

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

**III Міжнародна Конференція
ВИРОБНИЦТВО
&
МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2019**



**III International Conference
MANUFACTURING
&
MECHATRONIC SYSTEMS 2019**

M&MS

2019

**III International Conference
24-25 October
Kharkiv**

M&MS 2019, 24-25 October, Kharkiv, UKRAINE

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Виробництво & Мехатронні Системи 2019: матеріали III-ої Міжнародної конференції, Харків, 24-25 жовтня 2019 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2019. – 126 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку технологій та засобів виробництва та мехатронних систем, передовому досвіду та впровадженню їх в галузях систем промислової автоматизації та керування виробництвом; системній інженерії; CAD/CAM/CAE системах; мехатроніці (електро-механічних системах, електронних інструментах систем керування, механічних CAD системах); робототехніці та засобах інтелектуалізації; MEMS (сучасних матеріалів та технологіях виготовлення MEMS) та компонентах і технологіях автоматизації видобутку, переробки та транспортування нафти та газу.

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, О.І. Филипенко, В.В. Євсєєв

Manufacturing & Mechatronic Systems 2019: Proceedings of IIIst International Conference, Kharkiv, October 24-25, 2019: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2019. - 126 p.

The collection includes the theses of reports on modern trends in the development of technologies and means of production and mechatronic systems, top experience and implementation of them in fields of: industrial automation and production management systems; systems engineering; CAD/CAM/CAE systems; mechatronics (electrical and mechanical systems, electronic control tools, mechanical CAD systems); robotics and intellectual tools; MEMS (modern materials and manufacturing technologies MEMS) and components and technologies for the automation of oil, gas and oil extraction, processing and transportation.

Editorial board: I.Sh. Nevlyudov, O.I. Filipenko, V.V. Yevsieiev

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (KITAM), ХНУРЕ, 2019

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Варшавський університет сільського господарства (WULS - SGGW)
Азербайджанський державний університет нафти і промисловості
Національний університет «Львівська політехніка»
Festo Didactic Україна
Jabil Circuit Ukraine Limited
ТОВ «Науково-виробниче підприємство «УКРІНТЕХ»»
Факультет автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ)
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ),
Державне підприємство «Харківський науково-дослідний інститут технології
машинобудування»
Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та
науково-дослідний інститут авіаційної промисловості»

МАТЕРІАЛИ

III-ої Міжнародної Конференції

ВИРОБНИЦТВО & МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2019

(24-25 жовтня 2019)
Харків, Україна

ОРГАНІЗАТОРИ



Міністерство
освіти і науки
України

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
The Ministry of Education and Science of Ukraine



NURE
Kharkiv National University
of Radioelectronics

Харківський національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ)

Kharkiv National University of Radioelectronics



**WARSAW UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES
- SGGW**

Варшавський університет сільського
господарства (WULS - SGGW)

Warsaw University of Life Sciences WULS - SGGW



Азербайджанський державний університет
нафти і промисловості

Azerbaijan State Oil and Industry University



Festo Didactic Україна

Festo Didactic Ukraine



ТОВ «Науково-виробниче підприємство
«УКРІНТЕХ»»

Research and Production Enterprise
"UKRINTECH" Ltd



Національний університет «Львівська
політехніка»

National University Lviv Polytechnic

Державне підприємство «Харківський науково-
дослідний інститут технології машинобудуван-
ня», м. Харків, Україна

State Enterprise «Kharkiv Scientific-Research
Institute of Mechanical Engineering Technology»,
Kharkiv, Ukraine



Державне підприємство «Південний державний
проектно-конструкторський та науково-
дослідний інститут авіаційної промисловості»,
м. Харків, Україна

State Enterprise «National Design & Research
Institute of Aerospace Industries», Kharkiv,
Ukraine



Jabil Circuit Ukraine Limited

КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Ігор Шакирович Невлюдов** голова комітету конференції, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (KITAM), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна
- Олександр Іванович Филипенко** заступник голови комітету конференції, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Мурад Анвер огли Омаров** доктор технічних наук, професор, проректор з міжнародного співробітництва, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна
- Владислав В'ячеславович Євсєєв** секретар, кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (KITAM), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Andrzej Chochowski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща
- Pawel Obstawski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща.
- Сергій Богомолів** лектор/доцент, доктор філософії (комп'ютерні науки), Дослідницька школа комп'ютерних наук, Коледж інженерії та комп'ютерних наук, Австралійський національний університет, Австралія.
- Микола Васильович Замірець** доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування, Україна
- Михайло Васильович Лобур** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем автоматизованого проектування Національного університету «Львівська політехніка», Україна.
- Євген Сергійович Риженко** керівник відділу дидактики ДП «Фесто», Україна
- Сергій Володимирович Демченко** директор ТОВ «Науково-виробничого підприємства «УКРІНТЕХ»», Україна.

- Самед Імамалі огли Юсіфов** кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій та управління, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Фарід Гаджі огли Агаєв** кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри управління та системної інженерії, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Віктор Васильович Косенко** доктор технічних наук, доцент, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування», Україна.
- Володимир Вікторович Козирський** доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту енергетики, автоматики та енергозбереження, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Віталій Пилипович Лисенко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Юрій Францевич Зіньковський** доктор технічних наук, професор кафедри радіоконструювання і виробництва радіоапаратури, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Володимир Митрофанович Свищ** доктор технічних наук, професор, радник директора Державного науково-виробничого підприємства «Об'єднання Комунар», Україна.
- Віталій Євгенович Овчаренко** доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Державного підприємства «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування», Україна.
- Лариса Сергіївна Глоба** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційно-комунікаційних мереж, Інститут телекомунікаційних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Анатолій Олександрович Андрусевич** доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу Національного авіаційного університету, Україна.
- Роман Володимирович Артюх** кандидат технічних наук, директор Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський інститут авіаційної промисловості», Україна.
- Glen Kurtwitz** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Шотландія.

- Liu Shan** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Китай.
- Володимир Андрійович Павлиш** кандидат технічних наук, професор, перший проректор Національного університету «Львівська політехніка», Україна
- Сергій Іванович Осадчий** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна.
- Анатолій Афанасійович Єфіменко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електронних засобів та інформаційно-комп'ютерних технологій, Одеський національний політехнічний університет, Україна
- Анатолій Петрович Ладанюк** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та інтелектуальних систем, Національний університет харчових технологій, Україна.
- Володимир Михайлович Решетюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Олександр Михайлович Цимбал** заступник голови конференції з організаційних питань, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (KITAM), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Віктор Андрійович Палагін** доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації та мехатроніки (KITAM), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Сергій Павлович Новоселов** кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (KITAM), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Євген Анатолійович Разумов-Фризюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (KITAM), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Наталія Павлівна Демська** старший викладач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (KITAM), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

ЗМІСТ

<i>Наталія Фурманова, Олександр Малий, Олексій Фарафонов</i> Розробка системи аналізу транспортного потоку	11
<i>Олександр Мордик, Олександр Цимбал</i> Оптимізація процесів роботи цифрового виробництва методами машинного навчання.....	16
<i>Ірина Сезонова, Микита Андрусишин</i> Автоматизація технології управління виробничим процесом за допомогою мобільних додатків.....	19
<i>Світлана Сотник, Дмитрій Бондаренко</i> Разработка математической модели современных бесконтактных датчиков положения.....	21
<i>Богдан Компанієць, Дмитро Кухаренко, Кирил Вадурін</i> Візуалізація пухлин головного мозку людини шляхом створення тривимірної полігональної моделі.....	24
<i>Виктор Косенко, Катерина Батаєва</i> Алгоритм принятия управленческих решений.....	26
<i>Євсєєв Владислав, Батуліна Дарина, Калита Едуард</i> Ехолот з двох далекомірів для визначення положення об'єкта.....	29
<i>Захарова Карина, Владислав Євсєєв</i> Аналіз типів МЕМС перемикачів, їх переваги та недоліки.....	32
<i>Роман Захаров, Владислав Євсєєв</i> Аналіз конструкції крила робота-орнітоптера.....	36
<i>Богдан Компанієць, Дмитро Кухаренко, Кирил Вадурін</i> Огляд методів та засобів планування оперативних втручань на гемангіому.....	38
<i>Олег Кулаєнко, Андрій Рябушко</i> Автоматизація систем підтримання зазору плазмового різака при термічному різанні металу.....	41

Светлана Сотник, Владислав Микитенко

Обзор современных систем управления для непрерывного лиття..... 45

Владислав Мосьпан, Володимир Фомовський, Сніжанна Кравченко

Термoeлектричні перетворювачі для живлення бездротових датчиків... 48

Светлана Сотник, Антон Степки

Температурные режимы технологического процесса закалки изделий... 52

Денис Мосьпан, Володимир Фомовський, Роман Братушкін

Система термостабілізації біоматеріалів в мікро кюветах..... 54

Денис Мосьпан, Владислав Мосьпан, Денис Барильченко

Варіанти побудови системи контролю адекватності процесу гемодіалізу..... 60

Володимир Котух, Наталія Капцова, Микола Мордовенко, Катерина Палєєва, Євгенія Суліма

Технологічна концепція оцінки ефективності трубної арматури магістральних газопроводів з урахуванням комплексу енергетичних показників..... 64

Олена Чала, Олександр Филипченко, Ірина Боцман

Вплив параметрів технологічних операцій шліфування та полірування на формоутворення компонентів MOEMS..... 69

Андрій Бондарєв, Кирило Хрустальов

Розробка автоматизованої системи контролю відвідування університету 73

Ігор Невлюдов, Валерій Гурін, Дмитро Гурін

Процеси деградації окисних плівок на поверхні метал/оксид 76

Анна Кугір, Кирило Хрустальов

Застосування інформаційних технологій в нафтогазовій промисловості 78

Эльчин Меликов, Тофик Сеидов

Исследование первичных измерительных преобразователей концентрации водовода 81

Дмитро Чікель

Аналіз материнських плат, що використовуються в сучасних FDM/FFF 3D принтерах	84
---	----

Данило Близнюк

Налаштування температурних режимів екструдеру 3D принтера	88
---	----

Дмитро Бойко

Аналіз механічних частин 3D принтерів	91
---	----

Роман Стрілець

Вибір двигуна для переміщення платформи DLP 3D – принтера	95
---	----

Кирило Гладських

Аналіз систем передач для 3D-принтера за технологією DLP	97
--	----

Anastasiia Demska

Determining the productivity of UI web systems in the context of use	101
--	-----

Галина Даниліна, Наталя Андрусевич

Псевдосервіси та теорія конфлікту в стохастичному управлінні інформаційними мережами	106
--	-----

Сергій Новоселов, Юрій Олександров, Оксана Сичова, Сергій Теслюк

Управління автоматизованою системою керування освітленням NURE Energy з використанням мікросервісів	109
---	-----

Вячеслав Роменський, Олена Чала, Шахін Омаров

Технологічне забезпечення автоматизованого виготовлення типових деталей радіоелектронного приладобудування методом холодного листового штампування	113
--	-----

Наталія Демська, Віктор Палагін, Шахін Омаров

Математичні моделі мікроелектромеханічних міжз'єднань	119
---	-----

Богдан Шостак, Сергей Дорошенко, Сергей Чуканов, Шахин Омаров

Разработка структурной схемы модуля индикации и управления для температурного контроля заготовки	122
--	-----

Розробка системи аналізу транспортного потоку

Наталія Фурманова¹, Олександр Малий², Олексій Фарафонов³

1. Кафедра ІТЕЗ, Національний університет «Запорізька політехніка», УКРАЇНА, Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
email: nfurmanova@gmail.com
2. Кафедра ІТЕЗ, Національний університет «Запорізька політехніка», УКРАЇНА, Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
email: docsasha2@gmail.com
2. Кафедра ІТЕЗ, Національний університет «Запорізька політехніка», УКРАЇНА, Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
email: farafon@zntu.edu.ua

Анотація: В даному матеріалі описано розробку системи аналізу потоку вантажних машин з можливістю запису поточних даних на сервер і дистанційним регулюванням параметрами.

Ключові слова: транспортний засіб, вантажопотік, програмне забезпечення, тензометричні датчики, ваговий контроль, фотовідеофіксація,

I. ВСТУП

Зростання числа великогабаритних транспортних засобів на дорогах згубно впливає на стан дорожнього полотна. Для того щоб мінімізувати виникаючі затори, знизити час проходження пункту зважування, мінімізувати згубний вплив на дорожнє полотно і оптимізувати процес проходження пункту зважування в цілому, необхідно розробити систему, яка в автоматичному режимі здатна збирати необхідну інформацію про транспортний потік, передавати її на пости дорожньо-патрульної служби і в центр обробки даних, а так само перерозподіляти потік порушників на пункти статичного зважування [1, 2].

Впровадження на дороги України динамічної системи вагового контролю дозволить значно знизити навантаження на дорожнє полотно і час проходження пунктів зважування. При створенні системи, важливою частиною для її правильного функціонування, є грамотно побудована концепція її роботи.

Вірне визначення інтенсивності руху та складу транспортного потоку є важливим завданням, що дозволяє приймати адекватні рішення на стадії проектування автомобільних доріг, а саме підібрати дорожню конструкцію, здатну працювати в умовах навантаження від існуючого транспортного потоку на протязі усього терміну служби.

На жаль, встановити досить точні єдині залежності зміни інтенсивності та складу руху транспортного потоку протягом року неможливо, тому що кожна автомобільна дорога має свої особливості формування транспортного потоку. Тому основою для практичного визначення характеристик транспортного потоку для оцінки

залишкового ресурсу дорожніх конструкцій є матеріали моніторингу.

Незважаючи на деякі удосконалення, на постах автоматизованої системи обліку руху неможливо отримати дані про кількість осей багатовісних транспортних засобів, про завантаженість кожної з осей, які є одними з основних параметрів при визначенні навантаження від транспортних засобів на дорожнє покриття [3].

Об'єктом дослідження є розробка схеми, конструкції та програмного забезпечення системи аналізу потоку вантажних машин.

Мета роботи – дослідження існуючих конструкцій систем автоматичного вагового контролю автотранспорту та розробка схеми, конструкції та програмного забезпечення системи аналізу потоку вантажних машин з можливістю запису поточних даних на сервер і дистанційним регулюванням параметрів.

II. ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ВАГОВОГО КОНТРОЛЮ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

З 2017 року набула чинності постанова КМУ, що стосується показників гранично допустимих навантажень на дорожнє покриття. Ці обмеження є вимушеними і відносяться до вантажного автотранспорту, який здійснює перевезення з перевищенням вагогабаритних нормативів. Згідно з постановою, вводяться граничні значення навантажень по загальній масі транспортного засобу, а також по осях.

Як засіб контролю за перевищенням допустимих показників використовуються спеціальні системи, що фіксують навантаження на дорожнє полотно. Дорожній ваговий контроль дозволяє попередньо виділити із загального транспортного потоку потенційних порушників – автомобілі, що перевищують вагогабаритні нормативи. Така система працює одночасно зі стаціонарним ваговим контролем, на якому здійснюється зупинка транспортного засобу для подальшої перевірки на предмет порушення нормативів, а також для визначення збитку, нанесеного дорожньому покриттю [4].

Автомобільний ваговий контроль аналізує вертикальні сили впливу осі (групи осей) в русі на дорожнє полотно. Також система вагового контролю на дорогах визначає повну масу транспортного засобу, швидкість його руху і відстані між осями. Функціональні можливості такого обладнання дозволяють виконувати перевірку автомобіля, що рухається з достатньо високою швидкістю. При цьому дорожній ваговий контроль ніяк не обмежує проїзд всіх інших транспортних засобів, що рухаються в загальному потоці. Передача даних (результатів вимірювань) здійснюється за допомогою бездротового зв'язку або по оптоволоконному кабелю.

Система вагового контролю на дорогах складається з наступних елементів: пристрої передачі даних, шафи управління і автоматики, а також спеціального програмного забезпечення. Силоприймаючі модулі та індикатори проїзду автомобілів вбудовуються в дорожнє полотно.

Перевезення різних типів вантажів за допомогою автомобільного транспорту є найбільш поширеними на території України. З кожним роком вантажообіг автомобільного транспорту неухильно зростає, що веде до зростання числа великогабаритних транспортних засобів (ТЗ) на дорогах. Зростання обсягів таких перевезень не тільки згубно впливає на стан дорожнього полотна, а й веде до зростання заторових ситуацій, що значно збільшує час доставки вантажу і призводить до зростання витрат як з боку перевізника, так і з боку власника доріг або держави.

Для зменшення шкоди, завданої дорожньому полотну, а також для зниження часу, що витрачається на зважування ТЗ, необхідно використовувати системи вагового контролю, здатні проводити зважування в автоматичному режимі і без безпосередньої зупинки ТЗ [5].

Динамічна система вагового контролю (ДСВК) включає в себе широкий перелік обладнання, що виконує заданий функціональний набір і володіє певним опціональним пакетом. Для досягнення високих показників працездатності системи, необхідно вибудувати чітку структуру взаємодії обладнання між собою і схему його розміщення. Основною функцією ДСВК є зниження транспортних колапсів на пунктах вагового контролю, а також посилення контролю вантажних ТЗ.

Підсистема динамічного зважування включає в себе обладнання, що забезпечує вимір вагових характеристик ТЗ в русі: платформа динамічного вимірювання ТС, контролер управління динамічної ваговимірювальної платформою і модуль управління підсистемою динамічного зважування. При наїзді ТЗ на вантажо-приймальну платформу, відбувається зміна рівня сигналу на виході тензометричного датчика, на підставі чого проводяться виміри. Контролер управління динамічною ваговимірювальною платформою проводить первинну обробку даних вимірювань, тестує обладнання, встановлене в вантажо-

приймальній платформі, а також відправляє зібраний пакет даних на модуль управління підсистемою динамічного зважування [6].

Варто відзначити, що модуль управління також входить до складу лінійного сервера, встановленого на вулично-дорожній мережі. Модуль управління здійснює тестування комплексу обладнання, встановленого в динамічній платформі, обробку вимірюваних параметрів і формує пакети даних для передачі їх на модуль управління підсистемою інформування, а також на пост ДПС і в центр обробки даних. Дані, що передаються на стаціонарний пост ДПС і модуль управління підсистемою інформування учасників дорожнього руху, є найменш ємними і містять в собі тільки інформацію про навантаження на вісь ТЗ.

Пакет даних, який передається в центр обробки даних, крім вищевказаної інформації включає в себе пакет тестових даних і непрямих параметрів, заміряних під час роботи підсистеми.

Підсистема розпізнавання державного реєстраційного знака включає в себе камеру фотовідеофіксації і модуль управління. Камера фотовідеофіксації повинна бути обладнана інфрачервоною спалахом що дозволяє розпізнавати державний реєстраційний знак ТЗ в темний час доби і в умовах обмеженої видимості. Дані, отримані за допомогою підсистеми розпізнавання державного реєстраційного знака на сервері, синхронізуються з даними отриманими з підсистеми динамічного зважування ТЗ і формуються в загальний пакет, який перенаправляється на модуль управління підсистемою інформування і стаціонарний пост ДПС.

III. РОЗРОБКА СХЕМИ СИСТЕМИ ВАГОВОГО КОНТРОЛЮ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

Оскільки систему, що розробляється, планується виготовляти у вигляді модулів, він складається з певної кількості блоків.

Принцип дії електронного вагового обладнання контролю навантаження осей автотранспорту зводиться до вимірювання сили (ваги), що впливає на первинний датчик, за допомогою перетворення цього впливу в пропорційний вихідний електричний сигнал. Важливим питанням, що впливає на точність вимірювань і визначальним технічний діапазон застосування електронних ваг, в т.ч., використання того чи іншого первинного датчика; розрізняють три типи датчиків, що застосовуються сьогодні в ваговому обладнанні: віброчастотні (струнні), п'єзокварцові і тензометричні. В даних вагах використовується тензометричний датчик.

Дія такого датчика заснована на перетворенні деформації пружних елементів в зміну електричного опору. Як пружний елемент виступають металеві вироби спеціальної конструкції, перетворювачем же служить

високочутлива спіраль зі спеціального сплаву, наприклад, константана, яка особливим способом приклеюється до пружного елемента на ділянці, де деформація найбільш явно виражена. Така конструкція, за статистикою, виявилася найнадійнішою [7, 8].

Живлення приладу здійснюється через блок живлення, який дозволяє роботу як від мережі змінного струму з напругою 220В так і від акумуляторної батареї.

Сигнал рівня маси приходить на плату управління з блоку АЦП, який в свою чергу перетворює аналоговий сигнал датчика (можливе застосування двох типів датчиків) в цифровий код. Для настройки плати управління використовується можливість підключення каліброваного генератора.

Плата управління має також виводи для управління двома зовнішніми реле для управління зовнішніми камерами для фотофіксації.

Плата управління повинна бути розроблена таким чином щоб для її налаштування користувач міг підключити зовнішню клавіатуру і дисплей, а в разі відсутності сигналу на сервер можна було підключити перетворювач інтерфейсів і підключити замість GPRS модуля комп'ютер через USB і протестувати відправляються і отримуються пакети.

Подібна реалізація дозволяє проводити тестування роботи на кожному етапі проектування системи, а також визначати причини можливих несправностей.

IV. ПРИНЦИП МОНТАЖУ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ ВАГОВОГО КОНТРОЛЮ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

Змонтована конструкція складається з елементів, наведених на рис. 1. Вид дороги із вмонтованими датчиками показано на рис. 2.

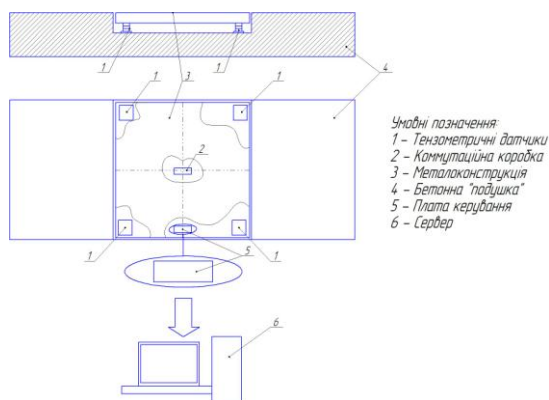


Рис. 1. Склад змонтованої конструкції

Складність монтажу системи визначається складністю монтажу датчиків в дорожнє покриття. Для монтажу розробленої системи в дорожнє покриття виконуватися поглиблення шириною відповідної контрольованої смуги, глибиною 400мм і довжиною 1500мм для установки платформи з чотирма датчиками і платою управління.

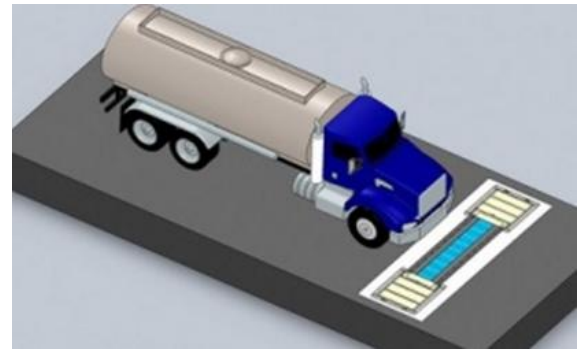


Рис. 2. 3D модель дороги з вмонтованими датчиками

V. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

При початку роботи програми проводиться ініціалізація роботи мікроконтролера (налаштування портів вводу/виводу, налаштування режимів роботи вбудованої периферії, встановлення швидкості роботи тактового генератора, дозволу переривань та ін.)

Далі проводиться ініціалізація модуля зв'язку та перевіряється з'єднання з сервером.

При успішному проходженні ініціалізації та встановленні зв'язку з сервером система починає зчитувати дані з АЦП до якого приєднанні тензOMETричні датчики платформи вбудованої в дорожнє покриття. Зчитані з АЦП данні перераховуються в масу машини.

Якщо маса більша за 0 перевіряється чи менша отримана маса за мінімальну масу контролю (мінімальна маса контролю вводиться для ігнорування пішоходів, велосипедів та інших не значних за масою учасників дорожнього руху, які не можуть пошкодити дорожнє покриття) система не реагує на це навантаження. Мінімальна маса, як і максимально допустима маса виставляється на сервері та передається системі по бездротовому зв'язку. Під час передавання цих параметрів в системі відбувається переривання та встановлення нових значень цих параметрів.

Після перевищення значення мінімальної маси навантаження система передає сигнал камері для проведення фото фіксації транспортного засобу. При цьому використовуються IP камери які мають функцію отримання та відправки кадру в мережу по отриманню HTTP запиту. Отже при перевищенні мінімальної маси спрацьовує реле яке запускає модуль формування запиту на камеру. В свою чергу камера заздалегідь налаштована на відправку кадру на визначений сервер. Відповідність фотографії зважуванню вісі автомобіля визначається за часом отримання фотографії який співпадає з часом отримання маси зважування. Маса зважування відправляється одразу ж на сервер через модуль зв'язку з вказанням часу зважування отриманого з мікроконтролера.

Якщо маса зважування перевищує гранично допустиму (максимальну, що також має можливість віддаленого налаштування)

включається сигналізуючий пристрій який може бути як звуковим так і світловим. Сигналізуючий пристрій покликаний звернути увагу водія транспортного засобу про перевищення його транспортним засобом максимально допустимого навантаження на вісь для того щоб той прийняв заходи по зупинці або зміні курсу слідування та не продовжував рух на заданій ділянці дороги.

За розробленим алгоритмом роботи програми мікроконтролера, який використовується в системі контролю, створена програма мовою MPASM.

Слід зазначити, що можливі як локальні перевищення норм (навантаження на одну вісь), так і сумарне перевищення норм (загальна маса транспортного засобу).

Відстань між осями визначається вважаючи що під час руху по системі автомобіль не змінює швидкість руху більш ніж на 10% (швидкість при проїзді першої вісі відрізнялась на більше ніж на 10% від швидкості при проїзді останньої вісі). При цьому для визначення відстаней використовуються довідники з інформацією про існуючі типи вантажних автомобілів.

До системних довідників відносяться довідники камер, довідник типів автомобільних номерів, довідник користувачів системи і загальних налаштувань сервера отримання даних, налаштування принтерів для друку звітів на локальному робочому місці оператора системи.

В системі також передбачено формування звітів за період по всіх автомобілях і за окремим транспортному засобу із зазначенням маси автомобіля і навантажень на окремі його осі.

Після формування звіту користувач може вибрати окреме зважування і переглянути його параметри з фотографією або без такої - якщо з технічних причин вона відсутня.

Можливість визначення відстані між вісями з урахуванням використання довідника вантажних автомобілів система може автоматично визначати марку транспортного засобу.

Використання системи розпізнавання номерних знаків дозволяє визначити ім'я власника транспортного засобу з боку поліції для виписування штрафу за перевищення навантаження на осі при перетині окремих ділянок доріг або дорожніх інженерних споруд.

VI. ЗАГАЛЬНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

В даний час транспортні системи відіграють найважливішу роль у світовій господарській системі. Ваговий контроль автомобільного потоку спрямований на збереження і захист автомобільних доріг, інженерних конструкцій, таких як мостові переправи. Є встановлені навантаження як осьові, так і по загальній масі, які забезпечують збереження дорожнього полотна та інженерних споруд, зокрема, мостів і переходів.

Для забезпечення безперервності транспортного потоку, з метою уникнення виникнення пробок на пунктах контролю маси автомобілів, що в'їжджають на мости і виключення додаткових витрат на оплату праці персоналу, оптимальним є використання автоматизованих систем контролю маси машин в русі.

Пункти вагового контролю розставляються виходячи із специфіки маршрутів перевезення вантажів. Основне завдання цих пунктів – припинити перевищення навантажень і компенсувати ті збитки, які завдаються дорогам і мостам. На місцевих дорогах пункти вагового контролю повинні бути організовані органами місцевого самоврядування. Порушення по вазі автотранспорту фіксуються, і на їх підставі службою з нагляду в сфері транспорту може бути проведена перевірка на підприємстві. В ході неї з'ясовується, з якої причини відбувається перевантаження транспортних засобів, і тоді накладається відповідальність на керівництво підприємства.

Пункт вагового контролю – це ваги, вмонтовані в полотно дороги, призначені для динамічного зважування. Машина зважується в русі для попередньої оцінки. При рівномірному русі вага визначається більш точно, при нерівномірному – навантаження може перерозподілятися. Також враховуються такі чинники: з якою швидкістю заїжджає водій, який майданчик перед і за вагами, наскільки вона рівна. Автоматизована система визначає, що при даних відстанях між осями є перевищення осьових мас. У цю суму включається і похибка системи. Після попереднього визначення перевищення ваги машина повинна бути повторно зважена в статичному режимі, тому вона виводиться з смуги руху і зупиняється. У динамічному режимі похибка досить велика, вона може досягати 100 кг на вісь, а іноді і 500 кг на вісь. Тобто, якщо взяти всю машину, 5-6-вісню, то похибка може становити 2,5 тонни. На контрольних вагах проводиться статичне зважування, машина по черзі заїжджає кожною віссю на ваги і зупиняється. Похибка такого зважування становить не більше 50 кг. Загальна вага обчислюється простим додаванням осьових навантажень.

Згідно з нормативами, загальна вага стандартної фури разом з вантажем 38 тонн: 8 тонн на вісь і 10 тонн на передню і задню осі тягача. Це стандарт відповідності технічних характеристик наших доріг. До сих пір у нас нормативи залишаються нижчими за європейські. Там нормальною вважається навантаження в 11,5 тонни на вісь, у Фінляндії цей показник ще вище, але у нас якість доріг не відповідає європейським нормам, тому загальні стандарти невисокі.

Розрахунок збитків дороги обчислюється виходячи з відстані, розміру перевищення осьового навантаження або загальної маси.

Для зважування автомобілів існує кілька різновидів ваг: це платформні ваги для зважування в статиці (із заїздом автомобіля або автопоїзда на

ваги), врізні для зважування як в статиці, так і в динаміці, і переносні для поколісного (а в разі суміщення пари платформ – поосного зважування).

Основні відмінності полягають в умовах застосування, що впливають із способу зважування і точністю вимірювання.

Платформні ваги призначені для зважування автомобіля вцілому. У порівнянні з вагами інших типів вони дозволяють визначати вагу з мінімальною похибкою. Для 3-го класу точності за ГОСТ 29329-92 похибка в експлуатації становить ± 3 повірочних ділення, що для більшості 40-тонних вагів одно ± 30 кг, а для 60-тонних вагів ± 60 кг.

Врізні ваги можуть зважувати автомобіль по осях в статиці і в динаміці. Вони встановлюються на одному рівні з проїзною частиною. При зважуванні в динаміці, автомобіль проїжджає через вантажоприймальну платформу зі швидкістю не більше 5 км / год. Програмне забезпечення виділяє навантаження на осі, підсумовує їх і видає повну вагу автомобіля або автопоїзда. Похибка ваг 1-го класу точності за ГОСТ 30414-96 дорівнює $\pm 1\%$ від найбільшої границі зважування (НГЗ), 2-го – $\pm 2\%$. Найбільш розповсюджені 60-тонні ваги, що зважують з похибкою до 600 - 1200 кг на транспортний засіб.

Якщо автомобіль зважується в статиці, то він заїжджає по черзі всіма осями з зупинкою на вагах. Похибка вимірювання в середньому становить 30 - 50 кг, помножених на кількість осей.

Підкладні ваги зазвичай менш точні, ніж попередні варіанти. Це пояснюється виникненням неконтрольованих сил бічних зрушень і похибки, що утворюється опором на стиск ресор при наїзді на платформи. Відповідно похибка самих ваг (15-60 кг на платформу, 30-120 кг на вісь) завжди менше похибки при зважуванні всього автомобіля. Ваги цього типу застосовують для оперативного вагового контролю транспорту і контролю навантаження на дорожнє полотно [9].

У визначенні загальної ваги автомобіля багато особливостей. Наприклад, автомобілі, що перевозять рідини (цистерни), через постійне зміщення центру ваги можна зважувати тільки з повним заїздом на статичні ваги. При поосному зважуванні обов'язково повинна дотримуватися горизонтальність під'їзних шляхів.

Варто відзначити, що ваги, що належать одному і тому ж класу точності, можуть мати різну похибку. Це залежить від зазначеної виробником величини перевірочного ділення. Менший перевірочний розподіл – більша точність.

Необхідно також розрізняти межі допустимої похибки при первинній перевірці і при експлуатації, або після ремонту на експлуатаційному підприємстві. Друга величина зазвичай в два рази більше.

І наостанок хотілося відзначити, що в разі сумніву в правильності вимірювання ваги на пункті зважування ви маєте право вимагати:

- сертифікат про затвердження типу засобів вимірювальної техніки. У додатку до нього вказані

всі моделі виробника з технічними параметрами, серед яких є і похибка вимірювання;

- свідоцтво про перевірку. Сертифіковані ваги проходять чергову перевірку раз на рік. При перевірці на ваги (найчастіше на термінал, іноді на з'єднувальні коробки) ставиться клеймо, а підприємству видається свідоцтво із зазначенням терміну його дії. По закінченню цього терміну показання ваг вважають недійсними.

V. ВИСНОВКИ

В роботі представлено розроблену програмно-апаратну систему аналізу потоку машин через мости, що призначена для запобігання руйнуванню дорожнього покриття та інженерних конструкцій, шляхом зважування автомобілів під час їх руху та регулювання потоку машин на різних ділянках доріг.

Особливістю цієї системи є можливість роботи системи без зупинки транспортного потоку, що особливо важливо на навантажених ділянках дороги таких як гребля «ДніпроГЕС». Для зважування машини достатньо знизити швидкість до 30км/год, що є нормальною швидкістю руху в правій смугі греблі «ДніпроГЕС» та на подібних інженерних об'єктах.

Крім того, можливість передавання даних про номер машини, фотофіксації під час зважування та маси на центральний сервер дозволить оперативно реагувати на перевантаження та запобігати подібним порушенням з боку власників та водіїв вантажних машин.

Тензометричний датчик вбудовується в дорожнє покриття та конструктивно нагадує перекриття, що і так існують на греблі «Дніпрогес» між плитами.

На даний момент ринок подібних систем представлений австрійськими та німецькими системами WIM. Середня вартість такої системи складає близько 550 000 грн.

Розроблений програмно-апаратний комплекс має модульне конструктивне виконання та можливість моніторингу та керування через мережу інтернет, що є беззаперечною перевагою перед іншими системами. Крім того, розробка системи також пропонує методику визначення оптимальної кількості потоку машин через різні ділянки різних типів вантажного транспорту та планувати оптимальний час їх слідування, що надасть можливість регулювати, за допомогою дорожніх знаків, час слідування вантажівок, що мають масу вище зазначеної.

Використання подібної системи дозволяє суттєво скоротити час на контроль потоку вантажівок, що мають граничну масу яка призводить до пошкодження дорожнього покриття та інженерних конструкцій, що в свою чергу дає велику економію витрат з місцевих бюджетів для їх ремонту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Нуретдинов, Д. И. Повышение эффективности эксплуатации парка грузовых автомобилей.

- [Электронный ресурс] / Д. И. Нуретдинов, А. А. Галиахметов // Электронное научное издание «Социально-экономические и технические системы» — Камский государственный политехнический институт, 2003. — Режим доступа: <http://sets.ru/base/9nomer/nuretdinov/stat1.htm>.
- [2] Воркут, Т. А. Проектирования систем транспортного обслуживания в ланцюгах поставок [Текст]: монографія / Т. А. Воркут. — К.: НТУ, 2002. — 248 с
- [3] Воробьев А.И. Разработка высокоточной весоизмерительной системы транспортных средств / А.И. Воробьев, М.В. Гаврилюк // Актуальные вопросы инновационной экономики. - 2013/2014. - №6(5). - С.185-191.
- [4] Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы в автомобильнодорожном комплексе / С.В. Жанказиев, В.М. Власов, А.М. Иванов; под общ. ред. В.М. Приходько. - М.: ООО «Мэйлер», 2011г. -487 с.
- [6] Пржибыл, Павел Телематика на транспорте / Павел Пржибыл, Мирослав Свитек; под ред. проф. Сильянова В.В. - М.: МАДИ(ГТУ).-2003.-504с.
- [7] Наумов, В. С. Существующие методики расчета структуры автопарка и их недостатки [Текст] / В. С. Наумов; Вюник ХНАДУ 2006. — Вип. 32. — С. 114—119.
- [8] Нефьодов, М. А. Визначення структури парку автомобілів для перевезень продовольчих товарів народного споживання [Електронний ресурс] / М. А. Нефьодов, К. Г. Ковцур // Вюник ХНАДУ. — 2009. — Вип. 47. — С. 127—131.
- [9] Нуретдинов, Д. И. Повышение эффективности эксплуатации парка грузовых автомобилей. [Электронный ресурс] / Д. И. Нуретдинов, А. А. Галиахметов // Электронное научное издание «Социально-экономические и технические системы» — Камский государственный политехнический институт, 2003.

Оптимізація процесів роботи цифрового виробництва методами машинного навчання

Олександр Мордик, Олександр Цимбал

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна,
Харків, пр-т. Науки 14, e-mail: kurtwalkir@gmail.com

Анотація: Оптимізація виробництва в умовах цифрового виробництва, є актуальним завданням на сьогоднішній день.

Сучасні підходи засновані на використанні людських ресурсів. Дані підходи є стандартними, це дуже часто веде до помилкових результатів.

Об'єкт дослідження – процес оптимізації цифрового виробництва.

Методи дослідження – методи машинного навчання; методи імітаційного моделювання, методи ідентифікації, методи кластерного аналізу.

Ключові слова: ідентифікація, машинне навчання, імітаційне моделювання, кластеризація.

I. ВСТУП

Сучасний стан розвитку технологій, техніки, обладнання та підходів в цілому визначають завдання збільшення обсягів виробництва і скорочення термінів розробки і постановки на виробництво на новий рівень. Швидка обробка великої кількості потоку даних з датчиків і прийняття моментального рішення, без участі людини, є великим кроком вперед.

Цифрове виробництво, засноване на широкому застосуванні комп'ютерної техніки в виробництві продукції, дозволить вирішити це завдання.

Внаслідок чого розробка нових методів для оптимізації процесів цифрового виробництва є актуальним завданням.

II. ВИЗНАЧЕННЯ ЦИФРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Цифрове виробництво – це концепція технологічної підготовки виробництва в єдиній віртуальній середовищі з допомогою інструментів планування, перевірки і моделювання виробничих процесів.

Ключовою складовою концепції цифрового виробництва є використання певного програмного забезпечення, що дозволяє технологам здійснювати свою діяльність більш ефективно. Причому в більшості випадків мова йде не про те, що технолог виконує звичну йому роботу новим способом, а про зовсім нові, більш ефективні бізнес-процеси (наприклад, той ж технолог створює тривимірні інтерактивні інструкції і передає їх в цех по локальній мережі, що позбавляє його від необхідності створювати операційну карту в звичному розумінні), які здійснюються за допомогою передового програмного забезпечення і дозволяють підприємству отримувати реальну вигоду.

В контексті української промисловості завдання цифрового виробництва полягає не в кардинальній зміні укладу, побудові «розумних» фабрик - це дорого і довго. В першу чергу українська промисловість – це індустрія з територіально розподіленою і неоднорідною інфраструктурою.

Верстатний парк багатьох підприємств складається з обладнання не тільки різних виробників, але і поколінь. Підвищення продуктивності і ефективності того, що є, тобто є задачею перетворити виробництво в керований комп'ютером в реальному часі процес і доповнити його штучним інтелектом. Виробничі підприємства мають потенціал у багатьох напрямках – від віртуальних асистентів до робототехніки, використовуючи швидкозростаючі обсяги даних для оптимізації основних процесів в режимі реального часу, автоматизації виробничих ліній, зниження кількості помилок і часу простою, зменшення витрат сировини, часу доставки, або, нарешті, підвищення якості продукції.

Зараз поле побудови цифрових формул і іншого цифрового виробництва дуже широко завдяки можливостям збільшення обсягів виробництва на поточних потужностях, зниження витрат і собівартості.

Тому кожне підприємство намагається використовувати цей потенціал по-різному.

Отримані таким чином результати не до кінця виправдовують очікування. Нестандартне рішення найчастіше неможливо масштабувати, потрібно багато ресурсів на його підтримку. На все це йде багато часу і грошей, а готового стандартного рішення в підсумку немає.

Для того, щоб підприємство стало цифровим, воно повинно підключити до промислового інтернету все, що можна, почати моніторинг і отримувати достовірні дані. В світі, 90% обладнання не підключено ні до яких мереж, з цього обладнання не фіксуються поточні дані.

Люди дуже часто плутають процес автоматизації і процес впровадження цифрового виробництва (рис. 1).



Рис. 1. Структура цифрового виробництва

В першу чергу необхідно навчитися збирати дані будь-які процесів і з будь-якого обладнання в промисловості. Це дозволить фіксувати роботу і це найпростіше і ефективне рішення.

III. МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЦИФРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Кластеризація об'єктів виробництва.

Існує безліч способів застосування кластерного аналізу. Найчастіше він виступає як інструмент, що дозволяє поглянути на дані в цілому. Також кластерний аналіз може використовуватись для попередньої обробки або як проміжний етап інших алгоритмів, таких як класифікації або прогнозування.

В задачах за допомогою кластерного аналізу створюється комплексне зведення даних для класифікації, відбувається виявлення шаблонів, формування і перевірка гіпотез.

Кластеризація - це автоматичне розбиття елементів (об'єкти, дані, вектора характеристик) на групи (кластери) за принципом схожості [1]. На рис. 2. представлена класифікаційна схема алгоритмів кластеризації, яка може бути використана для класифікації і групування деталей на класи, види, групи або типи.



Рис. 2. Класифікація алгоритмів кластеризації

Методи оптимізації проектних технологічних процесів цифрового виробництва за допомогою нейронних мереж.

Нейронні мережі використовуються для вирішення складних завдань, які потребують аналітичних обчислень подібних тим, що робить людський мозок. Найпоширенішими застосуванням нейронних мереж є:

- класифікація – розподіл даних по параметрах;
- попередження – можливість передбачати наступний крок;
- розпізнавання – в даний час, саме широке застосування нейронних мереж.

Вони діляться на три основних типи: вхідний, прихований і вихідний. У тому випадку, коли нейромережа складається з великої кількості нейронів, вводять термін шару. Відповідно, є вхідний шар, який отримує інформацію, n прихованих шарів, які її обробляють і вихідний шар, який виводить результат.

У кожного з нейронів є 2 основних параметра. Вхідні дані (input data) і вихідні дані (output data). У випадку вхідного нейрона: $\text{input} = \text{output}$. В інших, у полі input потрапляє сумарна інформація

всіх нейронів з попереднього шару, після чого, вона нормалізується, за допомогою функції активації (поки що просто уявімо її $f(x)$) і потрапляє в поле output [2].

На рисунку 3 зображені основні параметри нейрона.

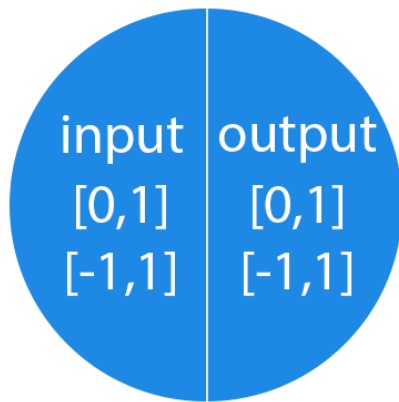


Рис. 3. Основні параметри нейрона

Методи машинного навчання у цифровому виробництві.

В сучасному світі постають важливі питання щодо методів навчання. З розвитком технологій термін «навчання» постійно розширюється, знаходячи застосування не лише серед навчання людей, а й серед навчання машин.

Машини, обладнані штучним інтелектом, можуть замінити людину у виконанні небезпечних та складних завдань, де необхідна велика сила, швидка увага, або обробка великої кількості схожої інформації.

Розвиток інформаційних технологій має на меті створити засоби, що будуть полегшувати життя: удосконалювати виробництво тощо.

Дерево прийняття рішень - засіб підтримки прийняття рішень, який використовує граф або модель прийняття рішень, а також можливі наслідки їх роботи, включаючи вірогідність настання ситуації, витрати ресурсів та корисності [3].

Важливо пам'ятати, що нейрони оперують числами, які знаходяться в діапазоні $[0,1]$ або $[-1,1]$.

На рисунку 4 зображена структура дерева.

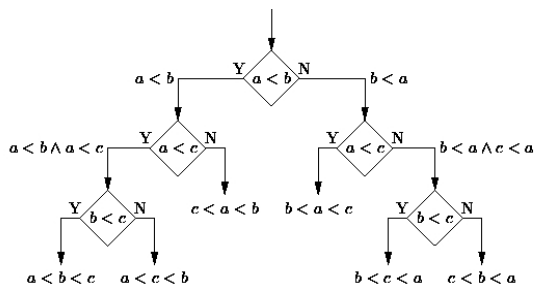


Рис. 4. Структура дерева прийняття рішень

З точки зору цифрового виробництва, дерево класифікації є мінімальною кількістю максимальних і мінімальних значень з датчиків. Якщо розглядати дерево як метод, то воно дозволяє підійти до вирішення проблеми зі структурованою і систематичної боку, щоб в результаті прийти до логічного висновку за даними датчиків.

Метод найменших квадратів.

Даний метод виступає в ролі методу для реалізації лінійної регресії. Найчастіше вона представляється у вигляді завдання прямої лінії, що проходить через безліч точок. Є кілька варіантів її здійснення, і метод найменших квадратів - один з них. Можна намалювати лінію, а потім виміряти відстань по вертикалі від кожної точки до лінії і «перенести» цю суму вгору. Необхідною лінією буде та конструкція, де сума відстаней буде мінімальною. Іншими словами, крива проводиться через точки, що мають нормально розподілене відхилення від істинного значення.

Приклад графіку найменших квадратів зображен на рисунку 5.

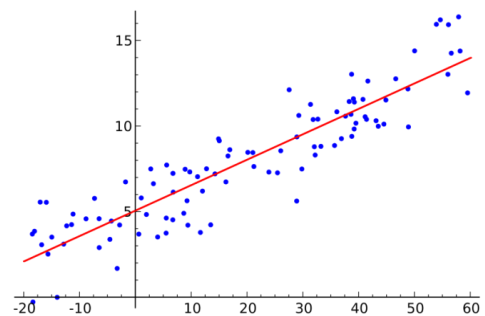


Рис. 5. Приклад графіку методу найменших квадратів

Логістична регресія є потужний статистичний метод прогнозування ймовірності виникнення деякої події з однією або декількома незалежними змінними.

Логістична регресія визначає ступінь залежності між категоріальною залежною й однією або декількома незалежними змінними шляхом використання логістичної функції, що є акумулятивним логістичним розподілом [4].

Даний алгоритм активно використовується в цифровому виробництві, а саме при:

- оцінці водостійкості обладнання;
- вимірі показників успішності виробництва;
- прогнозі доходів з певного продукту;
- обчисленні можливості виникнення аварійної ситуації на виробництві.

Приклад графіку методу логічної регресії зображен на рисунку 6.

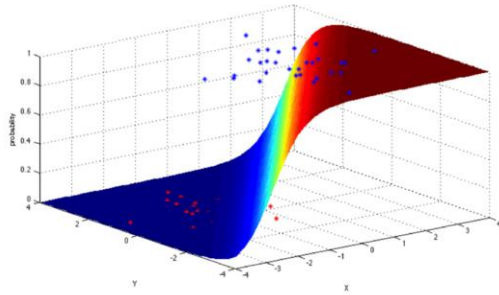


Рис. 6. Приклад графіку методу логічної регресії

IV. ВИСНОВКИ

Оптимізації цифрового виробництва є ажливим завданням для стабільної роботи економіки кожної країни.

Використання методів машинного навчання дозволяє підвищити рівень надійності та швидкості виробництва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Добруцький, К. А. Огляд та порівняльний аналіз алгоритмів та методів кластеризації та регресії [Текст] /К. А. Добруцький. – М.: Алгоритмів та Методи, 2017. – 272 с..
- [2] Нейронні мережі для початківців. Частина 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://it-ua.info/news/2016/10/12/neyronn-merezh-dlya-pochatkvcv-chastina-1.html>. – 25.09.2019. – Загл. з екрану.
- [3] Дерево прийняття рішень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://basegroup.ru/community/articles/description>. – 23.09.2019. Загл. з екрану..
- [4] Оцінка результатів лінійної регресії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/post/195146/>. – 23.09.2019. – Загл. з екрану.

Автоматизація технології управління виробничим процесом за допомогою мобільних додатків

Ірина Сезонова, Микита Андрусишин

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14, email: andrusyshyn.nikita@gmail.com

Анотація: Застосування мобільних додатків для доступу до оперативних даних і бізнес-інформації є важливим аспектом модернізації та підвищення ефективності виробничих процесів. Застосування мобільних додатків дозволяє оперативно усувати виникаючі проблеми і не допускати їх повторного виникнення, своєчасно приймати обґрунтовані рішення, вживати попереджувальні заходи щодо вирішення технологічних проблем.

Ключові слова: мобільні додатки, реальний час, база даних, бізнес-інформація, виробничий процес, технологія управління.

I. ВСТУП

Застосування мобільних технологій для більш зручного доступу до важливих даних і бізнес-інформації слугує забезпеченню оперативного реагування та прийманню більш зважених рішень для управління технологічними процесами. Основою для побудови мобільних програм можуть стати системи управління виробничою інформацією, в яких накопичуються вагомні для роботи підприємства дані. Прикладом може слугувати система управління виробничим

процесом Azure for Manufacturing, представлена на рис.1.



