах – підвищеної температури. Звідси впливає завдання безконтактного контролю процесу виплавки.

Завдання контролю процесу виплавки тугоплавких металів в екстремальних умовах може бути вирішено за рахунок застосування методу безконтактної оптичної спектроскопії, основою якої є передача дослідження, що аналізується, на безпечну відстань за допомогою волоконно-оптичної системи передачі. При цьому серед різних класів спектральних приладів перевагу слід віддати спектральному приладу з дифракційними решітками, оскільки він має більш високу роздільну здатність і має можливість виконувати спектроскопічні вимірювання в широкому діапазоні аналізованих довжин хвиль (частот), що є значною перевагою у порівнянні, наприклад, з паралельним аналізатором спектра оптичних сигналів діапазону.

#### **Список використаних джерел:**

1. Солтис І. В. Техніка спектроскопії: навч. посіб. Чернівці: ЧНУ, 2022. 132 с.
2. Лепіх Я. І., Сантоній В. І., Будіянська Л. М. Оптико-електронні системи ближньої локації: монографія. Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І.І. Мечникова, 2019. 294 с.
3. Мельничук Д. О., Мельничук С. Д., Войціцький В. М. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики: навч. посіб. Київ: Компринт, 2016. 289 с.
4. Денисюк В. Ю., Гарбарчук Р. А. Аналіз оптичних спектральних приладів для задач контролю на базі вимірювання оптичних спектрів. *Актуальні проблеми автоматизації та управління*: матер. XI-ї Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Луцьк, 30 лист. 2023 р.). Вип. 11. Луцьк, 2023. С. 269–275.

УДК 628.9.04

**О. С. Кохан**, аспірант

**К. О. Дядюра**, докт. техн. наук, професор

*Національний університет «Одеська політехніка»*

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Вугілля залишається одним із найпоширеніших видів викопного палива у світі. Деякі країни вже почали відмовлятися від використання вугілля, щоб зменшити викиди вуглекислого газу, але інші все ще покладаються на нього в значній мірі для виробництва електроенергії. Інформаційно-вимірювальні системи відіграють важливу роль у сучасному розвитку вугільної промисловості та пом'якшують протиріччя між розробкою вугільних ресурсів їх використанням та захистом навколишнього середовища. Впровадження інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем дозволяє здійснювати моніторинг параметрів середовища, контроль за якістю продукції та відстеженням технічного стану обладнання.

Це дослідження має на меті проаналізувати принципи сучасних сенсорних, електронних та комунікаційних технологій, а також відповідні специфікації та вимоги до дизайну системи інтелектуального моніторингу вугілля.

Цифрова трансформація є рушійною силою сучасних технологічних тенденцій у промисловому виробництві. Стандарт ISO/IEC 42001 вводить систему управління штучним інтелектом (ШІ). Виробничі системи стають все більш складними. Складна система включає в себе невизначеність, тому результат не цілком передбачуваний або контрольований. Традиційного послідовного планування та роботи, керованого експертами, вже недостатньо, оскільки складна система є непередбачуваною та її неможливо зрозуміти повністю. Натомість потрібен децентралізований, динамічний та адаптивний підхід, який взаємодіє з системою. У зв'язку з цим адаптація стає доповненням до контролю під час роботи виробничої системи. Незалежно від доступності, джерела даних у виробничому процесі є дуже неоднорідними, тому для збору даних потрібні спеціальні інтерфейси, протоколи зв'язку тощо. Важливим аспектом збору даних є створення унікального ідентифікатора (ID) для відстеження. З інженерної точки зору,

ідентифікатори сприяють ефективному управлінню даними та гарантують, що відповідні дані можна знайти та отримати доступ для їх аналізу. Чотири рівні зрілості характеризують аналітику даних і виробничу аналітику. Ці рівні різняться залежно від якості інформації та знань і, таким чином, вимагають людського впливу. На найнижчому рівні описовий аналіз покращує видимість виробничих систем, надаючи інформацію про те, що відбулося. Ще один крок далі, діагностичний аналіз розпізнає взаємозв'язки та інтерпретує їх для виявлення першопричин. Отже, діагностичний аналіз підвищує прозорість. На третьому рівні прогнозний аналіз вивчає закономірності з історичних даних, щоб передбачити майбутні дані, відповідно, їхню ймовірність. Наказовий аналіз мінімізує людський внесок і безпосередньо веде до прийняття рішень. Залежно від досяжного рівня автономії надається або підтримка прийняття рішень, щоб дозволити людині приймати покращені рішення, або рішення повністю автоматизоване.

У цьому дослідженні розроблено інтелектуальну інформаційно-вимірювальну систему щодо управління видобутком, збагачення, зберіганням та використанням вугілля для проектів енергозбереження шляхом впровадження алгоритмів, які інтегрують нормативні вимоги та економічні вигоди, технічні рішення, методи управління якістю та витратами. У роботі використовуються сучасні технології інформаційних систем. Розроблена система складається з алгоритму самонавчання з удосконаленим алгоритмом навчання оптимізації роя частинок (IPSO), моделі прогнозування, визначеної методом удосконаленого аргументування на основі випадків (ICBR), і моделі оптимізації, що містить удосконалену систему адаптивного нейронного нечіткого висновку. (IANFIS) та IPSO.

**Секція 5. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ  
СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
КОМПЛЕКСІВ**

\*\*\*

**Section 5. FUNCTIONAL ELEMENTS OF  
MODERN TECHNOLOGICAL COMPLEXES**

УДК 621.313

**Ю. М. Кузнєцов**, докт. техн. наук, професор

**В. Ф. Шинкаренко**, докт. техн. наук, професор

**В. Р. Нікітенко**, студент

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

## **МОТОР-ШПИНДЕЛЬНІ АГРЕГАТИ ДЛЯ БАГАТОШПИНДЕЛЬНИХ ТОКАРНИХ АВТОМАТІВ**

Аналіз сучасних тенденцій в еволюції мотор – шпинделів (М-Ш) показує, що одним з перспективних напрямів їх удосконалення є створення багатокоординатних мотор-шпиндельних агрегатів, призначених для функціонування у складі металообробних центрів і верстатів з цифровими системами керування. Багатокоординатна обробка вважається елітою процесів металообробки. Провідні виробники сучасних М-Ш створюють широкий спектр інноваційних високотехнологічних продуктів, щоб задовольнити найвищі вимоги цифрового автоматизованого виробництва. Останнім часом набули широкого використання мотор – шпиндельні агрегати з просторово адаптивною структурою приводних ЕМ-систем, які реалізують складні багатокоординатні рухи робочого органу. Такі агрегати використовуються для спеціалізованої, універсальної та загальної обробки складних деталей і вузлів [1-3].

З точки зору теорії генетичного структуроутворення, багатокоординатність, є результатом хромосомних трансформацій з використанням принципів гібридизації, мутації, реплікації та ізомерії. Відкриття закону гібридизації створює принципово нові можливості для структурного передбачення, системного аналізу і синтезу нових класів та Видів складних гібридних ЕМ-структур [5-8]. Синтез з використанням технології генетичного передбачення супроводжується гарантованим інноваційним ефектом. Тому, методологія інноваційного синтезу є ключовим елементом в концепції створення знання та перетворення його на матеріальні цінності, що споживаються суспільством.

Результатами фундаментальних досліджень, виконаних на кафедрі електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського, встановлено, що структурна організація і еволюція довільних класів технічних систем, які функціонують на принципах електромеханічного

перетворення енергії, визначається принципами і законами генетично організованих систем [7,8]. До категорії таких систем відносяться і мотор-шпинделі (М-Ш). Енергетичним і генетичним і ядром технічних систем з електромеханічними перетворювачами енергії є активна зона перетворювача енергії, який є фізичним і інформаційним носієм генетичної інформації і відповідного генетичного коду. Можливість ідентифікації структури і інформації генетичного ядра довільного представника М-Ш відкриває можливість визначення їх генетичних програм структуроутворення за методологією генетичного аналізу електромеханічних систем [4,7].

Метою роботи є розробка гібридних мотор – шпиндельних агрегатів з просторово адаптивною модульною структурою, які забезпечують багатокоординатний рух робочого органу.

Основу структуроутворення багатошпиндельних вузлів модульного типу становлять оператори реплікації і ізомерії, які в комбінації з операторами схрещування та структурної мутації визначають широкий спектр їх просторових композицій в сучасному верстатобудуванні. Сучасні багатошпиндельні агрегати можуть мати різні компоновальні схеми в тривимірному просторі, які визначають просторову орієнтацію і функціональні можливості робочих головок шпинделів [9].

Синтезована гібридна модульна структура двокоординатного гібридного М-Ш, в якій функцію двигуна головного руху ( $OZ$ ) виконує високошвидкісний двигун циліндричного типу (модуль  $M_1$ ), а функцію поворотного приводу відносно осі  $OX$  – кроковий торієдно плоский двигун (модуль  $M_2$ ) (рис. 1).

Аналогічно синтезовані модульні структури трикоординатного і чотирикоординатного М-Ш [9]. За результатами досліджень [4-8] розроблено і апробовано методологію багаторівневого генетичного синтезу гібридних електромеханічних структур та здійснено розробку їх структурних схем на прикладі багатокоординатних мотор-шпиндельних агрегатів з адаптивною просторовою структурою, які призначені для функціонування у складі інтелектуальних металообробних центрів.

Розроблений генетичний каталог багатокоординатних шпиндельних агрегатів з просторово адаптивною структурою виконує функцію системної основи для розробки алгоритмів автоматизованого синтезу довільних класів гібридних ЕМ-систем,

подальшої структурно-параметричної оптимізації та розробки конкурентоспроможних технічних рішень.

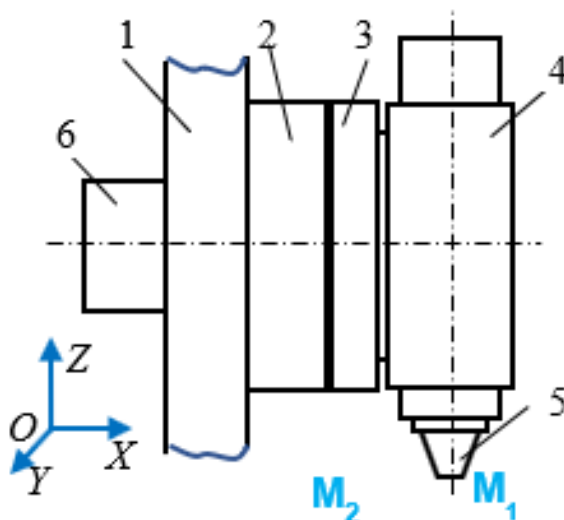


Рисунок 1 – Синтезована модульна структура двокоординатного мотор-шпинделя: 1) станина верстата; 2) статор двигуна кутового положення; 3) ротор кутового двигуна; 4) мотор-шпиндель; 5) пристрій затиску інструменту; 6) підшипникова опора

### Список використаних джерел

1. MicroLab Precision Technology Co., Ltd. <https://www.twspindle.com/ru/index/index.html>
2. MS40-8 CNC multi-spindle automatic lathe for high-productivity manufacturing. [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/159543/MS40C\\_8\\_english.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/159543/MS40C_8_english.pdf)
3. CyTec мотор-шпиндели и шпиндельные головки. <https://amcor.ru/cytec>
4. Yurii Kuznietsov, Lubomír Šooš, Vasyl Shynkarenko, Oleksandr Shevchenko, Oksana Yurchyshyn, Anna Shymanska, Viktoriia Kotliarova. Current Status and Development Prospects of Motor-Spindles for Machine Tools // Journal of the Technical University of Gabrovo, Vol. 65, 2022. – P.p. 28-31. <http://izvestia.tugab.bg/index.php?m=20&tom=23>
5. Vasyl Shynkarenko, Yuriy Kuznetzov, Lubomir Soos, Anna Shymanska, Viktoriia Kotliarova and Pavlo Krasovskyi. The Principle



of Hybridization in the Structural Organization and Evolution of Electromechanics Objects. Journal of MECHANICAL ENGINEERING, Vol 72 (2022), No 2, 173 – 188. DOI: <https://doi.org/10.2478/scjme-2022-0027>

6. V. Shynkarenko, A. Makki, V. Kotliarova, A. Shymanska, P. Krasovskiy, “Genetic Organization and Evolution of Electromechanical Objects with Adaptive Geometry of Active Zone,” Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J. (USA), 5(5), 512-525, 2020. doi:10.25046/aj050564. <https://astesj.com/v05/i05/p64/>

7. Шинкаренко В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем. – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с.

8. Шинкаренко В.Ф., Котлярова В.В., Монахов Є.А., Красовський П.О. Структурні мутації в адаптивній еволюції електромеханічних перетворювачів енергії // Технічні науки та технології, № 2 (28), 2022. – С. 111- 126. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2\(28\)-111-126](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2(28)-111-126)

9. Василь Шинкаренко, Юрій Кузнєцов, Павло Красовський, Андрій Гутник. Інноваційний синтез просторових схем гібридних електромеханічних систем для мотор-шпиндельних агрегатів з адаптивною просторовою структурою // науково-виробничий журнал «Електромеханічні і енергозберігаючі системи», №2, 2023. С.8-29.

УДК 621.923

**В. Ф. Молчанов**, канд. техн. наук, доцент  
*Дніпровський державний технічний університет*

## **РОЗРОБКА УСТАНОВОК ДЛЯ СИСТЕМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОР**

Впровадження високопродуктивного технологічного устаткування в сучасному машинобудівному виробництві призводить до інтенсивного збільшення обсягу металообробки. Це збільшує об'єми використання мастильно-охолоджуючих рідин (МОР) та утворення значної кількості стружки та шламу.

Сучасне машинобудівне виробництво може нормально функціонувати у випадку, якщо стружка, що утворюється в процесі різання, своєчасно відводиться від верстатів і з цеху. Проте для прибирання стружки і шламу, її транспортування і переробки, очистки та відновлення МОР використовується малоефективне обладнання. Це збільшує експлуатаційні витрати і підвищує собівартість продукції.

Організація переробки стружки в місцях її утворення і вибір найбільш раціональних способів для її переробки представляє значний інтерес, оскільки значно скорочуються витрати на транспортні роботи та зменшуються втрати металевої стружки, як цінної сировини [1]. Проведені дослідження дозволило розвинути один з перспективних напрямів підвищення продуктивності в машинобудуванні шляхом подальшого вдосконалення рівня механізації і автоматизації допоміжних процесів.

Метою роботи є дослідження процесів очистки МОР в умовах механічних цехів та розробка нового високоефективного устаткування для очистки мастильно-охолоджуючих рідин металорізальних верстатів [2].

Дослідженнями підтверджено, що найбільш ефективними для очищення МОР від твердих часток є очисні пристрої з використанням фільтрації. У розроблених пристроях застосована очистка з використанням фільтрації через шар сипких пористих матеріалів [3]. Особливістю розробленої фільтрувальної установки є фільтруюча перегородка у виді об'ємної пористої камери, обмеженої нескінченними фільтрувальними сітками, між якими розміщений шар сипкого пористого матеріалу. В якості фільтрувального матеріалу використовуються утворені тверді частки металообробки або інші широко розповсюджені сипкі

пористі матеріали (рис. 1).

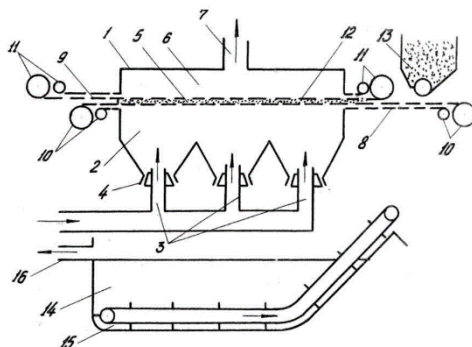


Рисунок 1 – Очисний пристрій: 1 – корпус, 2 – нагнітальна камера, 3,7 – патрубки, 4 – розвантажувальний вузол, 5 – фільтрувальна перегородка, 6 – зливна камера, 8,9 – сітки, 10, 11 – барабани, 12 – фільтрувальний матеріал, 13 – живильник, 14 – відстійник, 15 – конвеєр

Запропонований пристрій дозволяє автоматизувати процес очищення забрудненої рідини від твердих часток. Механізм очищення нижньої сітки від твердих часток з утворенням нових капілярних каналів у фільтрувальному шарі простий і надійний в роботі, забезпечує відновлення фільтрувальної системи по всій її площині, що дозволяє збільшити продуктивність в 3-5 рази, а ступінь очистки підвищити в 1,1-1,2 рази. Використання в якості фільтрувальної перегородки сипучих пористих матеріалів дає можливість відмовитися від фільтрувальних тканин і фільтрувального паперу та отримати значний економічний ефект.

### Список використаних джерел:

1. Механізація трудомістких і допоміжних процесів в механічних цехах / О. М. Тихонцов, В. І. Нечипоренко, О. М. Коробочка, О. С. Левчук. К.: Техніка, 1987. 160 с.

2. Тихонцов О. М. Допоміжне обладнання механічних цехів: Київ-Донецьк: «Вища школа», 1982. 202 с.

3. Устройство для очистки жидкостей: а.с. 1142139 СССР: кл. В01D33/16 / А. М. Тихонцов, В. Ф. Молчанов, Н. Ф. Цяпко, А. А. Меркушев, В. Ф. Гилин. №3609898/23-26; заявл. 24.06.83; опубл. 28.02.85, Бюл. №8.5с.

**Секція 6. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В  
АВТОМАТИЗОВАНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

\*\*\*

**Section 6. INFORMATION TECHNOLOGIES  
IN AUTOMATED PRODUCTION**

UDC 004.

**L. Yu. Krestyanpol**, PhD, Associate Professor  
*Lesia Ukrainka Volyn National University.*

## **USING THE TESTRAIL ENVIRONMENT TO IMPLEMENT THE SOFTWARE TESTING PROCESS**

Software testing is a critical process in software development. The need for the testing stage is due to a number of reasons:

- Detection of errors and defects;
- Improving the quality of the product;
- Ensuring compliance with the requirements;
- Prevention of financial losses;
- Increase user satisfaction;
- Safeguarding
- Increasing productivity
- Documentation of the development process.

A test case is an important element of documentation in the work of testers. It is a sequence of steps or an instruction to test the functionality of one specific task. The test case should be clearly formulated, without excessive detail[1]. If, after completing all the steps of the test case, the actual result does not match the expected one - there is an error in your code.

Positive test cases describe scenarios of product operation as specified in the documentation. For example, checking user authorization with entering valid data.

Negative cases allow you to check the adequacy of the program in case of incorrect information or failure of one of the components.

A set of test scenarios for testing a single functionality, module, or program component is called a test suite. The process of passing test cases indicating the test results (passed or failed) is called a test run. From one set, any number of test runs can be run during operation [2].

TestRail [3] is one of the leading tools for managing software testing. It is designed to assist teams in planning, organizing, and tracking the testing process. Here are the main aspects and functionality of TestRail:

1. Test Case Management. TestRail allows you to create, edit, and organize test cases. It is possible to define various parameters, such as execution steps, expected results, priorities and much more(Fig. 1).

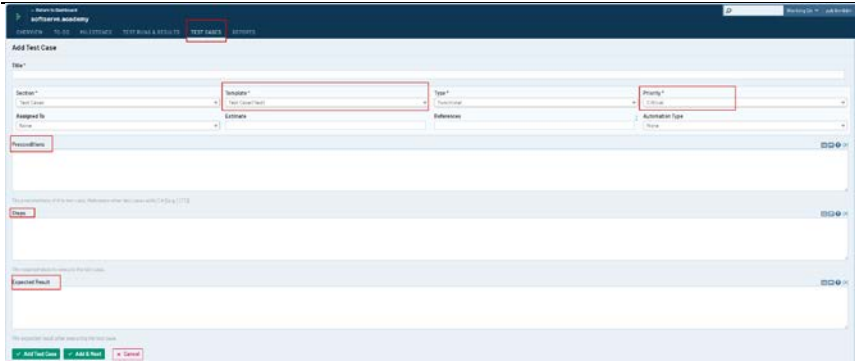


Figure 1 – Window for creating a test case in the TestRail environment

2. Test Planning. The tool supports the creation of test plans that include defining the scope of testing, distributing test cases among team members, and setting deadlines.

3. Test Execution. TestRail provides the ability to run tests, record results, and track the progress of test cases. Results may be marked as passed, failed, blocked, or pending.

4. Reporting and Analytics (Fig. 2). TestRail offers powerful reporting tools that allow you to create different types of status reports and test results.