Рис. 1. Система управління виробничим процесом - Azure for Manufacturing

Доступ до таких систем мають співробітники, що займають найрізноманітніші рівні у виробничій ієрархії. Впровадження мобільних технологій повинно стати усвідомленим рішенням виробничих підприємств.

II. МОБІЛЬНІ ДОДАТКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Перший фактор, мотивуючий промислові підприємства використовувати мобільні технології - це дефіцит кваліфікованих фахівців. Він веде до

того, що співробітникам часто доводиться відповідати за роботу декількох виробничих підрозділів або філій, на яких вони не завжди в змозі знаходитись фізично. Для моніторингу продуктивності, виявлення проблем і виконання інших критичних завдань спеціалісту часто потрібен доступ до системи управління виробничої інформацією у віддаленому режимі.

Це традиційно реалізується через віртуальні частини мережі (VPN), але такий метод забирає час, що призводить до несвоєчасного виявлення проблем і викликає затримки з їх усуненням.

Багатьом менеджерам в наші дні доводиться їздити у відрядження в інші міста і навіть країни. Буває, що потреба в ухваленні критичних бізнес-рішень виникає в ході такої службової поїздки, коли доступ до ключової виробничої інформації утруднений або взагалі неможливий, а під рукою знаходяться тільки неперевірені або застарілі дані.

Менеджер може прийняти рішення на їх основі або відкласти його до того моменту, коли він отримає доступ до потрібної інформації і зможе всебічно оцінити ситуацію.

У будь-якому випадку своєчасність реагування та інформованість відповідальної особи залишають бажати кращого.

Очевидно, що забезпечення доступу до даних є нагальною потребою бізнесу. Мобільні додатки, що надають такий доступ, роблять інформацію доступною негайно, незалежно від того, з якого фізичного місця розташування надходить запит. У промисловому виробництві нештатна ситуація, що вимагає швидкої реакції від управлінського персоналу, може наступити в будь-який момент, тому для скорочення негативного впливу такої ситуації на роботу підприємства в цілому дуже важливо, щоб потрібний фахівець був своєчасно сповіщений про її виникнення.

Бізнес потреба в мобільних додатках для управління виробничою інформацією відображає необхідність більш гнучкого доступу до даних. Фахівці повинні мати можливість управління ефективністю роботи підприємства в будь-який час і з будь-якого місця. Це допоможе їм працювати з більшою віддачею і повніше використовувати наявний досвід.

III. КЛЮЧОВІ ВИМОГИ ДО ПРОЦЕСУ ВПРОВАДЖЕННЯ

Впровадження мобільних додатків, призначених для управління інформацією, відкриває шлях до успіху. Одним з основних вимог при впровадженні є використання вже існуючої інфраструктури та інструментів. Якщо мобільний додаток вимагає установки додаткових керуючих серверів, клієнтських систем і додаткового устаткування, то підвищується вартість і складність рішення, а окупність вкладень (ROI) виявляється не такою високою. Потрібно також, щоб додатки могли працювати з широким спектром популярних мобільних пристроїв і браузерів, щоб не довелося знаходити їх заново.

Досить критичним фактором є забезпечення безпеки. Набагато простіше у впровадженні і обслуговуванні такі системи, в яких застосовуються типові, що стали стандартними для галузі технології захисту. Впроваджуване рішення повинно забезпечувати різні рівні доступу користувачів в залежності від їх ролей. Необхідним є інтерфейс адміністратора, що дозволяє регулювати доступ фахівців. Так, наприклад, цеховому техніку-ремонтникові для роботи потрібно значно менше функцій, ніж керівнику підприємства, який несе відповідальність за роботу всіх його виробничих підрозділів.

Крім того, користувачі повинні мати можливість налаштовувати систему так, щоб отримувати найбільш значущу для них інформацію. Якщо інженер-технолог тестує новий процес, йому необхідно заміряти значення, на які до цього можна було не звертати уваги. Інформація про перевищення гранично допустимих значень повинна негайно передаватися на його мобільний пристрій.

Начальнику зміни також потрібно налаштування одержуваних повідомлень, щоб вони не надходили під час його відпочинку. Можливість гнучко конфігурувати механізм відправки повідомлень - це ще один фактор, що підвищує цінність впроваджуваного додатку для користувачів.

При впровадженні мобільних технологій необхідно продумати структуру і ієрархічність інформації. Так, наприклад, головний технолог, в область відповідальності якого входять чотири філії підприємства в регіоні, повинен мати можливість швидкої вибірки інформації по окремих філіях, а всередині них - по цехам. Це накладає особливі вимоги до структури меню мобільного застосування. Ще одним важливим аспектом є гнучка візуалізація даних. Технік, який займається ремонтом обладнання, зацікавлений в інформації по окремим його одиницям, а керівнику підприємства часто буває необхідно звертатися до ключовими показниками ефективності (KPI). Щоб додаток задовольняв всім вимогам, він повинен вміти представляти інформацію в різних видах (окремі ярлики, KPI, поля даних, повідомлення і т. п.). Чим більшою гнучкістю володіє мобільний додаток, тим більше бізнес-потреб буде задоволено в результаті його впровадження.

IV. ВИСНОВКИ

Процес управління ефективністю роботи підприємств полягає в формуванні значущої інформації, на основі якої приймаються важливі рішення за наявними виробничими показниками. Подання інформації в правильному контексті і наочному форматі дозволяє приймати попереджувальні заходи, не чекаючи, поки проявляться проблеми технологічного процесу. Непоганою платформою для вдосконалення доступу до інформації стали мобільні додатки, вони підвищують ефективність роботи фахівців,

надаючи їм виробничу інформацію в реальному часі.

Мобільні додатки, за допомогою яких здійснюється управління інформацією, роблять доступ до даних зручнішим, і завдяки цьому підприємства отримують значні переваги:

- більш швидке усунення проблем і недопущення їх повторного виникнення;
- своєчасне прийняття обґрунтованих рішень;
- попереджувальні заходи по вирішенню технологічних проблем.

Мобільні технології все ширше застосовуються в промисловому виробництві. Можливості доступу до виробничої інформації і її аналізу є відчутною перевагою для підприємств і здатні значно підвищити ефективність їх роботи. Компанії, які вже користуються мобільними технологіями, накопичують цінний практичний досвід і допомагають розробникам додатків визначати пріоритетні напрямки їх розвитку. Де б користувачі не знаходились, вони завжди, в будь-який час дня і ночі можуть отримувати актуальну інформацію про технологічний процес. Такий

розширений доступ до даних слугує джерелом неоціненного досвіду і допомагає фахівцям працювати з більшою ефективністю. Очікується, що в недалекому майбутньому додатки, що базуються на мобільних технологіях, займуть міцні позиції в управлінні виробничим процесом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Nevlyudov I., Tsymbal O., Bronnikov A. Intelligent means in the system of managing a manufacturing agent / Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2018. № 1 (3). – С. 33-47.
- [2] I. Nyevelyudov, O. Tsymbal, A. Chochowski, V. Lysenko, V. Reshetiuk, D. Komarchuk, B. Kuliak. Methods and Models of Intellectual Decision-Making Support for Automatized Control of Flexible Integrated Manufacturing / K.: Agrar Media Group, 2016. – 356 p.

Разработка математической модели современных бесконтактных датчиков положения

Светлана Сотник, Дмитрий Бондаренко

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, УКРАИНА,
Харьков, пр. Науки 14, e-mail: dmytro.bondarenko@nure.ua

Аннотация: В работе рассмотрены три наиболее распространенных типа бесконтактных датчиков: индуктивные, емкостные и оптические. Определены их достоинства и недостатки. Предложена математическая модель современных бесконтактных датчиков положения, которая позволит сократить время при проектировании подобных устройств.

Ключевые слова: бесконтактные, датчики, положения, математическая, модель

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время благодаря высокому быстродействию, а также большой частоте включений механизма бесконтактные датчики положения (БДП) активно расширяют сферу своего применения. Например, датчики используются в качестве защитного устройства на промышленных роботах или в целях безопасности они могут использоваться для остановки движения робота, если человек входит в его рабочую зону. С помощью таких датчиков можно реализовать большое количество возможных технологических решений, начиная от контроля положения или регистрации наличия/отсутствия объекта в рамках гибкого интегрированного производства и

заканчивая отбор объектов по их габаритам, цвету и другим физическим свойствам.

Быстрая сменяемость продукции и требования ее дешевизны при высоком качестве стали основными предпосылками активного развития гибкого интегрированного производства. С каждым днем «прогрессивное мышление» развивается, что касательно применения новых технологий для улучшения производства с интеграцией всех аспектов производства, а именно, для повышения эффективности и производительности.

Например, в обрабатывающей и перерабатывающей промышленности проводится концепция интеграции всего бизнес-процесса, включая проектирование продукции, закупки, управление цепочками поставок, производство, техническое обслуживание и логистику.

То есть, применение БДП на современном гибком интегрированном производстве, позволит непосредственно повысить степень его автоматизации за счет того, что управление механизмами передаются устройствам.

Первичными источниками информации для систем на производстве являются датчики

положения и поэтому надежность всей системы определяется надежностью элемента, наиболее подверженного воздействию дестабилизирующих факторов.

II. ОСОБЕННОСТИ БЕСКОНТАКТНЫХ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ

Автоматизация гибкого интегрированного производства, а именно, процесс реализации технологических процессов, управления оборудованием требует многочисленных измерений разнообразных физических величин, поэтому применяют датчики, так как с их помощью получают информацию о параметрах контролируемой системы или устройства.

Одной из функций БДП является определение местоположения объекта, который может быть как в твердой форме, так и в жидкой или даже сыпучей, что немаловажно для современного интегрированного производства.

Проведя анализ в области БДП, определено, что такие датчики чаще всего классифицируются по принципу действия чувствительного элемента – индуктивный, оптический, емкостный и др. БДП включают в себя: чувствительный элемент, схему преобразования, коммутационный элемент. Рассмотрим подробнее наиболее широкоприменяемые БДП.

Особенность индуктивных бесконтактных датчиков (ИДП) в том, что у них имеют чувствительный элемент представлен в виде катушки индуктивности с открытым в сторону активной поверхности магнитопроводом.

ИДП применяют для бесконтактного получения информации о перемещениях рабочих органов роботов, машин, механизмов и т.д. с дальнейшим преобразованием этой информации в электрический сигнал.

К достоинствам можно отнести то, что они устойчивы к механическим воздействиям на производстве и отсутствуют отказы, связанные с состоянием контактов.

К недостаткам можно отнести сравнительно малую чувствительность и зависимость индуктивного сопротивления от частоты питающего напряжения. Примеры ЕДП разных производителей представлены на рис. 1 [1].

Особенность емкостных бесконтактных датчиков положения (ЕДП) в том, что чувствительная поверхность такого датчика состоит из двух концентрически расположенных металлических электродов. То есть, если объект приближается к чувствительной поверхности ЕДП, то он попадает в электрическое поле перед поверхностями электродов и способствует повышению емкости связи между его пластинами.

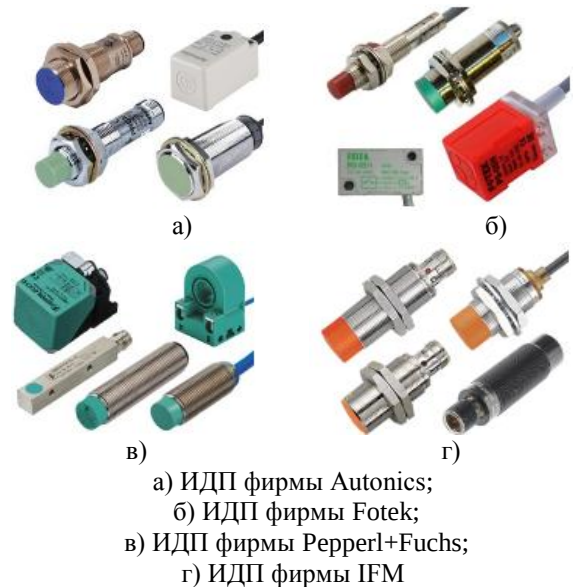


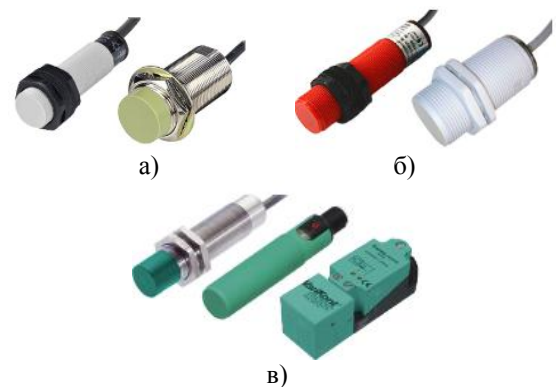
Рис. 1. Индуктивные бесконтактные датчики

Достоинства ЕДП в том, что они способны обнаруживать объектов сквозь «непрозрачные преграды» такие как жидкость, стекло или пластик. Недостатки заключаются в том, что на работу ЕДП влияет окружающая среда, материал и габариты объекта регистрации.

Примеры ЕДП разных производителей представлены на рис. 2 [2].

Особенность оптических бесконтактных датчиков (ОДП) заключается в том, что они направлены на изменение принимаемого датчиком светового потока и состоят из 2-х функционально законченных узлов – источника оптического излучения и приемника этого излучения.

Достоинства ОДП в том, что эти датчики, используют оптический принцип, то есть, их удобно применять для определения положения «горячих» объектов, а также объектов с низкой диэлектрической проницаемостью. Еще к достоинствам можно отнести их способность регистрации и подсчета количества любых объектов.



а) БДП фирмы Autonic;
б) БДП фирмы Fotek;
в) БДП фирмы Pepperl+Fuchs

Рис. 2. Емкостные бесконтактные датчики

Самое главное – ОДП обладают большей дальностью действия по сравнению с другими бесконтактными датчиками.

Примеры ОДП разных производителей представлены на рис. 3 [3].

ОДП имеют регулятор чувствительности, благодаря которому можно осуществлять настройку по фактической контрастности объекта на фоне окружающих предметов.

Например, оптические датчики Fotek (рис. 3, а) – бесконтактные приборы с универсальным питанием. Фотодатчики Fotek используются для распознавания наличия прозрачных и непрозрачных материалов в автоматических системах любых отраслей промышленности, где необходим контроль положения или количества предметов.

Устройства подходят для определения положений объектов с высокой температурой или низкой диэлектрической проницаемостью.

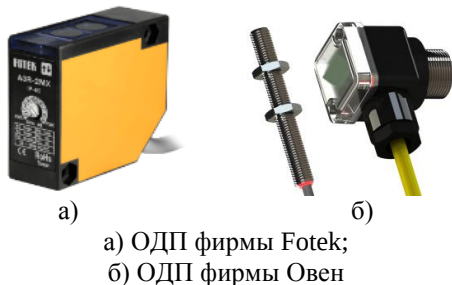


Рис. 1. Оптические бесконтактные датчики

III. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СОВРЕМЕННЫХ БЕСКОНТАКТНЫХ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ

Практически все существующие процессы, которые происходят в природе, в технике и др. можно формализовать. Степень формализации зависит от сложности процесса, то есть, можно описать математическими соотношениями, к которым относятся: уравнения, системы уравнений, системы неравенств и т.д. Такие соотношения называются математическими моделями описываемых процессов.

В работе предлагается представить информацию о современных бесконтактных датчиках положения в виде математической модели

$$S_i^p = \langle TC_i^p, MC_i^p, WS_i^p, SZ_i^p, DR_i^p, MD_i^p, UW_i^p, OC_i^p, RF_i^p, SF_i^p, OT_i^p, TR_i^p \rangle \quad (1)$$

где TC_i^p – тип корпуса (Type of corpus), $i = 1, \dots, N$; N – количество возможных типов корпуса (например, цилиндрический, плоский, кубический, кольцевой, щелевой и т.д.);

MC_i^p – материал (Material of corpus); $i = 1, \dots, N$; N – количество возможных типов материалов корпуса (например, латунь, нержавеющая сталь, дюралюминий, полибутилентерефталат и т.д.);

WS_i^p – вес (Weight) датчика без учета провода; $i = 1, \dots, N$; N – тип датчика;

SZ_i^p – размеры корпуса датчика (Size); $i = 1, \dots, N$; N – тип датчика;

DR_i^p – расстояние срабатывания датчика (Detection range);

MD_i^p – обнаружение объекта (Detection of object), то есть, тип демпфирующего материала; $i = 1, \dots, N$; N – тип датчика;

UW_i^p – напряжение питания или рабочее напряжение (Work Voltage); $i = 1, \dots, N$; N – тип датчика;

OC_i^p – выходной ток (Output current/ current consumption); $i = 1, \dots, N$; N – тип датчика;

RF_i^p – частота (Response frequency); $i = 1, \dots, N$; N – тип датчика;

SF_i^p – функция переключающего элемента электрического выхода (Switching function); $i = 1, \dots, N$; N – тип датчика;

OT_i^p – схема подключения (Output type); $i = 1, \dots, N$; N – тип датчика;

TR_i^p – температурный режим (Temperature range); $i = 1, \dots, N$; N – тип датчика.

IV. ВЫВОДЫ

В работе рассмотрены три наиболее распространенных типа бесконтактных датчиков: индуктивные, емкостные и оптические. Определены их достоинства и недостатки. В результате проведенного обзора определено, что особенностью ОДП в том, что с их помощью можно контролировать расстояние, габариты, уровень, цвет и степень прозрачности объектов вне зависимости от материала его изготовления. Самое главное – ОДП обладают большей дальностью действия по сравнению с другими бесконтактными датчиками. Предложена математическая модель современных бесконтактных датчиков положения, которая позволит сократить время при проектировании подобных устройств.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевиц, О.І. Филипенко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.
- [2] И.Н. Овчинников, "Емкостной бесконтактный датчик деформации. диагностика и прогнозирование остаточного ресурса долговечности", *Деформация и разрушение материалов и наноматериалов*, с. 922-924, 2017.
- [3] А.В. Лисин, Бесконтактные датчики для определения частоты вращения коленчатого вала", *В мире научных открытий*, с. 47-49, 2018.

Візуалізація пухлин головного мозку людини шляхом створення тривимірної полігональної моделі

Богдан Компанієць, Дмитро Кухаренко, Кирил Вадурін

Кафедра електронних апаратів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА, Кременчук, вул. Першотравнева, 20. email: dkuch100@gmail.com

Анотація: В роботі побудовано тривимірну модель менінгіоми та черепу за відповідними даними. Виконання тривимірної моделі базується на використанні програми InVesalius 3, яка працює з кінцевим форматом DICOM файлів збережених під час проходження пацієнтом МРТ чи КТ.

На даний час подібні моделі мають невелику точність відтворення, близько 10-30%, але більша кількість практичного матеріалу та часу на відтворення моделей, дозволить моделювати необхідні елементи оперативного втручання з точністю достатньою для виконання прецизійних операцій з великим шансом на сприятливий перебіг післяопераційного відновлення.

Ключові слова: модель, планування, гемангіома.

I. ВСТУП

В останні роки в Україні можна простежити значне зростання онкологічних захворювань. Згідно з інформацією наведеною у [1], в Україні щорічно виявляють 160 – 170 тисяч хворих на рак. Хоча в більш економічно розвинутих країнах, таких як Фінляндія або Данія зростання захворюваності навіть вище, але рівень смертності в таких країнах значно нижчий. Однією з основних проблем онкології України є пізні виявлення пухлин, та недосконалість методів лікування.

З-поміж первинних внутрішньочерепних новоутворень значну частку (13 – 25%) складають менінгіоми [2]. Менінгіома (арахноїдендотеліома) – пухлина, котра росте з клітин павутинної мозкової оболонки, а саме з арахноїдального ендотелію – тканини, яка оточує головний мозок. Сам термін і анатомічна класифікація, використовувані і нині, введені американським нейрохірургом Кушингом у 1922 році.

Макроскопічно, пухлина в більшості випадків являє собою добре відмежований вузол округлої або підковоподібної форми, нерідко спаяний з твердою мозковою оболонкою. Зустрічаються і плоскі вузли. За величиною варіюють від кількох міліметрів до 15 см і більше в діаметрі.

II. МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для діагностування менінгіом використовують наступні методи:

– магнітно-резонансна томографія – в даний час МРТ з контрастним посиленням є провідним методом діагностики менінгіом практично будь-якої локалізації. МРТ дозволяє візуалізувати

васкуляризацію пухлини, ступінь ураження артерій і венозних синусів;

– комп'ютерна томографія (КТ) з контрастуванням супроводжується помірно-вираженим гомогенним посиленням у більшості випадків. За допомогою КТ діагностуються близько 90% менінгіом. Головна роль КТ – демонстрація зміни кісток і кальцинатів у пухлині;

– ангиографія – дозволяє візуалізувати кровопостачання пухлини. З огляду на інвазивність і променеве навантаження, значення даного методу в основному допоміжне. Однак в поєднанні з селективною емболізацією судин пухлини, може бути використаний як метод передопераційної підготовки, а в ряді випадків і як самостійний метод лікування.

Складність хірургічної операції і її результат, визначаються розташуванням пухлини – її близькістю до функціонально значущих відділів мозку і співвідношенням з анатомічними структурами – судинами і нервами.

У більшості випадків радикальне видалення менінгіоми забезпечує фактично «одужання» або знижує ризик повторного утворення пухлини практично до нуля.

Існує багато моделей та методів комп'ютерного планування оперативних втручань. Наприклад, спеціалізовані комплекси Stereotactic Planning Software (рис.1) від Brain Lab або MNPS від Mevis informatica medica, мають основний недолік – це неможливість вибору мало травматичної траєкторії доступу, заснованої на побудові так званої ризикової карти структур головного мозку, при якій кожній структурі присвоюється певний індекс, пов'язаний з ризиком її пошкодження при операції.

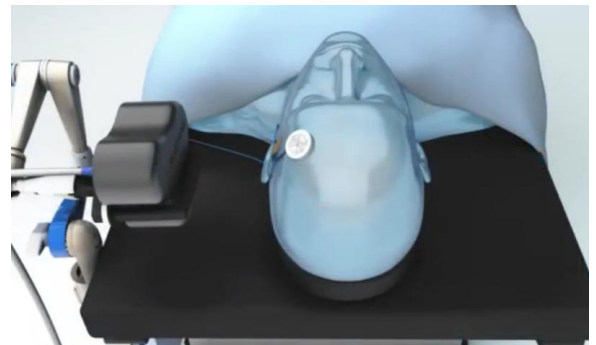
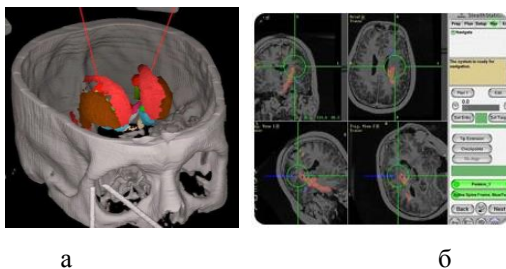


Рис. 1. Спеціалізований комплекс Stereotactic Planning Software від Brain Lab

Підсистема комп'ютерного планування стереотаксичних операцій за допомогою спеціального програмного забезпечення дозволяє виконувати визначення хірургічного доступу до оперованих внутрішньо мозкових структур і виробляти віртуальне моделювання оперативних втручань. Дане завдання відноситься до траєкторної задачі наведення - планування оперативного доступу, заснованого на знаходженні оптимальної (переважно з точки зору мінімальної інвазивності) траєкторії хірургічного інструменту до внутрішньомозкової структури, що оперується. Цікаві також підходи, спрямовані на застосування натурних моделей голови пацієнта - так званих стереотаксичних фантомів для реального (а не віртуального) відпрацювання оперативних прийомів [3].

Система Stereotactic Planning Software от Brain Lab в якості вихідних даних може використовувати дані комп'ютерної томографії і дані магніто-резонансної томографії і інші інтроскопічні дослідження. Побудова моделі голови пацієнта здійснюється в напівавтоматичному режимі, система автоматично визначає серединну сагітальну площину головного мозку. Після цього в ручному режимі проводиться введення лінії СА - СР з наступним автоматичним коригуванням даних стереотаксичних атласів. Під контролем цієї системи можна здійснювати як рамні стереотаксичні втручання, так і безрамні.

Система MNPS від Mevis informatica medica (рис. 2,а,б) обмежується здійсненням нейрохірургічних втручань з використанням рамних стереотаксичних засобів. Дана система планування підтримує значну кількість стереотаксичних систем, серед яких апарат конструкції Leksell.



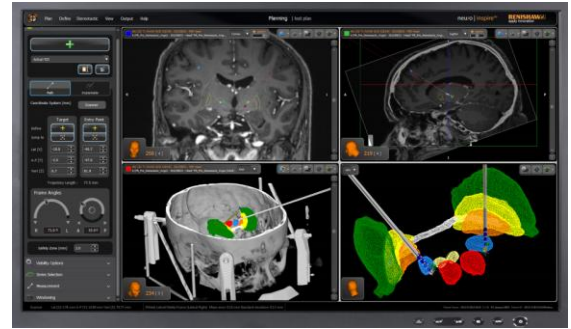
а – Stereotactic Planning Software от BrainLab;
б – MNPS від Mevis informatica medica

Рис. 2. Екранні форми засобів комп'ютерного планування

Система Stealth від Medtronic забезпечує використання не тільки даних комп'ютерної томографії і даних магніто-резонансної томографії, а й результати функціональних досліджень, що істотно полегшує мультимодальну навігацію. Система підтримує процедури як рамного, так і безрамного стереотаксиса.

Система Neuroinspire від Renishaw (рис.3) може комплектуватися різним набором модулів. Повний пакет включає в себе модулі як ручного виділення анатомічних структур, так і забезпечує додаток томографічного дослідження з даними цифрових

стереотаксичних атласів. Крім того, для здійснення функціональних нейрохірургічних втручань в системі присутня можливість моделювання введення широкого набору пристроїв, що імплантуються.



а



б

а – Neuroinspire от Renishaw;

б – Leskell SurgiPlan от Elekta

Рис. 3. Засоби комп'ютерного планування

Проаналізувавши методи діагностування менінгіом та способи їх лікування, за мету наукової роботи було поставлено моделювання пухлин, виходячи з даних отриманих під час проведення МРТ чи КТ хворому.

Створення моделі повинно полегшити оперативне втручання з боку відповідних фахівців, оскільки можна скласти план виконання операції, та користуватися моделлю протягом часу видалення пухлини. Запропонована методика повинна забезпечити кращу ефективність проведення операцій та зменшити вірогідність виникнення непередбачуваних ситуацій таких як кровотеча, зачіпання тканин мозку та інше.

Виконання тривимірної моделі базується на використанні програми InVesalius 3, яка працює з кінцевим форматом DICOM файлів збережених під час проходження пацієнтом МРТ чи КТ [3].

III. ВИСНОВКИ

У результаті виконання наукової роботи було побудовано тривимірну модель менінгіоми (рис. 4, а), мозку (рис. 4, б) та черепу (рис. 4, в) за даними наведеними у [4].

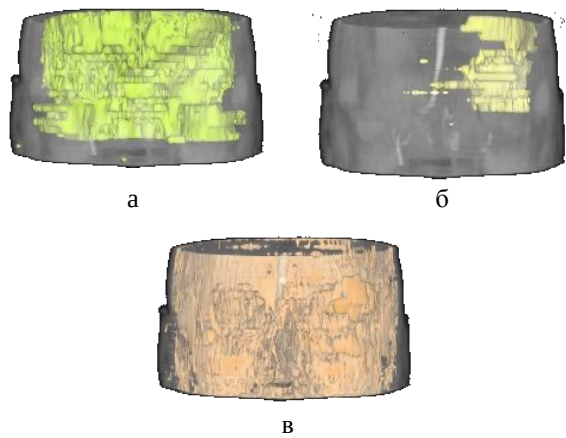


Рис. 4. Результаты моделирования в программном обеспечении InVesalius 3

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Bondy M, Ligon BL. Epidemiology and etiology of intracranial meningiomas / M Bondy, BL. Ligon — A review. J Neuro-Oncology, 1996. — p. 197 – 205.
- [2] Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань: монографія / О. Г. Аврунін, С. Б. Безшапочний, Є. В. Бодянский, В. В. Семенець, В. О. Філатов – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 224 с.
- [3] Сайт програмного забезпечення InVesalius 3: <https://invesalius.github.io/>.
- [4] Сторінка Rentgenogram на Facebook: <https://www.facebook.com/117671938-899820/photos/-менингиома-meningioma-download-dicom-httpsgoogle19tgbas/2601333246-53680/>.

Алгоритм принятия управленческих решений

Виктор Косенко, Екатерина Батаева

Кафедра КИТАМ, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, УКРАИНА,
Харьков, пр. Науки 14, e-mail: kateryna.bataieva@nure.ua

Аннотация: В работе приведен алгоритм принятия управленческих решений управления линией оборудования для сложных биотехнических объектов.

Ключевые слова: алгоритм, принятие решений, управление.

I. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире для сложных биотехнических объектов создают наиболее оптимальные условия с целью повышения продуктивности. Для выполнения этой задачи необходимо специальное оборудование, а также есть необходимость автоматизировать управление этим оборудованием.

II. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Для осуществления поставленной задачи автоматизации управления линией оборудования для сложных биотехнических объектов необходимо определить все параметры, которые влияют на рост и продуктивность, а соответственно и на принятие решений в планировании управлением автоматизированной линией оборудования для сложных биотехнических объектов.

В результате выявлены следующие группы факторов: участок (площадь, георасположение,

состав, затененность, карта-схема– участка); работники или оборудование (количество, скорость выполнения каждой из видов работ, габариты, возраст); культура (вид, сорт, условия, технология посадки, возраст, температура, влажность, всхожесть); условия выращивания (открытый/закрытый грунт, отапливаемость, частота полива, количество солнечного тепла); погода (минимальная/максимальная и текущая температура, температурный прогноз, наличие осадков, влажность воздуха); тип задачи (высадка, сбор, полив, посев, прополка, подкормка, подготовительные работы, выполнение задачи, планирование); время выполнения задачи (тип задачи, количество и тип работников/оборудования, тип культуры, технология выращивания, погода, календари, длина светового дня, количество корней культуры/обрабатываемая площадь участка).

В результате анализа параметров становится ясно, что такие параметры, как прогноз температуры внешней среды будет взят из источников прогноза погоды в зависимости от георасположения, данные о текущей температуре, уровне влажности будут считаны в режиме реального времени с соответствующих датчиков, а данные о времени выполнения задач, типе культуры и условиях выращивания являются

относительно постоянными и берутся из внутренних баз данных, созданных заранее.

Для решения поставленной задачи предлагается создать систему принятия решений [1].

III. АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Управленческие решения осуществляются посредством динамического и внутренне взаимосвязанного процесса, состоящего из функций принятия решений, представленных на рис. 1.

Постановка управленческой задачи включает в себя, во-первых, осознание потребности в решении, а во-вторых, диагностику и анализ ситуации. Принятие решений начинается с постановки задачи, а заканчивается, когда эта задача выполнена, т.е. внедрением решения (см. рис. 1).



Рис. 1. Процесс принятия управленческого решения

Постановка управленческой задачи включает в себя, во-первых, осознание потребности в решении, а во-вторых, диагностику и анализ ситуации. Принятие решений начинается с постановки задачи, а заканчивается, когда эта задача выполнена, т.е. внедрением решения (см. рис. 1).

Потребность в решении проявляется в виде либо проблемы, либо возможности. Проблема возникает тогда, когда полученные организацией результаты не отвечают поставленным перед ней целям, а значит, некоторые аспекты ее деятельности требуют улучшения.

Осознание проблемы или возможности является первым этапом процесса принятия решения.

Оно требует изучения внешней и внутренней среды на предмет выявления непредусмотренных отклонений и заслуживающих внимания руководства перспектив. Процесс напоминает военную разведку: менеджеры изучают окружающий их мир, чтобы определить, достигает ли организация своих целей.

Этап процесса принятия решения, на котором анализируются основные причинно-следственные связи конкретной ситуации, называют диагностикой, или просто оценкой.

Поиск альтернатив.

Такой поиск заключается в исследовании внешней и внутренней среды организации с целью получения необходимой информации, использующейся затем для выработки перечня

(набора) альтернативных решений, которые, как представляется на данном этапе принятия решений, могут привести к выполнению поставленной задачи или к достижению цели.

Предлагаемые альтернативы решений должны быть прежде всего реалистичными, т.е. соответствовать, удовлетворять условиям внешней и внутренней среды организации, которые в теории принятия решений носят название ограничений. Ограничения – это условия достижения целей, определяемые внешней средой и ресурсами, это сокращение возможностей внутренней среды организации. Ограничения предлагаемых альтернатив сужают возможности принятия решений, и ЛПР необходимо учитывать ограничения, направляемые внешней средой на процесс принятия решения. К основным ограничениям относятся законы и нормативные акты, конкуренция, ценообразование на сырье и материалы, недостаток финансовых ресурсов, низкая компетенция персонала, потребности в технологиях и инновациях.

Критерии принятия решений – это стандарты, по которым необходимо оценивать альтернативы. Критерии принятия решений выступают и в качестве рекомендаций в процессах генерирования и отбора альтернатив.

Если решение запрограммированное, то поиск реально осуществимых решений не вызывает затруднений. Обычно они уже заложены в правила и процедуры организации. Однако незапрограммированные решения требуют поиска новых поведенческих вариантов. Для решений, принимаемых в условиях высокой степени неопределенности, удается выработать лишь один-два приемлемых варианта. Очевидно, что предлагаемые решения направлены на уменьшение разрыва между текущим и желаемым состоянием организации.

Сравнение и оценка имеющихся альтернатив.

На этом этапе производится сравнение и оценка имеющихся вариантов действий с использованием соответствующих методов и критериев.

Выбор.

После разработки нескольких допустимых вариантов решения необходимо остановить выбор на каком-то одном. Наилучшим вариантом является тот, который позволяет добиться результата, в наибольшей степени соответствующего целям и ценностям организации при использовании наименьшего объема ресурсов. Система стремится выбрать вариант, сопряженный с наименьшими рисками и неопределенностью.

Внедрение решения (реализация принятого решения на практике).

На стадии реализации решений необходимы прежде всего технические средства автоматизированная система управления с обратной связью.

Сопровождение и контроль. Последующий анализ и контроль позволяют убедиться в том, что принятое решение действительно приведет к исходу (результату), удовлетворяющему тем

задачам, которые обусловили начало процесса принятия решения.

На этапе оценки необходимо проанализировать информацию о том, как выполняется его решение, эффективно ли оно в плане достижения целей. Большое значение в процессе реализации решений имеет обратная связь, и прежде всего потому, что принятие решений – последовательный и никогда не прекращающийся процесс. С помощью обратной связи поступают сведения, которые могут инициировать новый цикл. Возможно, решение окажется неудачным, и тогда понадобится провести новый анализ проблемы, оценку вариантов и выбор нового плана действий. Обратная связь – это элемент контроля, посредством которого получает сигналы о необходимости принятия новых решений.

Особенности разработки управленческих решений включают в себя:

- разрешение противоречия ситуации и цели, практическое решение проблемы. Решение характеризует как этап технологии процесса управления, так и ее результат;
- определение вариантов действий, выбор наилучшего варианта, формулировку задания, организационно-практическую работу по реализации этого задания.;
- переход процесса управления из сферы управления в сферу производства продукта или услуг, в сферу управляемых процессов; это переход из области анализа и поиска вариантов действий в область организационной работы в управляемой системе.

В ходе разработки управленческого решения придерживаются следующих принципов.

1. Целенаправленность, соответствие цели.

Потребность в управленческом решении возникает тогда, когда проявляются противоречия цели и ситуации, а также возможности изменения ситуации в направлении принятой цели. Решение – это шаг к цели, этап в движении к ней. Успешность решения характеризует выбор кратчайшего пути в стратегии развития.

2. Ситуативность.

Решение должно учитывать характер и особенности ситуации, потребности ее изменения. Оно непосредственно зависит от оценки ситуации, понимания всех противоречий, заложенных в ней, и всех возможностей ее изменения. Глубокий анализ и понимание ситуации способствуют принятию реальных решений.

3. Проблемность.

Решение всегда должно разрешать какую-либо проблему. Решение – это устранение противоречий в существующей ситуации. В этом смысл и назначение решения, этим определяется и его потенциал.

4. Элективность.

Это выбор одного варианта из многих возможных. Как правило, в реальной практике управления редко бывает одно-единственное решение. Всегда существуют возможные варианты, среди которых приходится выбирать

один. Этот выбор строится на основе критериальной определенности, т.е. формулирования комплекса критериев, характеризующих приемлемость решения, эффективность и качество.

5. Организационная значимость.

Этот принцип заключается в наличии организационного потенциала в решении, организующей силы. Решение по сути своей – это действие, которое возможно осуществить без организации, т.е. необходимого порядка, согласования, распределения усилий, ответственности и т.д.

6. Технологическая рациональность.

Разработка решений всегда представляет собой некоторую схему действий персонала управления, это технология "изготовления" решения в виде комплекса действий управляемой системы. Такая технология должна быть рациональной, т.е. строиться по критериям экономии времени, людских и материальных ресурсов, допустимой простоты, необходимой логистики. Если учитывать, что разработка управленческих решений – в значительной мере интеллектуальная работа, то станет ясно, что построение ее технологического алгоритма – непростое дело.

7. Методология разработки решения.

Этот принцип состоит в выборе и реализации соответствующего подхода к анализу и оценке ситуаций, исследованию и проектированию вариантов, структурированию информации. Они могут быть разными: научный, прагматический, эмпирический, с позиций математического моделирования или организационного поведения. Можно сделать разветвленную классификацию подходов к разработке управленческих решений. В реальности методология складывается из их комбинации, в которой всегда существуют определенные приоритеты [2].

Алгоритм принятия решений следующий:

- 1). Цель принятия решения
- 2) Построение процедуры принятия решения

Оптимизацию затрат времени и усилий непосредственно на процедуру анализа удобно осуществлять по принципам тайм-менеджмента [4]. Разные авторы выделяют различные конкретные рекомендации в зависимости от контекста работы. Для выработки решения используются такие:

1. Выделение приоритетов.
2. Планирование работы и результатов.
3. Концентрация на конкретном этапе.
4. Систематизация результатов.
5. Оценка эффективности.

3) Точная фокусировка на объекте решения

Это выделение совокупности характеристик явления, его признаков, которые возможно и необходимо понять, измерить и осмыслить для оценки текущего состояния явления и необходимых действий по его изменению. Такая совокупность признаков и есть суть явления, проблемы над которой ведется работа.

4) Методика трактовки информации. Выявление причинно- следственных связей, их обобщение.

возможность бесконечного обобщения явлений или наоборот выделение частного (как бесконечная многомерность) опровергает постулат Гегеля о конечности бесконечного.

Также, у любого явления число хоть минимально влияющих факторов (прямо или косвенно) приближается к бесконечности.

Любая система не только многомерна (часть чего-то и общность частных), но и многофакторна.

Существуют различные способы группировки массива информации, сравнение массива информации и его структуры со схожими массивами, наблюдение изменения показателей за период времени.

Многофакторный анализ многомерных систем оценивает конкретную ситуацию (конъюнктуру) здесь и сейчас.

Выходом есть вычленение значимых факторов, которые определяют рамки поведения системы, и возможную смену таких факторов в будущем. То есть анализ ключевых факторов системы.

5) Источник и качество информации для проведения оценки события

При наличии понимания объекта анализа и методики его оценки и только тогда будет ясно, какая информация нужна, какие возможные источники, как оценивать пригодность информации для использования в анализе.

IV. ВЫВОДЫ

В данной работе представлен алгоритм принятия решений, принципы разработки управленческих решений, а так же их особенности, проведен анализ поставленной задачи.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Батаева К.О. Планирование управлением линией оборудования для растениеводства / Автоматизация та приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2019) [Электронный ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2019. – Вип. 1. – с. 16-22.
- [2] Трофимова Л.А. Методы принятия управленческих решений : учебное пособие / Л.А. Трофимова, В.В. Трофимов. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2012. – 101 с.
- [3] Артем Ковтун. Алгоритм принятия решений / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://psyfactor.org/lib/algoritm2.htm>
- [4] Kosenko, V. (2018) Decision support system in planning investment projects”, Innovative technologies and scientific solutions for industries, (4 (6), pp. 113-119.

Ехолот з двох далекомірів для визначення положення об'єкта

Євсєєв Владислав¹, Батуліна Дарина¹, Калита Едуард¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, пр-т. Науки 14, УКРАЇНА, E-mail: daryna.batulina@nure.ua, eduard.kalyta@nure.ua

Анотація: В даних тезах пояснюється, як визначити місце розташування об'єкта, використовуючи Arduino, два ультразвукових датчика і формулу Герона для трикутників. Вимірювання положення проводиться без механічного обертання далекомірів.

Ключові слова: Arduino UNO, Arduino IDE, Processing, формулу Герона, формула Піфагора, ультразвукові датчики, ехолот, далекомір.

I. ВСТУП

Ехолот представляє собою вимірювальний пристрій, що використовує звукові імпульси для дослідження структури об'єкта або його положення.

Формула Герона використовується для розрахунку площі трикутника, для якого відомі усі довжини сторін. Завдяки цьому розрахунку стає можливо визначити положення окремого об'єкта [1], використовуючи тригонометрію та теорему Піфагора. Положення визначається відносно відомої базової лінії.

Точність та велика область знаходження досягається використанням широкодоступними ультразвуковими датчиками, як наприклад HC-SR04 та HY-SRF05

Візуальна частина знаходження предмета або об'єкта зроблена у Processing (рис. 1).

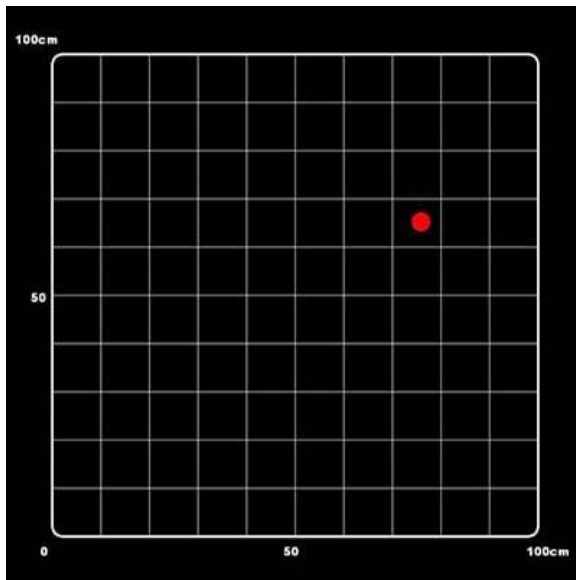


Рис. 1. Візуальна частина зроблена у Processing

Щоб перевірити дієздатність даного ехолоту можемо провести експеримент, а саме розмістити квадрат зі сторонами 100 см. Квадрат робиться за допомогою мотузки та клейкої стрічки. Від самого квадрату розміщуємо далекоміри на відстані 50 см. До експериментального об'єкта (рис. 2) прикріплюємо клейку стрічку, за допомогою котрої, будемо його рухати.

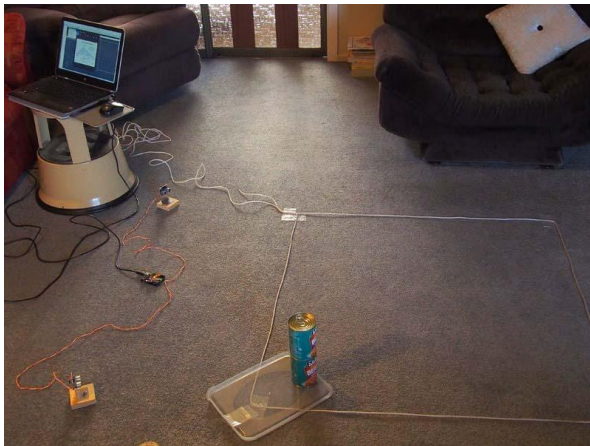


Рис. 2. Експериментальна установка

II. СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ ТА КОМПОНЕНТИ

На одному із далекомірів потрібно закрити випромінювач. Це можна зробити за допомогою клейкої стрічки або ізоляційної стрічки, підклавши під нього шматок паперу чи наклеїти її у декілька шарів. Таким чином забезпечується блокування випромінювання ультразвуку. Якщо цей момент упустити, тоді випромінювання ультразвуку, з цього далекоміру, буде заважати.

Схема підключення наведена на рис. 3.

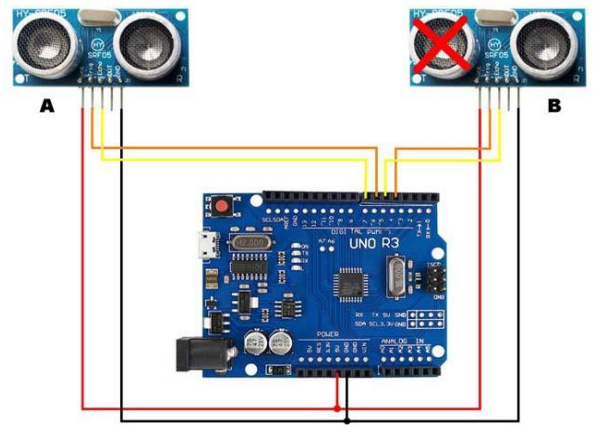


Рис. 3. Схема підключення

Основними компонентами для даного проекту є: плата Arduino UNO та два ультразвукових датчика типу HC-SR04 та декілька дротів (рис. 4). Для того, щоби дроти не паяти напряму – використовуються штирові з'єднання pls та pbs.



Рис. 4. Компоненти для проекту

III. ТЕОРІЯ ТА РОЗРАХУНКИ

Далекомір А отримує відбите відлуння від будь-якого предмету у секції рожевого трикутника. Датчик В отримує те саме відлуння від далекоміра А. Положення об'єкта отримуємо за умови якщо дві секції трикутників перетинаються. Якщо потрібна велика робоча зона (рис. 5), тоді датчики треба розставляти максимально далеко один від одного.

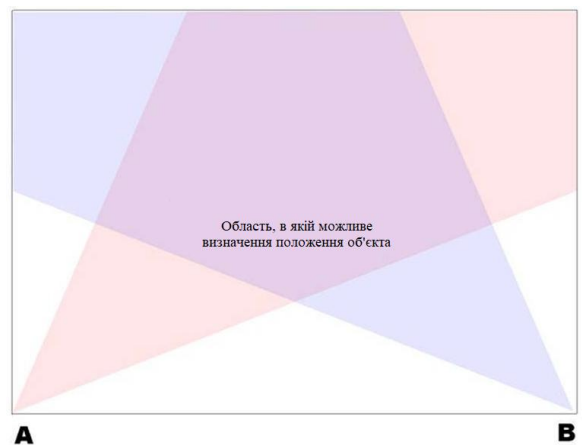


Рис. 5. Область, в якій можливе визначення положення об'єкта

Розрахунок площі (рис. 6) криється у розміщенні ультразвукових датчиків на відому відстань, що саме називається базовою лінією, та вимірювання відстані, на якому знаходяться датчики від об'єкту. Вимірювання роблять за допомогою ультразвуку.

Імпульс, що посилає датчик А, віддзеркалюється від об'єкта у різні сторони та попадає на приймачі обох далекомірів. Так як ми закрили приймач далекоміра В, його імпульс блокується.

Зворотний шлях сигналу до далекоміра А позначений червоним.

Відстань d_1 розраховується у сантиметрах та за формулою:

$$d_1 = \frac{t}{59} \quad (1)$$

де t – час,

59 – це перетворена швидкість звуку, яка у середньому 340. Для перетворення потрібно перевести у сантиметри на мікросекунди, а далі помножити на 2.

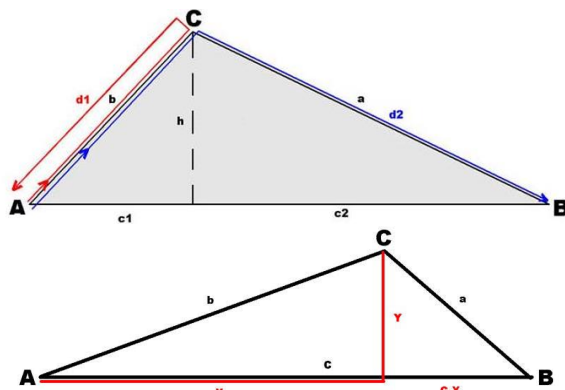


Рис. 6. Схеми для розрахунків

Шлях сигналу до приймача В вказан блакитним. Формула для визначення другої відстані:

$$d_2 = \frac{t}{29,5 - d_1} \quad (2)$$

Значення константи 59 треба коригувати та враховуючи середу знаходження, а саме: температуру повітря, вологу та інше. Корегування потрібно для більш точних умов роботи.

Після того, як провели усі розрахунки – ми отримали усі сторони трикутника.

За допомогою формули Герона знаходимо напівпериметр:

$$s = \frac{(a + b + c)}{2} \quad (3)$$

Коли отримали напівпериметр:

$$S = \sqrt{(s \cdot (s - a) \cdot (s - b) \cdot (s - c))} \quad (4)$$

Отримавши площу, можемо знайти координату Y, яка є висотою.

Для того щоб знайти координату X використовуємо наступну формулу Піфагора:

$$x = \sqrt{(b_2 - h_2)} \quad (5)$$

IV. ПРОГРАМНА ЧАСТИНА ТА РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ

Arduino IDE використовується для завантаження прошивки. Як було зазначено раніше, для візуальної частини використовується додаток Processing.