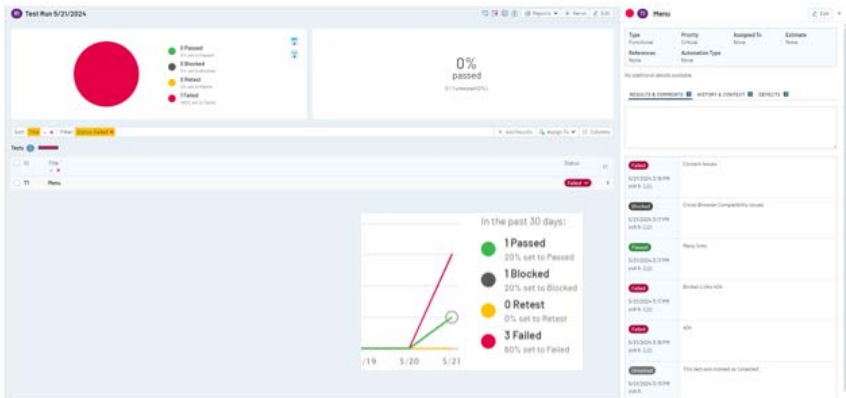


Figure 2 – Test Run & Results window in the TestRail environment

TestRail is suitable for use by both large and small teams. Due to its flexibility, it can be adapted to the needs of different types of projects and the scale of organizations. The advantages of using TestRail are:

- Improving the organization of testing. Helps to centrally manage test cases and results.
  - Increase transparency and accountability. Provides detailed reports and analytics to track the progress and quality of testing.
  - Effective cooperation /teamwork supports teamwork, task assignment, and effective communication between team members.
  - Integration with other systems Support integration with popular tools for project development and management.

TestRail is a powerful tool to ensure an efficient and quality software testing process, helping teams ensure a high level of software quality.

**References:**

1. Lavdanska, Olha & Vladyslav, Bychok. (2019). Software tools for software testing. 684
2. Zasornova, Iryna & Govorushchenko, Tetiana & Voichur, Oleh. (2023) ANALYSIS OF SOFTWARE TESTING TOOLS ACCORDING TO TEST LEVELS. Computer systems and information technologies. 46. 10.31891/csit-2023-1-5.
3. Electronic resource [testrail.com/docs](https://testrail.com/docs).

**Б. В. Дурняк**, докт. техн. наук, професор

**М. М. Луцків**, докт. техн. наук, професор

Українська академія друкарства

## РОБАСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ З НЕЧІТКИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

Основним недоліком традиційних регуляторів є те, що вони не забезпечують якості регулювання при зміні параметрів об'єкта і мають фізичні обмеження регулюючої дії на об'єкт. Натомість, нечіткі регулятори значно краще регулюють нестационарні об'єкти із змінними параметрами. Для синтезу застосовують різноманітні перетворення, велику кількість блоків (до 50 і більше), що ускладнює їх розробку, утруднює налагодження та впровадження в промисловість. Тому задача розробки нечітких регуляторів для нестационарних об'єктів є актуальним завданням.

Для спрощення процедур масштабування вхідних сигналів застосовано нормалізацію вхідного сигналу похибки

$$e = U1 = \frac{Y_0 - y}{Y_0}$$

де  $Y_0$  задане значення регульованої величини,  $Y$  – вихід об'єкта регулювання,  $e$  – нормований сигнал похибки.

Розглянемо простий ПД регулятор, який формує реальну похідну нормованого сигналу похибки для формування управління на об'єкт, подавши управління в операторній формі

$$U2 = \frac{T_s}{T_s + 1} e$$

де  $T$  – стала часу диференціальної ланки, а сигнали  $U_2$  і  $U_1$  підлягають фузифікації.

Для синтезу нечіткого регулятора прийнято три лінгвістичні змінні сигналів: від'ємна  $B$ , нулева  $N$  і додатня  $D$ , яким відповідають три функції належності нечітких множин, тоді управління опишемо нечіткою базою правил у спрощеному поданні:

$$R_i: \text{якщо } (U1 = B) \text{ і } (U2 = B) \text{ то } (U = Bi),$$

Де  $B_i$  – розмиті управління, кожному правилу  $R_i$  відповідають вихідні множини  $B_i$ ,  $i=1,2,3,\dots,15$ .

Для реалізації нечіткого ПД-регулятора застосували три функції приналежності із шириною вікна 1. На основі бази правил,



вибраних функцій приналежності, операції фузифікації логічного виводу Mamdani (max) сформовано вивід управління і регульовану дію на об'єкт:

$$U = MUh + U_0; U_0 = \frac{1}{K_0} Y_0; V = U + U_0$$

Де  $U_h$  – нормоване управління,  $U_0$  – сигнал вибору робочої точки на об'єкт,  $K_0$  – коефіцієнт передачі об'єкта,  $M_a$  – масштабний коефіцієнт,  $V$  – регулююча дія на об'єкт.

Для прикладу розглянемо нестационарний об'єкт другого порядку, який описується передатною функцією

$$W_0(s) = \frac{k_0(t)}{(5s + 1)(3s + 1)}, \text{ якщо } 1 \leq K_0(t) \leq 50\text{с}$$

За умови, що коефіцієнт передачі об'єкта змінюється в часі за експонціальним значенням.

Для реалізації нечіткого ПД – регулятора і нестационарного об'єкта регулювання застосували пакет MASTLAB:Simulink і розробили модель симулятора робастої системи автоматичного керування. Результати імітаційного моделювання перехідного процесу в системі автоматичного керування подано на рис. 1.

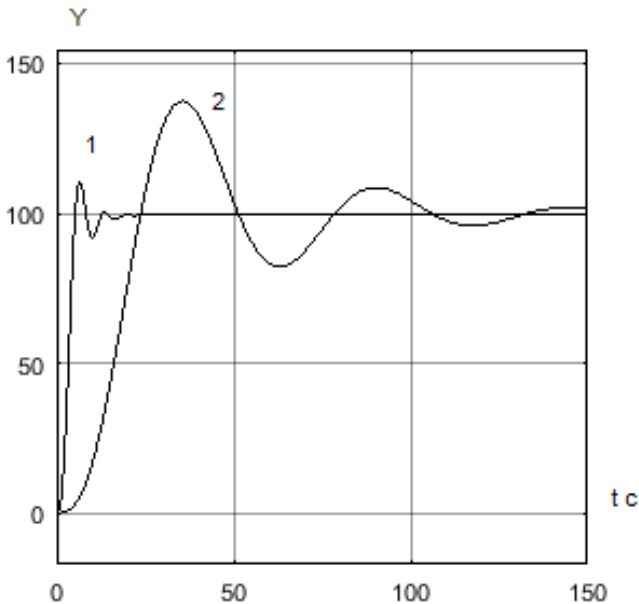


Рисунок 1 – Перехідні процеси в системі автоматичного керування

Перехідний процес 1 у вихідній системі має перерегулювання 1-%, час регулювання 15 с, статична точність десяти долі процента. При десятикратному збільшенні сталих часу і 50-кратному збільшенні сталої часу перехідний процес 2 має перерегулювання 37%, час регулювання 100с, має невелику коливальність і малу статичну точність. Подані результати імітаційного моделювання нестационарної з нечітким ПД-регулятором на основі запропонованих типових перетворень підтвердили її ефективність.

### **Список використаних джерел**

1. Луцків М.М., Дурняк Б.В. Регулятор з нечітким формуванням ПД алгоритму управління. Патент на винахід № 705 від 04.06.2019. Опдбл. бюл. №8. 2019.
2. Pigat A. Modelowanie i sterowanie rozmyte. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT. Warszawa.2003. 678 s.
3. Гостев В.Н. Нечиткие регуляторы в системах автоматического управления: монография. К.: Радидаматор, 2008. 978 с.

УДК 004:681.3

**В. Ю. Денисюк**, канд. техн. наук, доцент**А. А. Ящук**, канд. техн. наук, доцент*Луцький національний технічний університет*

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ БІОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОРИСТУВАЧА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

В даний час технології підтримки прийняття рішень при дозволі доступу користувачеві до інформації переходять на новий рівень розвитку, використовуючи складні методи оцінки параметрів людини, засновані на поєднанні різних ідентифікаторів, алгоритмів, методів, моделей та протоколів [1]. Тому, серед вимог щодо забезпечення безпечного доступу користувача до інформації знаходиться точність чи зниження помилок встановлення особи користувача інформаційної системи. Точність ідентифікації характеризується наступними параметрами:

– кількість помилок першого роду (FRR – False Rejection Rate), під якими розуміють ймовірність відмови в доступі користувачеві, має допуск («хибна тривога»);

– кількість помилок другого роду (FAR – False Acceptance Rate), під якими розуміють можливість помилкового збігу біометричних характеристик двох користувачів («перепустка мети»).

Всі біометричні технології оцінки параметрів користувача для підтримки прийняття рішення щодо надання йому інформаційних ресурсів засновані на ймовірнісних та статистичних методах. Основним критерієм роботи програмно-апаратних засобів визначення особи користувача є така методика оцінки: ефективність роботи програмно-апаратних засобів визначення особи користувача тим вища, чим менше значення ймовірності помилок першого роду при порівняльних значеннях помилок другого роду. Додатковим параметром оцінки є EER, як точка рівних значень FAR та FRR помилок першого та другого роду [2].

Найбільш поширеними методами оцінки параметрів користувача інформаційної системи, є методи, засновані на розрахунку оцінок статичних біометричних параметрів. Найбільш поширеними параметрами є такі як папілярний малюнок на пальці руки, райдужна оболонка, геометрія обличчя, сітківка ока, рисунок вен та деякі інші. В даний час існує сукупність методів, заснованих на оцінці динамічних параметрів, таких, наприклад, як

ідентифікація голосових тонів, динаміка почерку, частота серцевих скорочень, хода тощо [1, 2].

Для отримання значень ймовірностей помилок першого та другого роду (FRR та FAR), проведено оцінку частоти виникнення події «перепустки мети». Для цього досліджувалася організація з надання інформаційних послуг, що складається з  $N$  співробітників. Ймовірність хибної тривоги внаслідок порівняння параметрів відбитка пальця, отриманого сканером з параметрами з бази даних  $N$  відбитків, обчислюється за формулою:

$$FAR \cdot N. \quad (1)$$

Щодня інформаційною системою користуються близько  $N$  осіб. Тоді з (1) випливає, що ймовірність помилки для робочого дня буде:

$$FAR \cdot N \cdot N. \quad (2)$$

Якщо виходити з мети програмно-апаратних засобів визначення особи користувача, то ймовірність помилки помилкової тривоги менш значуща у порівнянні з ймовірністю пропуску мети. Якщо припустити, що одна помилка за робочий день є прийнятною, то з (2) випливає:

$$FAR \cdot N^2 \approx 1 \Rightarrow N \approx \sqrt{\frac{1}{FAR}}. \quad (3)$$

З (3) випливає, що стабільна робота програмно-апаратних засобів визначення особи користувача при  $FAR = 0,001$  (або 0,1 %) можлива за приблизної чисельності персоналу організації  $N \approx 30$ .

Застосування біометричних методів оцінки параметрів користувача інформаційної системи доцільно використовувати в програмно-апаратних засобах визначення особи користувача організацій із числом користувачів, що вимірюються сотнями для підвищення надійності функціонування інформаційної системи та при організації контролю оцінок параметрів користувача.

### Список використаних джерел:

1. Бідюк П. І., Тимошук О. Л., Коваленко А. Є., Коршевнюк Л. О. Системи і методи підтримки прийняття рішень: підручник. Київ: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. 610 с.
2. Kaidyk O., Terletskyi T., Ptashenchuk V., Denysiuk V. About Question of Organising of Physical Access Control System. *Priority directions of development of science and education: Mat. of the III Intern. research and pract. internet conf.* (December, 24, 2021): collection of abstracts. Zdar nad Szazavou: «DEL a.s.», 2021. pp. 56–58.

## МОДЕЛЮВАННЯ ДВОВЕРСТАТНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ЛІНІЇ З НЕСТАБІЛЬНИМ РИТМОМ РОБОТИ ТА СТОХАСТИЧНИМИ ТРИВАЛОСТЯМИ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Дослідження показали, що всі автоматизовані лінії механічного оброблення заготовок у лісопереробній, деревообробній та меблевій галузях виробництва функціонують в умовах випадкового варіювання інтервалів випуску продукції [1, 2]. Це призводить до того, що реальна продуктивність машинної системи не співпадає з її прогнозованими показниками. Тому, під час проектування ефективної (раціональної) структури автоматизованої лінії необхідно застосовувати алгоритми та математичні моделі розрахунку її якісних показників із врахуванням збурювального впливу стохастичних факторів на процес роботи обладнання і машинної системи в цілому. Разом з тим, адекватна формалізація технологічного процесу є одним із критеріїв ефективної автоматизації ліній та побудови оптимальних систем автоматичного керування.

Відомо, що продуктивність автоматизованої лінії  $P_L$  (рис. 1), яка агрегатована двома верстатами, визначається через коефіцієнт використання робочого часу  $\rho_i$  будь-якої машини та її пропускну здатність  $P_i$  (продуктивність) –  $P_L = \rho_1 P_1 = \rho_2 P_1$  [1].

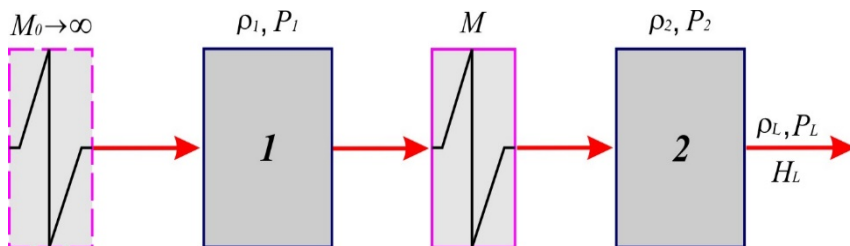


Рисунок 1 – Структурна схема двоверстатної автоматизованої лінії з нестабільним ритмом роботи: 1 і 2 – машини;  $M$  – місткість накопичувача заготовок;  $\rho_L$  – коефіцієнт використання робочого часу лінії;  $H_L$  – накладені втрати робочого часу лінії

Моделлю такої лінії може бути одноканальна двофазна система масового обслуговування (СМО) з необмеженою чергою (рис. 2) та Ерланговим розподілом імовірностей тривалості обслуговування на її фазах [1, 3].

Для такої двофазної СМО з гнучким міжверстатним зв'язком і співвідношенням їх продуктивностей –  $\mu = P_1/P_2$ , коефіцієнти використання робочого часу  $\rho_1$  і  $\rho_2$  обох машин обчислюються із залежностей [1]:

$$\rho_1 = 1 - \frac{1 - \mu}{1 - \mu^{M+3}} \mu^{M+2} [4K_e^{-0,06} - 3], \quad \rho_2 = \rho_1 \mu. \quad (1)$$

де  $M$  – місткість міжверстаного накопичувача заготовок, шт;  $K_e = (1 + \mu)^2 / 2(K_1^{-1} + \mu^2 K_2^{-1})$  – еквівалентне значення параметра Ерланга, яке визначається через коефіцієнти стабільності інтервалів оброблення на верстатах –  $K_i = (\bar{t}_i)^2 / S^2(t_i)$ . Тут,  $\bar{t}_i$  – середнє значення тривалості операції,  $S^2(t_i)$  – величина дисперсії тривалості операції.

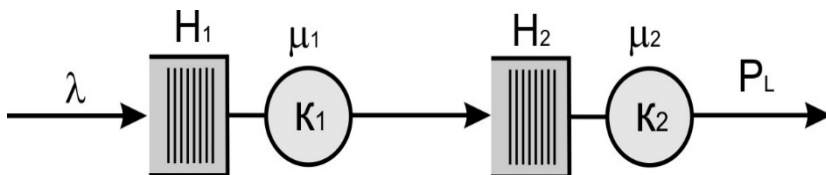


Рисунок 1 – Одноканальна двофазна СМО як модель автоматизованої лінії:  $\lambda$  – інтенсивність вхідного потоку замовлень;  $\mu_1$  і  $\mu_2$  – інтенсивності обслуговування замовлень;  $H_1$  і  $H_2$  – накопичувачі;  $K_1$  і  $K_2$  – верстати;

Коефіцієнт використання робочого часу автоматизованої лінії з міжверстатним накопичувачем  $M$  заготовок для  $a = 4K_e^{-0,06} - 3$  можна визначити зі співвідношення:

$$\rho_L = \mu \left( 1 - \frac{a \mu^{M+2} (1 - \mu^2)}{1 - \mu^{M+3} (1 - a + a \mu)} \right). \quad (2)$$

Величина накладених втрат робочого часу автоматизованої лінії обчислюється із залежності:

$$H_L = 1 - \rho_L. \quad (3)$$

Висновок: Представлені аналітичні залежності дають змогу змоделювати основні якісні показники двоверстатної структури

автоматизованої лінії з гнучким міжагрегатним зв'язком та Ерланговим законом розподілу ймовірності тривалості технологічних операції на її дільницях.

### **Список використаних джерел**

1. Дудюк Д. Л. Елементи теорії автоматичних ліній / Дудюк Д. Л., Загвойська Л. Д., Максимів В. М., Сорока Л. М. – Київ-Львів, 1998. – 190 с.
2. Дудюк Д. Л. Оцінка й елімінування втрат робочого часу в автоматизованих системах деревообробного виробництва / Д. Л. Дудюк, Л. Д. Загвойська. – Львів: вид. дім “Панорама”, 2003. – 140 с.
3. Іванишин Т. В. Система масового обслуговування як модель для формалізації показників ефективності функціонування автоматизованих ліній з жорстким агрегуванням двох машин / Т. В. Іванишин, Б. П. Поберейко, О. А. Валюх // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк: ЛНТУ, 2023. – №76. – С. 86-90.

УДК 004.5

<sup>1</sup>О. Л. Кайдик, канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>Т. В. Терлецький, канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>І. С. Кондіус, канд. економ. наук, доцент<sup>1</sup>О. С. Меус, магістр<sup>2</sup>В. В. Остапюк, викладач<sup>1</sup>Луцький національний технічний університет<sup>2</sup>ВСП «Технічний фаховий коледж ЛНТУ»

## ДО ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕДУРИ ІДЕНТИФІКУВАННЯ СУБ'ЄКТІВ ДОСТУПУ В СКУД

На сьогодні моделювання ідентифікації суб'єктів доступу (СД) в СКУД залишається чи не єдиним важливим кроком у забезпеченні безпеки у межах об'єкту захисту [1, 2]. Використання структурного підходу та декомпозиція елементів такої системи дозволяє краще зрозуміти процес ідентифікації та визначити оптимальний комплекс дій для досягнення поставленої мети.

На рисунку 1 запропоновано контекстну діаграму процедури ідентифікування в СКУД, яка підсилюється уповноваженим працівником з метою організації контрольно-перепускного режиму (КПР) на об'єкті доступу.

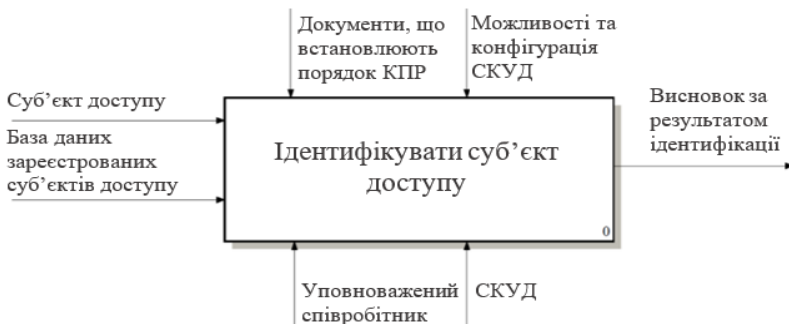


Рисунок 1 – IDEF0-діаграма процесу ідентифікації суб'єкта доступу

Запропонована схема дозволяє якісно організувати процедуру ідентифікації СД на об'єкт із урахуванням рівня їх допуску.

Оператор системи встановлює параметри за якими буде ідентифіковано СД і формує реєстраційну заявку. Після того як отримано ідентифікатор, суб'єкт доступу верифікують та



комплектують його ідентифікаційні ознаки.

Як бачимо усі вхідні дані формуються з інформації, яку надає СД та наявної бази даних зареєстрованих у ній інших суб'єктів, яким уже раніше надавався доступ.

Уповноваженій особі, надано окремих повноважень, які дозволяють організувати КПП на об'єкті. Такий вид контролю дозволяє сформувати висновок про ідентифікацію суб'єкта доступу та дозволити його подальший допуск до конкретної зони контролюваного об'єкта.