Для прошивки треба підключити Arduino UNO до комп'ютера, завантажити скетч прошивки, запустити його в Arduino IDE та завантажити до плати. Після операції завантажити не відключати плату від комп'ютера.

Якщо скетч для Processing працює згідно з призначенням, то в консолі буде відображатися інформація з мікроконтролера.

Якщо інформація не йде, то це може бути причиною установки не того COM-порту. Консоль буде видавати доступні порти.

Датчики мають орієнтир не паралельно стороні квадрату, а під кутом. Потрібно розмістити датчики до діагонально протилежним кутам квадрату.

Після чого датчики треба обернути для того, щоб знайти положення, при якому на графічному дисплеї з'явиться червона точка, яка і буде нашим об'єктом.

IV. ВИСНОВКИ

Запропоноване рішення дозволяє на базі Arduino UNO побудувати ехолот для відображення місця знаходження об'єкта. Основним інструментом для визначення є ультразвук. Для цього були використані ультразвукові датчики типу HC-SR04. На основі даних від датчиків здійснюються розрахунки для координат. Основою розрахунків для наших трикутників стали формули Піфагора та Герона. Також було визначено, що точність визначається перетином розрахованих трикутників.

Завдяки додатку Processing можемо бачити візуальну частину наших вимірювань, а сама плата працює завдяки прошивці, яку встановили через середу Arduino IDE.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Невлюдов, І. Ш., Євсєєв, В. В., Разумов-Фризюк, Є. А., & Функендорф, А. О. (2017). Моделі формалізації для вирішення задач автоматизації проектування конструкцій робіт з модульною структурою. Системи управління, навігації та зв'язку, (2), 36-38.

Аналіз типів МЕМС перемикачів, їх переваги та недоліки

Захарова Карина¹, Владислав Євсєєв²

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14, email: karina.zakharova97@gmail.com

2. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14, email: vladyslav.yevsieiv@nure.ua

Анотація: В даному матеріалі представлені типи МЕМС перемикачів, їх конструкції, використовувані матеріали, параметри, принцип роботи. Виявлено їх переваги і недоліки. Проведено аналіз відмов МЕМС перемикачів.

Ключові слова: МЕМС, електростатичні МЕМС, п'єзoeлектричні МЕМС перемикачі, високочастотні МЕМС, резистивні перемикачі, ємнісні перемикачі.

I. ВСТУП

В останнє десятиліття прилади МЕМС зазнали величезний розвиток в різних галузях інформаційних і комунікаційних технологій. Особливо недавні тенденції до взаємодії між компонентами інтегральних мікросхем і зовнішнім середовищем підштовхнули до розробки інноваційних пристроїв і технологій, здатних зв'язувати електричні властивості з декількома різними фізичними областями. Зокрема, МЕМС пристрої використовують мініатюрну рухливу структуру, рух або положення якої може взаємодіяти з електростатичними, тепловими, магнітними, рідинними, електромагнітними сигналами.

II. ТЕХНОЛОГІЇ МЕМС

Мікроелектромеханічні системи – одна з найбільш передових технологій, що дозволяє не тільки покращити характеристики електронної апаратури, але і створювати інноваційні пристрої для вирішення завдань в абсолютно нових областях.

МЕМС пристрої складні машини, які дозволяють чіпам функціонувати механічно, вони діють як найбільш прямі зв'язки між цифрової електронікою і фізичним світом. МЕМС мають чотири основних компоненти. Це мікроелектроніка, мікродатчик, мікроактюатори і мікроструктури.

Мікроелектроніка діє як мозок і контролює всі дані. Електроніка отримує дані і обробляє їх, після чого приймаються відповідні рішення. Електроніка отримує дані від різних мікросенсорів.

Мікросенсори діють як руки, ноги і очі МЕМС. Вони виявляють інформацію з навколишнього середовища і передають її на мікроелектроніку для обробки. Ці датчики можуть контролювати механічні, термічні, біологічні, хімічні, оптичні та магнітні свідчення з навколишнього середовища.

Мікроактюатор діє як перемикач або тригер для активації зовнішнього пристрою. Спершу

мікросенсори отримують дані й обробляють їх, далі мікроактюатор передає дані на мікроелектроніку для прийняття рішень. На підставі цього рішення мікроактюатор активує або деактивує пристрій.

Мікроструктури діють як клапани, контролюючи потік речовини або як дуже маленькі фільтри. З поліпшеннями в технології мікрообробки, можна побудувати надзвичайно маленькі структури, відомі як мікроструктури, на поверхні чипа, вбудовані прямо в МЕМС.

III. ТИПИ ПЕРЕМИКАЧЕЙ МЕМС, ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Існують ємнісні і резистивні високочастотні МЕМС перемикачі, що виготовляються в двох конфігураціях: паралельної і послідовної. В ємнісних перемикачах комутація високочастотного сигналу здійснюється за рахунок зміни ємності в комутованому ланцюгу. В резистивних перемикачах комутація сигналу реалізується з'єднанням та роз'єднанням металевих контактів. Ємнісні перемикачі – це комутаційні елементи для таких застосувань, як регульовані конденсатори і полоскові фільтри [2]. Більшість ємнісних перемикачів має паралельну конфігурацію (рис. 1, а).

У такій конструкції стан, при якому рухома металева мембрана знаходиться у верхньому положенні і високочастотний сигнал проходить через перемикач від входу до виходу, називається "увімкненим". Стан, коли мембрана під дією електростатичних сил, що виникають при додатку керуючого напруги між нижнім електродом і мембраною, опускається вниз і велика частина високочастотного сигналу замикається на землю, називається "вимкненим". Для ізоляції один від одного мембрани і нижнього електрода у "вимкненому стані" нижній електрод покривають тонким шаром діелектрика.

В послідовних ємнісних перемикачів стан, коли металева мембрана знаходиться у верхньому положенні і високочастотний сигнал не пропускається, називається "вимкненим" і, навпаки, стан, коли мембрана знаходиться у нижньому положенні і високочастотний сигнал пропускається, називається "увімкненим" [3].

Резистивні МЕМС перемикачі відрізняються від ємнісних тим, що у них між металевою мембраною і сигнальною лінією немає діелектрика. Комутаційний стан цих перемикачів в основному

визначається зміною резистивного контактного опору. Ця особливість вимикача дає можливість використовувати його при низьких частотах.

Рухома частина МЕМС перемикача – актюатор, який виконується у вигляді закріпленого з одного боку кантильвера (від англ. cantilever – «кронштейн», «консоль») (рис. 1, а), або закріпленої по краях мембрани (рис. 1, б).

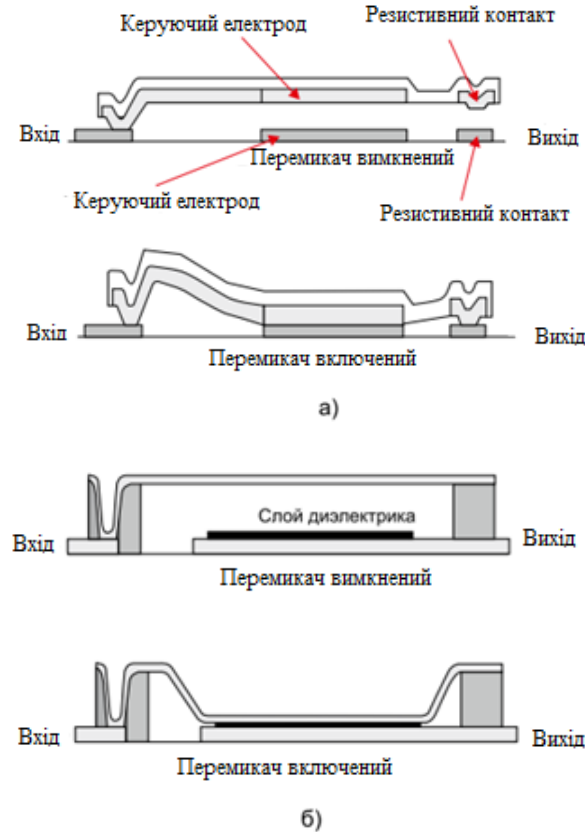


Рис. 1. МЕМС перемикачі: а) кантильвер з резистивним контактом; б) мембрана з ємнісним контактом

Привод актюатору може бути електростатичним, п'єзоелектричним, електромагнітним або термоелектричним. Найчастіше використовується електростатичний привід. У разі електростатичного приводу на актюатор і підкладці розташовуються електроди, на які подається керуюча напруга. Під його дією актюатор притягується к підкладці, що викликає спрацювання перемикача.

Електростатичні МЕМС ключі в свою чергу підрозділяються на два типи – кантильверні і мембранні [4].

Кантильверні електростатичні перемикачі складаються з двох важливих механічних елементів - тонкої балки, закріпленої на анкері ліворуч від нижнього електрода, використовуваного для подачі керуючого напруги і верхнього контактного електрода, підвішеного над розімкнутою ВЧ лінією, яку він замикає. Механізм спрацювання мікроперемикача може бути описаний рівняннями механіки для кривини балки.

При подачі напруги зміщення між верхнім і нижніми електродами відбувається перерозподіл зарядів, що приводить до появи електростатичних сил між металевими поверхнями. Ці сили змушують вільно підвішений контакт рухатися у напрямку до нижнього електрода. Оскільки кантильвер починає згинатися, в ньому виникають сили розтягування, спрямовані в протилежному напрямку відносно електростатичних сил. Як тільки напруга досягає порогового значення, тобто електростатичні сили стають більше сили пружності, балка кантильверу різко падає на нижній електрод, замикаючи при цьому ВЧ контакти. Консоль повертається в колишнє стан після того, як прикладена напруга стане нижче порогового значення розмикання, яке багато нижче напруги спрацювання.

Мембранні електростатичні МЕМС перемикачі. На рис. 2 показана схема мембранного ємнісного ВЧ перемикача з омичним контактом [5].

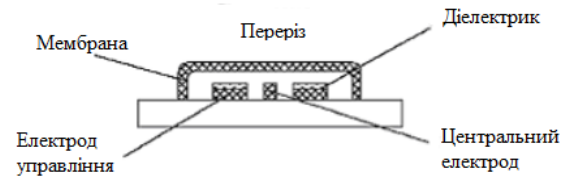


Рис. 2. Мембранний ємнісний перемикач

Ключ складається з металевої мембрани, яка управляється за рахунок електростатичної сили одним або двома ізольованими електродами. При подачі напруги зміщення між мембраною і нижніми керуючими електродами відбувається перерозподіл зарядів, що приводить до появи електростатичних сил між металевими поверхнями.

На актюатор з п'єзоелектричним приводом наносяться керуючі електроди, розділені шаром п'єзоелектрика. Подача на них керуючої напруги викликає вигин актюатора та спрацювання перемикача. Обидва цих привода споживають невелику електричну потужність тільки в момент спрацювання і нічого не споживають у стаціонарному режимі.

Перевага п'єзоелектричного привода полягає в тому, що реверсом керуючої напруги можна розімкнути контакти МЕМС перемикача які спрацювали під впливом мікрозварювання при перемиканні потужного сигналу. Недолік полягає в тому, що на актюатор треба наносити додаткове покриття і це ускладнює технологічний цикл та вимагає додаткового обладнання.

В основі роботи п'єзоелектричних МЕМС перемикачів лежить фізичне явище – механічне встановлення нового розміру кристала при подачі електричного напруги на його поверхню. Одна з конструкцій перемикача цього типу представлена на рис. 3 [6] – це перемикач мембранного типу. Його основні параметри:

- спрацювання при напрузі до 5 В;
- контакти притискаються з силою 1-2 мкН;
- аберації мембрани близько 3-4 мкм.

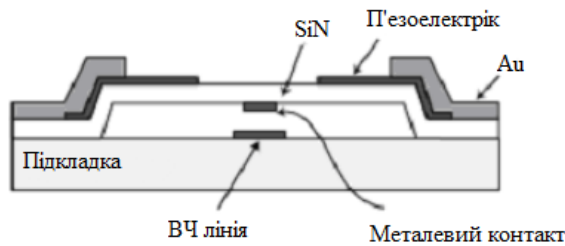


Рис. 3. П'єзоелектричний МЕМС перемикач мембранного типу

Залежність напруги сили п'єзоелектричного шару від полярності напруги допомагає пом'якшити проблему тертя спокою при контакті метал-метал. Але враховуючи всі переваги є серйозний недолік, що обмежує поширення комутаторів на основі п'єзоелектриків – це необхідність завдавати верстви зі складним складом в процесі наплення плівки п'єзоелектриків, що вимагає додаткового обладнання, відсутнього в стандартних лінійках з виробництва мікроелектронних компонентів на основі кремнієвої технології і на з'єднаннях.

В МЕМС перемикачах з електромагнітним приводом актюатор пересувається завдяки магнітного поля, що виникає при протіканні струму через керуючий елемент перемикача. Часто таким елементом є нанесене на підкладку планарної котушки індуктивності.

Електромагнітні перемикачі працюють за принципом дії традиційних електромагнітних реле. Основна їхня перевага полягає в тому, що управління здійснюється за рахунок подачі напруги 3-10 В. Крім того, постійні магніти і електромагнітні матеріали дозволяють створити реле з функцією самоспрацювання.

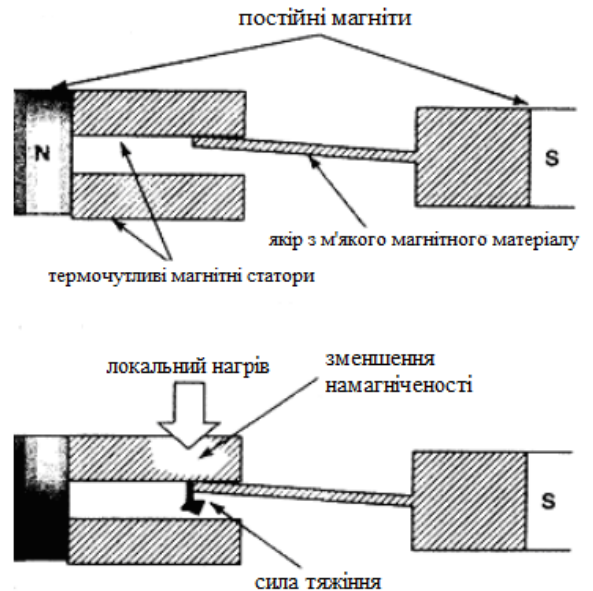
Термоелектричні приводи МЕМС перемикачів використовують як просто теплове розширення актюатору при проходженні керуючого електричного струму, або відмінність коефіцієнтів теплового розширення що входять до актюатору матеріалів. Ці типи приводов можуть створювати значні механічні зусилля на контактах МЕМС перемикача, що дозволяє перемикати сигнали більш високої потужності, але мають великий час спрацювання і споживають енергію у включеному стані. Електромагнітні та термоелектричні приводи не отримали такого широкого розповсюдження, як електростатичний і п'єзоелектричний [1].

Термомеханічні перемикачі працюють за рахунок різниці коефіцієнтів термічного розширення різних матеріалів або за рахунок зменшення намагніченості термочутливих магнітних статорів. Основна перевага даного типу ключів високе контактне усилення, але є два дуже істотних недоліка:

- найвища споживана потужність;
- найнижчий час спрацювання.

Принцип дії термічного привода ТСМА показаний на рис. 4. Привод складається з постійних магнітів, якорі, виконаного з м'якого

магнітного матеріалу, і статорів, виготовлених з термочутливих магнітних матеріалів з низькою точкою Кюрі. При нагріванні одного з статорів зменшується його намагніченість. При цьому, виникає градієнт магнітного поля, що викликає зміна сили діючої між статорами, у результаті другий статор притягує до себе якор.



а) без нагріву, б) з нагрівом

Рис. 4. Принцип дії термічного магнітного термореле

Контакти МЕМС перемикачів бувають двох видів: резистивні "метал – метал" (рис. 1, а) та ємнісні "метал – діелектрик – метал" (рис. 1, б).

Резистивні контакти характеризуються опором у відкритому стані $R_{\text{вкл}}$, яке зазвичай становить частки ома, і ємністю в закритому стані $C_{\text{викл}}$, типове значення, що відповідає одиниці фемтофарад.

Перемикач з ємнісними контактами являє собою дискретно перебудовується конденсатор, причому відношення ємностей у включеному і вимкненому стані $C_{\text{вкл}}/C_{\text{викл}}$ може досягати 100. Ці перемикачі мають дуже малі втрати на високих частотах (0,1 дБ на 40 ГГц) і високу лінійність (понад 66 дБм). Їх керуюче напруження може бути знижено, оскільки немає необхідності у великому притисковому зусиллі актюатора для забезпечення низького опору контакту. Контактні поверхні повинні бути гладкими, тому що можливі зазори між ними значно знижують ставлення ємностей $C_{\text{вкл}}/C_{\text{викл}}$.

До переваг МЕМС перемикачів належать:

- надзвичайно низький струм в робочій точці (менше 10 нА);
- високий рівень ізоляції;
- дуже мале енергоспоживання (МЕМС перемикачі з електростатичним або п'єзоелектричним чи не стоїть хтось споживають енергію 10-100 нДж при спрацюванні і не споживають у стаціонарному режимі);
- висока радіаційна стійкість;
- низька вартість за умови масового виробництва.

Разом з тим МЕМС перемикачі мають ряд недоліків, таких як висока керуюче напруження (від 30 до 100 В), відносно велика час спрацювання (зазвичай до 100 мкс) і низький ресурс, в значній мірі що залежить від переключити потужності.

IV. ХАРАКТЕРНІ ПРИЧИНИ ВІДМОВИ МЕМС ПЕРЕМИКАЧІВ

Для ємнісного типу контакту при низьких потужностях (1 мВт і нижче) основний механізм відмови – зарядка діелектрика. Вирішенням даної проблеми є підвищення якості діелектрика і використання напруги спрацювання зі змінною полярністю.

Для перемикачів середньої потужності (10-100 мВт) основні механізми відмови - зарядка діелектрика і вихід з ладу через високої щільності струму. Проблема високої щільності струму зазвичай вирішується збільшенням товщини металевої мембрани і її кріплення.

Для перемикачів високої потужності (понад 100 мВт) основні механізми відмови – мимовільне спрацювання і висока щільність струму. Мимовільне спрацювання перемикача виникає при напрузі в ВЧ електроді, порівнянному з напругою спрацювання або відпускання, отже, рішенням цієї проблеми буде збільшення жорсткості структури перемикача та (або) керування за допомогою електродів окремих від ВЧ електрода.

Для омичного контакту при низьких потужностях (менше 1 мВт) Основними механізмами відмови є ерозія, зміцнення контактів і освіта діелектричних плівок на контакті. Рішення цієї проблеми полягає в підборі металів з кращими характеристиками контакту.

Перемикачі середньої потужності (10-100 мВт) виходять з ладу через високої щільності струму в контакті і перенесення матеріалу між контактами; ця проблема вирішується підбором металів з кращими характеристиками контакту і великим зусиллям контакту.

Для потужних перемикачів (від 100 мВт і вище) основним механізмом відмови є підвищення температури, щільності струму і перенесення матеріалу в контакті. Ця проблема вирішується проведенням роботи з охолодження контактної площадки, збільшенням притискає сили контактів і добором матеріалу, з якого зроблені контакти [7].

V. ВИСНОВКИ

Розглянуто причини відмов ємнісних конструкцій МЕМС перемикачів, основні матеріали контактів. Виходячи з результатів аналізу, виявлено, що проблемою залишається схильність

до залипання і необхідність герметизації МЕМС перемикачів.

Для виготовлення потужних ВЧ перемикачів (від 100 мВт і вище) найбільш підходящим типом контакту є омичний контакт. Це викликано необхідністю застосування мембран з жорстким кріпленням для ємнісного типу контакту через ефектів мимовільного спрацювання і високої щільності струму, що нівелює їх переваги перед перемикачами з омичним типом контакту.

Для виготовлення перемикачів середньої і малої потужності (до 100 мВт), інструмент перемикачів з ємнісним типом контакту має важливу перевагу - можливість виготовлення перемикача з низьким напругою спрацювання, що дозволяє використовувати єдиний ланцюг живлення як для напівпровідникових приладів, так і для управління перемикачами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Sugesh M. S, Nataraj B. Design and Modeling of RF MEMS Phase Shifters Using Various Structures of Coplanar Waveguides//International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Vol. 2. Issue 3. 2015. June.
- [2] John H. Lau. Advanced MEMS Packaging / [H. Lau John, Lee Chengkuo, C. S. Prema-chandran, Yu Aibin]. — 2009. — P. 475—485.
- [3] Белов Л. Переключатели сверхвысоких сигналов. — М.: Электроника: Наука, Технология, Бизнес. — 2006. — № 1. — С. 20—25.
- [4] Bortnikova, V., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Nevliudov, I., Chala, O., & Kolesnyk, K. (2019). Mathematical model of equivalent stress value dependence from displacement of RF MEMS membrane. Paper presented at the 2019 IEEE 15th International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH 2019 - Proceedings, 83-86. doi:10.1109/MEMSTECH.2019.8817394
- [5] Соловьев Ю. В., Волков В. В., Александров С. Е., Спешилова А. Б. МЭМС-переключатель резистивно-емкостного типа Нано- и микросистемная техника №7(84) 2007 год стр.65.
- [6] Переключатели сверхвысокочастотных сигналов/ Белов Л. - Электроника: Наука, Технология, Бизнес. №1/2006 М.: Техносфера, 2006. – с. 20-25.
- [7] П.П. Мальцев, А.Ю. Павлов, Н.В. Щаврук. Электростатический СВЧ МЭМС коммутатор сигналов для частотного диапазона 10-12 ГГц на подложке GaAs. // Радиопромышленность 2012 вып.3 - С 142-148.

Аналіз конструкції крила робота-орнітоптера

Роман Захаров¹, Владислав Євсєєв²

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14, email: roman.zakharov@nure.ua

2. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14, email: vladyslav.yevsieiv@nure.ua

Анотація: В даному матеріалі наведено аналіз конструкції крила робота-орнітоптера, розглянуті ймовірні матеріали які можуть бути використані для конструювання орнітоптера.

Ключові слова: робот-орнітоптер, БПЛА, мембрана, крила, поліефір, поліестер.

I. ВСТУП

В останні роки предмет літаючих транспортних засобів, які здимаються у повітря при коливанні крилами, також відомі як орнітоптери, має великий інтерес через їх застосування до мікро-повітряних транспортних засобів (MAVs). Ці мініатюрні транспортні засоби прагнуть наслідувати маленьким птахам або комахам, щоб досягати, ніколи перед цим не досягнутою, гнучкість та маневреність в польоті. У даному матеріалі розглянута конструкція крила робота-орнітоптера та визначена його структура для подальшого моделювання аеродинамічних характеристик.

II. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ КРИЛА

В даний час існує декілька платформ безпілотних літальних апаратів (БПЛА): фіксоване крило, ротаційне крило і нестійке крило.

Фіксоване крило - традиційний БПЛА, тому що це забезпечує стабільну, керовану систему для широкого спектру розмірів літака. Літаки з нерухомим крилом складні, щоб пристосуватися до числа маленьких БПЛА, тому що їх обмежене крило збільшує навантаження крила і зменшує вироблений ліфт. Тому це складно, щоб зробити літак з маленьким фіксованим крилом з гарними аеродинамічними характеристиками [1].

Для придбання збільшеної рухливості і маневреності для вищезазначених місій, були представлені гвинтокрилі платформи, такі як вертольоти. Система несучого гвинта вертольота складна та незахищена від перешкод, які роблять вертольоти схильними до обслуговування і проблеми довговічності.

Нестійке БПЛА крило або орнітоптер, було запропоновано як ефективне рішення проблем з усунення шуму, збільшити маневреність і поліпшити тривалість у польоті.

Вважається, що транспортні засоби з крилами менш ніж 0,2 м називають антропоморфними і змодельовані після польоту комах. Щодо фіксованих і ротаційних платформ крила, орнітоптер знаходяться всі ще на експериментальній стадії дослідження. Процес застосування експериментального і аналітичного дослідження польоту птахів і комах у

аеромеханічну конструкцію БПЛА – а форма біонічної системи.

Механічні обмеження зберігають системи орнітоптера простішими, ніж птахи та комах, багато проектів все ще працюють, щоб сягнути маневреності, керованості і надійності з інших БПЛА.

Конструкція крила, вибрана для використання в орнітоптері, є перевіреною конструкцією Шона Кінкаде і використовується у всій лінійці конструкцій орнітоптерів, що показує, що вона добре масштабується.

Крила мають трикутну опорну конструкцію, виготовлену з вуглецевих стрижнів [2].

Основний лонжерон проходить уздовж переднього краю крила, а стійка з'єднується з тилу тіла орнітоптера до точки біля кінчика головного лонжерону. Від цього лонжерону є кілька менших вуглецевих стрижнів, які виступають на край крила, який має дещо вільно рухатись (рис. 1). Це призводить до роздуття руху від заднього краю крила (рис. 2), яке створює тягу, а передній край махає вгору і вниз.

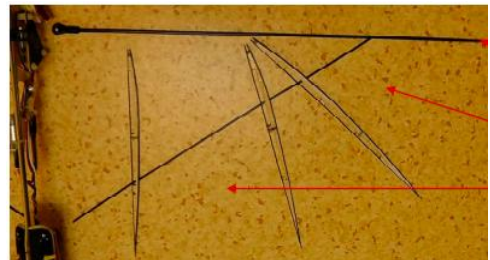


Рис. 1. Карбонові стрижні для каркасу

Кожен лонжерон тримається на місці за допомогою кишенькової стрічки для додання жорсткості та довговічності.



Рис. 2. Подібна структура крила

Ця скелетна та мембранна структура крила більше нагадує кажана ніж птахів та анімація руху крил демонструє цей факт.

Гнучка скелета-мембранна структура дозволяє дуже динамічно змінювати пасивну форму, коли крило рухається крізь повітря, як продемонстровано високошвидкісною

послідовністю фотографій на рисунку 3. Цей рисунок показує послідовність змаху крилами.

Великий ступінь згинання та скручування, помітний у крилі, є результатом того, що мембрана регулює її розмах і крок, щоб підтримувати рівновагу протягом усього часу, коли відносна швидкість припливу та кут припливу змінюються по всій довжині.

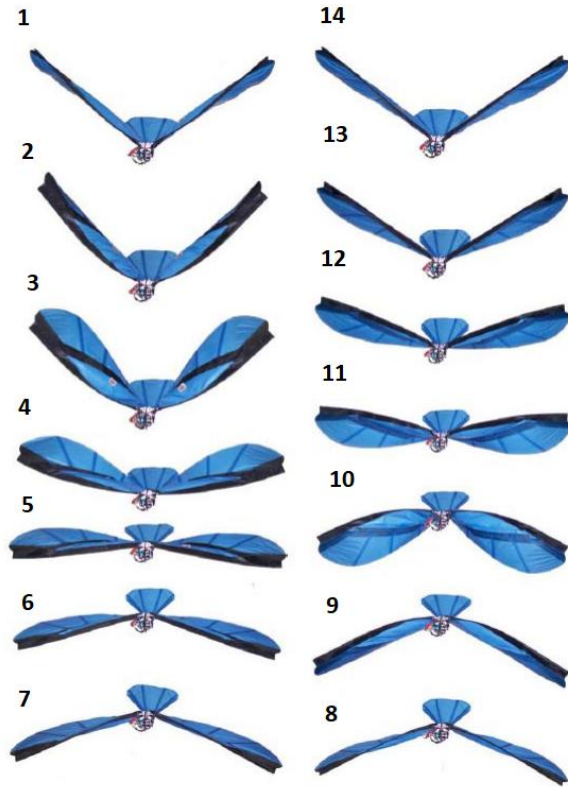


Рис. 3. Швидкісна фотографія циклу змахів: рух вниз 1-7, вгору 8-14

Початок поштовху по інерційному прискоренню, крила призводить до того, що передній крайній лонжерону значно згинається на одну чверть і три чверті довжини напівпрольоту. Це призводить до зміни місцевого кута ходу уздовж прольоту і затримки фази між коренем крила та кінчиком крила протягом всій довжині [3]. Крім того, оскільки область всього крила, по суті, навішена на діагональний лонжерон, вона відчуває великий обертальний прогин, який діє як пасивний крило на літаку. Відхилення заслінки, яке є найбільш значним біля кінця крила, є також відповіддю на інерцію крила.

Наслідком відхилення заслінки є те, що силове навантаження крила накладає мить, що збільшує крок у області змаху, тож якщо крило вдариться, воно буде мати негативний крок. Таке регулювання кроку важливо для підтримки відносного кута атаки, тоді як розкручене жорстке крило зазнає прискореного потоку розділення через великі кути припливу.

Крила мають подібну конструкцію до сучасного змія. Використовувана тканина поліефір з

покриттям з полікарбонату, який забезпечує відмінну міцність та стійкість до розриву при дуже невеликій вазі. Другий використовуваний матеріал є поліестер (PET). Але він має велику вагу у порівнянні з поліефірною тканиною, тому виконання крил з цього матеріалу не підходить для подальших цілей.

Замість зшивання тканини, використовується наклеювання дуже тонкої двосторонньої стрічки під назвою Very Highly Bonding від фірми 3M.

Вибір правильних лонжеронів крила для збільшеної версії був одним з більших технічних стрибків, тому що вони не тільки, повинні бути достатньо сильними на розрив, але й годитися на їх дотримання справити кінематику. Щоб спробувати відповідати руху крил з набагато більшими крилами, момент інерції лонжерону крила було виміряно лінійно з обертовим моментом у плечі.

На додаток до пропорції кістки і структурі, обертальна рухливість в крилі суглобі, особливому плечі, визначає рух крила. Обертання навколо "універсального" суглоба плеча приведено у дію м'язами і включає три типи руху: коливання, обертання і ведуча затримка; кожен описано нижче.

- Коливання: вгору і вниз із занурення руху крила. Коливання виробляє більшість сили та має найбільшу ступінь свободи з типовим діапазоном руху між 40 градусами вниз і 90 градусів. Коливається цикл крила на два компоненти:

- 1) рух вниз чи удар, коли крило переміщується від його верхньої до її самої нижньої позиції;

- 2) рух вгору або зворотний хід, коли крило переміщується від його самого нижнього до його верхнього положення.

- Обертання: ракурс подачі крила.

Це може змінитися вздовж усього проміжку через обертання у плечі, і ручні суглоби, і також від гнучкості пір'я і структури кістки.

- Провідна затримка: бокове повернення зображення у літаку крила про вертикальній осі птиці.

Ці три обертання можуть бути ідеалізовані, як це показано на рисунку 4.

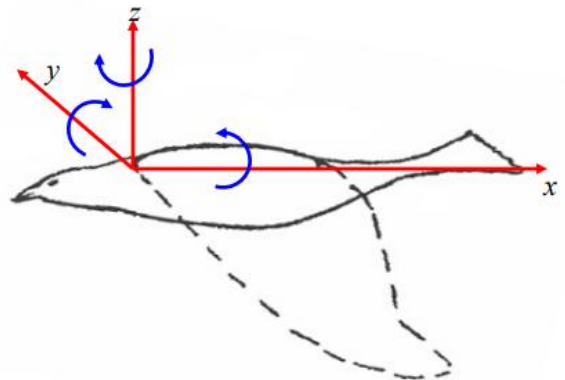


Рисунок 4. Три вісі обертання птаха

Лікоть і ручні суглоби крила також сприятливі для налагодження повороту, вигину і охоплення або згортання крила, що оптимізує виконання польоту і маневреність. Коли об'єднуються з

вигином та охопленням руху ліктя і ручного крила, трьох обертальних рухів, результат плеча в адаптивній структурі, здатної до виробництва підйому, поштовху та спрямований контроль для усіх способів польоту.

III. ВИСНОВКИ

У даному матеріалі проведений аналіз типів конструкцій крила для робота-орнітоптера. У результаті якого, виходячи з аналогічних рішень, з'ясовано які необхідно використовувати матеріали для того щоб побудувати крило майбутнього робота-орнітоптера.

Розглянута структура крила орнітоптера. Також був проведений аналіз руху крил під час польоту. Що надає змогу виконати розрахунки навантаження та аеродинамічності робота.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Willis, D.J., Persson, P., Israeli, E.R., Peraire, J., Swartz, S.M., and Breuer, K.S., "Multifidelity Approaches for the Computational Analysis and Design of Effective Flapping Wing Vehicles," AIAA Paper No. 2008-518, 46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, NV January 7-10, 2008.
- [2] Smith R. and Shyy W., "A viscous flow based membrane wing model," AIAA Paper No. 93-2955, 24th AIAA Fluid Dynamics Conference, Orlando, FL July 6-9, 1993.
- [3] Neef, M.F., and Hummel, D., "Euler Solutions for a Finite-Span Flapping Wing," Conference on fixed, flapping and rotary wing vehicles at very low Reynolds numbers, University of Notre Dame, IN, June 5-7, 2000.

Огляд методів та засобів планування оперативних втручань на гемангіому

Богдан Компанієць, Дмитро Кухаренко, Кирил Вадурін

Кафедра електронних апаратів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА, Кременчук, вул. Першотравнева, 20, email: dkuch100@gmail.com

Анотація: Якісно запланувати оперативне втручання, без тяжких наслідків, вкрай важка праця, оскільки існуючі методики проведення оперативних втручань базуються на параметрах так званої «середньо статистичної людини» без урахування індивідуальної анатомічної будови. Застосування комп'ютерних технологій планування може значно прискорити і спростити роботу лікаря. Для визначення розмірів гемангіоми пропонується використовувати комп'ютерну техніку та відповідне програмне забезпечення. Тривимірна модель гемангіоми та відповідні параметри, що регулюють метаболізм пацієнта, дадуть змогу передбачати динаміку збільшення гемангіоми у часі і просторі. Пропонується метод визначення площі гемангіоми за допомогою трикутних елементів.

Ключові слова: модель, планування, гемангіома.

I. ВСТУП

Гемангіома новонароджених є найчастішою пухлиною цього періоду. За відомостями частини авторів, вона зустрічається в 1,1-2,6% випадків за іншими даними - в 4-10% [1]. У дівчаток гемангіоми зустрічаються в 2-3 рази частіше, ніж у хлопчиків. Зазвичай гемангіоми виявляються відразу ж після народження і значно рідше - протягом перших двох-трьох місяців життя. Якщо у дитини вже є одна гемангіома, то протягом перших шести місяців життя у 75% таких дітей можлива поява ще гемангіом, на інших ділянках тіла. Останнім часом зросла кількість дітей з

множинними гемангіомами. Існує багато методик лікування гемангіоми, нажаль не завжди вони допомагають, тому хірургічне втручання неминуче. Якісно запланувати оперативне втручання, без тяжких наслідків, вкрай важка праця, оскільки існуючі методики проведення оперативних втручань базуються на параметрах так званої «середньо статистичної людини» без урахування індивідуальної анатомічної будови. Застосування комп'ютерних технологій планування може значно прискорити і спростити роботу лікаря, допомогти йому уникнути власних помилок, підготувати лікаря до можливого виникнення тяжких, небажаних, непередбачених ситуацій, а також можливі шляхи їх уникнення. Головне завдання комп'ютерного планування – це вибір, з багатьох можливих варіантів, найменш травматичного шляху здійснення хірургічного втручання для людини з урахуванням її анатомічної особливості.

II. МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ангіома є однією з поширених захворювань у дорослих. Вона являє собою доброякісне новоутворення, яке виникає через аномалії розвитку кровоносних і лімфатичних судин. Виглядає освіту як звичайна родимка і не доставляє незручностей до певного моменту.

З'явитися подібна патологія може на шкірі, слизових оболонках, внутрішніх органах. Ангіома буває одиночної і множинною. Коли на поверхні шкіри і внутрішніх органах знаходять численні осередки, говорять про ангіоматоз. Консервативне лікування не позбавить від цієї недуги. Найчастіше показано видалення новоутворення різними методами.

Залежно від того, з якої судини утворена ангіома, вони бувають двох видів: гемангіома – з кровоносних судин і лімфангіома (з лімфатичних судин). Більше 90% всіх випадків ангіом фахівці відводять простим або капілярним ангіомам. Утворюється вона з капілярів і локалізується на поверхні шкіри. Колір її багрянний. Якщо таку пухлину трохи придавити, вона блідне.

Запалі гемангіоми формуються з губчастих порожнин, наповнених кров'ю. Зовні така пухлина виглядає, як горбистий вузол. Найчастіше утворюється під шкірою. Досить поширене місце розвитку патології - головний мозок.

Гіллясте новоутворення, як правило, розташовується на голові, обличчі або кінцівках.

Найбільш великими є артеріальні і венозні пухлини. Рідко зустрічаються, мають червоно-синюшний колір і займають великі площі.

Внутрішньокісткові патології локалізуються переважно на кістках черепа. Небезпеку становлять через підвищений ризик кровотечі.

Пухлини, які поєднують в собі ознаки простих і кавернозних підвидів, називаються комбінованими.

Ангіоми лікуванню консервативним шляхом не піддаються. Сучасна медицина пропонує різні способи безболісно позбутися від недуги.

Популярним методом вважається лазерне лікування. Втрати крові під час процедури мінімальні, а ймовірність побічних реакцій дуже мала.

Для лікування важкодоступних пухлин застосовують променевою терапію. «Кібер ніж» (англ. CyberKnife) - хірургічна система виробництва компанії Ассигау, призначена для лікування доброякісних і злоякісних пухлин та інших захворювань. Розроблено в 1992 році професором нейрохірургії та радіаційної онкології Стенфордського університету (США) Джоном Адлером та Шонбергами Пітером і Расселом з Schonberg Research Corporation.

Метод впливу системи заснований на променевої терапії з метою більш точного впливу, ніж при звичайній променевої терапії [2]. Два основні елементи системи: невеликий лінійний прискорювач, який створює випромінювання, і роботехнічних пристрій, що дозволяє спрямовувати енергію на будь-яку частину тіла з будь-якого напрямку. Основні частини системи CyberKnife, показані на роботі Fanuc.

За заявою виробника, в даний час в світі встановлено близько 250 установок «кіберножа», понад 100 000 пацієнтів отримали лікування. Більшість з цих установок знаходиться в клініках

США, на другому місці - Японія. У меншій мірі - в країнах Європи і Азії.

Безболісний метод для видалення простих видів патології – кріотерапія. Електрокоагуляція – припікання пухлини високим розрядом струму. Метод хворобливий, тому його не використовують для великих утворень.

Дрібні і важкодоступні ангіоми усувають склерозуючою терапією. Метод полягає у введенні в пухлину етилового спирту.

При неефективності вищеописаних методів, проводять оперативне хірургічне втручання.

Існує кілька варіантів ангіом, які найбільш поширені:

Вишнева гемангіома найчастіше вражає людей похилого віку. Поширюється на область грудної клітини і являє собою множинні дрібні пустули червоного кольору. Така форма захворювання носить доброякісний характер. Однак, при великих ураженнях рекомендується звернутися до онколога.

Найбільш безпечними вважаються точкові ангіоми. Фахівці не рекомендують їх видаляти, так як вони не становлять загрози, а видалення може спровокувати процеси розростання новоутворень.

Ангіоми на шкірі обличчя та інших поверхнях тіла не є небезпечними. Видаляти їх слід в тому випадку, коли вони заважають або знаходяться в місцях, де постійно піддаються травмуванню.

Новоутворення в матці часто зустрічаються у жінок середнього віку. Це доброякісні пухлини, які не завдають дискомфорту і не є небезпечними. При перших ознаках переродження утворення в злоякісне, призначається оперативне втручання. Показано воно і при стрімкому зростанні патології [3, 4].

У способі визначення показань до лікування гемангіом у дітей [5] вважають, що гемангіома має округлу форму, але це не завжди так рис.1.



Рис. 1. Гемангіоми, що мають неправильну форму та об'єм

Взагалі завжди гемангіома має неправильну форму. Базуючись на результатах приведених в роботі [6, 7], було апроксимовано частково гемангіому (увігнута частина, точки 1-5 рис. 2, б і опуклої частини, точки 9-16) поліномами третього і п'ятого ступеня відповідно (1),(2).

$$Z=(896,436x^3-64,994x^2+1,206x+0,023)+G; \quad (1)$$

$$Z=(9617,999x^5-847,094x^4-104,9966x^3+15,369x^2-0,661x+0,011)+G, \quad (2)$$

де G – додатковий коефіцієнт корекції.

Для неправильних фігур розмір та площу гемангіоми визначають приблизно [5], із застосуванням прозорої плівки, розкресленій на квадрати, шляхом накладання плівки на гемангіому і оцінки площі гемангіоми за сумою квадратів і половин квадратів, що покривають гемангіому.

Для визначення розмірів гемангіоми пропонується використовувати комп'ютерну техніку та відповідне програмне забезпечення. Маючи сфотографоване зображення гемангіоми можна виділити її межі за допомогою програмного забезпечення обробки зображень і за допомогою трикутних елементів, що знаходяться в виділених межах гемангіоми, розрахувати не тільки її площу, але і об'єм та побудувати модель у тривимірному просторі. Тривимірна модель та відповідні параметри, що підвищують метаболізм пацієнта, дадуть змогу передбачати динаміку збільшення гемангіоми у часі і просторі. Пропонується метод визначення площі гемангіоми за допомогою трикутних елементів. Пацієнт М. має гемангіому рис.2, а. Вона складається з 41 127 розрахункових трикутних елементів (лінійних розмір елементів $4 \cdot 10^{-4}$ м).

Для побудови уточнюючої моделі гемангіоми скористаємося наступними формулами, наприклад, визначення об'єму гемангіоми (3, 7) її маси (4, 8) через декартові та циліндричні координати і густини (5), а також координати її центру (6):

$$V = \iiint_G dx dy dz; \quad (3)$$

$$m = \iiint_G \mu(x, y, z) dx dy dz; \quad (4)$$

$$\mu_{\text{сеп}}(x, y, z) = \frac{m}{V} = \frac{\iiint_G \mu(x, y, z) dx dy dz}{\iiint_G dx dy dz}; \quad (5)$$

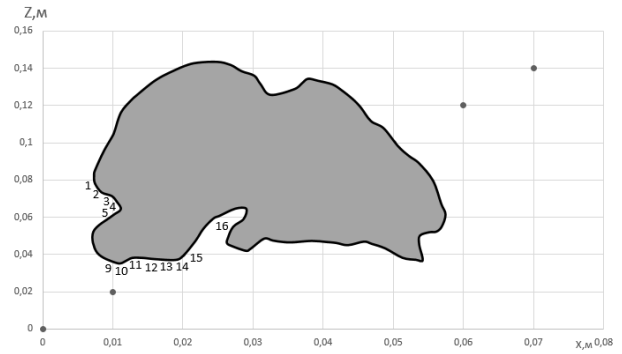
$$x_{\text{сеп}} = \frac{1}{m} \iiint_G x \mu dx dy dz, \quad y_{\text{сеп}} = \frac{1}{m} \iiint_G y \mu dx dy dz, \quad z_{\text{сеп}} = \frac{1}{m} \iiint_G z \mu dx dy dz;$$

$$V = \iiint_G dx dy dz = \iiint_G r dr d\varphi dz; \quad (6)$$

$$m = \iiint_G \mu(x, y, z) dx dy dz = \iiint_G \mu'(r \cos \varphi, r \sin \varphi, z) r dr d\varphi dz.$$



а)



б)

Рис. 2. Моделювання гемангіоми: а) побудова двомірної моделі гемангіоми за наданими знімками; б) проекція моделі гемангіоми на площину ZOХ

При визначенні площі гемангіоми слід враховувати коефіцієнт еластичності шкіри, який залежить від віку пацієнта:

$$S = k \cdot dS, \quad (7)$$

де k – коефіцієнт еластичності шкіри.

Спосіб визначення координат на поверхні моделі гемангіоми, коли точка M переходить у точку M_0 (рис.3).

Зображення гемангіоми у просторі приведено на рисунку 4.

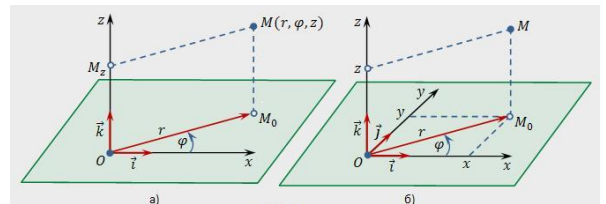


Рис. 3. Спосіб визначення координат на поверхні моделі гемангіоми

$$\begin{cases} x = r \cos \varphi; \\ y = r \sin \varphi; \\ z = z. \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} r = \sqrt{x^2 + y^2}; \\ \cos \varphi = \frac{x}{r}, \quad \sin \varphi = \frac{y}{r}, \quad \varphi (-\pi \leq \varphi \leq \pi); \\ z = z. \end{cases} \quad (9)$$

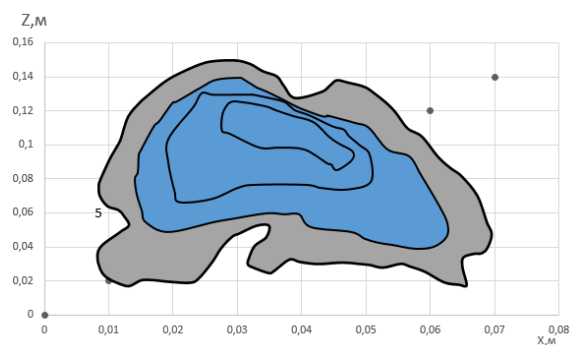


Рис. 4. Об'ємне зображення гемангіоми

III. ВИСНОВКИ

Якісно запланувати оперативне втручання, без тяжких наслідків, вкрай важка праця, оскільки існуючі методики проведення оперативних втручань базуються на параметрах так званої «середньо статистичної людини» без урахування індивідуальної анатомічної будови. Застосування комп'ютерних технологій планування може значно прискорити і спростити роботу лікаря, допомогти йому уникнути власних помилок, підготувати лікаря до можливого виникнення тяжких, небажаних, непередбачених ситуацій, а також можливі шляхи їх уникнення. Головне завдання комп'ютерного планування – це вибір, з багатьох можливих варіантів, найменш травматичного шляху здійснення хірургічного втручання для людини з урахуванням її анатомічної особливості. Для визначення розмірів гемангіоми пропонується використовувати комп'ютерну техніку та відповідне програмне забезпечення. Маючи сфотографоване зображення гемангіоми можна виділити її межі за допомогою програмного забезпечення обробки зображень і за допомогою трикутних елементів, що знаходяться в виділених межах гемангіоми, розрахувати не тільки її площу, але і об'єм та побудувати модель у тривимірному просторі. Тривимірна модель та відповідні параметри, що підвищують метаболізм пацієнта, дадуть змогу передбачати динаміку збільшення гемангіоми у часі і просторі. Пропонується метод визначення площі гемангіоми за допомогою трикутних елементів. Наприклад пацієнт М. має гемангіому, яка складається з 41 127 розрахункових трикутних елементів (лінійних розмір елементів $4 \cdot 10^{-4}$ м).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Шейко Е.А. Гемангиомы у детей раннего возраста (обзор литературы: по источникам: www.clinicalkey.com) // Международный

журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 4-2. – С. 222-228 <https://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=6621> (дата обращения: 14.05.2019).

- [2] Wilson, H. P., Price, P. M., Ashkan, K., Edwards, A., Green, M. M., Cross, T., ... & Plowman, N. P. (2018). CyberKnife Radiosurgery of Skull-base Tumors: A UK Center Experience.
- [3] ГЕМАНГИОМА 4-я городская детская клиническая поликлиника – [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://4gdkp.by/otdeleniya/50-stati-dlya-tdeleniya-khirurgicheskij-kabinet/527-gemangioma>
- [4] Ангиома: причины появления, лечение у детей и взрослых – [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://chebo.pro/zdorove/angioma-prichiny-poyavleniya-lechenie-u-detej-i-vzroslyh.html>
- [5] Способ определения показаний к лечению гемангиом у детей. А61В5/00 публикация патента:10.05.2014, подача заявки: 2013.03.25.
- [6] Мирошниченко В.С. Модель шлунково - кишечного тракту людини з визначенням координат злоякісних утворень / В.С. Мирошниченко, Д. В. Кухаренко // Кременчук: Науковий вісник КУЕІТУ. Нові технології № 3-4 (41-46) - 2014. – С. 97-101.
- [7] Мирошниченко В.С. Комп'ютерна система передопераційного планування онкології шлунково - кишечного тракту людини / В.С. Мирошниченко, Д.В. Кухаренко // Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів». Серія: Біологічні та медичні прилади і системи, 07–09 листопада 2014 р., Кременчук. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 152–153.

Автоматизація систем підтримання зазору плазмового різача при термічному різанні металу

Олег Кулаєнко, Андрій Рябушко

Кафедра автоматизації виробничих процесів, Харківський національний університет будівництва та архітектури, УКРАЇНА, Харків, вул. Сумська, 40, email: kulaienko@ukr.net

Анотація: У доповіді міститься огляд автоматичних систем для підтримання зазору між плазмовим різачом та оброблюваними деталями при механізованому термічному різанні листового металу. Розглянуті іноземні прототипи та запропоновані схеми для виготовлення подібних систем на вітчизняній виробничій базі.

Ключові слова: плазмове різання, контроль висоти різача.