Відповідно до конфігурації СКУД та правил організації контрольно-перепускного режиму із наданого СД пропуску прийнято виокремлювати набір ідентифікаційних ознак, які будуть порівняні із наявними у базі даних системи образів.

Під час обов'язкової процедури автентифікації суб'єкта доступу система здійснює додаткові перевірки, у ході яких встановлюється достовірність наданого ним ідентифікатора.

Зауважимо, що інформацію, яка зберігається у базах даних СКУД, прийнято використовувати у якості вхідних параметрів для процедур ідентифікації суб'єкта доступу за його біометричним образом [3]. Цей підхід дозволяє забезпечити високий рівень безпеки та точності під час їх ідентифікації в системі.

### **Список використаних джерел:**

1. Kaidyk O., Terletskyi T., Ptashenchuk V., Denysiuk V. About Question of Organising of Physical Access Control System. Priority directions of development of science and education: materials of the III intern. research and practical internet conf., December, 24, 2021. Zdar nad Sazavou, 2021. P. 56-58.

2. Меус О. С., Кайдик О. Л., Кошелюк В. А., Савич М. В., Терлецький Т. В. Про структурні підходи до ідентифікування об'єктів доступу та їх недоліки. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., 25-26 трав. 2023 р. Чернігів: НУ«Чернігівська політехніка», 2023. С. 246-247.

3. Меус О., Кайдик О., Кошелюк В., Терлецький Т., Мотрунчик Д. До питання біометрії в системах контролюваного доступу. Актуальні проблеми та перспективи розвитку фундаментальних, прикладних, загальнотехнічних та безпекових наук: матеріали всеукр. наук.-практ. конф., 21 червн. 2023 р. Київ: УДУ ім. Михайла Драгоманова, 2023. С. 223-226.

УДК 004.5:004.56

<sup>1</sup>**О. Л. Кайдик**, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>**Т. В. Терлецький**, канд. техн. наук, доцент

<sup>2</sup>**З. Оміотек**, PhD, професор

<sup>3</sup>**Д. І. Угрин**, докт. техн. наук, доцент

<sup>4</sup>**О. М. Дуда**, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>*Луцький національний технічний університет*

<sup>2</sup>*Люблінська політехніка, Польща*

<sup>3</sup>*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

<sup>4</sup>*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*Пулюя*

### **ДО ПИТАННЯ ЯКОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

За останні роки захист інформації залишається однією із найбільш актуальних тематик інформаційної безпеки [1]. При цьому інформаційні технології глобалізуються й набувають транскордонного характеру, стають невід'ємною складовою усіх галузей діяльності суспільства та держави.

Розширення сфер застосування інформаційних технологій призводить до розвитку інформаційних загроз та зростання масштабів кіберзлочинності [2]. Як правило, ефективний стан інформаційної безпеки в галузях науки, технологій, освіти, економіки, оборони, державної та суспільної безпеки визначаються стратегічними цілями національної безпеки. Паралельно до зростання та розвитку інформаційних технологій розвиваються й способи та техніка реалізації проведення атак, розширюється інструментарій для порушення цілісності стану інформаційної безпеки [3, 4].

Змінити цю ситуацію можна лише шляхом розроблення нових підходів до забезпечення інформаційної безпеки, які дозволять їй протистояти сучасним загрозам та нададуть, при цьому, надійного захисту [5].

Як бачимо, забезпечення інформаційної безпеки, на сьогодні, є актуальною задачею, яка обумовлена постійним зростанням витоків інформації та комп'ютерних атак.

Забезпечення інформаційної безпеки базується на наступних заходах:

- оцінювання ризиків;

- розроблення політик безпеки;
- навчання персоналу;
- використання захисних технологій;
- резервного копіювання даних;
- моніторингу та аудит безпеки;
- реагування на інциденти.

Інформаційна безпека потребує актуалізації потенційних порушників, визначення переліку актуальних загроз безпеки інформації, проектування і впровадження системи інформаційної безпеки (системи захисту інформації) та моніторингу ефективності системи.

З поміж основних завдань інформаційної безпеки варто виокремити оцінку ефективності системи захисту, якісне проведення якої впливає на рівень захищеності інформаційної системи. При цьому слід розуміти, що здатність протистояти загрозам безпеки інформації характеризує рівень захищеності інформаційної системи.

Ефективність системи захисту залежить від взаємодії різних підсистем, модулів та елементів, які оцінюють за сукупністю критеріїв.

Відсутність загального підходу до оцінювання ефективності системи захисту інформації сприяє формуванню більшості проблем, які пов'язані із процедурами оцінювання та визначення рівня захищеності інформаційної системи. Недоліки існуючих методів та методик, які застосовують для оцінювання ефективності систем захисту інформації, які напряду пов'язані із вибором критеріїв, призводять, у більшості випадків, до неякісного оцінювання ефективності та рівня захищеності інформаційних систем. І як наслідок – виникнення, для власника інформаційної системи, різного ступеня ризиків (кіберризиків).

Аналіз сучасних інформаційних систем дозволяє зробити висновок, що вони є складними територіально-розподіленими системами, які мають свою інфраструктуру, технологію обробки інформації та інформаційні технології.

Враховавши викладене можна зробити припущення, що подальші дослідження у сфері підвищення якості оцінювання ефективності захисту інформаційних систем, шляхом визначення необхідних та достатніх критеріїв оцінювання, є актуальним та перспективним напрямком. Ефективне вирішення цих завдань потребуватиме використання сучасних технологій та дозволить

встановлювати оптимальні значення параметрів роботи адаптивних нечітких нейронних систем, як найбільш придатних для вирішення цих завдань, алгоритмів нечіткого виведення та застосування технологій Data Science для оброблення великих об'ємів даних.

**Список використаних джерел:**

1. Черевко О. В. Теоретичні засади поняття інформаційної безпеки та класифікація загроз системі інформаційного захисту. URL: <http://surl.li/txavj> (дата звернення: 14.05.2024).

2. Козубцова Л. М., Козубцов І. М., Здолбіцька Н. В., Кошелюк В. А. Показники ефективності функціонування системи захисту інформації і кібербезпеки об'єктів критичної інформаційної інфраструктури. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. Луцьк, 2022. №48. С. 64–69.

3. Критерії оцінки захищеності інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу. URL: <http://surl.li/txbbp> (дата звернення: 13.05.2024).

4. Батечко С. В., Лебедева О. Ю., Зоріло В. В. Методика оцінки захищеності інформаційних систем. URL: <http://surl.li/txazb> (дата звернення: 13.05.2024).

5. Кононова В. О., Харкянен О. В., Грибков С. В. Оцінка засобів захисту інформаційних ресурсів. URL: <http://surl.li/txaхх> (дата звернення: 12.05.2024).

УДК 655.226

**М. М. Луцків**, докт. техн. наук, професор**Б. І. Федина**, канд. техн. наук, доцент**М. Д. Наконечний**, аспірант*Українська академія друкарства*

## ТОНОВІДТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ГІБРИДНИМИ ФАРБОДРУКАРСЬКИМИ СИСТЕМАМИ

Для друкування газетної та пакувальної продукції почали застосовувати прості за конструкцією фарбові апарати на основі анілоксового валика, які мають тільки декілька фарбових валиків і не мають механізмів регулювання зональної подачі фарби. Основний їх недолік – нерівномірність товщини фарби на відбитку на інтервалі тоновідтворення. Це обмежує застосування анілоксових валиків для друкування високоякісної книжкової, журнальної та пакувальної продукції [1]. Сучасні методи додрукарської підготовки цифрових зображень до друку здійснюються за умови, що товщина фарби є сталою на усьому інтервалі тонопередачі, тому вони є малоефективними для гібридних фарбодрукарських систем. Отже, моделювання і аналіз нафарблення цифрових зображень є актуальним завданням.

Розроблено модель тоновідтворення цифрових зображень гібридною фарбодрукарською системою послідовної структури п'ятої та шостої розмірності на основі рівняння балансу фарбових потоків для усталеного режиму роботи. Для формування необхідної тональності вхідного зображення, яке знаходиться в межах  $[0 \leq L \leq 255]$  рівнів сірого, застосовано степеневе перетворення [2]

$$L = kL_0^r \times 255, \text{ якщо } [0 \leq L \leq 255], \quad (1)$$

де  $k = 1/255$  – масштаб,  $L_0$  – лінійна шкала,  $r$  – показник степені, за допомогою якого задається необхідна градаційна характеристика  $L$ .

Визначено нафарблення цифрового зображення, яке подано у нормованому вигляді

$$V_n = L_n \times H, \text{ якщо } L_n = L/255, \quad (2)$$

де  $H$  – товщина фарби на нормованому цифровому зображенні.

З формули (2) визначено цифрове зображення нафарблене у фарбодрукарській системі

$$L_V = 255 \times V_n. \quad (3)$$

Розроблено сигнальний граф фарбодрукарської системи на основі якого визначено товщину фарби на виході моделі

$$H_a = \frac{\alpha_6 \alpha_5 \alpha_4 \alpha_3 \alpha_2 \alpha_1 \beta}{\Delta_6}, \quad (4)$$

де  $\alpha_1$  – коефіцієнти передачі (поділу) товщини потоків при виході із точок контакту фарбових валиків,  $\beta$  – коефіцієнт передачі фарби з офсетного циліндра на задрукований матеріал,  $\Delta_6$  – визначник графа.

Розроблено структурну схему моделі симулятора фарбодрукарських систем п'ятої та шостої розмірності в пакеті MATLAB: Simulink. Результати імітаційного моделювання характеристик нафарблення цифрових зображень для темних тонів подано на рис. 1.

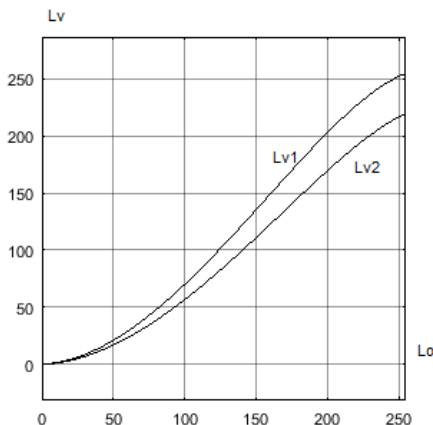


Рисунок 1 – Графіки нафарблення цифрових зображень темних тонів

Характеристика системи шостої розмірності прямує до кінцевого значення 220 рівнів сірого, що обумовлено збільшенням товщини фарби на середніх тонах і викликає втрати 30 рівнів світлого.

Результати проведених досліджень можна застосувати для коригування градаційних характеристик тоновідтворення гібридних фарбодрукарських систем у комп'ютерних видавничих системах при приготівці до друку.

### Список використаних джерел:

1. Дурняк Б. В., Сеньківський В. М., Луцків М. М., Мусяйовська М. М. Інформаційна технологія тоновідтворення в коротких фарбодрукарських системах послідовної структури: монографія. Львів: УАД. 2021. 176 с.
2. Луцків М. М., Наконечний М. Д. Моделювання і аналіз цифрових зображень. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2022. №2 (48). С. 245-256.

УДК 621.762; 621.77

<sup>1</sup>**А. О. Михайлов**, докт. філософії

<sup>2</sup>**С. В. Штефан**, докт. техн. наук, професор

<sup>1</sup>**О. В. Михайлов**, докт. техн. наук, с. н. с.,

<sup>1,2</sup>**М. Б. Штерн**, докт. техн. наук, професор, чл.-кор. НАН України

<sup>1</sup>*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,*

<sup>2</sup>*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*

## **МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРОЦЕСІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ПОРОШКОВИХ ТА ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ**

Успішний розвиток машинобудування можливий на основі впровадження ефективних ресурсозберігаючих технологій. До числа таких технологій відносяться методи порошкової металургії.

Останні роки характеризуються значним розширенням застосування процесів деформування порошкових матеріалів. Поряд із традиційними методами, в даний час при проектуванні виробництва все ширше застосовуються інформаційні технології, методи комп'ютерного моделювання. При цьому актуальним є дослідження впливу схем деформування на розподіл параметрів, що визначають характеристики виробів.

Розроблено метод дослідження закономірностей процесів формоутворення деталей з порошкових та пористих матеріалів. Використовуються співвідношення теорії пластичності пористого тіла та метод скінчених елементів [1]. Проведено перевірку адекватності запропонованої методики моделювання на основі порівняння отриманих результатів з експериментальними даними та результатами моделювання інших авторів.

Досліджені закономірності деформування пористих заготовок при радіальному ущільненні. Схема процесу наведена на рис.1. Ущільнення заготовки здійснюється за рахунок її обтиснення по внутрішній поверхні. Деформування заготовки проводилося за два проходи.

При радіальному ущільненні деформація матеріалу відбувається локально. Зі збільшенням радіусу величина пористості по перерізу виробу зростає. Збільшення кількості обтискань дозволяє зменшити нерівномірність розподілу залишкової пористості та її величину. Проте нерівномірність розподілу по радіусу залишається.

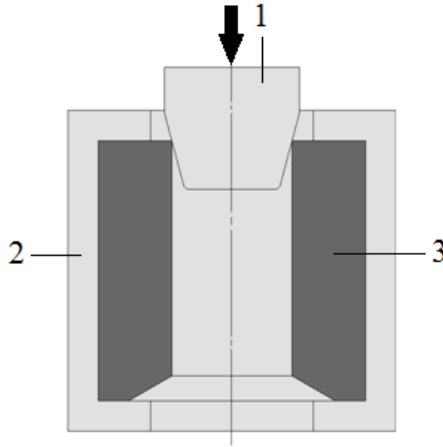


Рисунок 1 – Розрахункова схема радіального ущільнення:  
1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – заготовка

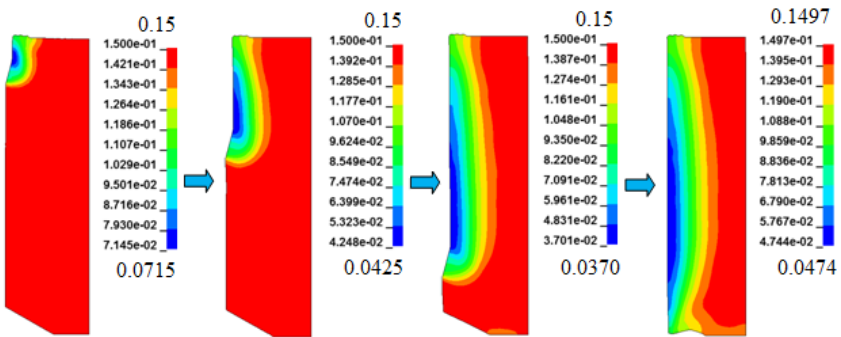


Рисунок 2 – Аналіз еволюції розподілу пористості при радіальному ущільненні

**Список використаних джерел:**

1. Mikhailov A., Shtefan Ye., Mikhailov O., Shtern M. Method for the Determination of Rational Constructional and Technological Parameters for the Processes of Powder Materials Forming, Key Engineering Materials, Vol. 973, 2024. – pp. 53-60  
<https://doi.org/10.4028/p-N63Szt>



УДК 621.9.06

**І. Е. Яковенко**, канд. техн. аук, професор

**О. А. Пермяков**, докт. техн. наук, професор

**С. Є. Слипченко**, ст. викладач

**М. В. Біліченко**, магістрант

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

## **ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЄКТУВАННЯ ПОРТАТИВНИХ ВЕРСТАТИВ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

Відновлення зруйнованого внаслідок військової агресії рф обладнання енергетичного комплексу потребує в тому числі спеціального обладнання – портативних верстатів різного технологічного призначення, що дозволяє забезпечити необхідну якість робіт «на місці» та скоротити час їх виконання.

На підставі особливостей проектування та експлуатації портативних верстатів автори розробили математичну модель проектування портативних верстатів агрегатно-модульної конструкції, яка дозволяє вирішити низку проблем, пов'язаних із життєвим циклом такого обладнання.

Математична модель синтезу компоновок портативних верстатів представлена у вигляді НІРО діаграми (рис.1) [1].

Спочатку, на підставі умов роботи та коду компонування верстата, вибирається тип, для якого надалі формуються інші компонувальні характеристики. Далі вибирається метод технологічного впливу на об'єкт обробки виходячи з його характеристик (матеріал, фізико-механічні властивості, форма і розміри оброблюваної поверхні, жорсткість конструкції, тощо). Для вибраного методу підбирається ріжучий інструмент та встановлюються його характеристики.

Наступним етапом є визначення характеристик обраної технологічної операції (швидкість різання, подача, кількість обертів, силові характеристики тощо). Він може виконуватися як автоматично, так і вручну технологом з наступним введенням необхідної інформації в систему.

Отримана технологічна інформація та обраний варіант компонування верстата дозволяють організувати вибір моделей силових вузлів, уніфікованих механізмів перетворення рухів, шпіндельної групи та деяких інших уніфікованих елементів

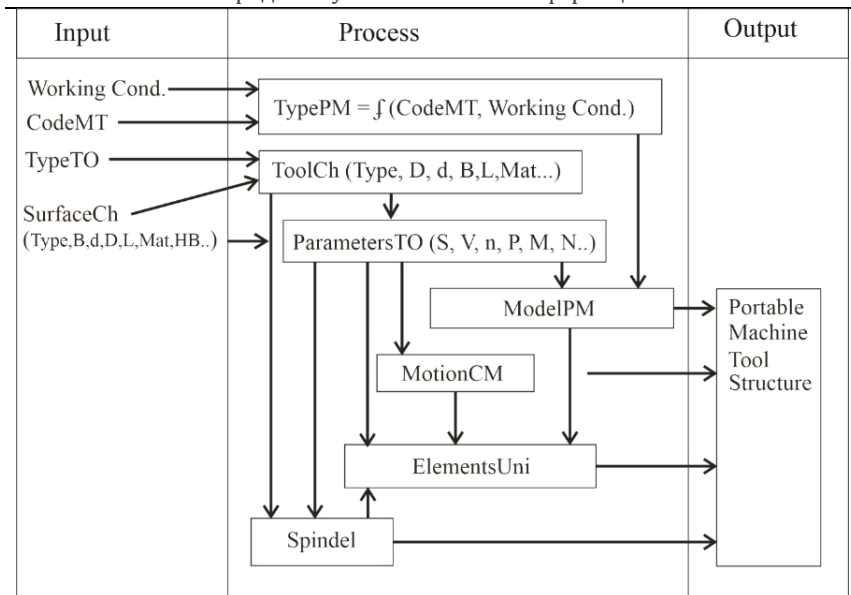


Рисунок 1 – IPO діаграма процесу проектування структури та параметрів портативних верстатів

конструкції портативного верстата. Вибір може здійснювати за декількома критеріями (вартість, габарити, маса тощо) залежно від необхідності забезпечити найбільш ефективне рішення. Зазвичай як критерій вибору приймається вартість, інші виступають як системи обмежень. Пошук може здійснюватися як на внутрішній базі даних, що включає наявні на виробництві або у найближчих партнерів агрегати, так і розширеній базі даних, яка включає відомих серійних постачальників необхідного обладнання.

### Список використаних джерел:

1. Yakovenko I. *Analysis and Synthesis of Mobile Portable Machine Tools Layouts* / I. Yakovenko. // International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE). 2022.P. 160–171. – URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15944-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15944-2_16).

**Секція 7. РОЗУМНЕ ВИРОБНИЦТВО В  
УМОВАХ ІНДУСТРІЇ 4.0 ТА ІНДУСТРІЇ 5.0**

**\*\*\***

**Section 7. SMART PRODUCTION IN THE  
CONDITIONS OF INDUSTRY 4.0 AND  
INDUSTRY 5.0**

УДК 621.3: 681.5: 681.7: 62-5;

**В. П. Симонюк**, канд. техн. наук, доцент,

**П. Р. Мартинюк**, студент гр. МНТ-21

*Луцький національний технічний університет*

## **СОНЯЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЯК ОСНОВА ДЛЯ SLS ДРУКУ**

При аналізі сучасного ринку систем 3D друку було виявлено потенціал розширення використання даної технології. Про це говорять останні розробки світових науковців в галузі використання лазерних, вітрових технологій та інших видів відновлюваних джерел енергії.

У даній роботі розглядається напрямок використання, малозастосовуваних але, на наш погляд, перспективних технологій на основі сонячного випромінювання. Враховуючи економічні складові різних технологій, сонячна енергетика стає повноцінним замінником даних технологій і з економічної точки зору теж.

Друк здійснюється спеціальним пристроєм – 3D-принтером, який забезпечує створення фізичного об'єкта шляхом послідовного накладання пластичного або іншого матеріалу на основі віртуальної 3D-моделі.