I. ВСТУП

Мащини термічного різання металу добре зарекомендували себе при виконанні первинної

обробки деталей у машинобудуванні на заготівельних ділянках виробництва а також при виробництві складних будівельних конструкцій з листового металу та різного виду профілів [1]. Найбільш використовуваною на даний момент в Україні є технологія різання металу за допомогою газоплазмового потоку – струменю низькотемпературної плазми, яка утворюється при проходженні плазмоутворюючого газу (повітря або чисті гази азот, кисень тощо) під тиском через електричну дугу [2]. Для реалізації процесу плазмоутворення розроблені спеціальні різакі та джерела струму, які забезпечують запалювання та підтримання електричної дуги заданих параметрів.

Встановлення плазмових систем на координатних машинах з числовим програмним управлінням (ЧПУ) дозволяє досягнути високих показників швидкості різання, точності геометричних розмірів деталей та якості оброблюваної кромки металу за рахунок дотримання технологічних вимог режимів різання [3]. Системи управління таких машин забезпечують не тільки управління переміщенням різаків в системі координат стола, а й управління допоміжними технологічними процесами при використанні вбудованих в пристрій ЧПУ або окремих контролерів.

Основними технологічними параметрами при плазмовому різанні є струм дуги різаків, швидкість переміщення різаків вздовж лінії різання, тиск плазмоутворюючого газу та відстань від різаків до поверхні металу.

У більшості випадків для будівельних конструкцій додаткова обробка після різання не є необхідною. Сучасні плазмові системи дозволяють отримати достатньо чисту поверхню різки, але лише за умови дотримання усіх технологічних вимог процесу. Задача з підтримання необхідної швидкості переміщення різаків по траєкторії вирішується базовими засобами системи ЧПУ. Підтримання тиску газів та сили струму дуги є стандартними функціями генераторів в плазмових системах. Підтримання ж заданого зазору між різаків та металом не є тривіальною задачею і потребує пошуку розв'язання.

Технологічно обумовленим є зазор між різаків і листом металу 1-3 мм. Величина зазору залежить від товщини металу та сили струму, яка подається на ріжучий електрод. Результати досліджень технологічних режимів і рекомендовані оптимальні параметри входять до супровідної документації плазмових систем. Задачею інтегратора системи є забезпечення дотримання даних вимог за рахунок встановлення системи підтримання зазору.

Сутність проблеми полягає в тому, що не достатньо встановити різак на фіксованій відстані від металу перед початком оброблення матеріалу. Листовий прокат має кривизну, зумовлену недоліками технології виготовлення, температурними деформаціями тощо. Крім того, поверхня стола також не є рівною і зношується в процесі обробки листів металу, тому різниця

висоти по оброблюваній поверхні може досягати декількох десятків міліметрів. Зменшення зазору може призвести до зіткнення різаків з металом та його механічного пошкодження. Збільшення зазору приводить до розтягування дуги, зменшення щільності плазми, нестабільності струменю та обриву дуги. Усі ці режими не є припустимими. Ручний контроль даного параметру здійснювати складно, оскільки обробка може відбуватися на досить великих швидкостях. Програмне керування висотою також неможливе з огляду на випадковий характер нерівностей листу на столі. Тому єдиним розв'язанням проблеми є застосування слідкуючої системи, яка може вимірювати та підтримувати заданий зазор під різаків в режимі реального часу.

В даному випадку не йдеться про додаткову вертикальну координатну вісь Z. Координатна система залишається в плоскій системі координат ХУ. Вертикальне переміщення перпендикулярно до площини металу реалізується окремим контуром управління, який не координується з пристроєм ЧПУ, але має окремий задатчик, винесений на пульт керування.

II. СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИСОТИ РІЗАКА

До останнього часу існувало 2 основних способи регулювання зазору між плазмовим різаків та металом: механічний та електроємнісний.

Механічний спосіб полягає у встановленні на різак механічного обмежувача, який безпосередньо переміщувався по поверхні металу і піджимався пружиною до листа. Такий обмежувач реалізовувався у вигляді треноги з 3 сферичними роликами. Основна перевага способу – його простота. Очевидними недоліками такого способу є необхідність рухомих елементів переміщуватися безпосередньо по листу. Попередньо вирізані контури та краї листа ставали перешкодами для переміщення різаків з обмежувачами та нерідко призводили до пошкоджень різаків. Крім того істотно обмежувалась швидкість переміщення та зростало навантаження на двигуни координатних осей.

Альтернативою механічному способу підтримання зазору є спосіб, оснований на вимірюванні електричної ємності між датчиком, встановленим на різаків та оброблюваним металом. Фактично лист металу представляє собою одну обкладку конденсатора а датчик, встановлений на різаків – другу. Величина ємності є зворотно пропорційною відстані між обкладками, тобто за допомогою даного способу можна вимірювати відстань між об'єктами без встановлення механічного контакту. Конструктивно ємнісний датчик представляє собою кільце навколо кінця різаків, електрично ізольоване від корпусу різаків і заземленої металоконструкції станка. У загальному випадку безпосередньо величина зазору за допомогою датчика не вимірювалася. Датчик включався у зворотній зв'язок слідкуючої системи, а величина зазору визначалася оператором за допомогою задаючого потенціометру, виведеного

на панель оператора. Слідкуюча система має виконавчий механізм у вигляді двигуна вертикального переміщення різачка. Завдання на переміщення виконавчий механізм отримує з регулятора відповідно до сигналу неузгодження завдання та поточної позиції різачка, оціненої за величиною ємності з датчику. Величина зазору встановлювалася перед початком різання оператором на основі візуальної оцінки.

Ємнісний вимірювач був обраний виходячи з властивості ємностей не реагувати на зміни магнітного поля, які в зоні різання є значними [4]. Дешевший індуктивний безконтактний спосіб вимірювання відстані не міг бути використаний саме з цієї причини. Ємнісний спосіб контролю зазору не має недоліків механічного способу, однак є набагато складнішим в реалізації. Простий первинний вимірювач (кільце на різачку) потребував складного вторинного прибору. При досить великих відстанях та невеликій площі кільця-обкладки вимірювана ємність вимірювалась в нанофарадах, а зміни, необхідні для регулювання, в пікофарадах. Така чутливість вимірювань могла бути досягнутою лише при частотному вимірюванні ємності, що є досить складним процесом. Відповідно установки для підтримання зазору з ємнісним вимірювачем мають досить велику вартість. Також до недоліків системи можна віднести збільшення помилки вимірювання на краю листа метала та поряд з попередньо вирізаними деталями – у місцях, де метал поверхні листа під датчиком відсутній. Однак переваги безконтактного вимірювання відстані перед контактним є безперечними.

Ємнісні системи добре показали себе на машинах з усіма технологіями термічного різання: плазмовій, газокисневій та лазерній. Для плазмової та газокисневої технологій взагалі застосовувалась одна й та ж сама установка підтримання зазору, що дозволяло робити універсальні машини зі змінними різачками в супорті та реалізовувати різні технології різання в залежності від товщини металу на одній машині. В якості прикладу можна привести систему підтримання зазору різачку (Torch height control або THC) MSX 750 CAP німецької фірми ІНТ.

На сьогоднішній день найкращим можливим методом контролю відстані між плазмовим різачком та металом є її оцінка за напругою дуги при різанні [5]. Величина напруги прямо пропорційна відстані між електродом різачка та металом, що розрізається. Більшість сучасних установок використовують саме цей принцип вимірювання для підтримання зазору. Крім того, сучасні перетворювачі постійного струму, які є силовою частиною плазмових установок, мають стандартні виходи для вимірювання напруги дуги при різанні.

Даний спосіб контролю має кілька істотних переваг. Зокрема, для вимірювання за цим способом не має значення близькість країв металу та вирізаних раніше контурів, оскільки принципове значення має лише напруга дуги. Крім того, пряме вимірювання напруги досить великих значень

(робоча напруга дуги для плазмових систем зі струмами до 100 А складає 115-160 В) є тривіальною задачею, яка вирішується за допомогою стандартних пристроїв та вторинних приборів, тобто має невелику вартість.

Аналіз існуючих прототипів показав, що автономна система підтримання зазору різачка повинна мати декілька режимів роботи а також визначений інтерфейс для визначення цих режимів та видачі сигналів системі управління верхнього рівня (ЧПУ) про стан різачка. У якості прототипа розглядаються системи THC ІНТ В1000 та Hypertherm Sensor PNC.

Ці системи складаються з механічної частини – лінійного приводу з можливістю установки на супорт машини термічного різання та закріплення різачка для переміщення вздовж перпендикулярної до листа осі, та електронної частини – блоку управління приводом з терміналами для підключення вимірювача напруги дуги, інтерфейсом оператора із задатчиком висоти та машинним інтерфейсом для обміну інформацією з системою ЧПУ верхнього рівня. Розглянуті системи легко інтегруються у будь-яку машину термічного різання з плазмовими різачками і забезпечують точне підтримання зазору для досягнення максимальної якості різку. Однак вартість цих систем є досить великою і складає близько 8000 євро станом на 2019 рік. З цього приводу актуальною є задача розробки вітчизняного аналогу подібних систем, заснованих на використанні наведеного способу вимірювання зазору.

Для вирішення даної задачі необхідно визначити функції та режими роботи установки, розробити механічну частину установки та підібрати комплекс технічних засобів автоматизації, здійснити параметрування та програмування використаних контролерів.

До основних функцій установки відносяться:

- рух вверх за зовнішньою командою до появи сигналу механічного обмеження (ручний режим);
- рух вниз за зовнішньою командою до появи сигналу механічного обмеження (ручний режим);
- перехід в режим автоматичного підтримання зазору з первинним пошуком рівня металу заготовки;
- відпрацювання сигналу аварійного зіткнення різачка з металом з виведенням аварійного сигналу.

Ручний режим реалізується за допомогою дискретних сигналів на контролер установки з організацією переміщення через електротехнічний перетворювач приводу.

Значно більший інтерес представляє собою відпрацювання переходу в автоматичний режим підтримання зазору, організація пробивки металу та підтримання зазору при різанні. Пробивка металу є процесом, який істотно впливає на довговічність різачка та витратних матеріалів – сопла та електрода різачка. Особливо це відчувається при пробивці товстого металу, коли

для утворення наскрізного отвору необхідний деякий час, а розплавлений метал та плазма можуть утворювати басейни, вміст яких під впливом потоку газів з різаку випадковим чином може підскакувати з поверхні листа. Найбільших пошкоджень в цьому випадку може зазнати плазмогенеруюча кінцева частина різаку. Для зменшення шкідливого впливу і для реалізації технологічного режиму пробивки металу пропонується наступний алгоритм:

- подається команда на переміщення різаку вниз для встановлення стартового зазору над металом. Цей зазор встановлюється за допомогою ємнісного датчика рівня з дискретним виходом [6,7], який встановлюється на різаку і калібрується на спрацювання на відстані 2-3 мм між кінцем різаку та металом. При цьому установка встановлює сигнал – «готовий до пробивки»;

- після заняття стартової позиції подається команда на переміщення різаку вгору на 3 мм. Одночасно ЧПУ видає команду на запалювання плазми. Віддалений різак під час пробивки відчуває значно менший вплив розплавленого металу;

- по закінченню часу пробивки підключається програмний регулятор напруги дуги, який впливає на висоту різаку через виконавчий механізм лінійного приводу. Різак встановлюється на висоті, яка відповідає встановленому значенню напруги на задатчику;

- Після встановлення заданої висоти і усуненню неузгодження регулятора установкою подається сигнал «В позиції» для початку руху різаку по траєкторії від пристрою ЧПУ;

По закінченні руху за заданим у програмі контуром ЧПУ вимикає плазму і одночасно подає сигнал на переміщення різаку вгору для переміщення координатних осей до точки наступної пробивки.

Описаний алгоритм зображено на рис. 1

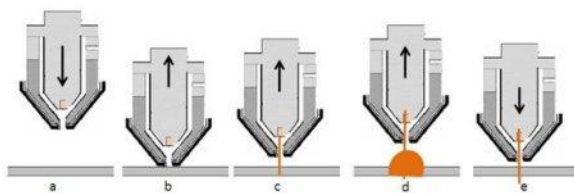


Рис.1. Алгоритм формування пробивки металу

Реалізувати систему запропоновано на основі наступних технічних засобів:

- Вторинний вимірювач напруги дуги – вимірювач електричних величин Autronics MT-4 з аналоговим виходом 4-20 мА;

- Електротехнічний перетворювач приводу – перетворювач частоти Lenze 8400 Vector з потужністю 0,25 кВт та модулем інтерфейсу для організації зворотного зв'язку та підключення потенціометричного задатчика величини зазору. Даний перетворювач має вбудований програмний ПІД-регулятор, що дозволяє підтримувати заданий

параметр без використання сторонніх контролерів [8];

- Ємнісний датчик рівня Carlo Gavazzi у високотемпературному виконанні зі ступенем захисту IP68. Діапазон спрацювання 0,5-12 мм;

- Кінцеві вимикачі мініатюрні Lovato KS B1 V для обмеження механічних переміщень різаку в лінійному приводі.

Вартість запропонованих технічних засобів не перевищує 400 євро. При цьому вартість механічної частини установки складає 250 євро при виготовленні на вітчизняному виробництві.

III. ВИСНОВКИ

- Виходячи з викладеного можна зробити наступні висновки:

- Використання систем підтримання зазору плазових різаків є необхідною умовою отримання якісного різку;

- Аналіз розглянутих систем та прототипів визначає найкращий спосіб контролю зазору за напругою дуги при різанні металу плазовим різакком;

- Проведені дослідження прототипів дозволяють сформулювати задачі та вимоги до даних установок та запропонувати власну конструкцію, яка має значно меншу вартість у порівнянні з прототипом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] T. Renault, Nakhleh, "The Life and Times of Plasma Cutting - How The Technology Got Where It Is Today" .
- [2] Larry F. Jeffus, "Welding: principles and applications. Cengage Learning." p. 180. ISBN 978-1-4018-1046-7, 2002.
- [3] B. Thompson, K. Hanchette, "Making Plasma Cutting Easier - Using CNC Automation Technology" , The Fabricator, August 2003.
- [4] R. Sacks, E. Bohnart, "Welding Principles and Practices (Third ed.)" , New York: McGraw_Hill. p. 597. ISBN 978-0-07-825060-6, 2005.
- [5] "Torch height control through arc voltage sensing" [Интернет-ресурс] <http://technocratplasma.com/blog/torch-height-control-through-arc-voltage-sensing/>.
- [6] А. Бондер, А. Алферов, "Измерительные приборы", М., 2008.
- [7] А.В. Криворученко "Бесконтактные датчики положения. Проблемы выбора и практика применения", «Компоненты и технологии», №1, 2005.
- [8] А. Торопов, Д. Абдураманов, "Применение преобразователей частоты Lenze в системах позиционирования упаковочных автоматических установок", Сборник трудов КНУ им. Остроградского «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика», 2012.

Обзор современных систем управления для непрерывного литья

Светлана Сотник, Владислав Микитенко

Кафедра КИТАМ, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, ,
Харьков, пр. Науки 14, УКРАИНА, mykytenkovladislav@gmail.com

Аннотация: В работе проведен обзор трех современных систем управления для процессов литья, в результате которого определены ключевые параметры, которые необходимо контролировать в процессе литья. Рассмотрены особенности непрерывного литья.

Ключевые слова: система, управления, непрерывное, литье, кристаллизатор

I. ВВЕДЕНИЕ

На сегодня автоматизированные системы управления непрерывным литьем (НЛ) стремительным образом развиваются, поскольку процесс изготовления изделий / отливок одного размера из металла в изложницы при массовом производстве давно устарел и наступает «этап непрерывного литья». Такой процесс изготовления изделий / отливок подходит для цветных металлов и стали.

К достоинствам непрерывного литья можно отнести:

- сокращение цикла металлургического производства;
- повышение качества отливок в связи с высокой степенью их однородности, что приведет к уменьшению технологических отходов при последующей обработке давлением, а также позволит уменьшить разброс технологических параметров;
- возможность получения отливок с неограниченной длиной и требуемым поперечным сечением;
- улучшение поверхности отливки.

Помимо разработки формы-кристаллизатора и сопровождения процесса непрерывного литья, требуется значимое место занимает процесс управления самим непрерывным литьем, поскольку от этого напрямую зависит один из главных параметров отливок – качество.

II. ОСОБЕННОСТИ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ

При непрерывном литье отливка из металла в литейной машине непосредственно охлаждается [1]. Определено, что особенностью является то, что сам процесс охлаждения разбивается на стадии, которые «разделены» не по времени, как при обычном литье, а в пространстве: более ранние стадии располагаются выше, более поздние – ниже.

Каждая стадия изготовления отливки находится в непосредственной близости друг от друга, поэтому процессы, происходящие в каждой зоне,

оказывают значительное взаимное влияние и могут стать предпосылкой для получения как качественной отливки, так и бракованной, хотя сам процесс НЛ состоит из тех же стадий, что и обычное литье металла:

- 1) заполнение формы-кристаллизатора металлом;
- 2) отвод теплоты перегрева;
- 3) процесс кристаллизации;
- 4) охлаждение отливки.

Схема процесса непрерывного литья и температурных зон отливки в общем виде представлена на рис. 1 [2].

То есть, расплавленный металл равномерно и непрерывно поступает в охлаждаемую форму-кристаллизатор с одного конца и в виде затвердевшего отливки вытягивается специальным устройством с другого конца [2].

На рис. 1 представлен процесс заполнения водоохлаждаемой металлической формы-кристаллизатора 2 жидким металлом, который поступает туда при помощи ковша 1 [2].

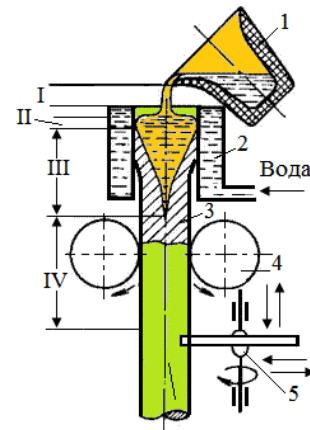


Рис. 1. Схема процесса непрерывного литья и температурных зон отливки

Процесс охлаждения отливки при непрерывном литье можно реализовать 2 способами [2]:

- 1) отвод основного количества теплоты от отливки благодаря стенкам кристаллизатора, к которым подается охлаждающая вода (рис. 1);
- 2) отвод некоторого количества теплоты, необходимого для затвердевания корочки металла, в кристаллизаторе, а затем отвод основного количества теплоты погружением отливки в водяную ванну.

Первую схему применяют при литье в высокий кристаллизатор стальных слитков, чугуновых

водопроводных труб. Интенсивность отвода теплоты от отливки невысока, так как между слитком и охлаждающей водой находится значительное термическое сопротивление в виде зазора (между отливкой и формой), стенки кристаллизатора и т. д.

Затвердевшая отливка 3 валками 4 непрерывно извлекается из формы-кристаллизатора [2].

Далее при необходимости разрезается на более мелкие части специальной пилой 5 [2].

Непрерывное литье широко используется в металлургической промышленности для разлива стали, цветных металлов и сплавов, а также в машиностроении при производстве труб и заготовок [4].

Римскими цифрами на рис. 1 представлены температурные зоны отливки, а именно, где происходит изменение температуры в процессе литья.

Определено, что продолжительность заполнения формы-кристаллизатора определяется выражением:

$$T_{cc} = M_{mf} + T_{mo} + T_{mt} + Q_{mm} \quad (1)$$

где M_{mf} – режим течения расплава (ламинарный или турбулентный);

T_{mo} – температура перегрева расплава;

T_{mt} – температура формы-кристаллизатора;

Q_{mm} – интенсивность теплообмена между формой и расплавом.

III. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО

Современные тенденции развития науки и техники приводят к автоматизации всех сфер деятельности, в том числе и машиностроении, что связано с математическим моделированием и информационным обеспечением процессов производства высококачественной отливки и заготовок с минимальными затратами ресурсов. То есть, автоматизация современных систем управления технологическими процессами станет предпосылкой получить наилучшее соответствие между качеством отливки и затратами на ее изготовление.

Автоматизация систем управления НЛ – путь повышения качества литых изделий.

Схематичное изображение одного из существующих вариантов аппаратной реализации системы управления процессом литья представлено на рис. 2 [3].

Аппаратная реализация осуществлялась на контроллерах ОВЕН ПЛК100 которые выполнены в полном соответствии со стандартом IEC 61131-1, что обеспечивает высокую аппаратную надежность [3].

Программирование контроллеров в данном случае [5] было реализовано в среде Овен CoDeSys v.2.3.x, которая является бесплатной, а в качестве

языка программирования контроллеров – ST (Structured Text) [3].

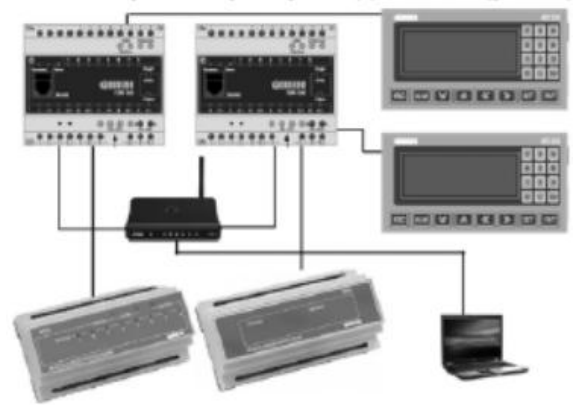


Рис. 2. Схематичное изображение систем управления процесса литья

Предложенный программный комплекс позволяет управлять процессом литья с заданным законом наложения давления. Одним из основных параметров является давление, изменение которого контролируется на всех этапах формирования отливки.

Также в качестве ключевых параметров для управления процессом литья были температура и время выдержки в процессе охлаждения отливки в форме.

Далее рассмотрим еще одну альтернативу системы управления, только для криволинейного литья. Принцип непрерывного литья здесь заключается в том, что жидкий металл из ковша заливают в интенсивно охлаждаемую сквозную форму-кристаллизатор, в которой происходит частичное затвердевание непрерывно-вытягиваемой отливки. Далее процесс затвердевания отливки происходит при прохождении зоны вторичного охлаждения.

В работе [4] представлена система автоматического управления уровнем металла. Определено, что в данной системе основной акцент делается на регулирование уровня металла в кристаллизаторе и поддержании заданной скорости вытягивания, так как именно они в большой степени влияют на качество полученной отливки. Также для управления выбран такой параметр, как скорость вытягивания машины непрерывной разливки стали, которая изменяется на следующих участках:

- зона промковшей;
- зона первичного охлаждения (кристаллизатор);
- зона вторичного охлаждения;

Для каждой зоны строится локальная подсистема управления.

При рассмотрении системы управления скоростью вытягивания машины непрерывной разливки стали учитывается динамика системы электроприводов.

Таким образом, такая система позволяет учесть особенности всех режимов работы машины

непрерывной разливки стали: пусковой режим, основной режим разливки, режим останова, аварийный режим (угроза прилипания или прорыва корочки сляба, перелива жидкого металла, и т.д.) [4].

В результате, определено, что при построении системы управления машины непрерывной разливки стали процесс делиться на зоны, каждая из которых представлена в виде автономного объекта управления. Для каждого такого объекта создается система управления.

В качестве третьей альтернативы рассмотрим систему управления процессами и механизмами машин непрерывного литья заготовок [5].

Кратко рассмотрим основные функции третьей альтернативы программно-аппаратного комплекса:

- управление положением штока гидроцилиндра;
- возможность обмена необходимой технологической информацией за счет связи с контроллером верхнего уровня;
- формирование требуемого закона качания кристаллизатора;
- вывод для визуализации аварийных сигналов и сигналов технологических блокировок.

В качестве примера на рис. 3. представлено окно системы визуализации процесса качания кристаллизатора. В режиме наладки системы управления качанием предусмотрена возможность отключения блока согласования для управления перемещением каждой стороны механизма качания [5].

Базовыми параметрами для системы управления охлаждением являются: 1) средняя скорость различных сечений пластины вдоль технологической оси оливы; 2) изменение расходов воды автономно по секциям в соответствии со значениями средней скорости.

IV. ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенного обзора определено, что получение качественной отливки из кристаллизующегося металла возможно при контроле и регулировании механизма качания кристаллизатора. Поскольку, если качание происходит с неправильной частотой, амплитудой или с неправильной формой колебаний, то это может привести к ухудшению качества поверхности и увеличению расхода порошка для смазки кристаллизатора, а также к прорывам металла.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] B. Petrus, " Real-time, model-based spray-cooling control system for steel continuous casting ", *Metallurgical and materials transactions*, vol. 1, pp. 87-103, 2011.
- [2] B.G. Thomas, " Review on modeling and simulation of continuous casting", *Steel research international*, vol. 1, pp. 1-21, 2018.
- [3] Nevludov, I., Sotnik, S., Frolov, A., & Demska, N. (2017). Development of the comprehensive method for quality assessment of plastic parts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(1-85), 18-26.
- [4] В.Н.Ткаченко, О.С. Волуева, Н.В. Жукова, " Система автоматического управления уровнем металла и скорости вытягивания МНЛЗ", *Автоматика/Automatics*, с. 204-205, 2011.
- [5] А.Ю. Цупрун, "Системы управления процессами и механизмами машин непрерывного литья заготовок", *Информационный портал о черной и цветной металлургии*

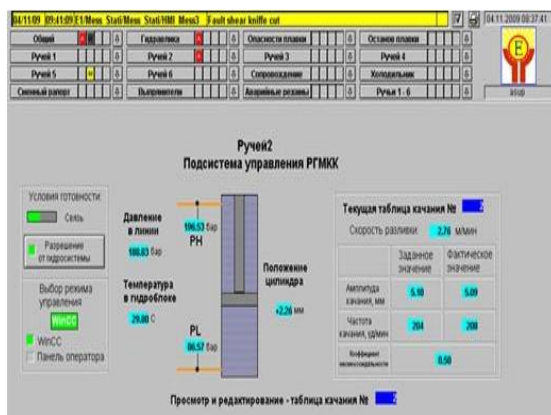


Рис. 3. Окно системы визуализации процесса качания кристаллизатора

Термоелектричні перетворювачі для живлення бездротових датчиків

Владислав Моспан, Володимир Фомовський, Сніжанна Кравченко

Кафедра електронних апаратів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА, Кременчук, вул. Першотравнева, 20. email: denis.mospan@gmail.com

Анотація: Як відомо, існують два основних типи систем радіочастотної ідентифікації (RFID): активні і пасивні. Така класифікація визначається типом застосованих RFID міток. Пасивні RFID мітки не мають вбудованого джерела живлення. Електричний струм, що індукується в антені електромагнітним сигналом від зчитувача, забезпечує достатню потужність для функціонування розміщеного в мітці мікроконтролера і передачі сигналу відповіді. Активні RFID мітки мають власне джерело живлення і не залежать від енергії зчитувача, внаслідок чого можуть працювати на більших відстанях, мають більші розміри і можуть бути оснащеними додатковою електронікою. Однак, батареї мають обмежений термін дії, тому питання енергозабезпечення активних RFID міток є актуальним. Пропонується розгляд можливих шляхів вирішення цієї задачі.

Ключові слова: RFID мітки; джерела живлення; термоелектричний ефект

I. ВСТУП

Ефективність та інші робочі характеристики бездротових датчиків постійно зростають, а питання забезпечення автономних пристроїв енергією стають повсякденною проблемою. Шляхом вирішення цієї проблеми є створення пристроїв, які б «збирали» хоча б незначну частку енергії (сонячної, теплової, п'єзоелектричної або електромагнітної), яка оточує нас. Провідні інжинірингові компанії намагаються поширити впровадження подібних сенсорних технологій в такі виробництва як, медичні пристрої діагностики та спостереження, які пацієнт носить на собі, авіаційні та автомобільні функціональні монітори, а також технічні засоби віддаленого обліку споживання газу, теплової та електричної енергії.

II. МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Глобальний розвиток даного напрямку електроніки підтримується все більшою кількістю технічних засобів – від спеціалізованих інтегральних мікросхем, до активних та пасивних дискретних елементів [1–6].

Прикладом є компоненти готових налагоджувальних модулів «Energy Harvesting Solution To Go» компаній Energy Micro, Linear Technology та Würth Elektronik. В цих комплектах наявні два базових компоненти – плата збирання енергії і стартовий набір Giant Gecko. Обидва елементи містять пасивні компоненти від Würth

Elektronik. Наприклад, трансформатори WE-ENPI, спеціально розроблені для пристроїв збирання енергії з оточуючого середовища. Вони відрізняються високою ефективністю завдяки низькому активному опору обмоток та осерддю, яке розроблялось спеціально для жорстких умов експлуатації. Ефективне придушення електромагнітних завад реалізується за допомогою SMD феритових фільтрів біля кожного виводу трансформатора.

На рис. 1 представлена багатоцільова плата збирання енергії. Вона виготовляється з чотирма перетворювачами напруги від Linear Technology, кожен з яких є оптимізованим для певного джерела енергії.

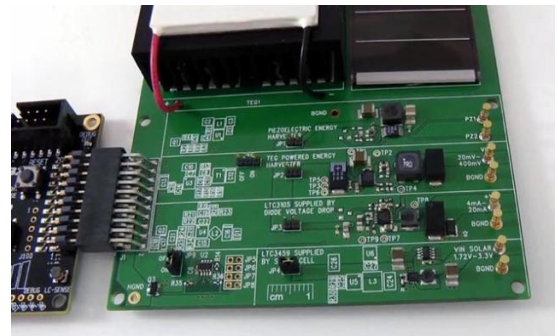


Рис. 1. Багатоцільова плата збирання енергії компанії Linear Technology

Наприклад, мікросхема LTC3588 призначена для джерела змінного струму з напругою до 20 В, таких як п'єзоелектричні та індуктивні електрогенератори.

До складу стартового набору Giant Gecko Starter Kit (рис. 2) входить мікроконтролер (МК) EFM32GG990F1024, який в активному режимі споживає всього 200 мкА/МГц. Ядро ARM Cortex M3 цього МК працює на частоті до 48 МГц. МК має 1024 КБ Flash пам'яті, 128КБ RAM, USB інтерфейс, контролер PKI, а також сенсорний інтерфейс LESENCE.

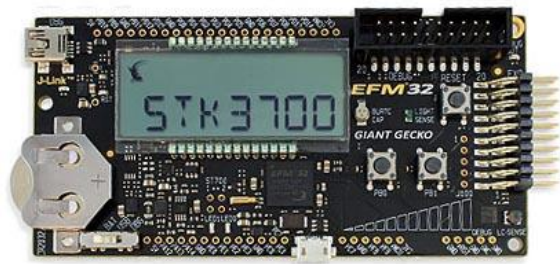


Рис. 2. Стартовий набір EFM32
Giant Gecko Starter Kit

Більшість автономних датчиків має структуру, подібну до представленої на рис. 3.

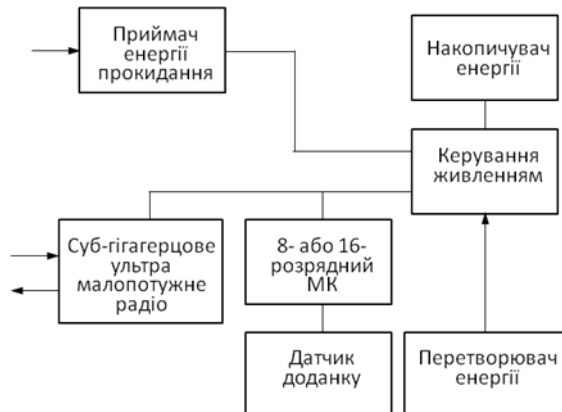


Рис. 3. Базова структура автономного бездротового датчика

Функції блоків, представлених на рис.3, є наступними:

- датчик вимірює і збирає будь-яку кількість параметрів оточуючого середовища, необхідних у конкретному застосуванні (доданку);
- перетворювач конвертує будь-який вид енергії на електричну;
- модуль керування живленням стабілізує, перепрямовує і накопичує одержану енергію;
- МК обробляє одержані від первинних датчиків сигнали і підтримує зв'язок з іншими вузлами системи через радіоканал;
- приймач сигналу прокидання приймає зовнішній запит на виведення датчика із сплячого режиму.

Незалежно від методів та технології побудови систем збирання енергії, всі рішення підпорядковуються головній меті – максимальному збільшенню економічності, що передавати інформацію якомога частіше. Однак кожна технологія збирання має достатньо вузькі границі застосування. На сьогодні найбільш поширеними є перетворювачі сонячної енергії, оскільки працюють з ефективністю від 25% до 50% на см^2 . Наслідком просторого поширення фотогальванічних елементів буде постійне зниження їх ціни в перерахунку на см^2 .

Між тим, в якості елементів збирання енергії можна застосовувати і п'єзоелектричні, і термоелектричні (TEG), і деякі інші елементи.

Пристрій керування живленням для систем з бездротовими датчиками має бути малих розмірів, легким у застосуванні і забезпечувати різні вихідні напруги. Таким вимогам відповідає, наприклад, мікросхема LTC3108 фірми Linear Technology, виконана у корпусі DFN розмірами $3 \times 4 \times 0,75$ мм або у корпусі SSOP 16, яка забезпечує роботу при наднизьких напругах, що знімаються з термоелектричних елементів збирання енергії оточуючого середовища.

Означена мікросхема з термоелектричним елементом збирання енергії є працездатною при мінімальній різниці температур ΔT на поверхні елемента порядку 1°C . При використанні підвищувального трансформатора із співвідношенням кількості витків обмоток 1:100 запуск блоку-генератора мікросхеми відбувається при напрузі на виході термоелемента порядку 20 мВ. З виходу синхронного випрямляча постійна напруга надходить до ключа схеми підкачки заряду, що виконаний на польовому транзисторі, стік якого підключений до накопичувального конденсатора C_{out} . Вихідна напруга V_{out} визначається напругами керування на виводах VS1, VS2 і може перебувати в межах 2,35...5 В. на виході додаткового стабілізатора LDO формується постійна напруга 2,2 В, призначена для живлення зовнішнього мікропроцесора схеми бездротового датчика.

Ескіз одної з конструкцій термоелектричного модуля (ТЕМ) збирання енергії оточуючого середовища показаний на рис. 4.

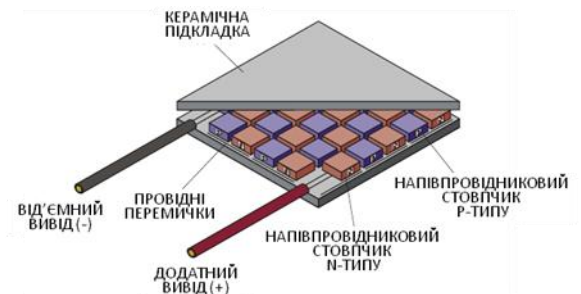


Рис. 4. Конструкція термоелектричного модуля

Модуль побудовано на основі ефекту Зеебека, що полягає у появі ЕРС в замкненому колі з різномірних металів, які мають різні температури. зворотний ефект, який має назву ефекту Пельтьє, полягає у виділенні або поглинанні тепла під час проходження струму через з'єднання різномірних провідників. ТЕМ складається з низки послідовно з'єднаних одиничних напівпровідникових комірок n та p типів провідності, встановлених на провідній площадки. Конструкцію модулю виконують таким чином, що комірки різної провідності фізично контактують з протилежними боками модуля. В якості напівпровідникового матеріалу зазвичай використовують телурід вісмуту (Bi_2Te_3).

Вихідна напруга термоелектричного модулю (ТЕМ) залежить від різниці температур його різних

сторін, від кількості напівпровідникових комірок та від результуючого вихідного опору модуля. Із збільшенням кількості комірок зростає вихідна напруга і одночасно збільшується вихідний опір модуля R_{SOURCE} . На рис. 5 представлені перехідні характеристики мікросхеми LTC3108 по виходах V_{OUT} , V_{STORE} , V_{LDO} при подаванні на вхід V_{IN} прямокутного імпульсу розмахом 100 мВ. Ефективність передачі електричної потужності від модуля до мікросхеми залежить і від нелінійного вхідного опору входу V_{IN} , який залежить від величини прикладеної напруги.

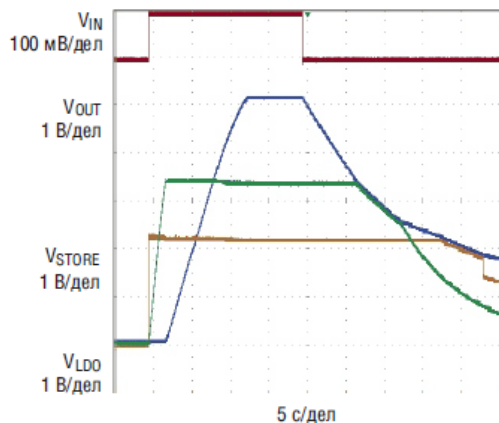


Рис. 5. Перехідні характеристики мікросхеми LTC3108

На рис. 6 приведені залежності вихідної потужності мікросхеми з ТЕМ від опору навантаження (опору входу V_{IN}) при різних значеннях R_{SOURCE} і залежність вхідного опору входу V мікросхеми від величини вхідної напруги. з графіків видно, що при малих опорах R_{SOURCE} (1 Ом) присутній максимум при вхідному опорі $R_{LOAD} = 1$ Ом.

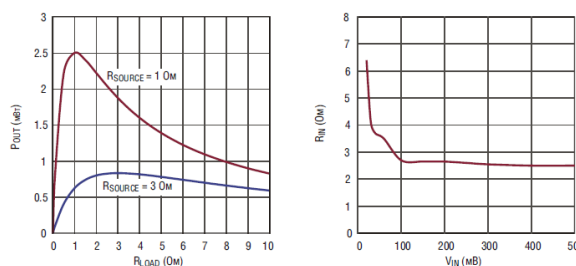


Рис. 6. Вхідні характеристики мікросхеми з ТЕМ

На рис.7 представлені залежності вихідної напруги V_{OC} на холостому ході та потужності типового ТЕМ (площа 30 мм², 127 комірок, $R_{load} = 2$ Ом TEG P_{out} , від різниці температур його поверхонь.

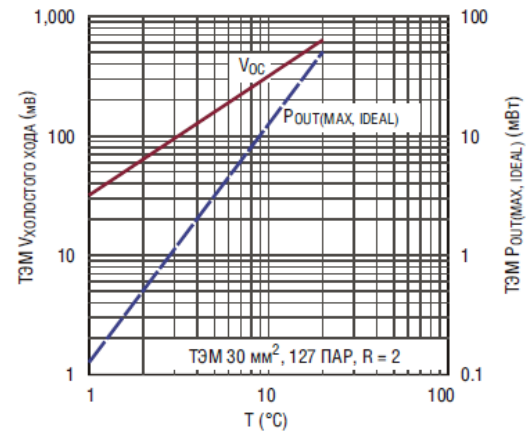


Рис. 7. Вихідні характеристики ТЕМ

З графіків видно, що для одержання потужності 10 мВт потрібна різниця температур ΔT має складати 9°C, а для одержання $P_{OUT} = 1$ мВт, $\Delta T = 3^\circ\text{C}$.

Велике значення для успішної реалізації живлення бездротових датчиків має вірне обрання ТЕМ. Багато виробників ТЕМ не надають значень і залежності вихідної потужності ТЕМ від різниці температур їх поверхонь. Зазвичай приводять значення максимальної вихідної напруги U_{MAX} та струму I_{MAX} . Обрати ТЕМ певного розміру з оптимальними характеристиками можна по максимальній відданій потужності $P_{BHX} = U_{MAX} I_{MAX}$ та мінімальному вихідному опору R_{SOURCE} [3].

При конструюванні пристроїв з ТЕМ слід враховувати вплив на ефективність перетворення енергії теплових опорів між ТЕМ та оточуючим середовищем, ТЕМ та джерелом тепла (див. рис. 8).

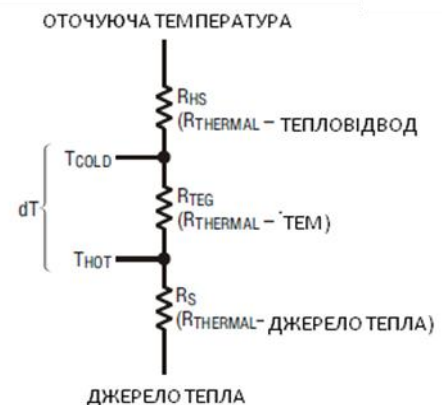


Рис. 8. Теплові опори ТЕМ/джерела тепла

Різниця температур ТЕМ визначається виразом:

$$dT = \frac{R_{TEG}(T_{SOURCE} - T_{AMBIENT})}{R_S + R_{TEG} + R_{HS}}$$

де T_{SOURCE} – температура джерела тепла;

$T_{AMBIENT}$ – температура оточуючого

середовища; R_{TEG} – тепловий опір ТЕМ (типові значення $1...100\text{C}/\text{Вт}$); R_S – тепловий опір джерела тепла; R_{HS} – тепловий опір тепловідводу.

Встановлення тепловідводу (охолоджуючого радіатора) на зовнішню поверхню ТЕМ є обов'язковим, інакше її температура, через низький опір R_{TEG} модулів буде близькою до до температури внутрішньої поверхні модуля, що дасть малі значення dT і вихідної потужності ТЕМ.

Типове включення мікросхеми LTC3108 в бездротовому датчику з ТЕМ 9500/128/100В ($S=40\text{mm}^2$, $R_{\text{source}}=1,25\text{Om}$, $U_{\text{вих}}=40\text{мВ}...1\text{В}$) фірми Ferrotec і трансформатором LPR6235-123QML фірми Coilcraft з відношенням кількості витків обмоток 1:50 надане на рис. 9 [7]. Діапазон оптимальних різниць температур поверхонь ТЕМ перебуває в межах $2...10^\circ\text{C}$, запуск генератора імпульсів і заряд конденсатора C_{OUT} відбувається при dT більше 2°C . Зчитування даних і ВЧ випромінювання бездротових датчиків зазвичай здійснюються протягом коротких інтервалів часу, а ємність конденсатора C_{OUT} при імпульсному характері струму в навантаженні визначається наступним виразом:

$$C_{OUT}(\text{мкФ}) = \frac{I_{\text{ІМП}}(\text{мА})t_{\text{ІМП}}(\text{мс})}{dV_{\text{ВИХ}}(\text{В})}$$

де $I_{\text{ІМП}}$ – імпульсний струм в навантаженні; $t_{\text{ІМП}}$ – тривалість імпульсу; $dV_{\text{ВИХ}}$ – допустимий спад напруги на навантаженні.

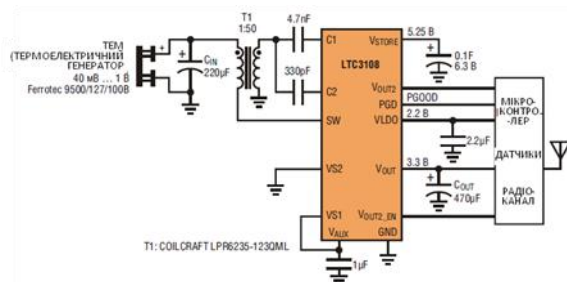


Рис. 9. Типове включення мікросхеми LTC3108 з ТЕМ

Для схеми на рис. 9 ємність конденсатора $C_{OUT}=470\text{мкФ}$ обрана для значень $I_{\text{ІМП}}=15\text{мА}$, $t_{\text{ІМП}}=10\text{мс}$, $dV_{\text{ВИХ}}=0,33\text{В}$. (при номінальній вихідній напрузі $3,3\text{В}$). Середній споживаний струм за таких умов складає 560мкА , середня потужність в навантаженні $P_{\text{CP}}=3,3\text{В}\times 560\text{мкА}=1,85\text{мВт}$. Потужність споживання в імпульсі $P_{\text{ІМП}}=3,3\text{В}\times 15\text{мА}=49,5\text{мВт}$.

Час, необхідний для заряду конденсатора C_{OUT} становить: $t_{\text{зар}}=470\text{мкФ}\times 3,3/560\text{мкА}=2,77\text{с}$.

Питання моделювання основних характеристик і параметрів ТЕМ приведені в [8–10].

III. ВИСНОВКИ

Питання організації ефективного живлення бездротових датчиків є актуальним. Розглянуті певні технічні рішення ефективних систем живлення на основі термоелектричних модулів (ТЕМ).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1]. <http://www.energyharvestingjournal.com/en/report/s/advanced-materials/> (дата звернення 16.09.2019).
- [2]. Техосмотр – не догма, а средство обеспечения безопасности дорожного движения / Грузовое и пассажирское автохозяйство. – №09. – 2011. URL: http://www.bornica.ru/expert/gruz_pass_9_2011/ (дата звернення 16.09.2019).
- [3]. Salerno D. Ultralow Voltage Energy Harvester Uses Thermoelectric Generator for Battery-Free Wireless Sensors / David Salerno // Journal of Analog Innovation. – Volume 20. – Number 3. – 2010. P. 1–11.
- [4]. Ferrotec modules. <http://www.ferrotec.com/products/thermal/> (дата звернення 16.09.2019).
- [5]. Kryotherm modules. <http://www.kryotherm-usa.com> (дата звернення 16.09.2019).
- [6]. Laird Technologies. <http://www.lairdtech.com> (дата звернення 16.09.2019).
- [7]. Петропавловский Ю. Устройства аккумуляирования энергии окружающей среды. Применение термоэлектрических преобразователей для питания беспроводных датчиков / Ю. Петропавловский // Радиолоцман. – №2. – 2012. – С. 31–41.
- [8]. Лобунец Ю. М. Анализ характеристик термоэлектрического генератора теплообменного типа / Лобунец Ю. М. // Термоэлектричество. – №1. – 2014. – С.57–64.
- [9]. Симкин А. В. Термоэлектрическая эффективность низкотемпературных генераторных материалов, возможности ее повышения / А. В. Симкин, А. В. Бирюков, Н. И. Репников, В. В. Ховайло // Вестник Челябинского государственного университета. – №7 (362). – 2015. С. 21–29.
- [10]. Зайков В. П. Модель каскадных термоэлектрических охлаждающих устройств в режиме наибольшей энергетической эффективности / В. П. Зайков, В. И. Мешеряков, Ю. И. Журавлев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – №6/8(84). – 2016. ISSN 1729-3774.

Температурные режимы технологического процесса закалки изделий

Светлана Сотник, Антон Степкин

Кафедра КИТАМ, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, УКРАИНА,
Харьков, пр. Науки 14, e-mail: anton.stepkin@gmail.com

Аннотация: рассмотрен процесс закалки и его типы; проведен анализ температурных режимов технологического процесса закалки изделий, в результате, выделены основные параметры процесса закалки и их особенности. Предложена обобщенная классификация основных видов закалки, которая позволит обеспечить стабильность качества металлических изделий, путем учета основных особенностей ключевых факторов закалки.

Ключевые слова: закалка, обработка, металлы, сталь, температура.

I. ВВЕДЕНИЕ

С каждым днем металлургия стремительно расширяет свои границы. Благодаря успешному развитию «парка» металлических материалов есть возможность менять их свойства, изготавливая разнообразные сплавы. Эти материалы обладают широким диапазоном физических и механических свойств, а непрерывное стремление улучшить существующие технологии позволит стать металлические конструкции более долговечными и сократить вес, поэтому, термообработка является неотъемлемым этапом при изготовлении металлических изделий, так позволяет изменять структуру и свойства металлов, сплавов в заданном направлении.

Термическая обработка (ТОБ) – совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твердых сплавов с целью получения заданных свойств за счет изменения внутренней структуры. ТОБ подвергаются сталь, чугун и некоторые сплавы цветных металлов. К ТОБ относятся: отжиг, закалка, нормализация (термическое улучшение), обработка холодом.

В работе будет идти речь о закалке металла, которая происходит при нагреве его выше температуры изменения кристаллической решетки (критическая температура). Для каждого металла и сплава критическая температура отличается. После нагрева металл быстро охлаждают, чаще всего в воде или масле.

Поскольку в процессе закалки металл становится более твердым, но одновременно уменьшается его пластичность и вязкость, особенно, если цикл «нагревание-охлаждение» повторять много раз, то процесс управления процессом закалки изделий является актуальным, а анализ температурных режимов позволит учесть все особенности влияния температуры на качество обработанного изделия, что станет предпосылкой для его повышения.

II. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАКАЛКИ

Закалка металлов бывает двух типов – без полиморфного превращения (цветные металлы) и с полиморфным превращением (стали). Цель закалки – придать стали большую твердость [1].

Закалка без полиморфного превращения или истинная закалка чаще всего применяется для фиксации твердого раствора, пересыщенного частицами второй фазы, при помощи быстрого охлаждения сплава с температуры закалки, что приводит к последующему старению сплава – выделения частиц той самой второй фазы, с целью получения определенного комплекса прочностных свойств.

Определено, что при закалке без полиморфного превращения не всегда происходит упрочнение сплава и повышение пластичности, так как все зависит от химического состава, то есть, при закалке сплавы могут вести себя по разному.

Закалка с полиморфным превращением применяется к любым металлам и сплавам, в которых при охлаждении перестраивается кристаллическая решетка. Такой тип закалки применяется также для получения определенного комплекса прочностных свойств металла.

Определено, что и при закалке с полиморфным превращением не всегда происходит упрочнение сплава и повышение пластичности. Поэтому, чтобы перевести металл в более устойчивое состояние, получить необходимый уровень внутренних напряжений, а соответственно и необходимые механические свойства, применяют дополнительную термообработку, которую называют отжиг.

Так как важным является снижение хрупкости, нормализация вязкости и пластичности, то после закалки с полиморфным превращением используют отпуск, хотя он все равно незначительно уменьшает прочность.

Таким образом, для цветных металлов при закалке без полиморфного превращения применяется так называемое «старение» металла.

При погружении раскаленного изделия в закалочную среду образуется плёнка пара, через которую и происходит относительно медленное остывание (стадия пленочного кипения) [2].

В зависимости от того, какая жидкость используется для закаливания, температура

достигает значения, при котором паровая пленка рвется и жидкость закипает на поверхности металла (процесс пузырькового кипения) и охлаждение значительно ускоряется.

Когда металл уже достаточно охлаждается и жидкость уже не кипит, процесс охлаждения начинается замедляться. Происходит так называемый конвективный теплообмен [2].

После закалки сталь зачастую приобретает неравновесную метастабильную структуру и обладает высокой прочностью, твердостью, износостойкостью и повышенной хрупкостью, но закалка не является окончательным видом термической обработки для достижения требуемого качества изделия.

В ходе проведенного анализа технологического процесса закалки металла предложена обобщенная классификация основных видов закалки (рис. 1).



Рис. 1. Обобщенная классификация основных видов закалки

Таким образом, на процесс закалки влияют следующие факторы:

- тип, а именно, особенности сплава;
- способ нагрева;
- температура нагрева;
- способ охлаждения.

III. АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАКАЛКИ ИЗДЕЛИЙ

При изготовлении некоторых изделий закалке подвергается не весь металл, а только часть его, например, только режущая кромка, как это происходит при закалке режущих инструментов. При этом граница между закаленным и незакаленным металлом видна невооруженным глазом [2].

При закалке всегда возникает перепад температур по сечению изделия [2]. Разная величина термического сжатия наружных и внутренних слоев в период охлаждения обуславливает возникновение термических напряжений.

Закалочные напряжения складываются из термических и структурных напряжений.

В ходе анализа особенностей процесса закалки определено, что увеличение закалочных напряжений приводит к короблению изделия и образованию закалочных трещин.

Суммарные закалочные напряжения растут с увеличением температуры нагрева под закалку и с повышением скорости охлаждения, так как в обоих этих случаях возрастает перепад температур по сечению изделия. Увеличение перепада температур приводит к росту термических и структурных напряжений.

Основными параметрами любой термической обработки являются температура и время [3].

В общем виде опишем температурные режимы процесса закалки выражением (1):

$$T_{hp} = T_{htt} + T_{hdt} + T_{clt}, \quad (1)$$

где T_{htt} – температура нагрева;

T_{hdt} – температура выдержки;

T_{clt} – температура охлаждения (охлаждения в различных средах: в водном растворе каустической соды или поваренной соли, масле, а также в свинце, селитре, щелочах и т. д.).

Температуру нагрева (T_{htt}) можно представить в виде:

$$T_{htt} = T_{rht} + T_{sth} + T_{tcp}, \quad (2)$$

T_{rht} – необходимая температура нагрева;

T_{sth} – температура поверхности нагреваемой детали;

T_{tcp} – температура в центре детали.

Определено, что наиболее значимым фактором, который влияет на изменение свойств стали при закалке является температура нагрева и от нее зависит то, как будет происходить перестроение атомной решетки материала.

При выборе температуры нагрева изделий сложной формы необходимо учитывать, что на повышения равномерности нагрева (охлаждения) изделий влияют [4]:

- понижение температуры процесса;
- многостадийным нагрев (охлаждение), каждая стадия которого (подогрев, нагрев, подстуживание и др.) осуществляется с выдержкой для выравнивания температуры по сечению изделий;
- подвод при нагреве к различным по массе и размерам участкам (отводом при охлаждении) неодинакового количества теплоты, для чего около различных участков поддерживают неодинаковую температуру.

Изделия сложной формы с наличием тонких стенок, обладающие в нагретом состоянии малой жесткостью, закачивают в закалочных машинах, прессах, в зажимных дисках и других приспособлениях [2].

Аналогично выражению (1) можно описать и время каждого из процессов.

Температура нагрева при закалке зависит от марки стали, содержания углерода и выбирается по таблице 1 [4]. Однако, не все марки с содержанием углерода подвергаются закаливанию, например, стали марок Ст 1, Ст 2, Ст 3, 10 и 15 не закаляются из-за незначительного содержания углерода.

Таблица 1. Температура закали

Содержание углерода, %	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,5
Температура, град	830	815	800	780	770	770

Для наглядности на рис. 2 приведены цвета закали стали при разных температурах [5].

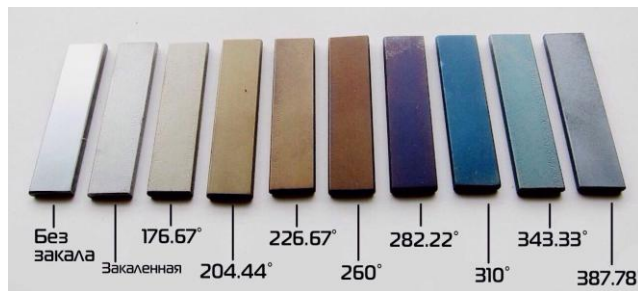


Рис. 2. Цвета закали стали

IV. ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенного анализа особенностей процесса закали металла определено, что результаты закали зависят от следующих условий: температуры нагрева, скорости нагрева, продолжительности выдержки, скорости охлаждения. Температуры нагрева зависят от марки стали, содержания углерода.

Скорость нагрева зависит от: среды, в которой находятся изделие; тепловой мощности печи; времени нагрева. Необходимо стремиться к сокращению времени нагрева, то есть, проводить его с максимальной скоростью, но так, чтобы не возникали трещины и был обеспечен полный и равномерный нагрев деталей по всему сечению. Чем выше температура печи, тем быстрее идет нагрев.

Продолжительность выдержки зависит от сечения деталей и теплопроводности металла.

Скорость охлаждения углеродистой стали устанавливается в зависимости от содержания в ней углерода; чем больше углерода содержится в стали, тем меньше должна быть скорость ее охлаждения во избежание образования различных пороков. Устанавливая скорость охлаждения при закали деталей необходимо учитывать сложность формы изделий, которые могут иметь неодинаковые сечения по длине. Наибольшую скорость охлаждения дает дистиллированная вода, а наименьшую – мыльная вода.

Предложена обобщенная классификация основных видов закали, которая позволит обеспечить стабильность качества металлических изделий, путем учета основных особенностей ключевых факторов закали.

Получение качественного изделия не заканчивается закалкой, а также требует дальнейшей термообработки. Полную закалку обычно применяют для сталей и изделий, которые не подвержены растрескиванию или короблению. Качество изделий играет ключевую роль, так как ремонт зачастую связан с проведением дорогостоящих работ.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] J. Jeswiet, "Metal forming progress since 2000", CIRP Journal of manufacturing Science and technology, vol. 1, pp. 2-27, 2008.
- [2] F. Czerwinski, "Heat Treatment: Conventional and Novel Applications Review", BoD-Books on Demand, 408 p., 2012.
- [3] Л.В. Тодышева, "Основные методы обработки металлов", Техника и технологии: пути инновационного развития, №1, с. 198-199, 2012.
- [4] G.E. Totten, "Steel Heat Treatment Handbook", CRC press, vol. 2, 820 p., 2006.
- [5] G.E. Totten, "Steel heat treatment: metallurgy and technologie

Система термостабілізації біоматеріалів в мікрокуветах

Денис Моспан, Володимир Фомовський, Роман Братушкін

Кафедра електронних апаратів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА, Кременчук, вул. Першотравнева, 20. email: denis.mospan@gmail.com

Анотація: Провідною ознакою сучасної клінічної діагностики є просторе впровадження автоматизованих лабораторій, де кожен етап досліджень контролюється єдиною комп'ютерною системою керування і передбачає

застосування спеціального обладнання, яке б забезпечило можливість реалізації такого зв'язку. До того ж висуваються додаткові вимоги щодо масогабаритних та енергоємних параметрів всіх типів

лабораторного обладнання, задіяного в процесі досліджень, зокрема, мікрокувет, в яких зберігаються проби біоматеріалів. Запропоновано певне теоретичне обґрунтування та окремі технічні рішення щодо побудови систем терморегулювання та термостатування мікрокувет, в яких зберігаються проби біоматеріалів.

Ключові слова: біоматеріал, мікрокувета, термостат

I ВСТУП

Клінічна лабораторна діагностика [1–4] являє собою розділ медицини, який займається дослідженням *in vitro* біологічних матеріалів організму людини з метою верифікації і моніторингу патологічних станів в клінічній практиці, тобто – з метою одержання об'єктивних даних про стан здоров'я або не здоров'я окремо взятого пацієнта, виділеної групи або населення регіону в цілому.

Як відомо [1], виокремлюють три основних етапи лабораторних досліджень: преаналітичний; аналітичний та постаналітичний. Преаналітичний етап – це час з моменту направлення пацієнта на лабораторне обстеження до моменту надходження біологічного матеріалу до лабораторії. При цьому всі біологічні матеріали мають бути максимально збереженими і доставленими в лабораторію в максимально стислі терміни. Для цього необхідно суворо дотримуватись оптимальних режимів транспортування зразків від місця забору до лабораторії, враховуючи вплив часу, температури та механічних дій під час транспортування. В цілому способи доставляння проб у віддалені лабораторії і збереження проб в лабораторії мають бути стандартизованими. Терміни доставляння і способи збереження матеріалу відрізняються залежно від виду біологічного матеріалу і запланованого дослідження.

Безпосереднє виконання досліджень на аналітичному етапі клінічної лабораторної діагностики також передбачає застосування пристроїв термостатування різного конструктивного виконання.

Зазвичай, як для транспортування, так і для проведення лабораторних досліджень, це певні автономні пристрої, які в переважній більшості не мають зв'язку з зовнішніми системами керування процесом лабораторного дослідження, характеризуються великими розмірами та значним рівнем енергоспоживання.

II МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виконання низки досліджень в клінічній лабораторній діагностиці передбачає застосування перемішуючих та термостатуючих пристроїв, що мають різне конструктивне виконання у вигляді як самостійних приладів, так і об'єднаних в єдину конструкцію. Обрання способу термостатування і конкретної конструкції термостату багато в чому визначається призначенням, ємністю та формою об'єкта, що має бути термостатованим. Під час взяття проб матеріалу для бактеріологічних

досліджень важливе значення має вірне обрання контейнера для збирання та транспортування зразка до лабораторії. Обраний контейнер має забезпечити необхідні: стерильність; стійкість до корозії; достатні розміри; щільність закупорювання; стійкість до розбиття; наявність транспортного або живильного середовища для певних мікрорганізмів.

Загальним правилом визнається доставка взятого біоматеріалу до лабораторії якомога швидше при температурі 4°C в окремому контейнері. В контейнері розміщують датчик температури, що запобігає найпоширенішій помилкам, пов'язаним із стрибками температури, які знижують інформативність взятої проби біоматеріалу.

Виробники засобів транспортування проб біоматеріалів приділяють увагу великогабаритним контейнерам, які містять в собі значну кількість транспортних контейнерів із розміщеними в них пробірках та ємностях для проб відповідних біоматеріалів.

Розміри, конструкція контейнерів для транспортування проб біоматеріалів є достатньо різними, але в кожному разі зберігається вимога щодо забезпечення певного температурного режиму під час транспортування, що свідчить про необхідність та актуальність обраного в даній роботі напрямку досліджень.

Для обрання адекватної моделі теплових процесів в досліджуваній системі, проведемо певні уточнення умов її роботи, виходячи з результатів аналізу матеріалів, наданих вище.

По-перше, визначимось, що досліджувана система призначатиметься для термостатування проб біоматеріалів, які потребують температури збереження 25,30 та 37°C [4]. Тобто, термостатування полягатиме у підтриманні температури, більшої за температуру лабораторії (зазвичай, 18-22°C), отже система має здійснювати керований підігрів об'єму повітря в контейнері, де перебуває мікрокувета із біоматеріалом.

З точки зору можливості забезпечення досліджуваною системою стабілізації температур, менших за температуру лабораторії, очевидним є те, що якщо в якості нагрівача (охолоджувача) застосувати напівпровідникові елементи з яскраво визначеним прямим та зворотним ефектом Пельтьє, то технічна реалізація такої системи буде абсолютно аналогічною, а різниця полягатиме лише у відповідній зміні напрямку струму в елементі Пельтьє.

По-друге, покладемо, що кювета з пробою біоматеріалу розміщена в контейнері, ізолюваному від зовнішнього середовища. Це суттєво обмежує інтенсивність процесів теплообміну в кюветі під час транспортування та збереження проб біоматеріалу. Припустимо, що в якості термоізоляції контейнера застосований порожнистий пластик.

Питання забезпечення температурних режимів електронних пристроїв різного призначення є

актуальними в сучасній радіоелектроніці і суміжних з нею галузях знань. Абсолютна більшість відомих робіт присвячена проблемі вилучення надмірної теплоти з робочої зони електронного пристрою. А в задачі, яка постає в даній розробці, навпаки, ставиться питання підтримання заданої температури у певному замкненому просторі за рахунок виділення тепла активним електронним приладом, розміщеним в цьому просторі. Але це не протирічить представленою в роботах дослідників матеріалу щодо перебігу теплових процесів. Для проведення математичного моделювання теплообмінних процесів в проєктованій системі були взяті до уваги матеріали досліджень, викладені в [7–13].

Зокрема в [8] відзначається, що більшість відомих програмних комплексів (ПК), призначених для моделювання теплових процесів в електронних пристроях, містить в собі різноманітні математичні та комп'ютерні моделі, які описують кондуктивні, конвекційні та випромінювальні процеси, що беруть участь в теплообміні між елементами електронних систем. Математичні моделі кондуктивних теплових процесів, пов'язаних з теплопередачею в твердотільних елементах конструкцій, а також математичні моделі теплообміну випромінюванням є добре проробленими і дозволяють з доступною для інженерної практики точністю розраховувати температурні поля конструкцій. Що ж до моделювання конвекційних процесів, то його стан на сьогодні є суттєво гіршим, що зумовлюється низькою об'єктивних причин.

Конвекційний процес перенесення тепла між твердотільними елементами в конструкціях електронних пристроїв і рідким та/або повітряним середовищем описують системою рівнянь гідродинаміки, яка містить в собі рівняння Нав'є–Стокса, непереривності та перенесення енергії. Ці рівняння є надзвичайно складними, і на поточний час не існує їх прийнятних рішень (аналітичних або чисельних), за виключенням окремих часткових випадків, які не створюють інтересу для інженерної практики теплового проєктування РЕА [8]. Тому для забезпечення можливості хоча б наближеного моделювання реального конвекційного переносу тепла, застосовують різного роду допущення, що спрощують його опис. Разом із тим, оцінити ступінь адекватності цих спрощень, а також одержаних за їх допомогою результатів, не є можливим.

В інженерній практиці просторого розповсюдження набула наближена математична модель конвективного переносу тепла, що базується на лінійному рівнянні теплообміну Ньютона та концепції коефіцієнту тепловіддачі (КТВ). Рівняння Ньютона постулює, що тепловий потік Q , який передається від нагрітої поверхні тіла площею S до рідкого середовища, є пропорційним першому степеню різниці

температур поверхні тіла T_W та середовища T_a , тобто:

$$Q = \alpha S(T_W - T_a) \quad (1)$$

Коефіцієнт α називають коефіцієнтом тепловіддачі, який за концепцією КТВ містить в собі всю складність процесу конвекційного перенесення теплоти, і на сьогодні не має адекватної математичної моделі. Він являє собою достатньо складний комплекс, який залежить від великої кількості різноманітних фізичних та геометричних факторів, а також конкретних умов і режимів, в яких протікають реальні процеси конвекційного перенесення теплоти в конструкції конкретного електронного пристрою.

В принципі величину α можна одержати шляхом безпосереднього розв'язання рівнянь гідродинаміки за допомогою чисельного комп'ютерного моделювання. Однак ця можливість для більшості важливих практичних випадків до сих пір не є реалізованою через наступні причини. По-перше, в більшості випадків взагалі відсутнє формулювання математичної моделі конвекційного перенесення теплоти, адекватної конкретним реальним умовам теплообміну (турбулентність, складні тривимірні області, не лінійності різного роду, спряжена постановка проблеми передачі тепла та ін.). По-друге, навіть якщо така модель і одержана, то знаходження її чисельного/аналітичного рішення не виявляється можливим через значні математичні та обчислювальні складнощі. Тому для вивчення процесів конвекційного теплообміну, який відбувається в реальних конструкціях, застосовують складні і трудомісткі експериментальні дослідження з наступним обробленням одержаних експериментальних даних методами теорії подібності і застосуванням концепції КТВ. Отже, за висновком [8], концепція КТВ по суті є евристичною і не має математичного підґрунтя.

Тому в [8] пропонується постановка проблеми моделювання конвекційного перенесення теплоти в конструкціях електронних пристроїв, яка базується на спряженому формулюванні математичної моделі, що містить в собі рівняння Нав'є–Стокса, непереривності, теплопровідності в потоці рідини, а також рівнянь теплопровідності в твердотільних елементах конструкції.

Для випадку вільної конвекції на вертикальній пластині, що моделює, наприклад, електронний модуль (в першому наближенні), який омиває повітряне середовище, рівняння загальної моделі суттєво спрощуються при збереженні лише двох координат: координати x , спрямованої вертикально вгору, та координати y , перпендикулярної пластині; вздовж координати z зміни температурного поля і поля швидкостей відсутні. В наближенні пограничного шару тиск p' в пограничному шарі не змінюється вздовж

координати y і тому всюди дорівнює гідростатичному тиску, завдяки чому $\rho' = 0$. З урахуванням того, що $v_z = 0, \frac{d}{dz} = 0$ для плоско-паралельного потоку одержимо:
 - рівняння Нав'є – Стокса у повітряному середовищі:

$$v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \beta g(T - T_0)$$

- рівняння перенесення енергії у повітряному середовищі:

$$v_x \frac{\partial T}{\partial x} + v_y \frac{\partial T}{\partial y} = a \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$$

- рівняння непереривності повітряного середовища:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0$$

- рівняння теплопровідності пластини ($\frac{\partial^2 T_W}{\partial z^2} = 0$):

$$\lambda_W \frac{\partial^2 T_W}{\partial x^2} + \lambda_W \frac{\partial^2 T_W}{\partial y^2} + Q(x, y) = 0$$

- граничні умови для швидкостей повітря:

$$v_x = v_y = 0 \text{ при } y = 0; v_x = 0, T = T_0$$

для значень за межами пограничного шару;

- граничні умови 4-го роду:

$$-(\lambda_W \frac{\partial T_W}{\partial x})_{y=0} = -(\lambda \frac{\partial T}{\partial x})_{y=0}$$

$$T_W|_{y=0} = T|_{y=0}$$

де v_x та v_y – швидкість повітря вздовж осей x та y відповідно; $T = T(x, y)$ та $T_W = T_W(x, y)$ – розподіл температури у повітряному середовищі та пластині, відповідно; $Q(x, y)$ – об'ємна щільність розподілу інтенсивності джерел теплоти у пластині; T_0 – температура повітря поза межами пограничного шару.

Особливістю спряженої моделі є те, що, по-перше, до моделі вводяться додаткові рівняння теплопровідності для кожного твердотілого елементу пристрою, а по-друге, замість стандартних граничних умов задаються рівності температур і потоків теплоти (граничні умови 4-го роду) в кожній точці на границі стикування повітряного середовища і твердотілих елементів конструкції пристрою. Дана математична модель є достатньо складною, її розв'язок стикається з серйозними математичними труднощами, але

разом з тим, вона адекватно описує конвекційні процеси в реальних електронних системах.

Проблеми, пов'язані з процесом конвекційного перенесення теплоти в порожнистих середовищах (наприклад, в порожнистих пластиках, подібних до термоізоляційних шарів транспортних контейнерів), достатньо повно розглядаються в [7, 9]. В [9] була розроблена математична модель конвекції всередині порожнини матеріалу і здійснена перевірка її адекватності.

Для оцінювання інтенсивності пограничного переносу тепла застосовувалась математична модель, що зв'язує температуру поверхні із швидкістю конвекційної течії [13].

Математична модель гравітаційної конвекції містить рівняння Нав'є – Стокса:

$$\rho \left[\frac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla) V \right] = -\nabla p + \eta \nabla^2 V + \frac{1}{3} \eta \nabla (\nabla \cdot V) + \rho g$$

- рівняння непереривності (закон збереження маси):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho V) = 0$$

- рівняння переносу тепла (закон збереження енергії):

$$c p \left(\frac{\partial E}{\partial t} + V \cdot \nabla T \right) = \lambda \nabla^2 T$$

- рівняння стану:

$$\rho = \rho(T)$$

де невідомі функції: V – вектор швидкості; ρ – тиск; T – абсолютна температура газу; ρ – густина; η – динамічна в'язкість; λ – теплопровідність; t – час; g – прискорення вільного падіння.

Для розрахунків прийнято: $\eta, \lambda, c = const$ (оскільки наявні в середовищі різниці температур є достатньо малими).

Оскільки можливим технічним рішенням поставленої задачі було обрано застосування тепла, яке виділяється в активному електронному компоненті, то для оцінювання можливості його реалізації була використана тривимірна модель регулювання температури мікросхеми, розглянута в [10]. Результати тривимірного моделювання представлені на рис. 1.

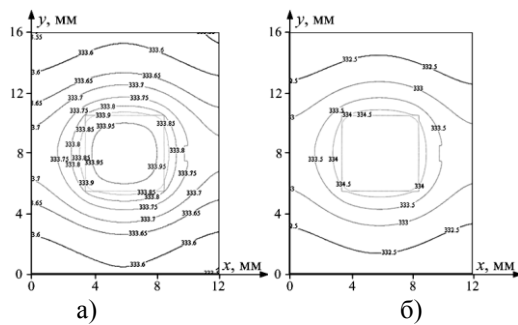


Рис. 1. Просторова картина розподілу температури підкладки в площині $Z = Z_1$ в кінцевий момент часу при а; б.

Як свідчить представлена на рис. 1 картина розподілу температури, зона стабільної температури має розміри, що відповідають геометричним розмірам стандартних мікрокувет для транспортування та збереження біоматеріалів, що доводить можливість технічної реалізації обраного методу побудови системи термостабілізації.

Структурна схема системи стабілізації температури в мікрокуветах для транспортування та збереження біоматеріалів, яка побудована на запропонованих вище принципах, представлена на рис. 2.

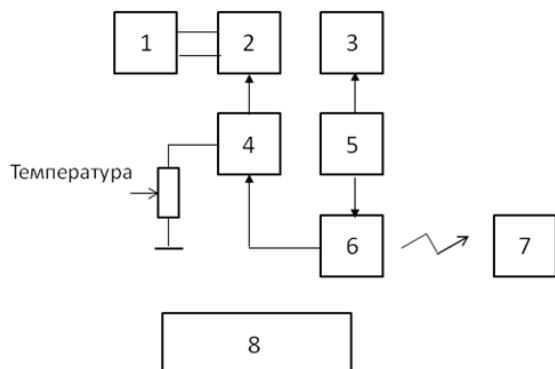


Рис. 2. Структурна схема запропонованої системи термостабілізації

На схемі 1 – це блок живлення нагрівального елемента. Він показаний окремо, оскільки має основні параметри (потужність, вид та величина напруги) відмінні від параметрів живлення решти елементів схеми термостатування.

2 – нагрівальний (охолоджувальний) елемент, який може бути реалізованим або у вигляді потужного транзистора (якщо йдеться лише про нагрівання), або ж у вигляді елемента Пельтьє (за необхідності двобічної зміни температури). Під час розробки здійснювалось фізичне моделювання нагрівального елемента у вигляді N-канального MOSFET транзистора типу IRF540. Схема виявилась ефективною для прямого нагріву біологічних об'єктів в межах від температури оточуючого середовища до 45°C .

3 – індикаторний елемент, яким може бути або простий світлодіод, що фіксує ввімкнений стан нагрівача, або ж рідиннокристальний індикатор,

на якому відображена температура в мікрокуветі, стан нагрівального елемента, наявність зв'язку з зовнішньою системою керування та інша необхідна інформація.

4 – схема регулювання температури, яка являє собою електронну схему, що виробляє сигнал керування нагрівальним (охолоджувальним) елементом відповідно до різниці напруг на виході датчика температури 5, та заданої потенціометром «Температура». Під час фізичного моделювання для реалізації цієї схеми був застосований компаратор на мікросхемі TL072.

5 – датчик температури. Може бути реалізованим у декількох варіантах, залежно від висунутих до системи технічних вимог. Під час фізичного моделювання була використана мікросхема LM35, вихідна напруга якої порівнювалась з напругою, заданою потенціометром «Температура».

6 – блок дистанційного контролю та регулювання температури. Він забезпечує дистанційний бездротовий зв'язок системи термостабілізації з комп'ютером системи керування лабораторії клінічної діагностики. Саме в цьому блоці формується вхідний сигнал для схеми регулювання температури 4. У спрощеному варіанті побудови системи, коли вона є автономною і не має зв'язку із зовнішньою системою керування, цей блок відсутній.

7 – блок живлення всіх елементів схеми термостатування за винятком нагрівального (охолоджувального) елемента.

В разі застосування зовнішньої системи керування створюється можливість реалізації ефективного алгоритму керування термостатом, описаного в [11], де зокрема відзначається, що в простих системах, де стабілізація здійснюється за допомогою нагрівача, термодатчика та компаратора (так званих лінійних термостатів), часто виникає перегрів або переохолодження за рахунок кінцевої швидкості поширення тепла об'ємом, що знижує точність стабілізації температури. Для усунення означеного недоліку в [11] пропонується алгоритм укрупнена схема якого на рівні підпрограм представлена на рис. 3.

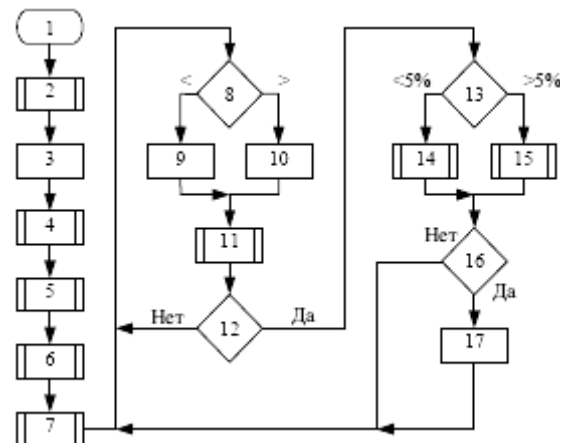


Рис. 3. Алгоритм роботи термостату

1) При ввімкненні термостату до нагрівача подається напруга 1 (рис. 3) і відбувається початковий розігрів 2 термостату на 1-2°C (рис. 3).

2) До нагрівача продовжують подавати напругу, температура вимірюється з точністю до 0,1°C, фіксується час, за який відбувається нагрів 3 термостату на 3°C (рис. 3).

3) Знімається напруга з нагрівача, робиться пауза до моменту початку охолодження термостату 4 на 0,1-0,2°C (рис. 3).

4) Фіксується час, за який термостат охолоне на 3°C (рис. 3, 5).

5) Одночасно з нагріванням та охолодженням вимірюється температура середовища, що оточує термостат, з точністю до 0,1°C.

6) До термостату подають напругу і здійснюють швидкий нагрів 6 до робочої температури (рис. 3). Для запобігання перегріву, заздалегідь, не досягнувши завданої температури на 0,1°C, з нагрівача знімають напругу і мікропроцесор переводиться в режим стабілізації температури.

7) На підставі калібрувальної інформації про потужність нагрівача (пп. 2, 5) і поверхні, через яку термостат віддає тепло до оточуючого середовища (пп. 4, 5), обчислюється частка потужності 7, яку необхідно подавати до нагрівача відносно максимальної (рис. 3). Цей коефіцієнт зворотно пропорційний відношенню часу нагріву (п. 2) до часу охолодження (п. 4).

8) Задаються початкові значення відсотку потужності нагріву та охолодження відносно розрахованої в п. 7, які дорівнюють 105% та 95% відповідно. Наприклад, якщо розраховано, що потужність нагріву (шпаруватість імпульсів, які подаються до нагрівача) має становити 1,210, то для нагрівання до нагрівача має прикладатись потужність $1,210 \times 105\% = 1,270$, а для охолодження $-1,210 \times 95\% = 1,150$.

9) Перевіряючи сигнал від компаратора (температура більша або менша завданої), мікропроцесор видає відповідний сигнал керування на нагрівач 8, 9, 10 (рис. 3).

10) Одночасно процесор весь час здійснює вимірювання часу, на протязі якого сигнал від компаратора перебуває в стані логічних «0» та «1» (рис. 3, 11, 12). Якщо час відрізнятиметься більше, ніж на 3-5% (13), то здійснюється корекція значення потужності нагріву або охолодження – щоб час перегріву і недогріву став однаковим (15).

11) У випадку, коли цей час (п. 10) є однаковим, здійснюється наближення потужності нагріву та охолодження 14 до їх середнього значення на 10% (рис. 3). Наприклад, якщо потужність нагріву складає 1,275, а охолодження – 1,198, і середнє значення – $1,2365$, то 10% наближення становитимуть $(1,2365 - 1,198) \times 10\% = 0,004$. Отже, потужність нагрівання складатиме 1,271, а охолодження – 1,202. Одночасно необхідно слідкувати за тим, щоб обидва значення не наближались один до одного більше, ніж на 2 одиниці молодшого врахованого розряду. В

даному випадку вони мають відрізнятися на 0,002 одиниці (14).

12) Коефіцієнти потужності коригують також на підставі даних 15, отриманих від термодатчика, який вимірює температуру повітря поруч із термостатом (рис. 3).

13) Під час кожної ітерації наближення потужності нагріву до потужності охолодження слід контролювати сигнал 16, який надходить від додаткового операційного підсилювача, щоб визначити ступінь стабілізації температури, а також перевірити, чи не погіршилось це значення відносно попереднього заміру (рис. 3). Погіршення стабілізації може відбутися, якщо раптом різко зміниться температура оточуючого середовища або в разі інших неврахованих факторів. Тоді слід розширити діапазон 17 між потужністю нагріву та охолодження на 50% (рис. 3) таким чином, як це робилось в п. 11.

14) Сигнал перемикання з пониженої потужності на підвищену виробляється процесором з випередженням у часі відносно попередньої ітерації на 25%.

15) Процесор повторює описані вище дії починаючи з п. 9.

III ВИСНОВКИ

Транспортування проб біоматеріалів і безпосереднє виконання досліджень на аналітичному етапі клінічної лабораторної діагностики передбачає застосування пристроїв термостатування різного конструктивного виконання.

Зазвичай, як для транспортування, так і для проведення лабораторних досліджень, це певні автономні пристрої, які в переважній більшості не мають зв'язку з зовнішніми системами керування процесом лабораторного дослідження, характеризуються великими розмірами та значним рівнем енергоспоживання.

Нагальною проблемою є необхідність забезпечення певних температурних умов в контейнері і їх постійний моніторинг.

Запропоновано певне теоретичне обґрунтування та окремі технічні рішення щодо побудови систем терморегулювання та термостатування мікрокувет, в яких зберігаються проби біоматеріалів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Новикова И. А. Введение в клиническую лабораторную диагностику: Учебное пособие / И. А. Новикова, А. С. Прокопович. – Гомель : ГомГМУ, 2013. – 189 с.
- [2] Горячковский А. М. Клиническая биохимия в лабораторной диагностике / А. М. Горячковский. – Одесса : Экология, 2005. – 616 с.
- [3] Камышников В. С. Справочник по клинико-биологическим исследованиям и лабораторной

- диагностике / В. С. Камышников. – М. : МЕДпресс-информ, 2009. – 896 с.
- [4] Мошкин А. В. Обеспечение качества в клинической лабораторной диагностике: Практическое руководство / А. В. Мошкин, В. В. Долгов. – М. : Медиздат, 2004. – 216 с.
- [7] Емельянов Р. Т. Исследование процессов теплопереноса в ограниченном пространстве / Р. Т. Емельянов, Е. С. Турышева, М. А. Пылаев, М. М. Ходжаев // Вестник КрасГАУ. – №6. – 2015. – С. 73–78.
- [8] Мадера А. Г. Математическое моделирование конвективного теплопереноса в электронных устройствах / А. Г. Мадера // Программные продукты и системы. – №4. – 2001. – С. 44–48.
- [9] Сайко Е. Н. Моделирование процессов конвективного переноса тепла в замкнутом объеме / Е. Н. Сайко // Математическое моделирование. – №1 (24). – 2011. – С. 47–50.
- [10] Карабан В. М. Математическая формулировка задачи регулирования температуры микросхемы в рамках трехмерной модели и метод ее решения / В. М. Карабан, М. П. Сухоруков // Компьютерные исследования и моделирование. – Т.5. – №5. – 2013. С. 805–812.
- [11] Ахизер А. М. Эффективный алгоритм управления термостатом / А. М. Ахизер, В. И. Мещеряков // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – №1. – 2004. С. 41–44.
- [12] Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М. : Энергия, 1977. – 344 с.
- [13] Полежаев В. И. Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнений Навье-Стокса / В. И. Полежаев, А. В. Бунэ, Н. А. Вerezуб. – М. : Наука, 1987. – 275 с.

Варіанти побудови системи контролю адекватності процесу гемодіалізу

Денис Мосьпан, Владислав Мосьпан, Денис Барильченко

Кафедра електронних апаратів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА, Кременчук, вул. Першотравнева, 20. email: denis.mospan@gmail.com

Анотація: Останніми роками у всьому світі спостерігається постійне зростання кількості пацієнтів, що одержують лікування програмним гемодіалізом. Причому на нинішньому етапі розвитку заміщувальної ниркової терапії найбільшої актуальності набувають питання з покращення якості життя, повноцінної реабілітації пацієнтів з хронічною нирковою недостатністю, а також профілактики віддалених ускладнень. Їх вирішення стає неможливим без забезпечення адекватності (тобто цільового ступеню очищення крові пацієнтів) як окремо взятої процедури гемодіалізу, так і діалізного лікування в цілому. Запропоновано алгоритм поліпшення стану хворого на ниркову недостатність як під час процедури, так і в міждіалізний час, за рахунок створення інформаційно-виміральної біотехнічної системи оцінювання адекватності гемодіалізу.

Ключові слова: гемодіаліз, біосенсор, біомоніторинг.

I. ВСТУП

На поточний час тривале виживання на хронічному гемодіалізі пов'язують з непростими, але зрозумілими факторами [1]: діалізна доза (Kt/V), безпека гемодіалізу, харчування, еритропоетин. До недавнього часу проблема принципового підвищення якості гемодіалізу не могла бути вирішеною через відсутність

інструментів для фактичного контролю за найважливішими параметрами гемодіалізу, такими як доза гемодіалізу, час, швидкість перфузії крові, ультрафільтрація. Всі ці задачі вирішувались за допомогою різноманітних непрямих розрахунків та профілювання. Комплекс діалізного моніторингу виключно складався із спостережень за суто фізичними параметрами. На поточний час проблему адекватності гемодіалізу, аналітичного визначення гемодіалісної прескрипції та збалансованості ультрафільтрації вирішує гемодіалізний моніторинг, що базується на застосуванні сенсорів. Справа в тому, що зміни біохімічного складу відпрацьованого діалізату віддзеркалює зміни біохімічного складу крові. Тому за даними сенсору сечовини на виливі з апарату «штучна нирка» виявилось можливим здійснювати моніторинг таких фундаментальних показників гемодіалізу, як Kt/V_{PCK} (ступінь катаболізму білка), ступінь зниження рівня сечовини. Всі ці параметри зв'язані практично лінійною залежністю і легко піддаються програмуванню.

Комп'ютеризований сенсор сечовини надає можливість інтегрально з урахуванням всіх

похибок фактично в кожній конкретній ситуації визначати діалізну дозу та час. Волюметричний контроль ультрафільтрації не зміг вирішити проблему адекватної гемодіалітичної дегідратації, хоча й зробив її керованою. Основним недоліком всіх способів профілювання ультрафільтрації, які існували раніше, була відсутність даних про фактичну зміну об'єму водних просторів організму.

На сьогодні цю проблему вирішує сенсор зміни об'єму крові. Сенсор неінвазивно встановлюється на вході крові в діалізатор і по гемоконцентрації розраховує фактичні зміни об'єму крові у відсотках від вихідного значення і, подібним чином, в динаміці показує темп відновлення об'єму крові після відключення ультрафільтрації. Як сенсор сечовини, так і сенсор об'єму крові видають інформацію в цифровому та графічному виді і дозволяють керувати роботою апарату «штучна нирка» за принципом зворотного зв'язку.

II. МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Створений за останнє десятиріччя контакт між електронікою та біохімією зумовив появу нової сфери – біоелектроніки. Першим кроком в цій області було виникнення нових пристроїв для аналізу і переробки, які одержали назву біосенсорів (БС). Біосенсори розглядаються як перше покоління біоелектронних пристроїв.

Вони являють собою аналітичні пристрої, що використовують біологічні матеріали для розпізнання певних молекул і видають інформацію про їх присутність та кількість у вигляді електричного сигналу.

Під терміном біосенсор (БС) розуміють пристрій, в якому чутливий шар, що містить біологічний матеріал: ферменти, тканини, бактерії, дріжджі, антигени/антитіла, ліпосоми та ін., і безпосередньо реагує на присутність певного компонента, генерує сигнал, який є функціонально зв'язаним з концентрацією цього компонента. За конструкцією БС являє собою комбінований пристрій, складений з двох перетворювачів або трансд'юсерів – біохімічного та фізичного, які перебувають у тісному контакті один з одним [2].

Біохімічний перетворювач, або біотрансд'юсер, виконує функцію біологічного елементу розпізнання, перетворюючи визначений компонент, а точніше, інформацію про хімічні зв'язки на фізичну або хімічну властивість або сигнал, а фізичний перетворювач перетворює концентраційний сигнал на електричний. В такому випадку реалізується принципово новий спосіб одержання інформації про хімічний склад розчину. Наявність у пристрої біоматеріалу з унікальними властивостями дозволяє з високою селективністю визначати потрібні сполуки у складній за складом суміші, не застосовуючи жодних додаткових операцій, пов'язаних з використанням інших

реагентів та ін. (звідки й назва – безреагентні методи аналізу).

Недоліком БС є складність їх виготовлення. Але успіхи в галузі розвитку засобів мікроелектроніки підштовхнули розробників конструкцій БС до нових рішень. Виявилось перспективним використовувати планарну технологію (фотолітографію, напівпровідникову техніку покриття та ін.), за якою можна виготовити біочіп, який поєднує сенсорну систему, трансд'юсер, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), мікропроцесор для вимірювання аналітичного сигналу і обчислення результатів аналізу.

Вміст сечовини в крові є важливим клінічним параметром, що характеризує функцію нирок. В нормі концентрація сечовини $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ перебуває в межах 3,6–8,9 мМ, що складає 3,6–8,9 ммоль/л; де М – молярна концентрація. У всіх відомих біосенсорах сечовини використовують реакцію гідролізу, що каталізується високо специфічним елементом – уреазою:



Уреаза – рослинний ферментний препарат, що не поступається кращим зарубіжним аналогам. Є діагностичним засобом, призначеним для зниження вмісту сечовини в крові та визначення сечовини в біологічних рідинах.

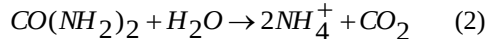
Уреаза іммобілізована – це іммобілізована форма ферменту для використання її в системі ферментного електроду (біосенсора) для аналітичних та діагностичних цілей, а також для визначення та розкладання сечовини у біологічних рідинах і застосування в апараті «штучна нирка».

Потенціометричні біосенсори (ПБС) базуються на іоноселективних електродах, що дають селективний відгук на присутність певних іонів або молекул речовини у розчинах. Аналітичним сигналом у них є потенціал. Їх функціонування є оборотним, і при вимірюванні потенціалу на електроді не порушується хімічна рівновага електрод (біосенсор) – розчин, чого нема у амперметричних біосенсорів, відгук яких визначається електролізом, тобто споживанням речовини. Однак витрати речовини, що визначається, є настільки малим, що не викликає зміни концентрації компонента, що визначається, при повторних вимірюваннях. ПБС є менш чутливими, ніж АБС. Високу селективність мають уреазні сенсори на основі газових аміачних електродів.

Перетворювач сечовини, придатний для швидкого непереривного визначення сечовини в рідинах, був розроблений Guilbault G.G. і Montalvo J.G.

Перетворювач сечовини має назву електродом сечовини тому, що зроблений на полімеризованій желатиновій мембрані іммобілізованого ферменту на скляному електроді, який визначає іони амонію. Для сечовини специфічним є одержання

імобілізації ферменту (уреази) в шарі акриламідного гелю товщиною 60–350 мкм на поверхні скляного електроду. Коли електрод сечовини поміщується у контакт з розчином, що містить сечовину, субстрат поширюється в шар гелю з імобілізованим ферментом. Фермент каталізує (прискорює) розкладання сечовини до іону амонію, як показано в рівнянні:



Іон амонію, утворений на поверхні електроду визначається рН-чутливим електродом, який вимірює активність цього одновалентного катіону способом, аналогічним рН визначенню із скляним електродом.

Потенціал цього електроду є вимірним. Час для 98% встановленої відповіді дорівнює 25 – 60 с, залежно від товщини мембрани гелю. Для проведення вимірювань достатньо 175 мг досліджуваного розчину.

Крива відповіді, тобто залежність вихідної напруги датчика від концентрації сечовини, або типова крива калібрування, представлена на рис. 1.

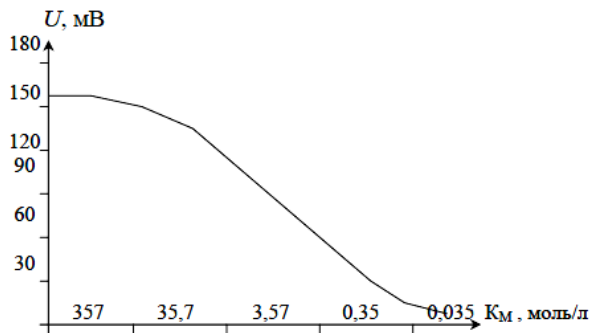


Рис. 1. Крива калібрування

Достатньо просторого поширення набули мініатюрні пристрої, основані на польових транзисторах. В них металевий контакт затвору транзистора замінено на хімічно чутливий шар і електрод порівняння. В такому разі затвор являє собою металевий шар, вкритий чутливим матеріалом.

Взаємодія компонента, що визначається, з матеріалом затвору викликає зміни електричного поля в області затвору і, відповідно, порогового потенціалу і струму в транзисторі, що й обумовлює аналітичний сигнал. Чутливість рН-чутливих польових транзисторів складає порядку 10^{-4} – 10^{-5} М.

Існують пристрої, що складаються з фоточутливої мембрани, яка містить імобілізовану уреазу, що каталізує гідроліз сечовини до аміака та вуглекислоти (1). В таких пристроях реєстрація потенціалу світлочутливої мембрани здійснюється за допомогою польового транзистора. Такий підхід значно мініатюризує біосенсор (рис. 2).

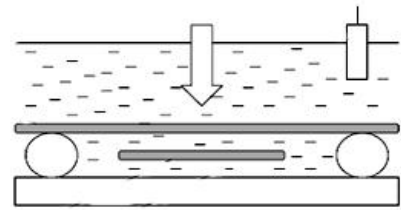


Рис. 2. Сенсор з фоточутливою мембраною

Час вимірювання при використанні польового транзистора складає близько 5 хв.

Для адекватного проведення процедури діалізу необхідно вимірювати швидкість кровотоку, тиск, провідність та рН. Цим вимогам відповідає структурна схема, представлена на рис. 3

Вона реалізує новий підхід до контролю адекватності гемодіалізу, який спрямований на покращення стану хворого на хронічну ниркову недостатність як під час процедури, так і в міждіалізний час. Вона забезпечує постійний біомоніторинг пацієнта. Зворотні зв'язки дозволяють коригувати задані параметри і тривалість гемодіалізу відповідно до стану пацієнта.

В схемі на рис. 2 передбачені наступні елементи: 1–4, 15–17 нормувальні перетворювачі; 5 – кліренс; 6 – датчик провідності; 7 – датчик наявності повітря; 8 – датчик венозного тиску; 9 – проба крові; 10 – біологічний об'єкт; 11 – діалізатор; 12 – датчик артеріального тиску; 13 – датчик рН; 14 – датчик швидкості кровотоку; 18 – аналоговий комутатор; 19 – АЦП; 21 – мікро-ЕОМ; 20 – креатинин; 23 – альбумін; 22 – дисплей; 24 – USB; 26 – процесор апарату «штучна нирка»; 27 – апарат «штучна нирка»; 25 – блок живлення.

Робота схеми, представленої на рис. 3 здійснюється за алгоритмом, представленим на рис. 4, який складається з трьох етапів:

- підготовка до процедури діалізу;
- реалізація діалізу;
- оцінка адекватності проведення процедури.

На першому етапі відбувається підготовка пацієнта до процедури діалізу. Оцінюється його ниркова недостатність і здійснюється переддіалізна оцінка стану, яка містить взяття проби крові для визначення креатинину, альбуміну, рН та провідності; вимірюється артеріальний тиск і визначається міждіалізна прибавка. За необхідністю коригування потрібних параметрів застосовують лікувальну терапію.

Потім лікар обирає цільове значення (Kt/V) прописує процедуру діалізу і налаштовує параметри обладнання, після чого починається безпосередньо реалізація діалізу.

На другому етапі відбувається вимірювання в режимі реального часу необхідних показників для оцінювання адекватності процедури, таких як

(Kt/V) тривалості процедури, кліренс, провідність, значення рН та швидкість кровотоку.

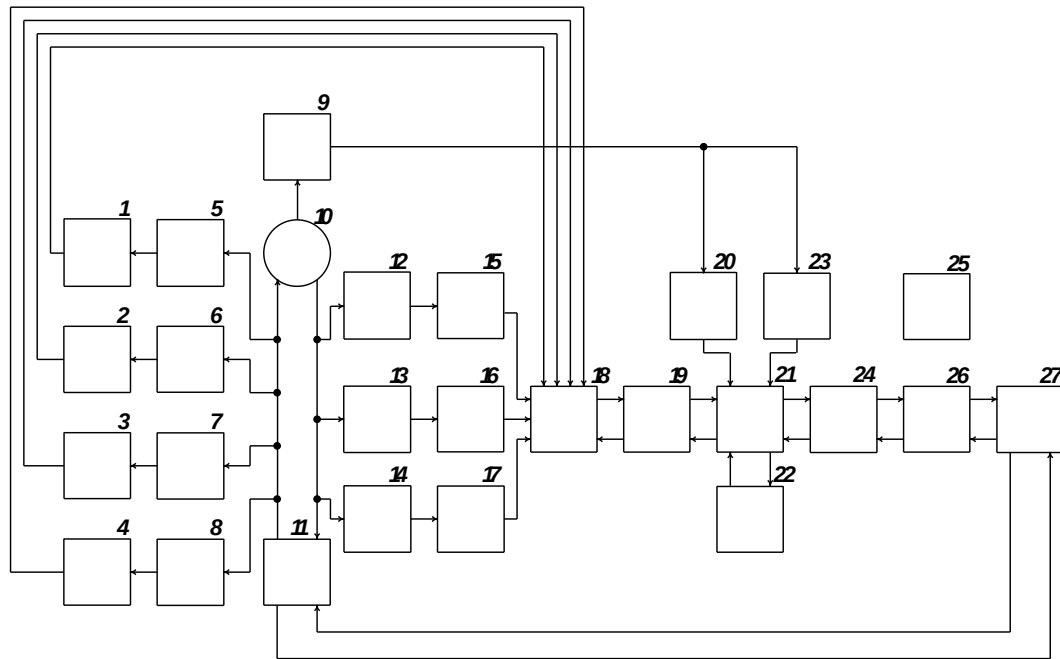


Рис. 3. Удосконалена структурна схема системи збору та автоматичної обробки інформації

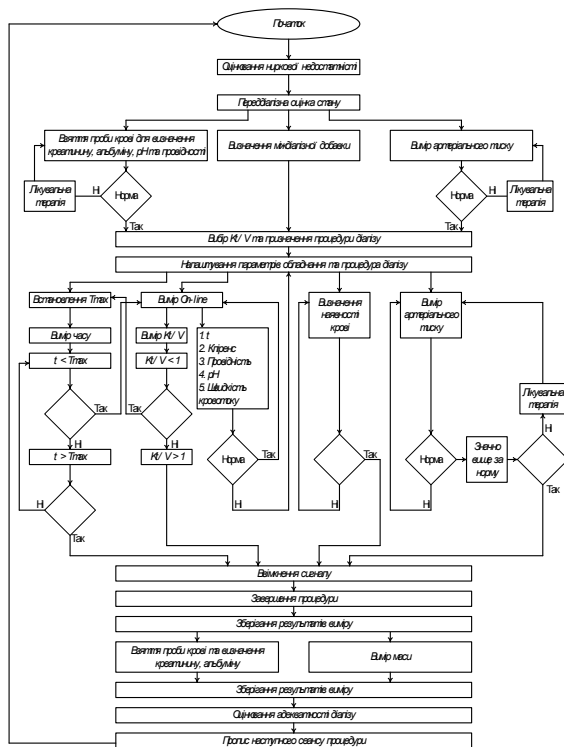


Рис. 4. Блок-схема алгоритму роботи системи

Залежно від їх значень можуть коригуватися параметри процедури за оцінкою адекватності лікування.