Широкого застосування знайшли і методи Selective Laser Sintering (селективне лазерне спікання) – SLS. Суть технології полягає в пошаровому спіканні лазерним променем порошкового матеріалу. У робочій камері він попередньо підігрівається, трохи не доходячи до температури плавлення. Після розрівнювання порошку по поверхні зони обробки, лазером спікається потрібний контур, далі насипається новий шар, розрівнюється, і процес повторюється. Готова модель витягується з камери, а надлишки порошку видаляються [1]. Традиційно використовується лазерний діод, інфрачервоний лазер, ітербієвий волоконний лазер або вуглекислотний лазер. Основною проблемою є саме цей конструкційний елемент який обмежує доступність технології для кінцевих користувачів. Опіраючись на специфіку SLS друку у даній роботі розглядатиметься використання напрямлених зібраних в одну точку сонячних променів, концентровану теплову енергію сонця як фактор для спікання.

Пропонується звернути увагу на загальновідому схему для вловлення та фокусування сонячної енергії (рис. 1).

Промені від сонця 1 падаючи на рухоме дзеркало 2 відбиваються

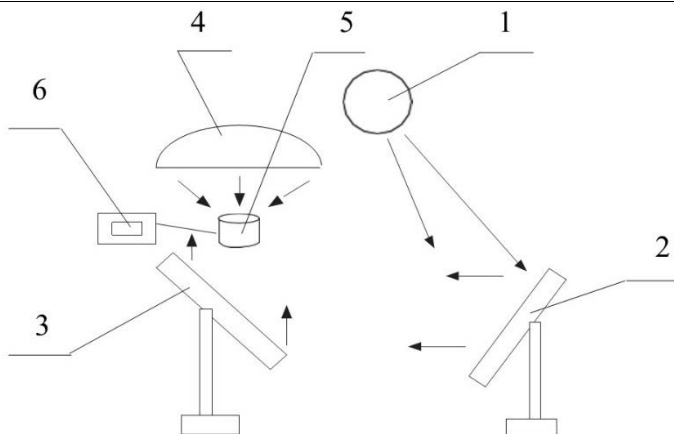


Рисунок 1 – Схема збору та концентрації сонячного випромінювання

на стаціонарне дзеркало 3. Від дзеркала 3 зорієнтовані промені потрапляють на фокусуючий пристрій 4 звідки потрапляють на концентратор сонячної енергії 5. Для збору інформації та контролю за процесами служить блок керування 6 [2].

Крім прямого застосування є можливість надання додаткових функцій. Блок керування можна налаштувати на аналіз прохідної енергії для перетворення її в електричну з метою накопичення або подальшого використання в умовах відсутності достатньої сонячної енергії.

Використання цієї схеми або інших модифікацій створених на основі даного принципу дозволяє працювати з установками 3D-друку в умовах відсутності електричної мережі і практично на будь-якій місцевості. Розвиток ідеї заміни лазерів концентрованим сонячним променем не тільки зробить технологію більш доступною в ціновому діапазоні, а й розширить її поточні можливості для застосування.

#### Список використаних джерел:

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Адитивні\\_технології#:~: text=Адитивні%20технології%20або%203D-друк,виращування\)%20за%20даними%20цифрової%20моделі.MANUAL](https://uk.wikipedia.org/wiki/Адитивні_технології#:~:text=Адитивні%20технології%20або%203D-друк,виращування)%20за%20даними%20цифрової%20моделі.MANUAL)
2. Version of 3d printing by Lytvynenko, Yu.M., Ostapenko, S.O., Rogozinsky, A.A., and Solonin, Yu.M. URL: <https://scinn.org.ua/en/archive/15%285%29/15%285%2907>

УДК 621.9 (075.8)– 047.58<sup>1</sup>

<sup>1</sup>О. В. Солнцев, аспірант

<sup>1</sup>Ю. М. Кузнєцов, д.т.н., проф.

<sup>2</sup>Ж. А. Г. Хамуйєла

<sup>1</sup>КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

<sup>2</sup>Університет Аугустіно Нето, Луанда, Ангола

## **СТВОРЕННЯ РОЗУМНОГО ГІБРИДНОГО МУЛЬТИПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ВИКЛИКІВ «ІНДУСТРІЯ 4.0» І НАБЛИЖЕННЯ «ІНДУСТРІЯ 5.0»**

В умовах викликів четвертої промислової революції «Індустрія 4.0» а наближення п'ятої промислової революції «Індустрія 5.0» стає актуальним створення розумних виробництв на базі останніх досягнень в науці і техніці [1-4, 5] з використанням гібридних адитивних і субтрактивних технологій [7-9, 13, 14].

Пропонується створений на базі використання механізмів паралельної структури (МПС) автономний гібридний 3D-принтер (рис.1) [6, 10], що є повністю автоматизованою системою для виготовлення цільних тривимірних об'єктів, яка включає: блок позиціонування з МПС, що забезпечує роботу інших блоків в системі та містить: каркас, рухливу платформу, модулі лінійного переміщення, штанги; блок, що забезпечує заміну та комбінування необхідних інструментів, та який складається з магазину для інструментів, що містить інструменти (виконавчі органи) для створення цільних тривимірних об'єктів, рухливої платформи, маніпулятора для переміщення інструментів; де рухлива платформа блоку позиціонування з МПС та платформа блоку, який забезпечує заміну та комбінування необхідних інструментів є однією й тією самою платформою; блок автоматизованого відокремлення і видалення надрукованого зразку зі столу та очищення столу після друку на 3D-принтері, який забезпечує автоматичне відділення, скидання виготовлених об'єктів з поверхні друку та очищення поверхні платформи, що представлений столом для підігріву, гнучкою пластиною-покриттям, механізмом вигинання платформи, механізмами скидання виготовленого об'єкту та очищення столу.

Німецько-український стартап розробив нову систему не лише для 3D-друку, а й для багатофункціонального виробництва. Але навіщо створювати ще один 3D-принтер? На ринку їх буквально сотні, багато з яких пропонують ідентичні функції. Чим СмартЗавод

відрізняє їхню систему від решти? Відповідь пов'язана з тенденцією, яка спостерігається у 3D-друку вже кілька років. У міру того, як технологія поступово вдосконалювалася і стала виробляти більш якісні деталі, вона привернула увагу виробників, які прагнуть використовувати 3D-друк для виробництва деталей для кінцевого використання. Однак проблема полягала в тому, що для виробництва деталей потрібно багато різних матеріалів. Завдяки до цього періоду список матеріалів, доступних для 3D-друку був відносно коротким: PLA, ABS, PETG та деякі інші. Як тільки хімічна промисловість усвідомила довгостроковий потенціал 3D-друку, вони почали випускати більше своїх матеріалів у формах, які підходять для 3D-друку. Це було гарною новиною для виробників, але це стало викликом для виробників 3D-принтерів, які виявили, що їхнє стандартне обладнання може працювати тільки з певними типами матеріалів. В результаті розпочалося бурхливе зростання спеціалізованих екструдерів, хотендів, складальних камер та інших апаратних компонентів для задоволення цих нових потреб у матеріалах.

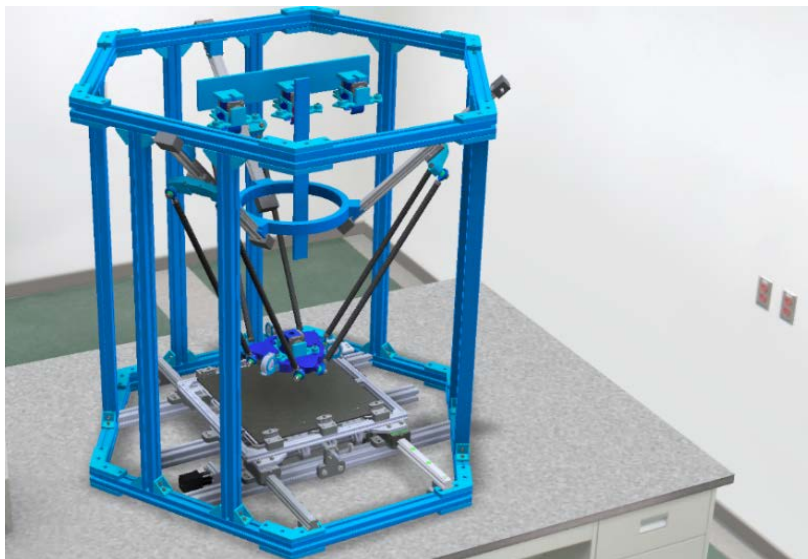


Рисунок 1 – Концепт повністю автоматизованого гібридного 3D-принтера модульної компоновки на основі механізмів паралельної структури SmartZavod (деталізація вузлів та різних інструментів прихована з міркувань зберігання комерційної таємниці)

Для виробників це означало, що часто доводилося міняти головки на своїх 3D-принтерах для нових завдань друку або навіть купувати кілька пристроїв і виділяти їх для конкретних матеріалів. Це вирішило проблему, але вимагало додаткових витрат. Запропонований SmartЗавод дозволив вирішити ці проблеми. Їхній пристрій не тільки мультиматеріальний, але й багатофункціональний, в якому використовується дельта-система руху, що забезпечує простий спосіб заміни ріжучих головок. Це настільки просто, що машина фактично автоматизує процес зміни інструментів одним натисканням кнопки. Це означає, що верстат може, наприклад, замінити активну головку TPU із соплом 0,4 мм на високошвидкісну головку ABS діаметром 2,0 мм. Все це може відбуватися під час друку без потреби втручання людини. Ще краще, якщо ви можете замінити екструдер ниток, чому б не замінити інші види інструментів? При заміні фрезерних верстатів з ЧПУ або головок для лазерного гравіювання функція верстата може стати зовсім іншою – знову ж таки, під час одного завдання на друк. Зверніть увагу, що деякі інструментальні головки потенційно виконувати дії з постобробки, доки вони все ще перебувають «в завданні на друк» (рис.2).