Також автоматично встановлюється максимальний час процедури діалізу, який постійно коригується залежно від зміни параметрів. На цьому етапі контролюється наявність крові в діалізаті (в разі її появи система

вмикає звукову сигналізацію і припиняє процедуру діалізу) та артеріальний тиск (якщо його значення стає суттєво вищим за норму, то система вмикає звукову сигналізацію і припиняє процедуру). По завершенню діалізу всі результати автоматично записуються, а потім вимірюють масу пацієнта і беруть пробу крові для визначення рівнів креатинину та альбуміну, результати вимірювання яких також записуються.

Заключним етапом функціонування даної схеми є оцінювання адекватності проведеної процедури діалізу за комплексом параметрів, в результаті чого лікар робить висновок про проведення та пропису наступного сеансу процедури для хворого.

Оскільки розглянута вище структурна схема пристрою передбачає синхронну реєстрацію даних, одержаних з декількох датчиків (біосенсорів), модифікованих різними ферментами, що дозволяє вирішувати низку аналітичних задач, які не можуть бути розв'язаними за допомогою одноканальних перетворювачів [3], структура інформаційно-вимірювальної системи має передбачати можливість об'єднання кількох первинних перетворювачів в єдину багатоканальну систему.

Відомі декілька варіантів схем перетворення сигналу первинного перетворювача до вигляду зручного для вимірювання та подальшої обробки [4–6]. Всі відомі схеми можна поділити на два класи: ті, що стежать, та схеми прямого перетворення. Враховуючи низку складностей, що виникають під час реалізації схеми, що стежить, та незначність її переваг в даному конкретному

пристрої, а також для підвищення універсальності структури вторинного перетворювача була обрана аналогова частина тракту, яка містить в собі лише схему прямого перетворення, вихідним сигналом якої є напруга, пропорційна величині струму в каналі датчика.

Для об'єднання окремих перетворювачів у єдину вимірювальну мережу доречно застосувати кільцеву шинну архітектуру. За такої архітектури кожен блок вторинного вимірювального перетворювача (ВВП) містить власну аналогову (власно перетворювач) та цифрову (АЦП з мікропроцесором) частини і розділені послідовні вхід та вихід. Всі блоки багатоканальної системи об'єднуються в кільце, при цьому вихід попереднього модуля приєднується до входу наступного. Вхід першого модуля з'єднується з виходом послідовного порту ЕОМ, а вихід останнього – зі входом послідовного порту ЕОМ.

Недоліком запропонованого рішення є те, що вихід з ладу будь-якого пристрою призведе до повної непридатності всієї системи.

III. ВИСНОВКИ

Аналіз властивостей розглянутих апаратів для діалізу доводить, що всі вони об'єднуються єдиним підходом, який полягає у визначенні адекватності гемодіалізу за виведеними останнім десятиріччям формулами, що дозволяють розраховувати цільову ступінь очищення крові пацієнтів як під час окремо взятої процедури гемодіалізу, так і діалізного лікування в цілому. Однак такий спосіб визначення, незважаючи на його популярність, спряжений із значними труднощами, які далеко не завжди дозволяють одержати відтворені результати.

Актуальною технічною задачею є розробка пристрою, що базується на новому підході до лікування хворих на хронічну ниркову недостатність, який сприяє максимальній індивідуалізації програми лікування на підставі об'єктивних параметрів кожного пацієнта, одержаних в процесі біомоніторингу.

У проектованому пристрої для біомоніторингу гемодіалізу доречно застосувати біосенсиори на основі рН-чутливих польових транзисторів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Bergveld P. Thirty years of ISFETOLOGY : What happened in the past 30 years and what may happen in the next 30 years / P. Bergveld // *Sensors and Actuators B.* – 2003. – N 88. – P. 1–20.

[2] Биосенсоры : основы и приложения. Пер. с англ. / Под ред. Э. Тёрнера, И. Карубе, Дж. Уилсона. – М. : Мир, 1992.

[3] Jimenez-Jorquera C. ISFET based microsensors for environmental monitoring / C. Jimenez-Jorquera, J. Orozco, A. Baldi // *Sensors.* – 2010. – N 10. – P. 61–83.

[4] Albert J. K. Al Cross-reactive chemical Sensor arrays / Keith J. Albert, Nathan S. Lewis, Caroline L. Schauer et al. // *Chem. Rev.* – 2000. – N 100. – P. 2595–2626.

[5] Vlasov Y. Nonspecific sensor arrays («electronic tongue») for chemical analysis of liquids / Y. Vlasov, A. Legin, A. Rudnitskaya et al. // *Pure Anal. Chem.* – 2005. – Vol. 77, N 11. – P. 1965–1983.

[6] Pijanowska D. G. ISFET performance enhancement by using the improved circuit techniques / Wen-Yaw Chunga, Chung-Huang Yang, D. G. Pijanowska et al. // *Sensors and Actuators B.* – 2006. – N 113. – P. 555–562.

Технологічна концепція оцінки ефективності трубної арматури магістральних газопроводів з урахуванням комплексу енергетичних показників

Володимир Котух, Наталія Капцова, Микола Мордовенко,
Катерина Палєєва, Євгенія Суліма

1. Кафедра НІтаТ, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, УКРАЇНА,
Харків, вул. Маршала Бажанова, 17, email: KAT_81P@i.ua

Анотація: Експлуатаційна мінливість швидкісного напору енергоносія в магістральних газопроводах є традиційним предметом дослідження й нормування. До функцій трубної арматури входить здійснення дозування, контроль, герметизація магістральних

газопроводів, де у багатьох конструкціях арматури головним запірним вузлом є прецизійна пара. Широке дослідження проблем ефективності експлуатації магістральних газопроводів дозволило за останні роки

суттєво підвищити технічний рівень і надійність їх конструкційних елементів.

Ключові слова: газопровід, трубна арматура, енергетичні показники.

I. ВСТУП

Магістральні газопроводи – це трубопроводи з конструктивними елементами, а також різними спорудами на них, що призначені для транспортування газоподібних матеріалів від місць їх виробництва до місць переробки або споживання [1, 2]. На відміну від лінійних споруд, таких як автошляхи, залізничні шляхи, магістральні газопроводи протягом усього строку експлуатації знаходяться в складному напруженому стані під впливом внутрішнього тиску продукту, що перекачується, і працює як посудина високого тиску. Якщо по ньому перекачувати газ, то це робить його до того ж надзвичайно енергонасиченою спорудою [3].

Магістральний газопровід включає наступні групи споруд: головні, лінійні, компресорні станції (КС) [3], газорозподільчі станції (ГРС) на кінці газопроводу, підземні сховища газу (ПСГ), об'єкти зв'язку, системи електрозахисту споруд трубопроводу від корозії, допоміжні споруди, які забезпечують беззбійну роботу газопроводу (водозбірні пристрої і водопроводи, каналізація тощо), об'єкти ремонтно-експлуатаційної служби (РЕС).

Якщо газопроводи експлуатуються в більш сприятливих умовах, то газ проходячи через ГРС і далі через газорегуляторні пункти (ГРП), його кількість визначається експлуатаційною надійністю регулювальними пристроями і трубою арматурою.

Аналіз функціонування магістральних газопроводів показує, що проблеми керування надійністю їх конструктивних елементів виникають на усіх етапах створення й експлуатації [3].

II. ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Основними вимогами, що висувають до трубої арматури, є: тривалий термін служби; надійність й довговічність. За умовами роботи до трубої арматури висуваються наступні вимоги: міцність, герметичність й надійність роботи, вибухобезпечність й корозійна стійкість. Необхідна міцність арматури диктується робочим тиском в газопроводі.

Відомо, що ступінь придатності газопроводів під час використання за призначенням й можливості їх технічного обслуговування визначають експлуатаційними характеристиками і, насамперед, їх надійністю й довговічністю. Надійність має дві основні гілки: конструкційну й виробничу або технологічну й експлуатаційну. У процесі експлуатації газопроводи знаходяться під дією значної кількості факторів, що впливають на їх

надійність. Такі фактори поділяються на вхідні, клерувальні й випадкові:

– вхідні фактори пов'язані з проектуванням і виробництвом газопроводів, які можуть сприяти як підтримці достатньо високої надійності виробів, та і її зниженню. До них відносяться усі заходи, пов'язані з вибором схемного й конструктивного рішення під час проектування виробів, забезпечення якості виготовлення деталей й складання з'єднань і вузлів, якості технічного обслуговування і ремонту тощо;

– до клерувальних факторів відносяться характер прикладання навантаження, взаємодія деталей, з'єднань і вузлів обладнання, різні впливи зовнішнього й внутрішнього середовищ, технічних стан зварних швів газопроводів в процесі їх експлуатації;

– до випадкових факторів відносяться позаштатні ситуації на газопроводах і їх спорудах: недбалості експлуатаційників, які можуть викликати під час зварювання неспроможності, пропалення й інші дефекти; катаклізми природи (опаді, зсуви); попадання блискавки в діагностичну систему, абразивів і вологи в трубопроводи; вплив течії тощо.

За характером дії усі фактори поділяються на конструкційно-технологічні, виробничі і експлуатаційні.

До конструкційно-технологічних факторів відносяться:

– раціональність конструктивних схем і систем транспортування газу;

– кількість і якість комплектувальних елементів;

– правильність вибору матеріалів деталей;

– стандартизація і уніфікація вузлів;

– можливість ремонту, контролю технічного стану виробу в цілому тощо.

Розглянуті фактори забезпечують надійність, не руйнівність й довговічність вузлів і деталей на заданому рівні у процесах розрахункового або директивного строку експлуатації. У свою чергу, не руйнівність визначається необхідною міцністю, яка розрахована на дослідний робочий тиск продукту, що перекачується, газу й інших енергоносіїв [4, 5]. Тому технологічні операції, пов'язані з виробництвом і ремонтом газотранспортних систем, потребує урахування багатьох факторів підвищення надійності й довговічності усіх конструктивних елементів газотранспортних систем.

Наукою доведено, а практикою підтверджено, що несучу здатність й надійність дуже складно заздалегідь точно передбачити, що є причиною можливого руйнування газопроводів, а значить, й визначити їх число і розподіл у часі.

До виробничих факторів можна віднести:

– вибір раціональної технології виробництва й ремонту;

– якість виконання технологічних операцій;

- культура виробництва, кваліфікація робітників, технічний стан технологічного обладнання, ступінь автоматизації тощо;

- якість обробки матеріалів й монтажу систем;

- контроль на усіх етапах виробництва.

До експлуатаційних факторів можна віднести:

- умови експлуатації обладнання й систем транспортування газу;

- планування технічного обслуговування й ремонту;

- удосконалення технології ремонту;

- кваліфікація обслуговуючого й ремонтного персоналу;

- контроль й прогнозування технічного стану елементів і обладнання в цілому [6].

Аналіз досягнення науки й передового досвіду показав, що основними причинами зниження надійності і довговічності конструктивних елементів систем транспорту газу є:

- деформація й знос матеріалу;

- поломки деталей з причини втомних явищ, що виникають під дією навантажень;

- зміна розмірів деталей в рухомих сполученнях внаслідок зносу;

- прояв порушень технології при механіко-оброблюваних і зварювально-монтажних роботах як під час виробництва, так і під час ремонту;

- пікові навантаження й різкі коливання температури;

- несправність окремих деталей й вузлів внаслідок сумарного впливу зовнішніх умов, зносу, технологічної спадковості, старіння і втоми.

Відомо, що поверхні, що труться, деталей складових частин і складальних одиниць трубної арматури повинні бути підготовлені до сприйняття навантажень за допомогою їх випробувань. У процесі випробувань або так званого обкачування відбувається припрацювання сполучених деталей прецензійної пари, у результаті чого знижується шорсткість обробленої поверхні, а також йде руйнування шаржованих зерен абразивно-доводочної суміші.

Характерні відмови трубної арматури наведено на рис. 1.

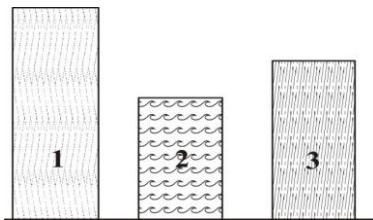


Рис. 1. Розподіл відмов трубної арматури:

1 – кулькові крани із пластмасовим ущільненням;

2 – кулькові металеві крани; 3 – пробкові крани

Найбільша кількість дефектів, пов'язаних з погіршенням герметичності, виникає у перший період експлуатації (до 30 – 40 %). Одна з основних причин цих дефектів – неправильний вибір основних і допоміжних матеріалів під час конструювання й під час здійснення

технологічного процесу виробництва і ремонту, що призводить до зниження ефективності газопроводу й суттєвим втратам газу.

Комплексній оцінці ефективності втрат газу під час зниження гідравлічного стану і очищення газопроводів приділяється велика увага [7, 8]. Оцінюючи показники витрат і втрат газу можна зробити висновок, що відсутність показника газотранспортної роботи ускладнює економічний аналіз й перспективне планування всередині галузі. Окрім того, вона враховує не тільки дальність передавання газу, але й надає можливість проводити кваліфікований аналіз й зіставлення економічних показників різних газопроводів. Формула розрахунку наведена в 1:

$$W = \sum_{j=1}^{j=n} q_j l_j, \quad (1)$$

де W – транспортна робота по магістральному газопроводу;

n – число ділянок газопроводу;

q_j – кількість газу, що транспортується до окремих споживачів;

l_j – відстань транспортування газу до споживача.

Недоліком цього показника є те, що він не враховує енергетику транспортування газу по магістральних газопроводах, яка відбиває ефективність роботи агрегату, компресорної станції, трубної арматури й газопроводу в цілому.

Особливість роботи магістральних газопроводів – нерівномірне їх завантаження протягом року. Для комплексної оцінки роботи компресорних станцій (КС) і усього газопроводу необхідно застосовувати не один, а систему енергетичних показників. Під час оцінки роботи компресорних станцій одного й того самого магістрального газопроводу може з'ясуватися, що вони перекачують майже однакову кількість природного газу, але витрачають на транспорт газу різну потужність. Це пояснюється багатьма причинами: різними характеристиками газопроводів; умовами експлуатації ГПА у різних кліматичних поясах; неоднаковим гідравлічним станом ділянок газопроводів між КС; різним ступенем підвищення тиску по газопроводу на кожній КС тощо. Тому до основних енергетичних показників трубопроводів транспорту природних газів слід віднести: пропускну здатність газопроводу; сумарну потужність газоперекачуваних агрегатів; питому витрату енергії; питому витрату паливного газу; коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) газопроводу, в тому числі трубну арматуру [9, 10].

Практично досі зручною характеристикою питомих витрат енергії в газопроводі слід вважати витрату енергії, віднесено до переміщення одиниці маси або обсягу газу на одиницю довжини, як наведено в 2:

$$\omega = \sum_{j=1}^{i=n} N_{ej} : \sum_{j=1}^{i=n} G_j L_j, \quad (2)$$

де ω – питома витрата енергії;

N_{ej} – ефективна потужність нагнітача на КС;

G_j – кількість газу, що транспортується по газопроводу на кожній ділянці КС;

L_j – довжина ділянки магістрального газопроводу між відповідними КС.

Потужність нагнітача зовнішньоадіабатичного або ізопотенційного процесу стиснення визначається за 3

$$\begin{aligned} N_e &= \int \frac{1}{\eta_{ад}} G_C dW = -\frac{1}{\eta_{pv}} G_C \int v dp = \\ &= -\frac{1}{\eta_{pv}} G_C \int p_1 v_1 \frac{dp}{p} = \frac{G_C}{\eta_{pv}} z_1 R_1 T_1 \ln \frac{p_1}{p_2} =, \quad (3) \\ &= \frac{G_C}{\eta_{ад}} z_m R_1 T_m \ln \frac{p_1}{p_2}, \end{aligned}$$

де $\eta_{ад}$ – приведений відносний адіабатичний к.к.д.

– відношення оберненої адіабатичної роботи стиснення до ефективної роботи стиснення;

G_C – масова секундна витрата газу;

dW – потенційна роботи потоку газу після КС;

η_{pv} – приведений відносний ізопотенційний к.к.д.

– відношення оберненої роботи стиснення в ізопотенційному процесі ();

v – питомий обсяг газу;

p_1, p_2 – відповідно початковий і кінцевий тиск процесу стиснення на КС;

v_1, z_1, T_1 – відповідно питомий обсяг, коефіцієнт стисливості й абсолютна температура газу до стиснення;

R_1 – газова стала;

z_m, T_m – середні в процесі стиснення відповідно коефіцієнт стисливості газу і абсолютна температура.

Потенційна робота потоку газу після компресорних станцій $\delta W = -v dp$ розподіляється на питому ефективну роботу потоку δW^* і не обернені втрати роботи під час руху газу по газопроводу δW^{**} , як наведено в 4:

$$\delta W = \delta W^* + \delta W^{**}. \quad (4)$$

Питома ефективна робота потоку δW^* газу, що транспортується, витрачається на зміну енергії зовнішнього положення потоку кінетичної dE_C і потенційної у полі тяжіння dE_z , як наведено в 5:

$$\delta W^* = \frac{dE_C + dE_z}{G_C} = d \left(\frac{c^2}{2g_n} \right) + \frac{g}{g_n} dz_\Gamma, \quad (5)$$

де c – лінійна швидкість газу в газопроводі;

g, g_n – дійсне й стандартне прискорення вільного падіння на ділянках траси;

z_Γ – рівень підйому ділянок траси газопроводу (рис. 2).

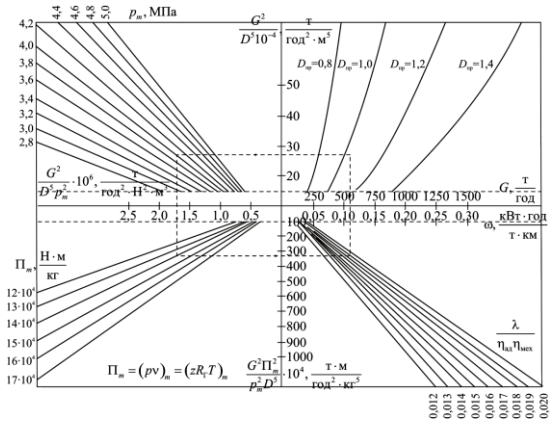


Рис.2. Номограма для визначення питомої витрати енергії на транспорт газу

Необернені втрати роботи завжди мають позитивний знак, так як робота безпосередньо перетворюється під час руху потоку в газопроводі в тепло внутрішнього теплообміну, що наведено в (6):

$$\delta W^{**} \rightarrow \delta Q^{**}; \delta W^{**} = \delta Q^{**}. \quad (6)$$

Необернені втрати роботи залежать від режиму й структури потоку шорсткості внутрішньої поверхні труб, наявності забруднень й інших місцевих опорів (маємо на увазі й наявність трубої арматури), як наведено в (7 – 8):

$$\delta W^* = -v dp^{**} = \frac{c^2}{2g_n} \left(\frac{\lambda_\Gamma}{D} + \frac{d\zeta}{dx} \right) dx; \quad (7)$$

$$\frac{dp^{**}}{dx} = -\frac{\gamma c^2}{2g_n} \left(\frac{\lambda_\Gamma}{D} + \frac{d\zeta}{dx} \right) = \frac{u^2 v}{2g_n} \left(\frac{\lambda_\Gamma}{D} + \zeta' \right), \quad (8)$$

де λ_Γ – коефіцієнт гідрравлічного опору труби;

D – діаметр газопроводу;

$\zeta' = \frac{d\zeta}{dx}$ – коефіцієнт, який враховує забруднення й інші місцеві опори, віднесені до одиниці довжини газопроводу;

u – масова швидкість потоку газу.

Після інтегрування й деяких перетворень отримує (9 – 11):

$$\ln \frac{p_1}{p_2} = \frac{z_m R_1 T_m}{2g_n p_m^2} u^2 \frac{\lambda_{\Gamma m} l}{D}; \quad (9)$$

$$\lambda_{\Gamma m} = \lambda_\Gamma + \frac{\zeta D}{l}; \quad (10)$$

$$p_m = \sqrt{\frac{1}{2} (p_1^2 + p_2^2)}. \quad (11)$$

Розв'язуючи рівняння (9) – (11) отримаємо вираз потужності з урахуванням параметрів газопроводу (12)

$$\frac{\partial^2 i}{\partial x^2} = \frac{LC}{|\Delta x|^2} \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} + \frac{L}{|\Delta x|^2 R} \frac{\partial i}{\partial t}, \quad (12)$$

де f – площа перерізу газопроводу;

m – масштабний множник, який враховує розмірність членів рівняння.

Підставивши рівняння (8) у вираз (2), отримаємо (13) питомих витрат енергії w на магістральний газопровід

$$\frac{\partial^2 i}{\partial x^2} = \frac{LC}{|\Delta x|^2} \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} + \frac{L}{|\Delta x|^2 R} \frac{\partial i}{\partial t}, \quad (13)$$

де $\Pi_m = z_m R_m T_m$ – потенційна функція;

G – витрата газу.

Для практичного застосування рівняння (12) побудовано номограму (рис. 2), яка дозволяє встановлювати й визначати значення питомих витрат енергії на транспорт залежно від витрати газу, що транспортується, G , приведенного діаметру газопроводу D , середнього тиску в газопроводі p_m , середнього значення потенційної функції Π_m й комплексу $\lambda_{np}/(\eta_{ад} \cdot \eta_{мех})$ [11].

III. ВИСНОВКИ

На базі вивчення стану питання можна зробити наступні висновки:

– проблема забезпечення технологічної надійності, пов'язаної з безперебійною доставкою розрахункової кількості продукту в кінцевий пункт, складна і багатогранна. Тут неоптимізованих проблем більше, ніж у випадку конструктивно-технологічної надійності. Причому втрати від утікання енергоносія й витрати на підтримку в безпечному і надійному стані газопроводів перевищують більш ніж у 2–3 рази порівняно із витратами на їх проектування й створення;

– вітчизняний й закордонний досвід експлуатації газопроводів показує, що є імовірність виникнення деякої кількості несправностей новий і відремонтованих агрегатів, вузлів газотранспортних систем з причин технологічної спадковості. Одна з найважливіших задач технології виробництва й ремонту, наприклад, запірної трубної арматури – підвищення зносостійкості прецизійних пар під час експлуатації, що забезпечує зниження утікання енергоносія в процесі його транспортування по газопроводах й зменшення тривалості ремонтно-відновлюваних робіт;

– характерною особливістю даного періоду роботи газотранспортних систем і обладнання є наявність в умовах експлуатації вузлів і агрегатів з набагато перевищуючими гарантовані строки їх експлуатації. Відсутність в ряді експлуатаційних газових господарств прогресивних на перспективу ремонтних технологій й промислових ремонтно-механічних баз сприяють погіршенню технічного стану з причини зниження обсягів і якості регламентних робіт. Зростають вимоги до надійності, оскільки висока ціна на матеріали, труби, агрегати, тому для підвищення ефективності роботи газотранспортних систем і надійності окремих конструктивних елементів необхідно враховувати фактори, що формують технологічну надійність конструктивних елементів транспортних систем й обладнання на усіх етапах їх проектування, виробництва й експлуатації;

– системний підхід до вибору того чи іншого методу забезпечення надійності – це оцінка фактичного технічного стану, яка потребує розглядання як цілеспрямований процес керування надійністю й довговічністю роботи трубопровідної системи. Системний аналіз і комплексна оцінка рівня надійності, що досягається, й витрат на забезпечення працездатності трубної арматури, дозволять сформулювати основну мету дослідження – це підвищення ефективності використання конструктивних елементів за рахунок розробки теоретичних основ формування надійності й теоретико-експериментальних досліджень, які спрямовані на підвищення якості й екологічної безпеки допоміжних матеріалів, що використовуються в технологічних цілях під час їх виробництва й ремонту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] В. Я. Беляева и др. "Нефтегазовое строительство", Омега-Л, Москва, с. 112 –114, 2005.
- [2] П. П. Бородавкин. "Подземные магистральные трубопроводы", Недра, Москва, с. 67 – 68, 1982.
- [3] С. М. Вайншток, В. В. Новоселов, А. Д. Прохоров и др. "Трубопроводный транспорт нефти", ООО «Недра-Бизнесцентр», Москва, с. 92 – 93, 2004.
- [4] А. Г. Евдокимов, В. В. Дубровский, А. Д. Тевяшев. "Потокораспределение в инженерных сетях", Машиностроение, Москва, с. 46 – 47, 1992.
- [5] Б. С. Ильченко, Б. И. Измалков. "Теоретические основы и методы расчета функционально-технического состояния газоперекачивающих агрегатов: монография", Коллегиум, Харьков, с. 74 – 76, 2006.
- [6] І. І. Капцов, В. Г. Котух, Ю. В. Пахомов. "Технология ремонта газового оборудования і трубопроводних систем: монографія", ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Харків, с. 112 – 115, 2016.
- [7] И. И. Капцов. "Сокращение потер газа на магистральных газопроводах", Недра, Москва, с. 32 – 34, 1988.
- [8] М. П. Ковалко. "Методи та засоби підвищення ефективності функціонування систем трубопровідного транспорту газу", Українські енциклопедичні знання, Київ, с. , 2001.
- [9] Г. В. Коннонова. "Оборудование транспорта и хранения нефти и газа", Феникс, Ростов-на-Дону, с. 53 – 54, 2006.
- [10] В. В. Масловский. "Технологическая наследственность и ее влияние на надежность и долговечность эксплуатации трубной арматуры транспортных энергетических систем", Техніка, Київ, с. 82 – 84, 2009.
- [11] В. С. Сідак, А. С. Дудолад. "Комплексні підходи до керування надійністю систем газопостачання", ХНАГХ, Харків, с. 33 – 35, 2006.

Вплив параметрів технологічних операцій шліфування та полірування на формоутворення компонентів MOEMS

Олена Чала¹, Олександр Филипенко², Ірина Боцман¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки 14, olena.chala@nure.ua

2. Факультет АКТ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки 14, oleksandr.filipenko@nure.ua

Анотація У матеріалах приведено результати моделювання процесу формування функціональних поверхонь MOEMS компонентів. Визначено значення та величину факторів, що безпосередньо впливають на процес формування.

Ключові слова: компонент, MOEMS, форма, оптичний перемикач, мікро дзеркало, шліфування, полірування

I. ВСТУП

Одним з багатьох наймасовіших типів MEMS є мікрооптичні електромеханічні системи (MOEMS). Це мікросхеми з оптичними компонентами, інтегрованими в їх тіло. Здатність виконувати складні операції зі світловим променем (відбиття, дифракція, модуляція, просторова орієнтація) виникає завдяки використанню мініатюрних оптичних елементів і є однією з головних переваг MOEMS.

Експлуатаційні властивості волоконно-оптичних систем передачі залежать від якості компонентів, що використовуються. Необхідні параметри можна гарантувати лише за умови суворого дотримання технологічного процесу їх виробництва та використання високоточного обладнання контролю якості та ефективних алгоритмів обробки даних. [1,2].

Однією з найважливіших операцій у виробничому процесі виробництва MOEMS компонентів є операція формування.

Фінішні операції в такому технологічному процесі – шліфування та полірування відбивної поверхні.

Ця робота присвячена дослідженню параметрів та факторів, які безпосередньо впливають на формування функціональних відбиваючих компонентів у фінішних операціях. Величина шорсткості поверхні відбиваючого елемента є головним показником формування.

II. БАГАТОФАКТОРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

A Факторне планування експерименту

Для моделювання впливу режимів фінішних технологічних операцій на параметри формування компонентів MOEMS авторами було використано повний факторний експеримент.

Для проведення експерименту необхідно виконати наступне:

- отримати та проаналізувати апіорну інформацію;
- вибрати вхідні та вихідні змінні;
- вибрати математичну модель, за якою будуть представлені експериментальні дані;
- визначити метод аналізу даних;
- провести експеримент;
- перевірити статистичні передумови для отриманих експериментальних даних;
- обробити результати та інтерпретувати їх, а також розробити рекомендації щодо вибору значень параметрів [3] для отримання запланованих значень параметрів обробних операцій при формуванні компонента MOEMS.

Ми проведемо повний факторний експеримент, щоб забезпечити контроль технологічних процесів формування кремнієвих підкладок відбиваючих елементів при поліруванні та шліфуванні різними типами алмазних шліфувальних паст (АСМ 2/1, АСМ1 4/10, АСМ 0/28).

B. Вибір факторів та їх інтервали варіювання

Як відомо [4-14], найбільш значущими вхідними факторами завершальних технологічних операцій формування, що відповідають усім вимогам факторного експерименту, є час обробки зразка - t (хв), швидкість обертання шпинделя - v (об/хв) і зернистість пасти для полірування та шліфування - z (мкм).

Слід зазначити, що при виборі факторів не було враховано один з значущих параметрів – тиск інструменту полірування, який діє на зразок. У всіх проведених дослідках тиск був сталою та одноковою величиною.

Межі зміни факторів: максимальний час обробки матеріалу в межах $t_{max} = 20$ хв., а мінімальний $t_{min} = 10$ хв.; швидкість обертання диска – $v_{max} = 40$ об/хв, $v_{min} = 30$ об/хв.; зернистість пасти – $z_{max} = 32$ мкм, $z_{min} = 2$ мкм. Варіантні фактори, перелічені в таблиці 1.

Плануванню експерименту передують етапи визначення центру експерименту і інтервалів варіювання факторів. При цьому оцінюються

границі областей визначення факторів, що задаються технічними обмеженнями [3].

Табл. 1. Межі змін і проектування факторів

Фактори	Час обробки, хв	Швидкість обертання диска, (об/хв)	Зернистість паст, мкм	Шорсткість, мкм
Прийняте позначення	t	v	z	Ra
Позначення в МФЕ	x1	x2	x3	Y
Верхня межа (1)	20	40	32	–
Основний рівень(0)	15	35	17	–
Нижня межа (-1)	10	30	2	–

Оскільки істинний вид базової функції (2) невідомий, то для опису поверхні відгуку будемо використовувати рівняння, що представляє собою розкладання цієї функції в ряд [3]:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{ij=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2, \quad (2)$$

де x_i, x_j – змінні фактори при $1 \dots n, j=1 \dots n, i \neq j$;
 b_0, b_i, b_{ij} – коефіцієнти регресії при відповідних змінних, значення яких визначають форму поверхні відгуку. Розраховані числові значення коефіцієнтів регресії занесені в таблицю 1.

На підставі проведених досліджень [4] обираємо чинники, від яких залежить результуюча величина шорсткості матеріалу Y (мкм) [3].

Складаємо узагальнену формулу залежності:

$$Y=f(t,v,z) \quad (1)$$

де t,v,z – фактори, що впливають на величину Y. Побудуємо матрицю проведення повного факторного експерименту, а результати занесемо до таблиці 2.

Табл. 2. Результати проведення повного факторного експерименту

№	t	v	h	x1	x2	x3	x1*x2	x1*x3	x2*x3	x1*x2*x3	x11=x1^2-d	x22=x2^2-d	x33=x3^2-d	y
1	20	40	32	1	1	1	1	1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	44,1
2	10	40	32	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	20,6
3	20	30	32	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	35,7
4	10	30	32	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0,2697	0,2697	0,2697	17,9
5	20	40	2	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	12,2
6	10	40	2	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0,2697	0,2697	0,2697	5,8
7	20	30	2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	9,7
8	10	30	2	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	4,5
9	24,308	35	17	1,2154	0	0	0	0	0	0	0,7469	-0,7303	-0,7303	28,4
10	7,846	35	17	-1,2154	0	0	0	0	0	0	0,7469	-0,7303	-0,7303	8,1
11	15	48,616	17	0	1,2154	0	0	0	0	0	-0,7303	0,7469	-0,7303	30,2
12	15	23,538	17	0	-1,2154	0	0	0	0	0	-0,7303	0,7469	-0,7303	14,7
13	15	35	38,8928	0	0	1,2154	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	0,7469	46,6
14	15	35	1,5692	0	0	-1,2154	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	0,7469	3,8
15	15	35	17	0	0	0	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	-0,7303	22,6

Перевірка статистичної значущості параметрів регресійного рівняння (коефіцієнтів регресії) виконувалася за t-критерієм Стюдента [3, 10].

Було визначено дисперсію відтворюваності [3] Розраховані числові значення дисперсії коефіцієнтів рівняння регресії занесені в табл. 3.

Рівняння регресії (3) в кодованому вигляді має таке значення:

$$y = 20,33 - 5,17x_1 + 2,25x_2 + 9,21x_3 + 1,98x_{13} \quad (3)$$

Для оцінки адекватності моделі було проведено її оцінку за критерієм Фішера. Знайдемо кодовані розрахункові значення згідно з отриманим рівнянням регресії.

Табл.3. Розраховані числові значення дисперсії коефіцієнтів рівняння регресії

Коефіцієнти регресії	Перевірка коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента				
	Чисельне значення	$S^2_{b_i}$	t_{b_i}	Табличне значення коэф. Стюдента	Перевірка значущості
b0	20,33	0,418	31,456	1,886	Значний
b1	5,17	0,572	6,839	1,886	Значний
b2	2,25	0,572	2,975	1,886	Значний
b3	9,21	0,572	12,177	1,886	Значний
b12	0,46	0,783	0,520	1,886	Не значний
b13	1,98	0,783	2,238	1,886	Значний
b23	0,49	0,783	0,550	1,886	Не значний
b123	0,30	0,783	0,339	1,886	Не значний
b11	-1,22	1,435	1,016	1,886	Не значний
b22	-0,39	1,435	0,325	1,886	Не значний
b33	0,15	1,435	0,127	1,886	Не значний

Результати кодованих розрахункових експериментальних значень відгуку функції занесено до таблиці 4.

Таблиця 4. Результати кодованих розрахункових експериментальних значень відгуку функції

№ дос	$\bar{y}_u$, мкм	$\bar{y}_z$, мкм
1	44,1	38,9
2	20,6	24,6
3	35,7	34,4
4	17,9	20,1
5	12,2	16,6
6	5,8	10,2
7	9,7	12,1
8	4,5	5,7
9	28,4	36,6
10	8,1	14
11	30,2	23,1
12	14,7	17,6
13	46,6	31,5
14	3,8	9,1
15	22,6	20,3

III. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЮ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ФОРМОУТВОРЕННЯ МОЕМС-КОМПОНЕНТІВ

Для отримання поверхні відгуку кожен з трьох факторів було зафіксовано на нульовому рівні: $t=15$ хв, $v=35$ об/хв, $z=17$ мкм.

Підставивши ці значення, було розкодовано рівняння регресії, та отримано три рівняння з двома факторами [3].

Для декодування рівнянь (4-6) було проведено заміну x_i на натуральні значення:

$$x_1 = \frac{t-15}{5} = 0,2t - 3. \quad (4)$$

$$x_2 = \frac{v-35}{5} = 0,2v - 7. \quad (5)$$

$$x_3 = \frac{z-17}{15} = 0,057z - 1,13. \quad (6)$$

Після декодування (формула 7) стала мати вигляд:

$$y(t,v,h) = 20,33 + 5,17(0,2t-3) + 2,25(0,2v-7) + 9,21(0,057z-1,13) + 1,98(0,2-3)(0,005z-1,13). \quad (7)$$

Після виконання перетворень і скорочень, отримаємо рівняння (8-11):

$$y(t,v,h) = 0,58652 \cdot 15 + 0,45v + 0,1635z + 0,0198tz - 14,6251 \quad (8)$$

$$y_t=15(v,z) = 0,45 \cdot v + 0,4605 \cdot z - 5,8273 \quad (9)$$

$$y_v=35(t,z) = 0,58652t + 0,1635z + 0,0198tz + 1,1249 \quad (10)$$

$$y_z=17(t,v) = 0,92312 \cdot t + 0,45 \cdot v - 1,1249 \quad (11)$$

IV. ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Побудовані за отриманими рівняннями поверхні відгуку представлені на рисунках 1

(двовірному варіанті) 2– 4 (тривимірному варіанті).

За отриманими графіками було проведено оцінку впливу кожного фактору (або комбінації факторів) технологічних операцій на параметри формоутворення МОЕМС-компоненту.

Було визначено величини та комбінацію факторів для отримання запланованої шорсткості дослідного зразка.

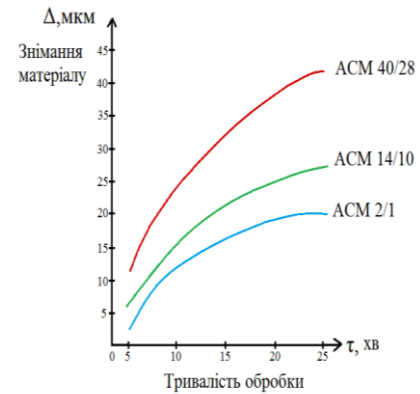


Рис.1. Залежність знімання матеріалу від тривалості обробки

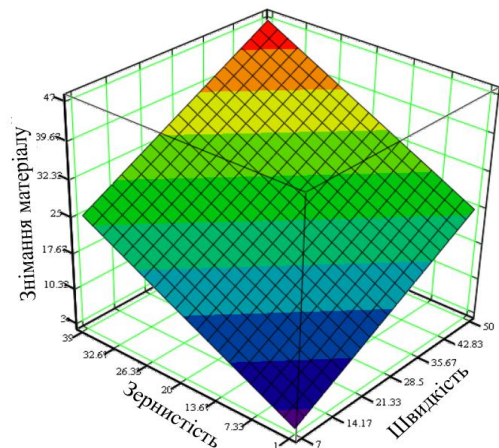


Рис.2. Поверхня відгуку при фіксованому значенні часу обробки

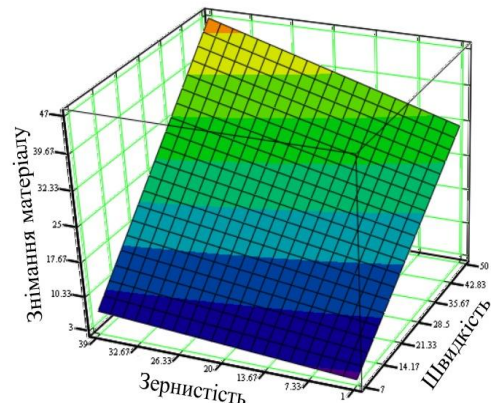


Рис.3. Поверхня відгуку при фіксованому значенні швидкості обороту шпинделя

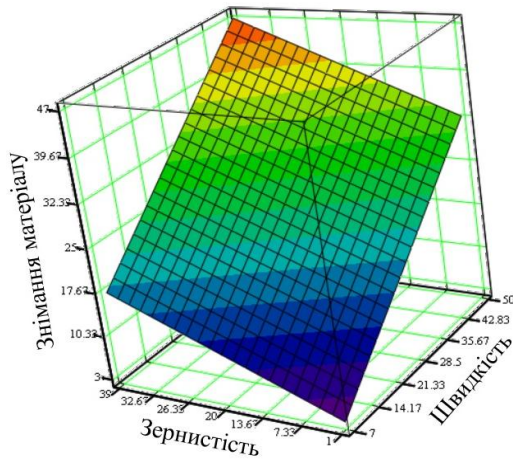


Рис.4. Поверхня відгуку при фіксованому значенні зернистісті алмазної пасту

V. ВИСНОВКИ

У статті представлено результат дослідження впливу параметрів технологічних операцій шліфування та шліфування на параметри формування компонентів MOEMS.

Моделювання дозволяє визначити заданий і величину вхідних параметрів для отримання заданих значень шорсткості вихідного зразка.

Результати моделювання можуть бути корисними при плануванні технологічних процесів виробництва функціональних світловідбиваючих елементів MOEMS. Це дослідження дасть можливість визначити точні значення параметрів формування компонентів, наприклад, дзеркал, для мікро-оптоелектромеханічних вимикачів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] A.I. Filipenko and B.A. Malik, "Precision Control of the Components of the Fiber-Optic Data Transmission System," *Telecommunications and Radio Engineering*, vol. 51, no. 4, pp. 29-31, 1997.
- [2] T. Bifano, "Shaping light: MOEMS deformable mirrors for microscopes and telescopes," in *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, MEMS Adaptive Optics IV*, vol. 7595, San Francisco, 2010, pp.7595-02.
- [3] F. Zamkotsian, P. Lanzoni, R. Barette, M. Helmbrecht, F. Marchis and A. Teichman, "Cryogenic testing of MOEMS deformable mirror for future optical instrumentation," in *2017 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics (OMN)*, Santa Fe, NM, 2017, pp. 1-2.
- [4] A. Tortschanoff, M. Baumgart, D. Holzmann, C. Mayer, T. Sandner and A. Kenda, "Optical position detection for MOEMS scanner mirrors with arbitrary trajectories," in *2014 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics*, Glasgow, 2014, pp. 135-136.
- [5] M. Baumgart, and A. Tortschanoff, "Design rules for a compact and low-cost optical position sensing of MOEMS tilt mirrors based on a Gaussian-shaped light source," in *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, Modeling Aspects in Optical Metrology IV*, vol. 8789, Munich, 2013, p. 87890A.
- [6] I. Nevliudov, S. Maksymova, A. Funkendorf, O. Chala and K. Khrustalev, "Using MEMS to adapt ultrasonic welding processes control in the implementation of modular robots assembly processes", in *XIV-th International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, pp. 223-226, 2018.
- [7] A.I. Filipenko and O.V. Sychova, "The analysis of creation perspectives of photonic crystal fiber components", *8th International Conference on Laser and Fiber-Optical Networks Modeling (LFNM)*, pp. 143-145, 2006.
- [8] U. Koch, C. Hoessbacher, A. Emboras and J. Leuthold, "Optical memristive switches", *J Electrochem*, vol. 39, no. 1-4, pp. 239250.
- [9] YY. Zhao, M. Chen, F. Xia, L. Cai, X. Li, "Small Curvature Sensor Based on Butterfly-Shaped Mach-Zehnder", *Interferometer. IEEE Trans Electron Devices*, vol. 64, no. 11, pp. 4644-4649, 2017.
- [10] B. Malyk, O. Tokarieva and S. Malyk-Zamori, "Optical fiber structures performance enhancement under the conditions of ionizing radiation high power levels," in *Problems of Atomic Science and Technology*, no. 2 (114), 2018, pp. 13-18.
- [11] B. Malyk and S. Malyk-Zamori, "Matching elements development method investigation for electromagnetic field parameters conversion under emission launching into optical fibers of different types," in *2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkov, 2017, pp. 292-294.
- [12] I. Nevliudov, V. Bortnikova, O. Chala, and S. Maksymova, "Modeling MEMS Membranes Characteristics," *2018 XXVI-th International Ukrainian-Polish Scientific and Technical Conference CAD in machinery design implementation and educational issues (CADMD)*, Lviv, 2018, pp. 61-68.
- [13] Филипенко О. І. Технологічні фактори виробництва, що впливають на якість покриттів дзеркальних поверхонь МОЕМС-перемикачів / О. І. Филипенко, О. О. Чала, М. І. Відешин // Наукові нотатки. - 2017. - Вип. 57. - С. 178-183
- [14] Невлюдов И. Ш., Палагин В. А., Чалая Е. А. Технологии микросистемной техники (часть II) //Технология приборостроения. – 2015. – №. 2. – С. 5-10.
- [15] Filipenko O. I., Chala O. O., Videshyn M. I. Технологічні дефекти виробництва кремнієвих підкладок для функціональних відбиваючих поверхонь МОЕМС-перемикачів //Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – 2017. – Т. 2. – №. 42. – С. 61-63.
- [16] Filipenko, O., Chala, O., & Sychova, O. (2018, October). Some Issues of Dependencies of Loss from Technological Features of Optical Switches for Communication Systems. In *2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)* (pp. 599-603). IEEE

Розробка автоматизованої системи контролю відвідування університету

Андрій Бондарев, Кирило Хрустальов

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14., email: andrii.bondariev@nure.ua

Анотація: В роботі запропоновано автоматизовану систему для контролю відвідування університету працівниками та студентами.

Ключові слова: автоматизована система, контроль відвідуваності, смарт-картка, університет та його автоматизація.

I. ВСТУП

У сучасних реаліях питання автоматизації або спрощення і позбавлення від монотонної паперової тяганини стоїть досить гостро. Сьогодні нанотехнології та мехатроніка в цілому дійшли до мінімальних розмірів та максимальної технологічності тих чи інших пристроїв. Термін «смарт-картка» вживається для опису будь-якої картки, яка здатна пов'язати інформацію з певним додатком, таким як картки з магнітною смугою, оптичні карти, карти пам'яті та карти з мікропроцесором. Картка з магнітною смугою має смужку матеріалу магнітної стрічки, яку прикріплено до її поверхні. Це стандартна технологія, яка використовується для банківських карток і може зберігати дані, що неможливо оновити. Оптичні карти використовують певну форму лазера для читання та запису на карту. Карти пам'яті можуть зберігати різноманітні дані, які включають фінансову, особисту та спеціалізовану інформацію, але не можуть обробляти інформацію. Смарт-картки з мікропроцесорами виглядають як стандартні пластикові картки з вбудованою інтегральною мікросхемою та власною операційною системою (ОС) для стабільної роботи. Вони зберігають інформацію, здійснюють локальну обробку даних, що зберігаються, виконують складні обчислення. Ці картки мають форму «контактних» карток (для яких потрібен зчитувач карт) або «безконтактних» карток (які використовують радіочастотні сигнали для роботи). Мікропроцесорні картки необхідні для збереження та обробки даних.

II. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

Безконтактна смарт-картка – це карта, на якій чіп спілкується з читачем карт за допомогою індукційної технології, подібної до технології RFID (при швидкості передачі даних від 106 до 848 кбіт/с). Ці картки вимагають лише близькості до антени для завершення транзакції. Вони часто

використовуються, коли транзакції повинні бути оброблені швидко або вільно від руки, наприклад, у системах масового обігу документів, цінних паперів тощо, де смарт-картку можна використовувати не виймаючи її з гаманця.

Стандарт для безконтактних комунікацій із смарт-картками є ISO/IEC 14443. Він визначає два типи безконтактних карток («А» та «В») і дозволяє здійснювати зв'язок на відстані до 10 см.

Мікропроцесорна смарт-картка визначається як контактна картка мікросхеми з мікропроцесором та пам'яттю. Ця смарт-картка за розміром з кредитну картку містить мікрочіп, який може обробляти та зберігати тисячі біт електронних даних. На відміну від пасивних пристроїв (наприклад, карти пам'яті або картки з магнітною смугою), які можуть зберігати лише інформацію, смарт-процесор мікропроцесора активний і здатний обробляти дані у відповідь на дану ситуацію. Ця можливість записувати та змінювати інформацію у власній енергонезалежній, фізично захищеній пам'яті робить смарт-картку потужним і практичним інструментом. Смарт-картки (рис. 1) невеликі та портативні, вони можуть взаємодіяти з комп'ютерами та іншими автоматизованими системами, а дані, які вони несуть, можуть оновлюватись миттєво.

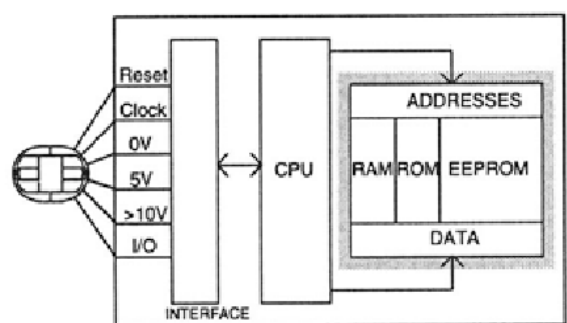


Рис.1. Архітектура мікропроцесорної смарт-картки

На пластикову смарт-картку записуються дані студента, які кодуються та зберігаються. Мікропроцесор потрібен для обробки відбитка пальця (FingerPrint) студента. У картці присутня бездротова технологія передачі даних, але щоб почався обмін даними, необхідно притулити палець до потрібного місця, зазначеного на картці. Це потрібно для того, щоб система була впевнена, що під час обміну перед нею знаходиться саме той

студент, якому потрібно здійснити обмін. Обмін здійснюється у декількох випадках: 1) при вході до університету. По-перше, картка дозволяє студенту пройти до університету, оскільки її виготовлено персонально для студентів, наприклад, для студентів ХНУРЕ. 2) при відвідуванні лекційних, практичних та лабораторних занять.

Компанія Japan Display Inc. (JDI) підготувала анонс цікавого рішення серед дактилоскопічних датчиків. Новинка поєднує напрацювання для датчиків відбитків пальців на скляній підкладці з ємнісним сенсором і технологією виробництва на гнучких пластикових підкладках (рис. 2). Саме такий датчик підійде до експериментальної електронної системи як сканер відбитку пальця. Датчик виготовлений на пластиковій основі товщиною всього кілька десятків мікрон. Він виконаний досить великим зі сторонами 10,5×14 мм, щоб зняти рисунок папілярних ліній обраного пальця «одним кадром». Сучасні дактилоскопічні датчики на кремнієвій підкладці аналогічного розміру з подібними можливостями були і залишаються крихкими для використання в областях, де гнучкі датчики будуть працювати роками без ризику розтріскатися, наприклад, вбудовані в смарт-картки.



Рис.2. Дактилоскопічний датчик на скляній підкладці з ємнісним сенсором

Таку технологію можливо використовувати для контролю відвідування університету студентами та працівниками. У картках запрограмовані дані про студента/працівника, якому вона належить. Дані разом із перевіркою на відбиток пальця відправляються до приймача. Якщо всі дані пройдуть перевірку на відбиток пальця та персоналізацію даних (приналежності до групи, де відбуваються заняття та інше), пристрій заносить дані студента до електронного журналу та відмічає його присутність.