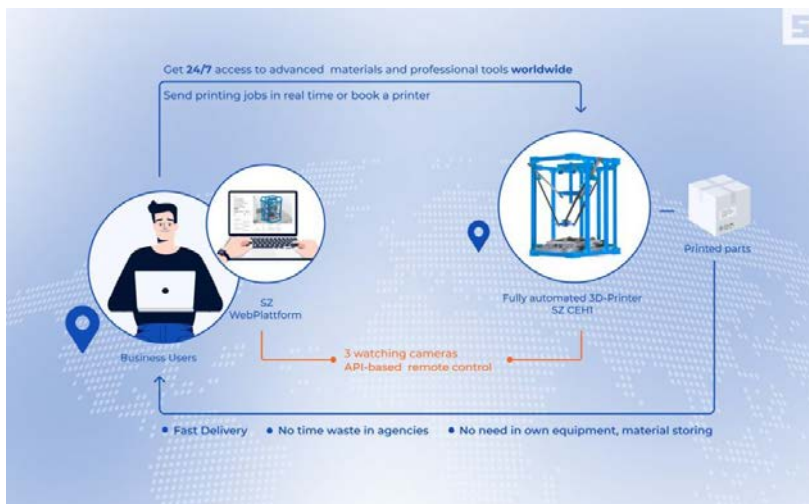


Рисунок 2 – Завдання на друк

Зазвичай багатофункціональні пристрої вимагають, щоб оператор фізично встановив альтернативні інструментальні



головки до початку завдання, що означає завдання або «всього 3D-друку», або «всього лазерного гравіювання» і так далі. Гібридний 3D-принтер повинен вміти виготовляти об'єкти не тільки з декількох матеріалів, але і з використанням декількох процесів виготовлення. Його початкова версія включатиме три інструментальні головки для 3D-друку:

- Стандартний інструмент: Dyze design pro 0,4мм + мультиматеріальна модернізація для 6 ниток.

- Інструмент з високою витратою: сопло Turphoon конструкції Dyze ~ 2 мм.

- 2 насадки для друку зі знімними опорами.

Однак найближчим часом SmartЗавод планує додати такі насадки та функції:

- Дозатор рідкого клею.

- ЧПУ для чистової обробки деталей.

- Різні друкуючі головки з різними розмірами сопла та матеріалами сопла.

- Можливість комбінування різних інструментів/матеріалів для однієї друкованої деталі.

Вся ця діяльність відбувається в дуже великому обсязі складання 400x400x400 мм, який включає унікальну поверхню складання з вуглецевої пластини, яку можна нагрівати до 130 °С. Майбутні версії пристрою можуть включати активний нагрівання камери для виробництва високоякісних деталей. Гібридний 3D-принтер управляється із хмарної системи, яку SmartЗавод називає «WebPlatform». Ці особливості роблять гібридний 3D-принтер невеликою виробничою машиною, яка теоретично може працювати самостійно, доки закінчатся матеріали. Інновації компанії не зупиняються на апаратному рівні: вони також планують розгорнути програму «оренди», яка дозволить компаніям легко розпочати роботу без одноразових витрат. Це може бути добрим способом «спробувати, перш ніж купити». «СмартЗавод» розробив захоплюючу нову концепцію 3D-друку та виробництва за допомогою пристрою, який при оснащенні потрібними інструментальними головками та матеріалами може повністю автоматично створювати відносно складні об'єкти з декількох матеріалів. В даний час "СмартЗавод" збирає перші кілька прототипів пристроїв та шукає учасників для їх тестування. СмартЗавод особливо зацікавлений у роботі з тими, хто тестує можливості дистанційного керування. В ньому використовується

дельта-система руху, що забезпечує простий спосіб заміни ріжучих головок. Це так просто, що машина фактично автоматизує процес зміни інструментів одним натисканням кнопки. Це означає, що верстат може, наприклад, замінити активну головку TPU із соплом 0,4 мм на високошвидкісну головку ABS діаметром 2,0 мм. Все це може відбуватися під час друку без потреби втручання людини. Ще краще, якщо ви можете замінити екструдер ниток, чому б не замінити інші види інструментів? При заміні фрезерних станків з ЧПУ або головок для лазерного гравіювання функція станка може стати зовсім іншою – знову ж таки, під час одного завдання на друк. Зверніть увагу, що деякі інструментальні головки потенційно можуть виконувати дії з постобробки, доки вони все ще перебувають «в завданні на друк».

Для виробників це означало, що часто доводилося міняти головки на своїх 3D-принтерах для нових завдань друку або навіть купувати кілька пристроїв і виділяти їх для конкретних матеріалів. Це вирішило проблему, але вимагало додаткових витрат. Використана дельта-система руху, що забезпечує простий спосіб заміни ріжучих головок. Це настільки просто, що машина фактично автоматизує процес зміни інструментів одним натисканням кнопки. Це означає, що верстат може, наприклад, замінити активну головку TPU із соплом 0,4 мм на високошвидкісну головку ABS діаметром 2,0 мм. Все це може відбуватися під час друку без потреби втручання людини. Ще краще, якщо ви можете замінити екструдер ниток, чому б не замінити інші види інструментів? При заміні фрезерних верстатів з ЧПУ або головок для лазерного гравіювання функція верстата може стати зовсім іншою – знову ж таки, під час одного завдання на друк.

### **Список використаних джерел**

1. Кузнецов Ю.Н. Вызовы четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0» перед учеными Украины // Вестник ХНТУ, №2 (61), 2017.-с.67-75.

2. Кузнецов Ю., Шинкаренко В. Генетический подход – ключ к инновационному синтезу сложных технических систем. Журнал «Fundamental sciences and applications», т.16, Пловдив (Болгария), к.2, 2011. – с.15 – 33.

3. <https://www.hse.ru/news/expertise/463569696.html>

4. <http://roboticstoday.ru/industriya-5-0-evolyuciya-ili-revolyuciya/>

5. <https://4esnok.by/obzory-i-rejtingi/budushhee-za-industrijej-5-0-i-kommunikaciej-s-robotami/>
6. <https://www.fabbaloo.com/news/smartzavod-tackles-fully-automated-multimaterial-manufacturing>
7. [https://en.wikipedia.org/wiki/Smart\\_city](https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_city).
8. <https://www.computerworld.com/article/2986403/> internet-of-things/just-what-is-a-smart-city.html.
9. Uide to Research and Innovation Strategies for Smart Specializations (RIS 3) //Luxembourg: Publications Office of the European Union.- 2012.-126p. Электронный ресурс – [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/presenta/smart\\_specialisation/smart\\_ris3\\_2012.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/presenta/smart_specialisation/smart_ris3_2012.pdf).
10. SmartZavod Tackles Fully Automated Multimaterial Manufacturing. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fabbaloo.com/news/smartzavod-tackles-fully-automated-multimaterial-manufacturing>
11. <https://www.quora.com/What-is-smart-enterprise>.
12. Curt M. Thompson, Definition of Smart Organization Электронный ресурс – <http://smartorganizations.com/definition-of-smart-organization/>.
13. <https://www.igi-global.com/dictionary/smart-organization/27191>.
14. [Jason Andersson](http://blog.ucstrategies.com/2011/02/01/smart-company-marketing-less) “Smart company” marketing less than smart.- Электронный ресурс – <http://blog.ucstrategies.com/2011/02/01/smart-company-marketing-less>
15. <https://www.fabbaloo.com/news/smartzavod-tackles-fully-automated-multimaterial-manufacturing>

УДК 621.814.41

**С. А. Хомик**, аспірант

**В. Д. Рудь**, докт. техн. наук, професор

*Луцький національний технічний університет*

## МЕТАЛОТЕРМІЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ МЕТАЛОБРОБКИ

При розробці технологій рециклінгу чи утилізації відходів промислових виробництв використання енергозберігаючих методів є економічно перспективним напрямком. Робота пов'язана з проблемами утилізації окалини пресо-кувального виробництва ТОВ «ВО Ковельсьільмаш». На рисунку 1 наведено приклад окремих дедалей, що отримуються методом горячого пластичного деформування.



а)



б)

Рисунок 1: а – деталі, що отримані горячим пластичним деформуванням; б – частки окалини

Розробка технології утилізації окалини, яка дозволить переробляти не тільки окалину поточного виробництва, а й накопичену у відвалах є актуальною задачею. Основою розробки технології рециклінгу відходів є дослідження властивостей окалини сталі 18Х2Н4МА пресо-кувального виробництва ТОВ «ВО «Ковельсьільмаш». Окалина, як сировина, потребує додаткових операцій очищення, сепарації, зневоднення та подрібнення. Відповідно, використання таких відходів можливе лише за їх

попередньої підготовки. Тому доцільним є дослідження впливу способів подрібнення окалини на його дисперсність та форму часток. Металеві порошки характеризуються хімічними, фізичними та технологічними властивостями, знання яких дозволяє створювати об'єктивну уяву про сукупність величезної кількості часток, що розглядаються і є необхідним для організації технологічних процесів в виробництвах порошкової металургії.

Перспективними методами утилізації металевих відходів є металотермія. Металотермія – процес, заснований на відновленні металу з їхніх сполук активнішими металами. В роботі [1] екзотермічну шихту готували на основі окалини сталі 18Х2Н4МА кувально-штампувального виробництва ТОВ ВО «Ковельсьільмаш». Хімічні властивості отриманої термітної сталі напряму залежить від складу шихти. Основними компонентами використаної шихти застосували окалину 18Х2Н4МА – 62-72% та порошок алюмінію ПА-3 -16-20%. Варіант алюмотермії. Відомо що вміст алюмінію у термітній сталі призводить до погіршення її пластичних та механічних властивостей. Для зменшення негативного впливу алюмінію на механічні характеристики термітної сталі в склад шихти вводили додатково мідний порошок ПМС-1 ГОСТ 4960 (3-5%), селітра калієва ГОСТ 19790-74 (7-9%), феромарганець ФМн75А (0,5 -0,8%), феросиліцій ФС45 (1,5-2,2%).

В даній роботі планується замінити алюміній на магній (Магнієтермія).

#### **Список використаних джерел:**

1. Rud V. Receipt of material on basis of drossOf steel by method of Aluminothermy /Saviuk I., Samchuk L., Povstiana Yu. / Slovak international scientific journal, №14, 2018 – С. 37-42.

**ДЛЯ НОТАТОК**

Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

VIII Міжнародної науково-технічної конференції  
з проблем вищої освіти і науки

**ТК-2024 «ПРОГРЕСИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ  
АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ»**

Луцьк, УКРАЇНА  
28-30 травня 2024 року

## **COLLECTION OF SCIENTIFIC REPORTS**

of VIII-th International scientific and technical conference devoted to  
problems of higher education and science

**TK-2024 «PROGRESSIVE DIRECTIONS OF TECHNOLOGICAL  
COMPLEXES DEVELOPMENT»**

Lutsk, UKRAINE  
May 28-30, 2024

Комп'ютерний набір та верстка:

Денисюк В.Ю.