Експериментальна автоматизована система NURE CARDS – саме таку назву вона повинна здобути, може бути застосована в університеті. Ця гнучка система підходить для викладачів та інших робітників університету. Багатофункціональна система може виконувати наступні дії: 1) вести персональні дані робітника, викладача чи студента – можливо буде просто прикласти смарт-картку до пристрою-приймача, який швидко відправить необхідні дані за запитом. 2) NURE CARD (рис. 3) зможе частково замінити залікову книжку. Мається на увазі, що нині існуючий електронний

журнал з готовністю до сесії з NURE CARD зможе стати повноцінним інформаційним порталом для студентів та викладачів. 3) NURE CARD викладачам буде простіше виставляти оцінки студентам та вся необхідна інформація буде передана до інформаційного порталу, де студенти зможуть дивитися на свої досягнення в навчанні. 3) університету буде простіше слідкувати за науковою діяльністю студентів і викладачів.

Технологія смарт-карток є зразковим інструментом Green IT. Це дуже звичний портативний об'єкт із досить тривалим життєвим циклом (від 3 до 10 років) та надзвичайно низьким рівнем споживання електроенергії (лише секунди та під час використання) і може бути доступний масово за дуже розумні витрати за одиницю.



Рис.3. Прототип студентської карти для автоматизованої системи NURE CARD університету радіоелектроніки

III. Принцип функціонування системи

Всі елементи системи працюють за принципами, на основі яких працює багато систем на виробництві, офісах або цілих компаніях. Якщо описувати все в прямій послідовності, то студенту спочатку необхідно пройти через турнікети входу в університет, відзначитися на лекції, лабораторній роботі або практиці та по закінченню всіх необхідних справ покинути приміщення університету за допомогою NURE CARD. Елементами автоматизованої системи контролю є: смарт-картка «NURE CARD», термінал-приймач і університетський сайт. Смарт-картка повинна виготовлятися на партнерському виробництві за технологією, яку описано в запропонованому проекті за оптовою закупівлею. Таким чином виготовляються й термінали-приймачі для роботи зі смарт-картками.

На рис. 4 наведено приклад побудови терміналу-приймача, де: 1 – корпус приймача; 2 – індикатори обробки сигналу (завантаження); 3 – область взаємодії приймача та смарт-карти, місце куди необхідно прикласти карту; 4 – дисплей приймача, де відображається текст про результат процедури порівняння даних; 5 – кнопка включення і виключення приймача; 6 – кнопка перезавантаження приймача.

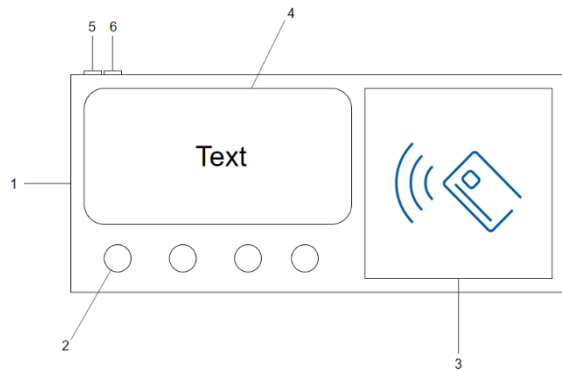


Рис.4. Зовнішній вид терміналу-приймача

Термінали-приймачі є посередниками між програмним забезпеченням (ПЗ), встановленим на пристрій адміністрації університету, викладача або охорони та самою смарт-карткою. При включеному стані всіх елементів системи, коли студент прикладає свою персональну смарт-картку до вказаного місця на терміналі й водночас свій палець, починається процес взаємодії картки, терміналу та ПЗ. Приймач отримує сигнал від смарт-картки та відправляє його на обробку до комп'ютера. Комп'ютер виробляє логічне порівняння тих даних, які він отримав і тих, які є в базі даних на певному рівні доступу. Якщо все збігається, тоді приймач видає повідомлення про успішну або неуспішну ідентифікацію особистості.

До університету надходять так звані «заготовки» – смарт-картки з мікроконтролером і пам'яттю, але без прошивки та програмного забезпечення, отже в картці не буде взагалі ніяких записів. Картки будуть програмуватися в університеті за одним принципом. Різні будуть тільки персональні дані і відбиток пальця кожного студента. Студенту необхідно прикласти свою персональну смарт-картку до терміналу-приймача, який пов'язаний з персональним комп'ютером викладача або охорони. У викладачів має бути пристрій, що працює на операційній системі Windows, Linux, Android або IOS, куди викладачі зможуть завантажити ПЗ, спеціально розроблене для роботи з базами даних студентів, в якому будуть зберігатися їх ПІБ та відбиток пальця. У ПЗ буде кілька рівнів доступу: для адміністрації університету, для викладачів і для охорони. Для охорони база буде загальна, тобто не буде поділу на факультети, спеціальності та групи. У викладачів база студентів буде та, до якої вони прив'язані університетом (рис. 5).

Тобто по суті існує тільки три варіанти використання смарт-картки: 1) прихід студента в університет; 2) відвідування лекції, лабораторної роботи або практики; 3) час, коли студент покидає університет. У першому і третьому випадку інформація передається в університетський журнал відвідувань університету і загальної кількості людей, які перебувають в університеті.



Рис.5. Загальна структурна схема автоматизованої системи контролю

Сам електронний журнал і його роль перероблені повністю, але деякі елементи збереглися. Елементами оновленого електронного журналу є: повний список груп, предметів, студентів, викладачів, а також оцінок, відвідування, теми лекцій, лабораторних і практик. Тепер все організовано на електронному рівні, де зникає необхідність у використанні ряду паперової документації, канцелярії і витрат на неї, а також звільнення від монотонної роботи і людино-годин, необхідної для заповнення всієї паперової документації. Дані про відвідування студентом предмета, а також інформація про здачу тих чи інших робіт, може редагуватися, але тільки викладачем, який відповідає за даний предмет. Таким чином можна зробити висновок, що журнали, які ведуть старости груп і позначки, які роблять там викладачі, тепер не потрібні. Відпадає необхідність в залікових книжках, оскільки вся необхідна інформація занесена в електронному вигляді на смарт-картку та при необхідності (наприклад під час іспиту) викладач може її запросити для зчитування через персональний термінал-приймач, а студент повинен її надати, після чого викладач може оцінити роботу студента. Слід зауважити, що в оновленому електронному журналі не буде інформації про місцезнаходження студента в університеті. Дана інформація буде зберігатися на службовому комп'ютері університету, яким адміністрація університету зможе скористатися при необхідності.

IV. ВИСНОВКИ

Запропонована автоматизована система є простою, не потребує великих коштів та є доволі зручним методом ведення електронного журналу, де викладачі зможуть більше не відволікатися на паперову роботу та матимуть можливість оцінити студента прямо в електронному журналі на своїй сторінці користувача. Завдяки системі, що запропонована, викладачі зможуть робити найточнішу перевірку відвідування студентом лекцій, лабораторних робіт, практики. Адміністрація університету зможе контролювати кількість студентів, які в час перевірки знаходяться

в університеті. Гнучка та універсальна система не займає багато місця, має зручний інтерфейс, є безпечною системою, де всі персональні дані закодовані. Розроблена система дає вірну інформацію про студента, його успішність та відвідування університету.

З появою NURE CARD та електронного журналу відвідувань можливо не вести паперові журнали, залікові книжки, документацію, а також більше не треба буде робити багато монотонної роботи, закуповувати папір та іншу канцелярію, що дозволяє заощаджувати кошти та час на їх придбання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Чарльз Платт. Электроника. Логические микросхемы, усилители и датчики для начинающих [Текст] – 2015.

- [2] Валерий Шарапов. Датчики [Текст] – 2012.
 [3] Wolfgang Rankl, Wolfgang Effing. Smart Card Handbook [Текст] – 2010 - 4th Edition
 [4] Development of Flexible Fingerprint Sensor [Електронний ресурс] / Japan Display Inc. – Режим доступу: [www/ URL: https://www.j-display.com/english/news/2019/20190509.html](http://www.j-display.com/english/news/2019/20190509.html) / 09.05.2019.
 [5] Types of Smart Card [Електронний ресурс] / CardLogix Corporation. – Режим доступу: [www/ URL: http://www.smartcardbasics.com/smart-card-types.html](http://www.smartcardbasics.com/smart-card-types.html).

Процеси деградації окисних плівок на поверхні метал/оксид

Ігор Невлюдов, Валерій Гурін, Дмитро Гурін

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, ,
 Харків, пр. Науки 14, УКРАЇНА, e-mail: dmytro.gurin@nure.ua

Анотація: У тезах представлені результати досліджень деградації окисних діелектриків Nb_2O_5 та Ta_2O_5 викликаних термічною кристалізацією. Встановлено, що розчинення кисню в ніобії та танталі сприяє пригніченню деградаційного процесу, пов'язаного з відновленням аморфного оксиду базовим металом. Показано, що в результаті окисно-відновних реакцій на міжфазних межах шаруватої структури кисень з оксиду дифундує в метал, окислюючи останній. Сам оксид при цьому відновлюється, що призводить до локальних порушень хімічного складу оксиду.

Ключові слова: ніобій, тантал, деградація, оксидний діелектрик, кристалізація.

I. ВСТУП

Основу елементної бази радіоелектроніки складають різноманітні прилади на основі структур метал-окисел-напівпровідник (МОН структури). Одними з таких елементів є окисно-напівпровідникові конденсатори (ОНК), які знаходять широке застосування в радіоелектронній апаратурі завдяки оптимальному поєднанню їх електричних параметрів з габаритними розмірами, а також завдяки прийнятній цінovій політиці. Одним з напрямків розвитку ОПК є ЧІП елементна база. ОНК для поверхневого монтажу виконані за технологією ЧІП володіють оптимізованим

співвідношенням їх параметрів, що робить їх не замінними в інтегральній технології [1-4]. У зв'язку з цим до ОНК, що виконані за допомогою ЧІП технології пред'являються підвищені вимоги по надійності. Особливий інтерес викликає механізм деградації ОНК, що призводить до відмов в експлуатації. Виявлення цього механізму актуально не тільки для забезпечення безвідмовної роботи ОНК, але і для прогнозування часу напрацювання на відмову, що є важливим для розробників апаратури, що працює в екстремальних умовах [5]. Дослідження властивостей окисно-напівпровідникових конденсаторів базується на моделюванні процесів на плоских шаруватих структурах $\text{Me}(\text{O})/\text{a-Me}_2\text{O}_5$ виготовлених на полірованих пластинах з ніобію та танталу, з подальшим нанесенням напівпровідникового шару з оксиду марганцю. Напівпровідниковий оксид марганцю отримано шляхом піролітичного розкладання шестиводного розчину нітрату марганцю в діапазоні температур 150-250 °C [6]. Методика подібних досліджень докладно викладена в [7].

II. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження термічної кристалізації оксидного діелектрика шаруватої структури $\text{Me(O)}/\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$ при різній концентрації кисню в базовому металі проводилося за допомогою оптичних спостережень поверхні $\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$ з використанням поляризатора світла.

На рисунку 1 представлені мікрофотографії плівки $\alpha\text{-Nb}_2\text{O}_5$ вирощеної на поверхні ніобію.

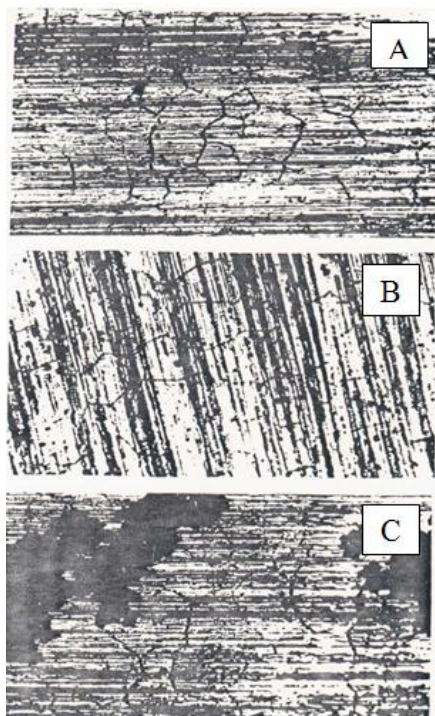


Рис. 1. Кристалізація $\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$ при отжигу структур з $\text{Me(O)}/\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$ з різним вмістом кисню в металі 0,05 ат.%(A), 0,2 ат.%(B), 1,6 % (C)

Аналіз мікрофотографії плівки $\alpha\text{-Nb}_2\text{O}_5$ вирощеної на поверхні ніобію з вмістом кисню 0,05 ат.%(A), 0,2 ат.%(B), 1,6 % (C) та підданої часовому відпалу на повітрі при $T = 800\text{ K}$ показав, що при збільшенні вмісту кисню в базовому металі кількість виділень кристалічної фази в аморфній матриці істотно зростає, хоча концентрація кисню у всіх випадках залишається нижче межі розчинності кисню в ніобії. Аналогічна ситуація спостерігається в шаруватих структурах на основі твердого розчину кисню в танталі.

Як було встановлено причиною зниження стабільності аморфного стану плівок $\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$ при наявності кисню в базовому металі є гетерогенність структури та хімічного складу базового металу. Такі включення, як правило, формуються на стадії охолодження зразків після високотемпературного легування киснем та локалізуються на межі кристалічних зерен металу, дислокаціям, деяким домішкам заміщення тощо. Місцем підвищеного вмісту кисню є також приповерхнева область металу, оскільки зростання плівки Me_2O_5 при анодному окисненні металів частково відбувається вглиб металу - підкладки

[8], то розташовані поблизу поверхні металу включення потрапляють в обсяг оксидної плівки. Такі включення є ефективними центрами кристалізації аморфного діелектрика та обумовлюють його прискорену кристалізацію, що призводить до деградації діелектричного шару та, як правило, до появи струмів витоку через структуру.

Встановлено, що, з одного боку, присутність кисню в базовому металі зумовлює підвищення енергетичного бар'єру для кисню на границі $\text{Me(O)}/\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$ зниження потоку кисню з Me_2O_5 в Me(O) отже, підвищення стійкості шаруватих структур до деградації, пов'язаної з частковим відновленням плівки $\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$ в зв'язку з появою в них включень кристалічних оксидних фаз вже на стадії вирощування аморфних оксидів.

Деградаційні процеси полягають в протіканні окисно-відновлювальних реакцій на межі поділу контактуючих фаз. Ці реакції обумовлені відсутністю термодинамічної рівноваги між чистим металом. В результаті окисно-відновних реакцій на міжфазних межах шаруватої структури кисень з оксиду дифундує в метал, окислюючи останній.

Сам оксид при цьому відновлюється. Це призводить до локальних порушень хімічного складу оксиду, тобто до появи кисневих «вакансій», які під дією градієнта хімічного потенціалу дифундує через шарувату структуру у вигляді іонів. При досягненні «вакансіями» міжфазної межі $\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5/\text{MnO}_2$ відбувається їх заміщення за рахунок екстракції кисню з напівпровідника, яка обумовлює структурні перетворення в найтоншому межуючому з діелектриком шарі оксиду марганцю. [9,10].

III. ВИСНОВКИ

Розчинення кисню в ніобії та танталі сприяє пригніченню деградаційної процесу, пов'язаного з відновленням аморфного оксиду базовим металом. Це обумовлено зменшенням градієнта хімічного потенціалу кисню та підвищенням енергетичного бар'єру для кисню на межі $\text{Me(O)}/\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$ в порівнянні з межею $\text{Me}/\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$ з цим інтенсифікуються деградаційні процеси, пов'язані з кристалізацією аморфної фази. Отриманий результат дає підставу вдосконалити технологічний процес виготовлення ОНК в процесі формування анодів конденсаторів при високотемпературному відпалі з подальшим легуванням вихідної структури киснем на стадії охолодження, що дозволить підвищити експлуатаційну надійність конденсаторів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Landsberge L. M., Ghayou R., Sayedi M., et al. (1982), MOS (Metal Oxide Semiconductor), Physics and Technolog, New Jersey, 906 p.

- [2] Belenky, B., Gorbunov. N. (2008), "Tantalum capacitors - problems and prospects" ["Tantalovyie kondensatory – problemy i perspektivy"], Electronics. Science, technology, business, Issue №: Element base of electronics.
- [3] Compal, T., "Tantalum capacitors: application features", available at: <https://www.compel.ru/lib/articles/tantalovyie-kondensatoryi-osobennosti-primeneniya> (last accessed 12.10.2018).
- [4] "Oxide-semiconductor capacitors: types and advantages" ["Kondensatory oksidno-poluprovodnikovyye: vidy i dostoinstva"]: www.lectramist.com/oksidno-poluprovodnikovyye-kondensatoryi-tipy-preimushchestva/ (last accessed 12.10.2018).
- [5] I. Nevliudov, V. Gurin, D. Gurin. Method of failure diagnostics of tantalum oxide – semiconductor capacitors with solid dielectric. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. -2018. -№ 4 (6)-с.57-61
- [6] Гурін В.Н. Стабилизация параметров окисно-полупроводниковых конденсаторов [Текст]/В.Н. Гурін.-Радиоэлектроника и информатика.-№6-2002.С.53-55
- [7] B.T.Boiko, P.A. Pancheha, V.R.Kopach, and Yu.L.Pozdeev. Transformations in a Metal/Insulator/Semiconductor structure with an amorphous insulator film caused by contacts, -Thin Solid Films, 130 (1985) 341-355.
- 8.Одынец Л.Л., Орлов В.М. Анодные окисные пленки – Л.: Наука, Ленинградское отделение. -1990.-С.200
- [9] Юнг Л. Анодные окисные пленки// - Л.: Энергия.-1967.232 с.
- [10] Smyth D.M. Solid –state oxidation of tantalum- Journ.Electrochem.Soc.-1966.-Vol.113.-No.1-p.19.

Застосування інформаційних технологій в нафтогазовій промисловості

Анна Кугір, Кирило Хрустальов

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14, email: anna.kuhir@nure.ua

Анотація: Розглянуто сучасні інформаційні системи, які займають провідні позиції в сфері нафтогазової промисловості та стосуються більшості аспектів нафтогазових операцій, від видобутку до переробки нафтогазової продукції. Досліджено інформаційні технології, які використовуються для оптимізації процесів і підвищують ефективність нафтогазових операцій.

Ключові слова: інформаційні технології, інформаційні системи, нафтогазова промисловість.

I. ВСТУП

Інформаційні технології (ІТ) відіграють велику роль в підвищенні продуктивності у багатьох секторах економіки. У сучасному світі без нафтової продукції неможливе успішне функціонування ні світової економіки, ні світової політики, ні світових транспортних зв'язків.

Нафтогазова промисловість забезпечує пошук та розробку родовищ нафти та газу, їх транспортування. Завдяки поєднанню фізичних та хімічних процесів, забезпечує переробку та виробництво нафтопродуктів, а саме: бензину, газу, дизельного палива, мазуту, які відповідають вимогам якості та технічному завданню споживача.

ІТ дуже впливають на нафтогазові операції. Наприклад, надають можливість зростання швидкості видобутку сирої нафти з існуючих свердловин або забезпечують додаткові засоби для виявлення нових свердловин. Застосування ІТ в сфері нафто- і газопереробки зводяться до автоматизації контролю та реєстрації, успішно поєднуються з автоматизованими системами управління, що розробляються для вирішення задач підприємств нафтогазопереробної промисловості в цілому. В свою чергу, автоматизовані системи управління забезпечують наступні функції:

- підрахунок кількості нафти, яка надійшла, ґрунтуючись на даних датчиків вимірювання ваги;
- прийом і перекачування нафти;
- регулювання запірної арматури з електроприводом;
- управління роботою насосних агрегатів;
- діагностика роботи компонентів системи;
- створення бази даних аварійних ситуацій (журнал зміни контрольованих параметрів, формування таблиць даних);
- запобігання аварійним ситуаціям;
- контроль роботи пожежних систем безпеки;

- аналіз хімічного складу нафти.

Типову структуру автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУ ТП) нафтопереробного виробництва наведено на рисунку 1:



Рис.1. Структура АСУ ТП нафтопереробного виробництва

Основними вимогами до АСУ ТП в умовах нафтопереробного виробництва є використання контролерів з розвинутою системою віддаленої периферії і можливостями високошвидкісного обміну з локальними станціями управління технологічного та приводного обладнання.

II. ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Інформаційні системи дозволяють виконувати основні задачі, що постають перед організаціями, які їх експлуатують, наприклад:

- розробка 3D-моделей обладнання та структури підприємства, технологічних схем, креслень, які дозволяють візуально представляти дані;
- створення єдиного інформаційного простору для конкретного об'єкта;
- накопичення та зберігання даних, автоматична підготовка звітності;
- обробка даних, що отримані фахівцями після діагностики технологічного обладнання для стеження за станом кожного об'єкта;
- інформаційний супровід ремонтних робіт і технічного обслуговування, що скорочує ймовірність виникнення аварійних несправностей;
- планування та оптимізація грошових витрат на підприємстві, процесів закупівель;
- підтримка єдиного пристрою для доступу до конкретної інформації, обміну даними між суміжними організаціями;
- технічний супровід симуляторів, які дозволяють вивчати технологічні процеси в максимально наближених до реальності умовах.

Розглянемо SCADA-технології для видобутку нафти (рис.2). Додаток, що отримує операційні дані про систему для управління та її оптимізації [1] складається з наступних підсистем:

- інтерфейс людина-машина (HMI – Human-Machine Interface, ЛМІ) – пристрій, який представляє дані про процес оператору людини і,

таким чином, дозволяє контролювати процес. Проектування ЛМІ включає в себе: створення робочого місця: крісла, стіл, або пульта управління, розміщення приладів і органів управління. Далі розглядаються взаємодія оператора з усіма органами управління: їх доступність, ефективність і швидкість доступу, узгодженість управляючих дій;

- наглядова комп'ютерна система, що приймає дані про процес і надсилає керуючі команди в процес;
- віддалені термінальні блоки, що підключаються до датчиків у процесі, перетворюють сигнали датчиків у цифрові дані та передають їх до наглядової системи;
- програмований логічний контролер (ПЛК), що використовується як польовий пристрій;
- інфраструктура зв'язку, що підключає систему нагляду до віддалених термінальних блоків.

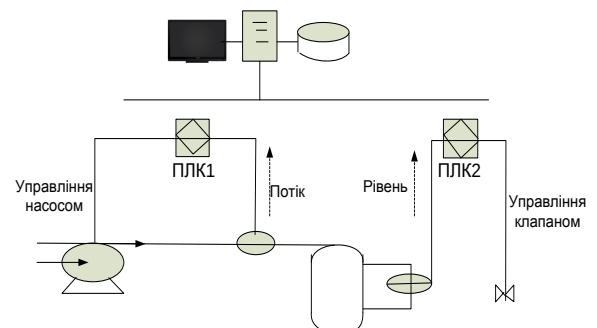


Рис.2. Структурна схема роботи технології SCADA

На рисунку 2 ПЛК1 порівнює вимірюваний потік із заданою величиною, керує швидкісним насосом так, щоб відповідати витратам потоку. ПЛК2 порівнює вимірюваний рівень із заданою величиною, регулює потік через клапан, щоб відповідати заданому рівню [2].

SCADA-технології з використанням послуг супутникових телекомунікаційних провайдерів дозволяють пов'язувати нафтові родовища та керувати ними з центрального розташування [4]. Приклад такої системи наведено на рисунку 3.

Сучасні SCADA-пакети виконують багато функцій, які можна розділити на групи [5]:

- налаштування SCADA на певне завдання;
- диспетчерське управління;
- автоматичне управління;
- зберігання історії процесів;
- виконання функцій безпеки;
- виконання загальносистемних функцій.



Рис.3. Приклад SCADA-технології з використанням послуг супутникових телекомунікаційних провайдерів

Незважаючи на безліч функцій, які виконуються SCADA, головною її перевагою є наявність інтерфейсу з користувачем [5].

Досягнення в області та масштабах нафтогазових реалізацій SCADA видно в видобувних середовищах, в тому числі в швидкозростаючих сланцевих родовищах. Ці екземпляри SCADA стикаються з виробничими процесами, а також перетинаються з бізнес-операціями. Іншими словами, SCADA не тільки є засобом управління процесом, а й відіграє важливу роль у координації операцій [3].

Компанії з автоматизації та обслуговування, а також дрібні підприємницькі постачальники роблять ставку на те, що SCADA стане потужним платформеним рішенням для упорядкованих операцій на різних етапах поставки нафти та газу. Поліпшення контролю та координації складних операцій означає зниження витрат на видобуток сировини.

У зв'язку з тим, що системи SCADA здійснюють збір та обмін даними, використовуючи глобальну мережу, існує суттєвий недолік цієї технології, а саме, низький рівень захисту інформації, що, при кібер-атаці, може призвести не тільки до втрати даних, але й до відмови в роботі мереж життєзабезпечення. Ця проблема виникла через уразливість аутентифікації вузлів, слабого захисту паролів. Велика частина таких вразливостей пов'язана з використанням стандартних інженерних паролів, встановлених виробниками на приладах промислової автоматики [6].

Для вирішення цієї проблеми запропоновано використання більш безпечного способу передачі інформації між компонентами (станцією-хабом (центральним розташуванням) та віддаленими терміналами), які розташовуються окремо на кожній свердловині. Прикладом такої системи є спосіб передачі даних з використанням аутентифікації кожного компонента системи та криптографічних алгоритмів шифрування.

Така система працює наступним чином:

1. Існують 3 компонента: сервер додатку для станції-хаба, користувач (свердловини, на кожній з яких розташований прилад, що дозволяє за допомогою подачі запиту на доступ до центрального розташування працівником станції, отримати свій token – електронний ключ доступу), сервер аутентифікації (рис. 4).

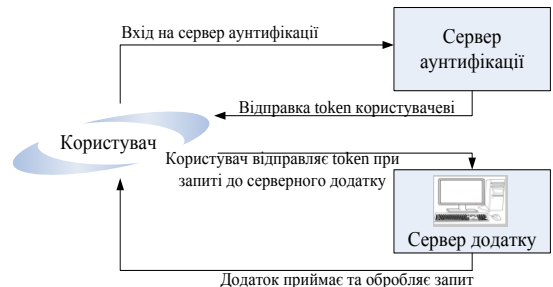


Рис.4. Структура системи безпеки

2. Працівник станції, використовуючи прилад, який розташований на свердловині, заходить на сервер аутентифікації за допомогою логіна і пароля, які для кожної свердловини підбираються унікально;

3. Сервер аутентифікації створює token і відправляє його користувачеві;

4. Користувач робить запит до станції-хабу та додає до нього отриманий token;

5. Сервер додатку перевіряє отриманий token, щоб він був саме таким, яким його створив сервер аутентифікації. Оскільки додаток знає секретний підпис, коли користувач робить API-запит з доданням до нього токеном, він перевіряє підпис, порівнюючи його зі своєю власною, обчисленою хешуванням. Якщо підписи збігаються, token валідний, тобто прийшов від перевіреного джерела. Якщо підписи не збігаються, це є ознакою потенційної атаки [7].

6. Дані передаються в зашифрованому вигляді: на вхід алгоритму надходить відкритий текст і ключ, у вигляді якогось значення. На виході отримуємо зашифроване повідомлення. При дешифруванні, важливо використовувати той же самий ключ шифрування. При застосуванні його до іншого алгоритму дешифрування, з шифротексту отримується відкритий текст назад [8].

III. ВИСНОВКИ

Ефективне використання інформаційних технологій в нафтогазовій промисловості допомагає вирішувати складні задачі, що пов'язані з видобутком і постачанням нафтових ресурсів, сприяють ефективному видобутку нафти з існуючих родовищ та допомагають у пошуку нових родовищ. Нафтогазові компанії зацікавлені в розвитку інформаційних технологій, оскільки ефективність і сучасність інтелектуальних технологій дозволяє вирішувати безліч проблем на виробництві ще до їх виникнення.

Інформаційні системи дозволяють зберігати та маніпулювати різними рівнями даних про закупівлю та доставку сирової нафти, переробці і розподілі кінцевих продуктів. Отримані дані включають ціни на сирову нафту, запаси, вартість доставки та інше. Використання таких систем на нафтопереробних заводах сприяє збільшенню виходу нафтопродуктів з мінімізацією шкідливих викидів. При транспортуванні й розподілі ІТ запобігають втратам і допомагають оптимізувати зберігання та остаточну доставку нафтопродуктів кінцевим споживачам.

У перспективах розвитку ІТ-інфраструктури нафтогазової галузі в першу чергу лежить автоматизація повного спектру робіт, що пов'язані з розробкою, видобутком, транспортуванням і переробкою нафти й природного газу.

Зацікавлені сторони нафтогазової галузі повинні активізувати зусилля в області досліджень в нафтовому секторі, що спрямовані на розробку та впровадження нових цінних рішень в області інформаційних систем і технологій для нафтогазової галузі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] What is SCADA? [Електронний ресурс] / Електрон.текстові дані – AVETA Group, 2019 – Режим доступу: [www/ URL: https://sw.aveva.com/monitor-and-control/what-is-scada](http://www.aveva.com/monitor-and-control/what-is-scada)
- [2] Efraim Turban, Dorothy Leidner, Ephraim McLean, James Wetherbe, «Information Technology for Management: Transforming Organizations in the Digital Economy», 3rd edit., John Wiley & Sons, Inc., pp.10-15. ISBN 978-0-471-78712-9.
- [3] Ерёмин Н.А. Управление разработкой интеллектуальных месторождений нефти и газа: учебное пособие М.: РГУ нефти и газа. [Кн. 1]. 2011. – С. 198.
- [4] Matthew K. Luka, Ibikunle A. Frank, “ Impact of ICTs on Banks: A Case Study of the Nigerian Banking Industry”, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol.3, №9, 2015.
- [5] Пользовательский интерфейс, SCADA-пакеты [Електронний ресурс] / Електрон.текстові дані – RLDA Ltd. Режим доступу: [www/ URL: https://www.bookasutp.ru/Chapter9_4.aspx](http://www.bookasutp.ru/Chapter9_4.aspx)
- [6] Файсханов И.Ф. Основы управления процессом аутентификации пользователей в социальных и экономических системах: сб. докладов X Международ. конф. «Российские регионы в фокусе перемен». Екатеринбург, 2015. С. 1108–1112.
- [7] Пять простых шагов для понимания JSON Web Tokens / [Електронний ресурс] Електрон.текстові дані – Habr, 2006 – 2019 – Режим доступу: [www/ URL: https://habr.com/ru/post/340146/](http://www.habr.com/ru/post/340146/)
- [8] Введение в криптографию и шифрование, часть первая/ [Електронний ресурс] Електрон.текстові дані – Habr, 2006 – 2019 – Режим доступу: [www/ URL: https://habr.com/ru/company/yandex/blog/324866/](http://www.habr.com/ru/company/yandex/blog/324866/)

Исследование первичных измерительных преобразователей концентрации водорода

Эльчин Меликов, Тофик Сеидов

Кафедра Управление и инженерия систем, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Баку, пр. Азадлыг 20, АЗЕРБАЙДЖАН, e-mail: elchin03@mail.ru

Аннотация. Исследованы первичные измерительные преобразователи концентрации водорода. Существующие преобразователи делают возможным проведение газового анализа, однако, используемый в них, импульсный метод ввода проб неприменим в создании системы автоматического аналитического контроля, требованием которого является непрерывность потока анализируемой смеси.

В процессе исследования выявлена необходимость поддержания электродомембранного блока во влажном состоянии при условии диффузионной подачи анализируемой газовой смеси, а также необходимость применения дополнительных газов, для обеспечения инвариантности выходного сигнала к побочным

компонентам смеси. Предлагается схема, согласно которой электрохимический элемент, реализующий ее имеет выходной электрический сигнал генераторного типа, формируемый при постоянной подаче в преобразователь водородсодержащего газа, величина которого является функцией концентрации водорода в этой смеси. Особенностью этой схемы является исключение из цикла вспомогательного газа.

Ключевые слова: электрохимический процесс, первичный измерительный преобразователь, газовый детектор, концентрация, газовая смесь, газоноситель, селективный процесс, автоматический аналитический контроль.

I. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что механизм электрохимических процессов, протекающих в топливном элементе, обладает хорошими селективными свойствами. Данное свойство в сочетании с высоким значением электродных потенциалов, а также возможностью протекания реакции при низкой температуре (порядка $20\div 60^\circ\text{C}$) являются основополагающими для принятия решения об использовании процессов, называемых “холодным горением”, для построения на базе топливных элементов универсальных газовых детекторов, возможных к применению в автоматическом аналитическом контроле.

Существуют первичные измерительные преобразователи, представляющие собой небольшой модуль, в составе которого имеются две камеры проточного типа, которые разделены электродо-мембранным блоком, состоящем из ионообменной мембраны и двух активных электрохимических электродов в виде сетки, напессованных на мембрану.

Измерительную информацию в этой системе получают путем подключения к электродам внешней цепи содержащей нагрузочное сопротивление R_n и измерением тока в этой цепи. Эта схема измерения является наиболее универсальной и в соответствии с требованиями, предъявляемыми к решению конкретных задач может быть видоизменена.

В случае, когда ставится задача селективного измерения концентрации водорода в многокомпонентной газовой смеси, не содержащей кислорода, первичный измерительный преобразователь выполняют с электродо-мембранным блоком в симметричной форме и выбирают для изготовления элементный состав одного типа.

В качестве материала из которого изготавливают электроды выбирают металлы, входящие в платиновую группу (возможно использование палладиевой или платиновой черни), а при выборе ионообменной мембраны предпочтение отдается кислотным мембранам водородной формы.

Нагрузочное сопротивление выбирается в диапазоне $0,1\div 1$ кОм и служит для измерения коэффициента передачи первичного преобразователя.

Данная схема реализует непрерывный метод измерения, что характеризуется постоянством подачи анализируемой газовой смеси и вспомогательного газа. В ряде случаев данное устройство исполняют с дискретным вводом, в поток вспомогательного газонесителя, анализируемого газа для придания качественно новых свойств измерительной системе и расширению его функциональных возможностей. Возможна различная реализация схем с дискретным вводом анализируемого газа.

В первичном преобразователе, используемом в качестве газового детектора в хроматографии, в

качестве газонесителя в хроматографической колонке применяют воздух или водород, что обуславливается отсутствием ионизации на электродо-мембранном блоке различных от газонесителя смесевых компонентов, а соответственно изменение их концентрации не ведет к изменению сигнала устройства за счет изменения концентрации газонесителя. Данное свойство обуславливает инвариантность к качественному составу анализируемой смеси и определяет выходной сигнал количественным значением молекул, прошедших через преобразователь.

Вышеописанные преобразователи делают возможным проведение газового анализа, однако, используемый в них, импульсный метод ввода проб неприменим в создании системы автоматического аналитического контроля, требованием которого является непрерывность потока, протекающей через преобразователь анализируемой смеси [1-3].

Для создания измерительных устройств с непрерывным режимом газоанализа были проведены широкие исследования в области измерительных электрохимических систем, результаты которых дали возможность создания преобразователей нового типа. В процессе исследования была выявлена необходимость поддержания электродомембранного блока во влажном состоянии при условии диффузионной подачи анализируемой газовой смеси, а также необходимость применения дополнительных газов, для обеспечения инвариантности выходного сигнала к побочным компонентам смеси. Введение в систему дополнительных газов существенно ее усложняет и данное решение не является радикальным.

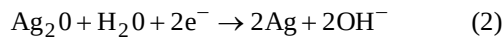
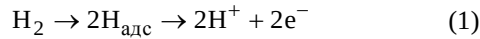
II. СХЕМА, РЕАЛИЗУЮЩАЯ СЕЛЕКТИВНЫЙ ПРОЦЕСС ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ

На рис. 1 представлена схема, реализующая селективный процесс измерения концентрации водорода в многокомпонентных газовых смесях, с возможностью как непрерывного, так и дискретного ввода. Данная гальваническая система состоит из иононосителя, заключенного между электродами, выполненными из различных материалов. Задача рабочего электрода заключается в ионизации водорода, протекающего по схеме, представленной формулой (1) и материал, из которого он выполнен, относится к металлам платиновой группы.

Задача вспомогательного электрода состоит в иницировании токообращения в ионообменной мембранной системе. Требования, предъявляемые к вспомогательному электроду: способность к выдерживанию больших нагрузок; потенциал

близкий к обратимому кислородному, что дает возможность системе быть к нему инвариантной.

Материалом, соответствующим вышеперечисленным условиям является оксид серебра (Ag_2O). Процессы, протекающие на нем и рабочем электроде, вместе имеют вид, представленный формулой (1).



Суммарная реакция электрохимической системы имеет вид:



В качестве иононосителя, заполняющего межэлектродное пространство, выбран квазитвердый электролит, способный быть как в H^+ , так и в OH^- форме.

Схема согласно которой данный элемент функционирует: вспомогательный электрод (Ag_2O) $\rightarrow$ иононоситель (H^+ (OH^-)) $\rightarrow$ рабочий электрод (Pt) $\rightarrow$ анализируемая газовая смесь.

Электрохимический элемент, реализующий данную схему, имеет выходной электрический сигнал, генераторного типа, формируемый при постоянной подаче в преобразователь водородсодержащего газа, величина которого является функцией концентрации водорода в этой смеси. Отличительной особенностью этой схемы является исключение из цикла вспомогательного газа.

Первичный измерительный преобразователь представленный на рис. 1. состоит из корпуса (1), внутри которого находится ионообменная мембрана в (OH^-) форме (3), по краям которой размещены электроды: рабочий (4) и вспомогательный (5). Выходной сигнал измерительной системы фиксируется регистратором (6), включенным во внешнюю цепь, подключенную к электродам.

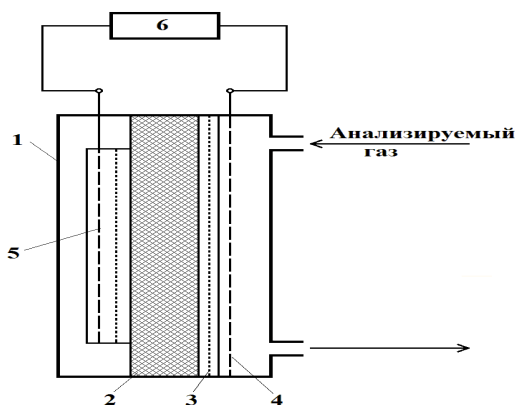


Рис. 1. Первичный преобразователь без вспомогательного газа

По результатам экспериментов данный первичный измерительный преобразователь способен решать задачу газоанализа в диапазоне $0 \div 6\%$ об. H_2 и погрешность измерения при этом составляет менее 3%.

Данный диапазон определен линейностью статической характеристики преобразователя в этом интервале. Однако в ряде случаев возникает необходимость измерения концентрации водорода в более широком диапазоне. Исследования показали необходимость уменьшения концентрации водорода в активной зоне реакции в случае, если существует потребность в расширении линейного диапазона преобразователя.

Для достижения этой цели анализируемая смесь подается не непосредственно на электродо-мембранную систему, а через диффузионный барьер. В качестве диффузионного барьера возможно применение тонких полупроницаемых полимерных пленок. Материалом для этих пленок служат: полистирол, полипропилен, поликарбонат, фторопласт; а их толщина составляет порядка $6 \div 20 \mu\text{м}$.

III. ВЫВОДЫ

Данная схема, реализующая селективный процесс измерения концентрации в многокомпонентных газовых смесях позволяет существенно расширить диапазон измерения, вплоть до 100% об. H_2 и способствует возможности внедрения этого первичного измерительного преобразователя на современных технологических объектах управления для осуществления автоматического аналитического контроля концентрации водорода в газовых смесях.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Victor Manuel Hernandez-Guzman, Ramon Silva-Ortigoza. Automatic Control with Experiments. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2019, pp. 980-992.
- [2] Ахмеров О.С., Сафарова А.А., Аббасова С.А. Типовые объекты управления нефтеперерабатывающей отрасли. Баку: АГУНП, 2016, стр. 100-109.
- [3] William Bolton. Instrumentation and Control Systems. U.K.: Elsevier. 2004, pp. 244-252.
- [4] Supramaniam Srinivasan. Fuel Cells: From Fundamentals to Applications. U.S.A.: Springer US. 2006, pp. 653-662.

Аналіз материнських плат, що використовуються в сучасних FDM/FFF 3D принтерах

Дмитро Чікель

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки,
Харків, пр. Науки 14, УКРАЇНА, e-mail: dmytro.chikel@nure.ua

Анотація: В даних тезах проведено аналіз типів плат управління 3D принтера, їх структуру та призначення. Дані тези дадуть уявлення про ключові особливості плат управління.

Ключові слова: 3D-принтер.

I. ВСТУП

3D-друк або «аддитивне виробництво» – процес створення цілісних тривимірних об'єктів практично будь-якої геометричної форми на основі цифрової моделі. 3D - друк заснований на концепції побудови об'єкта послідовно нанесеними шарами, що відображають контури моделі. Фактично, 3D-друк є повною протилежністю таких традиційних методів механічного виробництва і обробки, як фрезерування або різка, де формування виробу відбувається за рахунок видалення зайвого матеріалу (т.зв. «субтрактивне виробництво»).

3D принтер – верстат з числовим програмним управлінням, що використовує метод пошарового створення деталі. 3D друк є різновидом адитивного виробництва і зазвичай відноситься до інструментів швидкого прототипування. 3D - друк може здійснюватися різними способами і з використанням різних матеріалів, але в основі будь-якого з них лежить принцип пошарового створення («вироснування») твердого об'єкта.

Необхідно забезпечити високу надійність, швидкодію та точність обробки вхідного G - коду, необхідно вибрати надійну швидкодіючу материнську плату для обробки даних операцій.

Основою для будь-якого 3D принтера є плата керування. В наш час різновидів плат керування, що використовуються в 3Dпринтерах існує велика кількість.

II. АНАЛІЗ ТИПІВ ПЛАТ КЕРУВАННЯ

Плата RepRap BIQU Rumba 3DP001V1 є автономною платою що може використовуватися з програмним інтерфейсом або за допомогою спеціальної прошивки. Завдяки вбудованому мікроконтролеру STM32 на базі ARM 32bit Cortex M4. Так само плата оснащена вбудованим підключенням з Wi-Fi, що дозволяє здійснювати управління 3D – принтером через смартфон або планшет. На рис. 1 зображена схема материнської плати STEVAL-3DP001V1[4]. Плата RepRap BIQU Rumba, ATMEGA2560 використовується для створення на її основі верстатів з числовим програмним управлінням, 3D принтерів, гравіювання або фрезерної машини і т.п.

Розташування на платі компонентів і складових частин контролера.

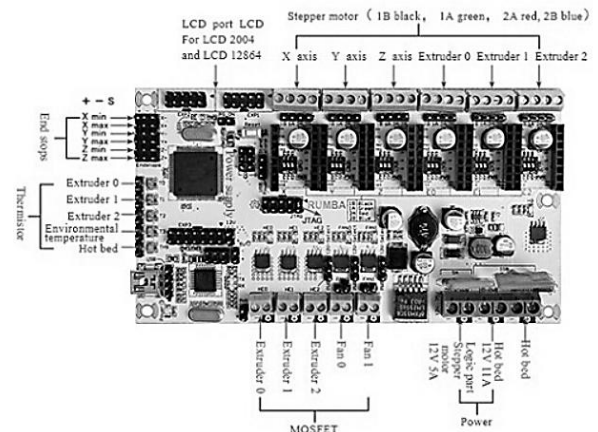


Рис. 1. Плата RepRap BIQU Rumba

Плата Rumba підтримує драйвери двигунів: DRV8825 и A4988. На платі є місця для встановлення 6 драйверів двигунів. Драйвери двигунів встановлюються підлаштування резисторами вниз. Провід двигунів вставляються в відповідні клеми і затискаються гвинтами. Роз'єми для підключення крокових двигунів, позначені на платі піктограмами X, Y, Z, E0, E1, E2.

Для підключення кінцевих вимикачів на платі передбачений роз'єм, позначений піктограмою Endstops. Передбачено підключення шести кінцевих датчиків – по два на кожну з осей X, Y, Z. Для підключення кінцевих датчиків на платі передбачений роз'єм з десятима штирьовими контактами – по два контакти на термістор, тобто 5 термісторів. Живлення має здійснюватися від зовнішнього джерела живлення з напругою 12 – 35В постійного струму з максимальним струмом трохи менше 5А. На платі Rumba як конвертера USB – UART встановлений чіп ATmega16U2. На платі Rumba передбачені клеми для живлення трьох хотендів (Hot End). Ці клеми позначені на платі піктограмами HE0, HE1, HE2. Rumba передбачені клеми для живлення. Ці клеми позначені на платі FAN0, FAN1. Hot Bed (нагрівальної платформи) і живлення до платформи. На платі є три окремі виходи живлення для підключення пристроїв. Ще є два роз'єми позначених EXP1 і EXP2. Вони призначені для підключення пристрою з назвою RepRap Discount Smart Controller. Також до цих роз'ємів можна підключити замість RepRap Discount Smart Controller свій дисплей типу 1602 або 12864, а

також свій модуль для карт пам'яті. Також є роз'єм, позначений EXP3 – це роз'єм з виведеними додатковими інтерфейсами. На роз'ємі передбачено інтерфейс I2C, ШІМ, аналогові входи, цифрові входи / виходи загального призначення, виходи живлення з напругою в 5В і 12В.

Ще передбачені інтерфейси для внутрисхемного програмування ISP і для налагодження JTAG. На платі є два роз'єми внутрисхемного програмування ISP, вони позначені ISP1 і ISP2.

Особливості: – використовуючи той же процесор для Arduino Mega, для Atmega2560 в якості основного чіпа з високопродуктивним USB-чіпом Atmega16U2 може бути сумісний з прошивкою, пов'язаної з Ramps;

– входи інтерфейсу 5шт датчик температури;
– з інтерфейсом розширення LCD можна підключити китайську версію розширення SD-версії LCD для досягнення автономного друку (підтримка 2004 і 12864); – підтримка 6хA4988 16 розділів драйвера;

– вихід PWM (трубка нагріву, вентилятор і т. Д.): 6-контактний вихід (1 великий струм, 3-ходовий струм, 2 малих струму) з використанням високопродуктивного низькоомного опору MOS, кожен вихід LED як індикатор;

– ARM-клас Cortex-M3 серії LPC1768 основний кристал з 32 біт основна частота 100 м, Може бути значно покращено;

Плата BIGTREETECH SKR V1.1 Оснащений модулем з відкритим вихідним кодом Smoothieware, зручний для користувачів DIY і вторинного розвитку (рис.2).

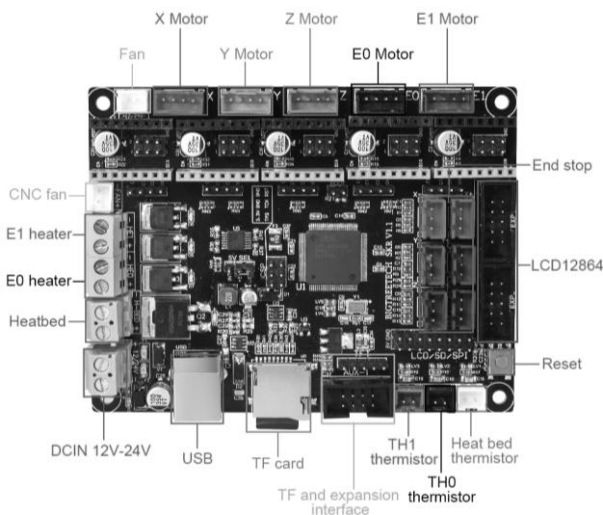


Рис. 2. Плата BIGTREETECH SKR V1.1

Використання потужних інструментів розробки, інтегроване середовище розробки Keil MDK. Проводка плати PCB спеціалізуються на оптимізації тепловиділення. Допустимий вхід 24 В, струм гарячого столу може бути зменшений до 1/4 під тією ж потужністю, ефективно вирішуючи проблему нагріву трубки гарячого столу MOS. Підтримка Display: 2,8-дюймовий, 3,5-дюймовий кольоровий сенсорний екран, LCD12864 екран.

Оновлення прошивки за допомогою SD карти. Високоєфективна трубка MOSFET для кращого розсіювання тепла. Підтримка функцій: безслідне відновлення після відключення живлення, відключення нитки напруження і автоматичне відключення. Характеристики:

- розмір: 110мм * 85мм;
- матеріал: PCB;
- вхідна напруга: DC12V-DC24V;
- струм: 5A ~ 15A;
- екран підтримки: TFT2.8 / TFT3.5 / 12864LCD;
- драйвер підтримки: A4988 / DRV8825 / TMC2100 / TMC2208 / TMC2130 / LV8729;
- нтерфейс датчика температури: TH0, TH1, TB;
- підтримувані формати файлів термостійкості 100K NTC;
- структура машини підтримки G-коду: XYZ, Delta, Kossel, Ultimaker, Corexy;
- програмне забезпечення: Cura, Simplify3D, pronterface, Repetier host, Makerware.

Плата Ramps 1.6 Ramps 1.6 shield служить для можливості зручного підключення всіх необхідних компонентів 3D принтера, управління кроковими двигунами за допомогою драйверів a4988 або DRV8825, використовується в багатьох кастомних 3D принтерах рис. 3.

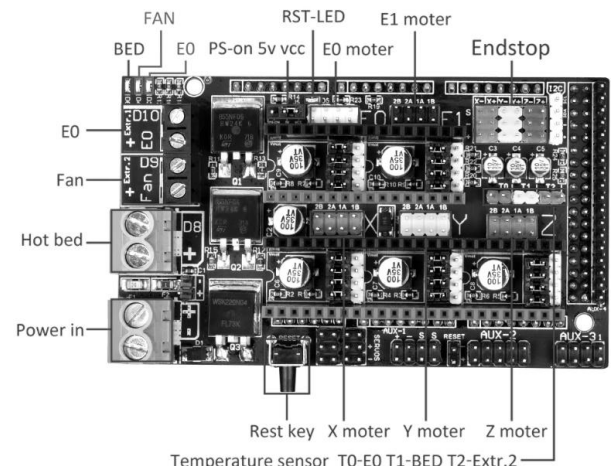


Рис. 3. Плата Ramps 1.6

Платформа RAMPS 1.6 (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) – одна з найпоширеніших плат для побудови 3D принтерів.

Особливості:

- розміщення конденсаторів і резисторів в SMD варіанті дозволило розмістити більше пасивних компонентів;
- широкі можливості для додавання плат Arduino;
- два самовідновлювання запобіжника для захисту компонентів плати 5A і для захисту друкованого столу 11A (помаранчеві);
- можливість підключення SD Card (окремо або в складі LCD дисплея);
- NPN польові транзистори (mosfets) для універсальності підключені в PWM роз'єм і беруть участь в нагріванні друкованого столу і екструдерів;

- світлодіоди використовуються для індикації роботи екструдерів і процесу нагріву столу;
- здвоєний роз'єм для одночасного підключення 2-х двигунів на осі Z від 1-го драйвера;
- використовується на принтерах: Prusa; Prusa2; Nuxley; Mendel і інших схожих за конструкцією принтерах, що використовують два крокових двигуна на осі Z.

Плата RuRAMPS4D v1.3 Ultratronics – це новітня розробка в області електроніки для 3D-принтерів.

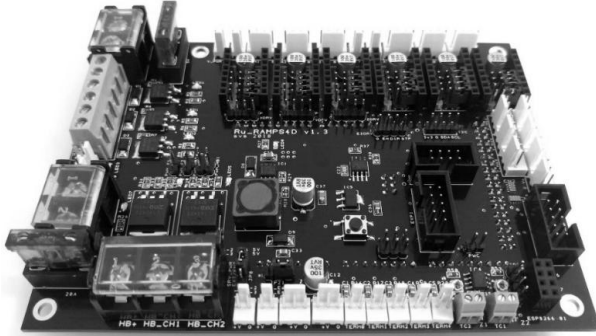


Рис. 4. Плата RuRAMPS4D v1.3

Плата має можливість підключення до плати терморпар. Навіть можливість підключати чотири термистора в платі рис.4. До плати можна підключати як 8-мі бітову Arduino Mega 2560 так і 32 бітну Arduino Due. Два незалежних канали нагріву столу, які можна використовувати на свій розсуд. Наприклад, один канал можна використовувати для нагріву столу, інший канал для нагріву камери закритого принтера. Так само виділяються потужні клемні колодки (як в блоках живлення) для підключення живлення до плати і потужних навантажень. Можливо роздільне живлення столів і решти пристроїв. Ще є неймовірна кількість роз'ємів для підключення вентиляторів – 2 керованих і 4 некерованих. Шість роз'ємів для підключення драйверів крокових двигунів і відповідно самих крокових двигунів – X, Y, Z і 3 екструдера. Причому просунутими драйверами – TMC2130 можна управляти і отримувати діагностичну інформацію з них в режимі SPI. Всі сигнали шини SPI підведені до драйверів на платі. Так само є три польовики на хотенди, два автомобільних запобіжника на входах живлення, роз'єм сигналу для автоматичного відключення АТ блоку живлення по завершенні друку. До речі про живлення. Живити плату можна напругою від 12 до 26 вольт. На платі є вбудований імпульсний перетворювач на мікросхемі TPS5430. Крім того є роз'єм для підключення Wi-Fi модуля ESP8266-01 для дистанційного керування принтером. Для підключення терморпар використовується дві невеликі зелені клемні колодки. Поруч з ними знаходиться точний і стабільний операційний підсилювач AD8552, який якраз застосовується для посилення сигналів подібних датчиків.

На цьому ж місці знаходяться термодавач холодного кінця терморпар і два підлаштування резистора. З їх допомогою підлаштовуються показники температури на терморпарах. Розробник робить початкові установки сам при перевірці плат, але ніщо не заважає при необхідності відрегулювати їх вже під час експлуатації плати. Основні характеристики:

- живлення 12–26В постійної напруги;
- кількість встановлюваних драйверів крокових двигунів форм-фактора Pololu – 6;
- загальна кількість виходів для підключення навантаження через MOSFET – 7;
- виходи для підключення хотендів – 3;
- малопотужні виходи для підключення керованих вентиляторів – 2;
- виходи для підключення Heated Bed або нагрівача камери; (встановлені потужні IRL1404). При підключенні 2-х столів MK2b до одного каналу – холодні)
- можна підключати великі столи, двозонний стіл від Cheap3D, або кілька одночасно;
- входи для підключення термисторів – 5;
- виходи для підключення сервоприводів – 2;
- можливість підключення зовнішнього живлення 5В для сервоприводів;
- роз'єм для підключення Wi-Fi модуля ESP8266-01;
- можливість підключення зовнішнього живлення 3.3В для WiFi модуля ESP 8266;
- EEPROM (на Arduino Due її немає);
- дисплеї серії RepRap Discount Controller підключаються без перехідника;
- окремий роз'єм для підключення дисплеїв MKS TFT і Nextion;
- опціонально встановлюються компоненти для підключення терморпар у кількості 2 шт.

Плата MKS Gen V1.4 Плата MKS Gen V1.4 використовується для створення на її основі верстатів з числовим програмним управлінням, 3D принтерів, гравіювання або фрезерної машини і т.п. Розташування на платі компонентів і складових частин контролера рис 5:

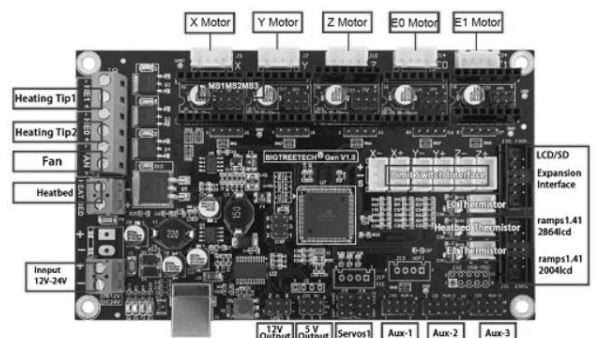


Рис. 5 Плата MKS Gen V1.4

Плата MKS Gen V1.4 підтримує драйвери двигунів: DRV8825 і A4988 або інші аналогічні. На платі є місця для установки 6 драйверів двигунів. Плата, за замовчуванням, підтримує підключення

трьох осей і двох екструдерів. Роз'єми, призначені для екструдерів, можна використовувати для підключення додаткових осей, якщо в системі використовується менше двох екструдерів. У свою чергу, якщо в системі використовується менше трьох осей, то до осьовим роз'ємів можна підключати додаткові екструдери. Для підключення крокових двигунів на платі передбачено шість гнізд, позначених X-, X +, Y-, Y +, Z-, Z +, для підключення шести кінцевих датчиків - по два на кожну з осей X, Y, Z. Штирі для підключення датчиків позначені на платі піктограмами S, «-», «+». Датчики з мінусом – це мінімальне значення осі, з плюсом – максимальне. Для підключення кінцевих датчиків на платі передбачено три гнізда по два контакти кожне, позначені J14, J16, J21:

- J14 термистор для екструдера E1;
- J16 термистор для нагрівальної майданчика;
- J21 термистор для екструдера E0. Після цього

можна підключати живлення до силової частини MKS Gen V1.4. Живлення має здійснюватися від зовнішнього джерела живлення з напругою 12 – 24 В постійного струму з максимальним струмом трохи менше 5 А. MKS Gen V1.4 передбачені клеми для живлення двох хотендів (Hot End). Ці клеми позначені на платі піктограмами HE0, HE1. Полярність виходів позначена на платі піктограмами. Вихідна напруга 12В. Якщо підключати хотенд типу Diamond, то потрібно обов'язково живити, дотримуючись полярності, кулер цього хотенда від роз'єму, позначеного на платі J17.

Також є два окремих виходи живлення для підключення ситуативних пристроїв. Є вихід 5 В, позначений на платі J5; вихід 12 В, позначений на платі J17; Полярність позначена на звороті плати піктограмами. Плата містить два роз'єми, позначених EXP1 і EXP2. Вони призначені для підключення пристрою з назвою RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller. Також до цих роз'ємів можна підключити замість RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller свій дисплей типу 1602 або 12864. Ще є роз'єм для підключення чотирьох серводвигунів, позначений Servo1 і Servo2.

- AUX-1 це роз'єм для підключення модуля Sdramps.

-AUX-3 це роз'єм для підключення модуля HYPERLINK Плата оснащена чотирма додатковими клемними колодками для підключення різної периферії: - J18 додаткові сигнали інтерфейсу RS232: CTS, DCD, DSR, RI; - J28 інтерфейс I2C: SCL, SDA, GND, 5V; - J15 роз'єм для підключення модуля Wi-Fi: RXD2, TXD2, GND, 5V; - J4 роз'єм USB MSD: D22, D32, SCK, MOSI, MISO, GND, 5V. Є роз'єм інтерфейсу ISP для внутрисхемного програмування мікроконтролера ATmega2560. Терморегулятори роз'єму позначена на платі піктограмою. Таблиця установки джамперів намальована біля клем на звороті плати.

Особливості:

- на платі вирішені проблеми, властиві Ramps 1.4.

- друківана плата чотиришарова і оптимізована для розсіювання тепла. Ramps 1.4 двошаровий.

- використовуються високоякісні MOSFET, (транзисторний ключ для нагрівального столу 40V 200A 3Мом).

- економічний імпульсний стабілізатор живлення, підтримується вхідна напруга 12V–24V.

- використовуючи вхідну напругу 24V, ток нагрівального столу може бути зменшений до 1/4 з тією ж продуктивністю, це вирішує проблему нагрівання транзистора, роз'єму і сполучних проводів. - можна використовувати прошивку з відкритим вихідним кодом Marlin, її конфігурація така ж як Ramps 1.4. - плата контролера MKS Gen V1.4 може бути підключена до 12864 LCD і 2004 LCD платам управління без використання адаптера. Характеристики:

- модель: MKS Gen V1.4;
- мікроконтролер: ATmega2560;
- напруга живлення: 12 – 24 В;
- максимальний струм: 5 А;
- напруга живлення логіки: 5 В;
- напруга живлення кольорів: 12 – 24 В;
- напруга живлення хотендов: 12 – 24 В;
- підтримка драйверів: DRV8825, A4988;
- розміри: 143 x 64 x 5 мм;

III. ВИСНОВКИ

На основі приведенного аналізу плат керування для 3D принтеру одією з найкращих є плата MKS Gen V1.4. Плата має всі необхідні порти для підключення крокових двигунів, хотендів, нагрівального столу, кінцевих вимикачів. З платою MKS Gen V1.4, раціонально використовувати дисплей MKS TFT 32, він ідеально сумісний з материнськими платами лінійки MKS.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Плата RepRap BIQU Rumba, ATMEGA2560, 3D принтер [Електронний ресурс]// Режим доступу:<https://freedelivery.com.ua/dlya-3dprinterov-199/plata-reprap-biqu-rumba-atmega2560-3d-printer.html/>. – 06.08.2018 г.
- [2] RUMBA[Електронний ресурс] // Режим доступу:<https://reprap.org/wiki/RUMBA/>. – 29.11.2018 г. – Назва з екрану.
- [3] Плата управління RAMPS 1.6 для 3D принтера [Електронний ресурс]// Режим доступу : https://diyshop.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=545/. –29.01.2018 г.
- [4] Обзор RuRAMPS4D v1.3 - Российский Shield (плата обвязки) для 3D принтеров. [Електронний ресурс]// Режим доступу : <https://3dtoday.ru/blogs/vadik1000/overview-ruramps4d-v13-russian-shieldcharge-piping-for-3d-printers/>. – 10.08.2018 г. – Назва з екрану.
- [5] Плата управления MKS Gen V1.4 Arduino+RAMPS для 3D-принтера. [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://freedelivery.com.ua/dlya3d-printerov-199/plata-upravlenija-mks-gen-v1-4-arduinoamps-dlja-3dprinter.html/>. – 28.12.2018 г.

Налаштування температурних режимів екструдера 3D принтера

Данило Близнюк

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки,
Харків, пр. Науки 14, Україна, e-mail: danylo.blyzniuk@nure.ua

Анотація: В даних тезисах проведений аналіз налаштування та контролю температури екструдера, визначивши найкращі параметри можливого використання більш стабільних температур для кращого друку деталей.

Ключові слова: 3D принтер, налаштування температури, контроль температури.

I. ВСТУП

Для пластиків типу ABS і деяких інших видів характерна ймовірна деформація в процесі охолодження пластикової 3D-моделі. Філамент швидко охолоне на холодній платформі, якщо друк екструдером буде відбуватися при температурі 230 градусів.

У конструкції багатьох моделей 3D-принтерів є спеціальні вентилятори для охолодження моделей. За допомогою налаштувань температури і охолодження можна регулювати процес охолодження моделі, адже при занадто швидкому охолодженні модель може деформуватися, а пластик відставати від платформи.

На самому початку процесу друку можна вимкнути вентилятор, щоб запобігти охолодженню перших шарів.

Якщо проводиться друк за допомогою пластику ABS, то можливо відключити взагалі роботу вентилятора на весь час (шар 1-0%).

Якщо в приміщенні є протяги, то потрібно додатково захистити робочу поверхню.

Крім того, в більшості моделей принтерів, що працюють з витратними матеріалами на зразок ABS і нагріваються до високої температури, є функція підігріву платформи. Така опція допомагає уникнути спотворення першого шару.

II. АНАЛІЗ НАЛАШТУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Новітні Arduino використовують контролер AVR з роздільною здатністю 8 біт. Напруга перетворюється в число між 0 для землі і 1023 для VRef, що, як правило, 5V. На рисунку 1 зображено схему підключення термістору для нагріву екструдера.

Напруга перетворюється в число між 0 для землі і 1023 для VRef, що, як правило, 5V.

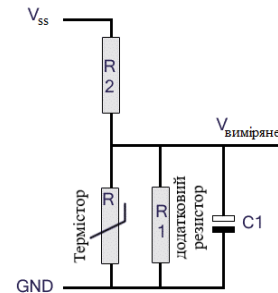


Рис. 1. Схема підключення термістору

Новий контролер X-Mega AVR має 12 біт, що призводить до значень від 0 до 4095. Програмне забезпечення автоматично додає 4 показання для розрахунку температури, в результаті чого в діапазоні від 0 до 4092. З цього значення, Програмне забезпечення обчислює температуру в термісторі. Крива напруги-температури нелінійна і відрізняється для кожного типу термісторів. Навіть різні 100K термістори мають різні криві. Програмне забезпечення використовує таблицю пошуку, з якої вона інтерполює температури між заданими значеннями.

```
#define NUM_TEMPS_USER THERMISTOR0 28
```

Таблиця містить 28 пар {adc, температура * 8} з відображенням adc в діапазоні 0–4093 і значенням температури, помножених на 8 як ціле число. Пари повинні бути впорядковані з підвищенням значень.

Таблиця складається з двох стовпців. Перший – це значення напруги, а другий – температура. Оскільки більшість прошивок використовують діапазон читання від 0–1023 і повні цілі значення для температур.

Repetier-Firmware використовує більш високу роздільну здатність для введення температури, і цей фактор перетворює значення таблиці, які приймаються в необхідному діапазоні значень для Repetier-Firmware.

III. АНАЛІЗ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ

Програмне забезпечення підтримує два методи.

а) Контролювання температури за допомогою двопозиційного регулятора (рис. 2).

Цей метод, який використовується для нагрітого столу і екструдера, якщо встановити рівень нагріву на 0. Принцип дуже простий. Якщо виміряна температура нижче заданої температури, нагрівач встановлюється на повну потужність. Якщо температура підвищується вище заданої температури, нагрівач вимикається. Плюси: просте

налаштування. Мінуси: Температура коливається навколо цільової температури. Для обігрівання столу, це не проблема.

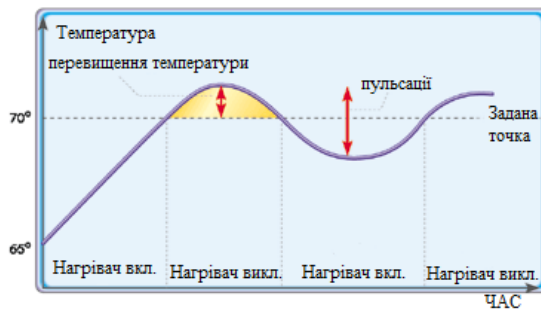


Рис. 2. Контроль температури за допомогою двопозиційного регулятора

Очевидно, додавши потрібну кількість енергії для початку та підтримання, нагрівач досягне хорошої стабільної точки рівноваги безпосередньо без будь-яких різких змін.

Це все дуже добре, але основне припущення полягає в тому, що не змінюються фізичні характеристики екструдера під час видавлювання, і тим самим налаштовуються всі параметри рівняння.

Крім того, як гарячий пластик залишає екструдер, він забирає з собою деяку кількість енергії, а введення нового прохолодного пластику забирає трохи енергії в пластик. Це означає, що під час екструдювання рівновага температури буде відносно низькою, а при припиненні екструдювання - відносно високою.

Для компенсації цієї втрати енергії цільова температура встановлюється вище, ніж температура плавлення пластику.

б) ПІД (Пропорційно-інтегрально-диференціальний закон) – керування.

Для керування температурою використовується вбудований ПІД-контролер. Для цього необхідний вихід ПІД з невикористаним таймером (рис. 3).

/ ** Максимальне значення I-gain може сприяти виведенню значення.

Встановлення значення трішки вище ніж необхідне.

Значення для екструзії:

130 => PLA для температур від 170-180 ° C

180 => ABS для температур близько 240 ° C

Точні значення можуть відрізнятися для різних комбінацій сопла / резистора.

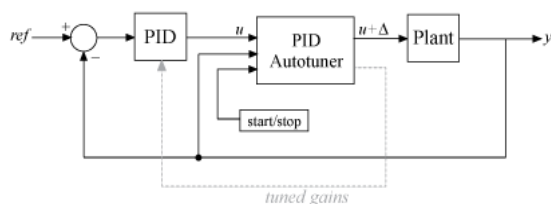


Рисунок 3 - Автоналаштування ПІД

Перевизначається, якщо активовано EEPROM.* /

```
#define EXT0_PID_INTEGRAL_DRIVE_MAX 150
```

/ ** – нижнє значення для складової частини

Стан I-gain повинен підходити до точної температури нагрівача, необхідного для цільової температури.

Щоб запобігти тривалому відхиленню від цільової зони температур, обмежується найнижче значення.

Стабільний старт значення нижче на 30 ніж оптимальна температура. Необхідно залишати місце для охолодження.

Перевизначається, якщо активовано EEPROM.* /

```
#define EXT0_PID_INTEGRAL_DRIVE_MIN 60
```

/ ** P-коефіцієнт посилення.

Перевизначається, якщо активовано EEPROM.* /

```
#define EXT0_PID_P 24 / ** I-gain.
```

Перевизначається, якщо активовано EEPROM.* /

```
#define EXT0_PID_I 0.88/ *
```

* Dgain.

Перевизначається, якщо активовано EEPROM./ *

```
#define EXT0_PID_D 80
```

// максимальний час увімкнення нагрівача. Max = 255.

Перевизначається, якщо активовано EEPROM.

```
#define EXT0_PID_MAX 255
```

PID_MAX – це максимальне значення ПІД для виходу. Обирається нагрівальний резистор, якому дозволено максимальне значення 255, тобто повна напруга (зазвичай 12В) надсилається на резистор. Втрачена енергія на резисторі U^2 / R . Якщо напруга збільшується вище ніж розрахована напруга, необхідно знизити значення PID_MAX.

На початку, контролер поводить себе як двопозиційний регулятор, за винятком того, що він використовує PID_MAX замість повної потужності. Як тільки поточна температура знаходиться в діапазоні $\pm 10^\circ \text{C}$ від цільової температури, починається регулювання температури за допомогою ПІД. Для виводу обчислюються і додаються три умови P, I і D для отримання вихідного значення. Результат обрізається до діапазону 0..PID_MAX.

P-значення

$$P = (T_{\text{Target}} - T_{\text{Current}}) * P_GAIN$$

Чим ближче температура до цільової температури, тим менше P значення.

I-значення

Найбільш важливим є I-значення. I-термін намагається знайти ідеальний вихід для температури. Він робить це, збільшуючи / зменшуючи вихідну температуру повільно. Швидкість визначається параметром I_GAIN. Якщо обмежити діапазон можливих значень до відомого діапазону INTEGRAL_DRIVE_MIN INTEGRAL_DRIVE_MAX. Мінімальне значення має бути не менше 0, а максимум не перевищувати

255. Команда перевіряє значення температури M203 S0. Коли стабілізується температура, до середнього значення додається або віднімається 20

Якщо I_GAIN встановлено на необхідне значення, коливання ставатимуть меншими з часом. Перешкоди, подібні до різної швидкості друку або охолодження на екструдері, можуть знову збільшити помилку.

D-значення є коефіцієнтом гасіння. З хорошим фактором демпфування, коливання будуть сповільнюватися набагато швидше, тим самим отримуємо більш стабільну систему.

Щоб подолати проблеми з налаштуванням ПІД, програмне забезпечення має функцію автоналаштування, щоб знайти потрібні значення. Для цього необхідно вимкнути екструдер і зачекати, доки він не стане більш-менш холодним. Потім необхідно розпочати автоналаштування за допомогою команди M303 E0 T180

Ця команда передбачає знаходження значення ПІД для першого екструдера, і типова температура екструдера буде 180°C. Для другого екструдера використовується E1, а для нагрітого столу використовується кількість екструдерів як E-значення.

SCALE_PID_TO_MAX

Цей параметр лише вказує, коли і як масштабувати до DRIVE_MAX. Якщо встановлено значення 0, додавання ПІД-значень закріплюється до 0..DRIVE_MAX. Якщо встановити цей параметр на 1, значення ПІД залишається до 0..255 і потім масштабується до 0..DRIVE_MAX.

Якщо були розраховані ідеальні значення для 12V та DRIVE_MAX = 255, а тепер необхідно використовувати 18V, потрібно зменшити DRIVE_MAX до $DRIVE_MAX_OLD * (12 \wedge 2 / 18 \wedge 2) = 113$, щоб захистити резистор від перегорання. Якщо необхідно зберегти знайдені коефіцієнти, потрібно встановити DRIVE_MAX на 133 і SCALE_PID_TO_MAX 1. Якщо залишити його зі значенням 0, знайдені значення будуть занадто високими і більше не будуть працювати.

IV. АНАЛІЗ НАЛАШТУВАННЯ КОНТРОЛЯ ТИСКУ ЕКСТРУДЕРУ

Налаштування коефіцієнту для контролю тиску використовується команда:

```
#define EXT0_ADVANCE_K 0.0f
```

Функція відключена за замовчуванням. Кожен екструдер потребує своїх значень, оскільки на нього впливає занадто багато факторів.

Для калібрування k-значення використовується тестовий зразок, описаний у розділі прискорення. Зробіть L1 = 20мм і L2 = 60мм. Встановіть низьку швидкість на ривок / 2, а швидку - на цільову швидкість друку, наприклад 60 мм / с або 80 мм / с. Необхідно починати з низького k-значення, як 10 для першого друку. Перед друком надсилається вручну команда M232. Це покаже максимальний попередній крок, який використовували дотепер, і скине його до 0. Після тестового друку необхідно повторити процес.

Тобто тестування тиску відбувається вручну, для знаходження середнього значення необхідно повторити процедуру калібрування декілька разів.

V. ВИСНОВКИ

На базі проведеного аналізу найбільш використовуваним, технологічно практичним, типом контролю температури екструдера є ПІД регулятор. В залежності від використаних налаштувань температури, контролю та тиску філаменту в екструдері, залежить якість друку моделей та їх можливий вигляд після друку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] How PID Autotuning Works. [Електронний ресурс]; режим доступу (<https://www.mathworks.com/help/slcontrol/ug/how-pid-autotuning-works.html>); дата використання [24.09.2019].
- [2] Temperaturecontrol [Електронний ресурс]; режим доступу (<http://smoothieware.org/temperaturecontrol>); дата використання [26.09.2019].
- [3] PID autotune [Електронний ресурс]; режим доступу (<http://marlinfw.org/docs/gcode/M303.html>); дата використання [29.09.2019].
- [4] Hardware settings and print quality [Електронний ресурс]; режим доступу (<https://github.com/repitier/Repetier-Firmware/wiki/Hardware-settings-and-print-quality>); дата використання [1.10.2019].

Аналіз механічних частин 3D принтерів

Дмитро Бойко

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, ,
Харків, пр. Науки 14, УКРАЇНА, e-mail: dmytro.boiko1@nure.ua

Анотація: В даних тезах переведений аналіз видів напрямних та типів матеріалів, котрі дадуть можливість розробити конструкцію та каркас 3D принтеру.

Ключові слова: 3D принтер, напрямні, механіка, конструкція, каркас.

I. ВСТУП

3D-принтер - це периферійний пристрій, що здійснює 3D-друк методом пошарового формування фізичного об'єкта за заданою цифровий 3D-моделі. Сучасні 3d-принтери можуть друкувати як різними полімерними матеріалами (основна частка витратних матеріалів) [1], так і металом, спеціалізованими будівельними сумішами, продуктами харчування та біо-матеріалами.

3д-принтери вже сьогодні застосовуються як для побутового так і для професійного прототипування об'єктів. На сьогоднішній день крім стандартних зразків обладнання, є розробки і конструкції, які здійснюють друк їжі, принтери застосовуються в медицині та принтери здатні друкувати малоповерхові будинки і невеликі конструкції.

3д-принтери зокрема і 3д-друк в цілому активно використовуються в освіті, робототехніці і ряді інших соціально-значущих та інноваційно-перспективних напрямків.

II. АНАЛІЗ ВИДІВ НАПРЯМНИХ

Для здійснення пересування осей у 3D принтері використовуються такі напрямні:

- а) вали;
- б) кульково-гвинтова передача;
- в) рейкова напрямна;
- г) механічна передача.

Напрявні поліровані вали – це найпоширеніший і бюджетний вид напрямних (рис. 1).

Відрізняється високою доступністю, легкістю обробки і установки. Поліровані вали виготовляються з високолегованих сталей, як правило – конструкційних підшипникових, і проходять індукційне загартування поверхні з наступним шліфуванням. Вали мають заводське індукційне загартування, що забезпечує тривалий час роботи і супроводжує меншого зносу валу. Шліфовані вали мають ідеальну поверхню і забезпечують рух з дуже маленьким тертям. Вали кріпляться тільки в 2 точках на кінцях і тому монтаж їх не представляє особливих складностей. Однак, багато несумлінні виробники часто роблять вали з дешевих і м'яких сортів високо вуглецевих

сталей, користуючись тим, що покупець не завжди володіє засобами для перевірки виду матеріалу і його твердості.

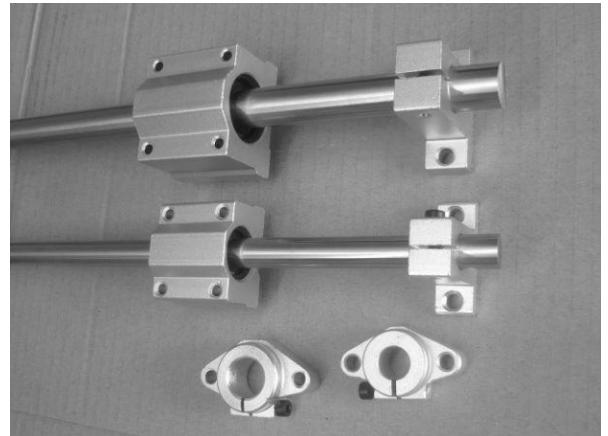


Рис.1. Напрявні поліровані вали з опарами

До недоліків полірованих валів відносяться:

а) Відсутність кріплення до станини. Вал кріпиться в двох точках на кінцях – це полегшує монтаж направляючих, проте призводить до того, що напрямні встановлені незалежно від робочої поверхні стала. У той час в портальних верстатах вкрай бажано ставити напрямні в жорсткій зв'язку зі столом (такий зв'язок знижує похибки обробки, якщо робочий стіл піддався викривленню);

б) Провисання на великій довжині. На практиці через провисання вали використовують довжиною не більше 1 метра. Крім того, важливим є ставлення діаметра валу до його довжини – для отримання прийнятних результатів його значення повинно бути не менше 0.05, бажано в межах 0.06–0.1. Більш точні дані можна отримати, зробивши моделювання навантаження на вал в пакетах САПР.

Кулькові втулки (КГП) – це лінійні підшипники кочення, мають порівняно великі люфти в порівнянні з каретками рейкових направляючих і менші навантажувальні характеристики (рис. 2). Крім цього, для захисту від повороту каретки необхідно використовувати як мінімум два напрямні вали на одну вісь.



Рис.2. Кульково-гвинтова передача

Недоліки лінійних підшипників кочення:

а) низька вантажопідйомність. Слідство попереднього пункту, а також конструктивного будови лінійних підшипників;

б) недовговічність. Кожна кулька лінійного підшипника стосується валу в одній точці, що створює дуже високий тиск. Згодом кульки можуть прокатати канавку на валу, після чого вал підлягає заміні;

в) люфт. Бюджетні лінійні підшипники багатьма виробниками виготовляються найчастіше з дуже великою люфтом;

г) досить чутливі до пилу і стружки на валу [2].

Також існує альтернатива – кулькові профільні рейкові напрямні (рис. 3). Профільні рейкові напрямні використовуються там, де потрібна висока точність.

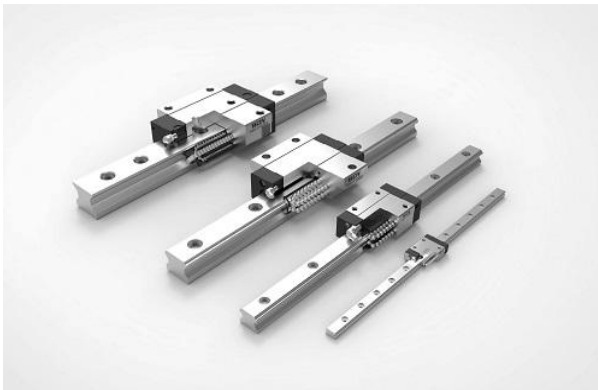


Рис.3. Рейкова напрямна

Також, як і циліндричні, профільні рейки кріпляться безпосередньо на станину верстата. У профільних рейках зроблені спеціальні доріжки кочення, в результаті навантаження на каретку розподіляється по робочій поверхні доріжок кочення рівномірно – профіль торкання кулька-рейок вже не крапка, а дуга. Профільні рейки відрізняються високою точністю і прямолінійністю, високою вантажопідйомністю, високою зносостійкістю, низьким люфтом або повною його відсутністю. Недоліком профільних напрямних є високі вимоги до шорсткості і прямолінійності місця кріплення, а також складність установки. Як правило, рейки і каретки випускаються в декількох варіантах – з переднягом і вантажопідйомністю різного ступеня. Класичним прикладом можуть служити рейкові напрямні Hiwin і THK. Профільні рейки складні і дорогі у виробництві, тому виробників

рейок менше, ніж виробників валів. Основна перевага рейок в тому, що вони кріпляться до станини в декількох точках на всьому своєму протязі, а значить вони не згинаються під навантаженнями, які не вібрують і навіть в середині по довжині передають навантаження на станину. І інші характеристики рейок складаються з одних достоїнств. Єдиний недолік – висока ціна [2].

Ремінна передача зустрічається дуже часто. Ремінь, натягнутий на шків, охоплює якусь їх частину (рис. 4). Ця облягає частину (дуга) носить, назва кута обхвату. Чим більше буде кут обхвату, тим краще утворюється зчеплення, краще і надійніше буде обертання шківів.

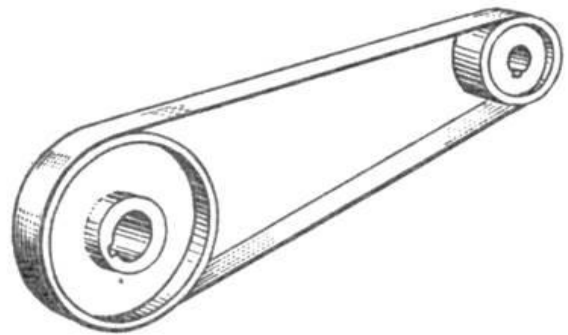


Рис.4. Ремінна передача

При малому куті обхвату може вийти так, що ремінь на малому шківі стане прослизати, обертання буде передаватися погано або його зовсім не буде. Кут обхвату залежить від співвідношення розмірів шківів і їх відстані один від одного. Там, де необхідно збільшити кут обхвату, у передачі ставлять рухомий шків-ролик. Залежно від розташування валів і ремня ремінна передача буває різних видів. Відкрита передача. Обидва шківів при такій передачі обертаються в одну сторону. Перехресна передача. Таку передачу застосовують, коли потрібно змінити обертання веденого шківів. Шківів обертаються назустріч один одному. На пів перехресна передача застосовується, коли вали лежать не паралельно, а під кутом. Кутова передача утворюється, коли вали йдуть під кутом, але лежать як би в одній площині. При цій передачі для отримання належного спрямування ремня обов'язково встановлюють ролики. Спарена передача. При цій передачі з одного ведучого шківів можуть йти реміні на кілька ведених шківів. Крім перерахованих передач, буває ще й ступінчаста передача. Вона застосовується тоді, коли потрібно змінювати число обертів веденого валу. Обидва шківів в цій передачі робляться ступінчастими. Переставляючи ремінь на ту чи іншу пару ступенів, змінюють число оборотів веденого валу. При цьому довжина ремня залишається незмінною. За своїм профілем реміні бувають плоскі, круглі і трапецеїдальні.

Переваги пасової передачі:

а) простота конструкції;

б) можливість розташування ведучого і веденого шківів на великих відстанях (більше 15 метрів);

в) плавність і безшумність роботи;

г) запобігання механізмів від перевантаження за рахунок пружних властивостей ремня і його здатності прослизати по шківах;

г) можливість роботи з великими кутовими швидкостями.

Недоліки пасової передачі:

а) поступове витягування ременів, їх недовговічність (при великих швидкостях працює від 1000 до 5000 годин);

б) мінливість передавального відношення (через неминуче прослизання ремня);

в) відносно великі розміри [3].

III. АНАЛІЗ ТИПІВ КАРКАСУ

Існують такі матеріали як: фанера, метал, верстатний алюмелевий профіль і акрил.

Фанера – багатошаровий будівельний матеріал, що виготовляється шляхом склеювання спеціально підготовленого шпону (рис. 5).

Кількість шарів шпону зазвичай непарне, від трьох і більше. Для підвищення міцності фанери шари шпону накладаються так, щоб волокна деревини були строго перпендикулярні попереднього листу.

Переваги фанери:

а) міцність і зносостійкість. Спочатку фанера повинна була компенсувати деякі слабкості деревини. Кожен шар матеріалу укладається так, щоб він нейтралізував слабкі місця інших шарів. В результаті виходять дуже міцні і зносостійкі дерев'яні панелі;



Рис. 5. Рама з фанери

б) Дешевизна. Друга перевага фанери – вона досить недорога у виробництві. Оскільки для її виготовлення не обов'язково використовувати цілісний шматок дерева, матеріали обходяться значно дешевше. З одного дерева може вийти

кілька фанерних плит, тому часу і коштів на її виробництво потрібно менше. До того ж, таке виробництво дає менше деревних відходів, ніж при виготовленні продуктів з цільної деревини;

в) Простота використання. Одним з найбільш вихваляють якостей фанери можна назвати простоту в поводженні з нею. Матеріал можна різати і обробляти найпростішими інструментами і при наявності мінімального досвіду. Через її структурних особливостей її можна різати, починаючи з будь-якого місця і в будь-якому напрямку, що вигідно відрізняє її від цільного дерева. Це дозволяє навіть недосвідченому майстру вирізати панелі потрібної форми і розміру;

г) універсальність. Фанеру можна відносно легко згинати, надаючи їй неплоскі форми. У порівнянні з іншими дерев'яними матеріалами, вона змінює форму і зберігає її дуже легко, не побоюючись тріщини або деформації. Це дозволяє будівельникам надавати стінам округлі форми, що було б неможливо зі звичайною деревиною.

Недоліки фанери:

а) уразливість перед вологістю. Вологість витримує гірше, ніж цільне дерево. Якщо тільки вона не призначена спеціально для зовнішньої обробки, вона не протримається довго у вологому середовищі.

б) недоліки конструкції. Виготовляється фанера шляхом склеювання дерев'яних шарів. Це надає їй міцність, але це ж робить її вразливою перед вологою. Тонкі шари дерева легко вбирають рідини, які проникають всередину фанери. Волога руйнує шари дерева і послаблює клейове з'єднання [4].

Металевий каркас міцніше і довговічніше дерев'яного (рис. 6). Але для побудови металевого каркаса потрібно враховувати, що зварні шви повинні бути ідеальні, якщо під час зварювання металу не добитися прямих кутів після чого сама конструкція буде похила в одну або ж іншу сторону. Варто також враховувати майбутню вагу всієї конструкції так як метал в порівнянні з іншими матеріалами дуже важкий. Але вага загальної конструкції можна і до переваг віднести так як рама буде розхитуватися від механічних рухів.



Рис.6. Металевий профіль

Листовий акрил – органічне скло, отримане з акрилових смол і невеликого відсотка спеціальних добавок (рис. 7). Це екологічний і безпечний матеріал, який не виділяє токсичних речовин, що

робить можливим його застосування як на вулиці, так і в будівлях.



Рис.7. Листовий акрил

Оргскло повністю переробляється, після чого з отриманої сировини може проводитися нова продукція.

Переваги акрилу листового:

- а) невеликий питома вага. Мала маса пластика полегшує його монтаж;
- б) пластичність. При нагріванні матеріалу майстра легко надають йому потрібну форму;
- в) міцність;
- г) обробка. Листи можна розпиляти або просвердлити для подальшого монтажу;
- г) вартість. Ціна листа акрилу нижче, ніж інший синтетичної продукції.

Для зведення конструкції самим незамінним є конструкційний алюмінієвий профіль, який володіє всіма необхідними характеристиками (рис. 8). Завдяки оптимальному співвідношенню ціни і якості на сьогоднішній день промисловий алюмінієвий профіль досить популярний. Але не варто забувати і про невід'ємні його достоїнства, адже конструкційний алюмінієвий профіль має привабливий зовнішній вигляд, досить тривалий термін експлуатації. Крім того, промисловий алюмінієвий профіль володіє звуко- і теплоізоляційними властивостями.



Рис.8. Алюмінієвий верстатний профіль

Як його плюсів також можна виділити наступне:

- а) вага виготовленої конструкції знижується в порівнянні з використанням стандартних профілів на 30 – 33%;
- б) невеликий час збирання. Всі деталі збираються швидко. Процес при цьому по простоті більше нагадує дитячий конструктор. При необхідності будь-який профіль можна підрізати

під будь-яким кутом, що в кілька разів збільшує можливі рішення;

в) подальші роботи не потрібні. Після збірки конструкції її немає необхідності ґрунтувати, фарбувати і т. д.;

г) для фіксації немає необхідності використовувати зварні роботи. За допомогою спеціальних фітингів створюється міцне і надійне з'єднання;

г) після складання в будь-який момент можна внести зміни і коректування.

Можна побачити, переваг використання конструкційного алюмінієвого профілю безліч, єдине, що може обмежувати його застосування – це його ціна [5].

IV. ВИСНОВКИ

На основі приведених напрямних для конструювання 3D принтеру слід обирати за призначенням, якщо потрібно щоб ось витримувала великі навантаження- лінійна напрямна, а, якщо потрібна точність у переміщеннях- кульково- гвинтова передача. Звернувши увагу на переведенні матеріали для каркасу було обрано два основних матеріал- листовий акрил та алюмінієвий верстатний профіль, ці два матеріали водночас досить міцні та легкі.

ПЕРЕЧЕНЬ ПОСИЛАНЬ

- [1] Разумов-Фризюк Є.А., Демська А.І., Шепеньов С.О., Фомовський Ф.В. Дослідження параметрів, що впливають на якість моделювання методом пошарового наплавлення // Технологія приборостроения. – 2017. – № 1. – С. 53-56
- [2] Развенчание мифов – валы и рельсы. [Електронний ресурс]; режим доступу (<https://3dtoday.ru/blogs/3d-sprinter/debunking-myths-shafts-and-rails/>); дата використання [24.09.2019].
- [3] Виды передач. [Електронний ресурс]; режим доступу (<http://tool-land.ru/gears.php>); дата використання [26.09.2019].
- [4] Фанера – особенности материала, а также его достоинства и недостатки. [Електронний ресурс]; режим доступу (<http://allparket.com/wiki/item/4-21-994.htm>); дата використання [27.09.2019].
- [5] Профиль алюминиевый конструкционный: преимущества, недостатки, эксплуатационные характеристики. [Електронний ресурс]; режим доступу (<http://megabeaver.ru/materials/profil-profil-alyuminievyy-konstrukcionnyj-preimushhestva-nedostatki-ekspluatacionnye-xarakteristiki.html>); дата використання [03.10.2019].

Вибір двигуна для переміщення платформи DLP 3D – принтера

Стрілець Роман

Кафедра КИТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, ,
Харьков, пр. Науки 14, УКРАИНА, e-mail: Strelets.roman@gmail.com

Анотація: В даній статті проведено аналіз існуючих двигунів, їх зрівняння та вимоги, що висуваються до двигунів, що використовуються в 3D – принтері по технології DLP.

Ключові слова: двигуни, 3D – принтери, технологія DLP, моделювання.

I. ВСТУП

Розвиток технологій та науки на сьогодні є дуже швидким, тому для того, щоб відповідати сьогоднішній ситуації потрібно розвиватися швидким темпом. Однією з передових технологій є 3D – друк, що дає можливість виконувати моделювання різноманітних прототипів, деталей, виробів в різноманітних галузях виробництва, побуту, медицині, будівництві, тощо. Використовуючи 3D – принтери можливо надрукувати різноманітні речі: дім, машину, кістки, ювелірні вироби – це не повний перелік того, що можливо зробити на 3D – принтері. Технологій, які використовують 3D – принтери, є дуже багато. Є технології, які друкують металеві вироби з високою точністю. Є технології, які друкують за допомоги шоколаду.

Найбільш поширеною технологією є технологія друку пластиком(FDM). Використовуючи спеціальний пластик, який під дією температури можливо послідовно нанести на платформу, будується модель, яку виробили за допомоги спеціальних програм на комп'ютері. Є технологія, що використовує спеціальний полімер, що під дією ультрафіолетового випромінювання переходить з рідкого стану в твердий.

Для друку по даній технології модель розрізають на шари, що відображаються на екрані у виді білих пікселів, через які проходить ультрафіолетове випромінювання та взаємодіє з фотополімером. Принтер по технології [Digital Light Processing\(DLP\)](#)[1] зображений на рисунку 1.



Рис.1. Принтер, що використовує технологію DLP

У своєму складі принтер має такі основні компоненти:

- Світлодіодну матрицю, що засвічує фотополімер;
- Екран, що відображає шари моделі;
- Платформу, на якій будується модель;
- Двигун, що здійснює переміщення платформи по осі Z;
- Ванну, в якій знаходиться фотополімер.

Процес друку виконується таким чином:

- 1.Платформа становиться на рівень слою моделі, занурюючись в фотополімер;
- 2.На екрані відображається шар моделі;
- 3.Вмикається світлодіод і деякий час впливає на фотополімер.

Потім платформа піднімається на висоту шару та все повторюється знов. конструкція фотополімерного 3D – принтера зображений на рисунку 2.

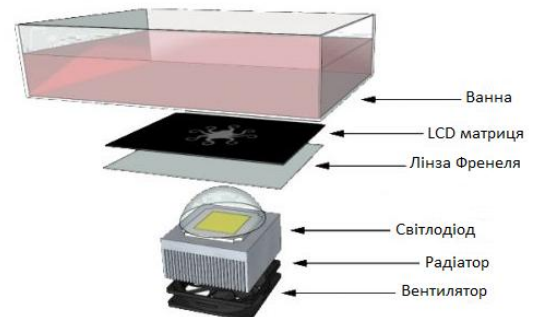


Рис.2. Конструкція фотополімерного 3D – принтера

Точність даних принтерів залежить від багатьох факторів, одним за яких є двигун. Двигун відповідає за точність друку по осі Z, від нього залежить, якої товщини буде шар виробу.

II. АНАЛІЗ ДВИГУНІВ

Найбільш точними двигунами для переміщення платформи 3D – принтеру по осі Z є кроковий двигун або серводвигун. Серводвигун зображений на рисунку 3. Ці двигуни забезпечують точне переміщення, але відмінністю між ними є те, що серводвигун потребує використання в системі управління аналогового зворотного зв'язку, в якості якого використовується потенціометр. Струм зворотно пропорційний різності бажаного та поточного положення. Крокові двигуни використовуються без зворотного зв'язку.



Рис. 3. Вигляд серводвигуна

Кроковий двигун використовується для точного переміщення платформи по осі Z, тому для нього висуваються такі вимоги:

- кут переміщення;
- утримуючий момент;
- інтерфейс підключення;
- маса;
- струм;
- напруга.

Кроковий двигун – це синхронний безщітковий електродвигун з декількома обмотками, в який струм, що подається в одну з обмоток статора, фіксує положення ротора. Послідовна активація обмоток двигуна визиває дискретне кутове переміщення.

Крокові двигуни діляться на двигуни, що мають постійні магніти, та двигуни, що мають змінний магнітний опір. Будова двигуна зображена на рисунку 4.

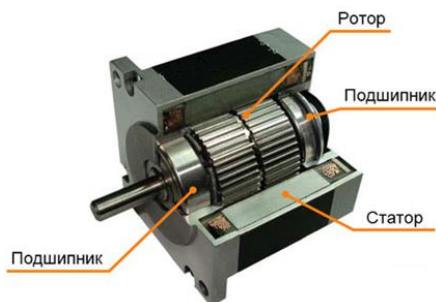


Рис. 4. Будова крокового двигуна

В результаті аналізу вимог до крокового двигуна вибрали кроковий двигун NEMA 17 [2] (рис 5), що має кут повороту $1.8^\circ \pm 5\%$, струм 1.7 А, утримуючий момент 4 кг×см.



Рис. 5. Nema 17

Nema 17 – це гібридний кроковий двигун, що має фланець 17 мм. Напруга живлення двигуна 12 В, розміри: 35 мм × 35 мм × 28 мм (рис. 6). Магніти виконані з неодиму.

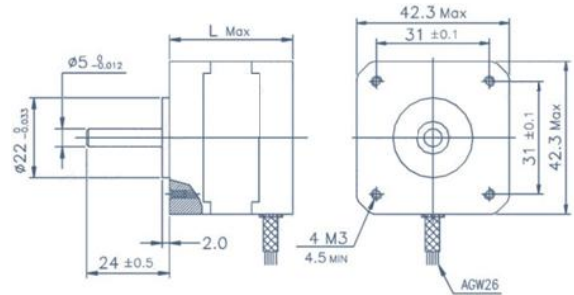


Рис. 6. Розміри крокового двигуна

Опір обмотки – 1.5 Ом, індуктивність 2.8 мГн. Схема підключення зображена на рисунку 7.

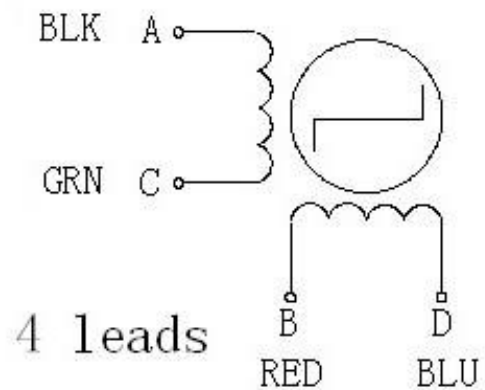


Рис. 7. Схема підключення

Даний кроковий двигун повністю забезпечує виконання всіх функцій, що потребує 3D – принтер, так як він:

- має достатню точність, що визначається кутом переміщення вала на 1.8° , та який можливо зменшити, використовуючи можливі режими двигуна, до 0.6° , що повністю задовольняє умовам технічного завдання;
- утримуючий момент – 4 кг×см, так як моделі виробляються з пластику, вага не буде перевищувати 1 кг;
- напруга 12 В, що повністю відповідає значенням плати управління відносно інтерфейсу двигуна. Також даний двигун має інтерфейс підключення, що складається з 4 проводів: 1 та 2 відповідають першій обмотці, 3 та 4 відповідають 2 обмотці.

IV. ВИСНОКИ

Таким чином було проведено аналіз існуючих рішень для переміщення платформи 3D – принтера по технології DLP. В результаті аналізу було визначено, що використання крокових двигунів для переміщення по осі Z є найбільш доцільним до використання. Крокові двигуни, наприкладі Nema

17 мають 1.8° градус кута поворота, утримуючий момент $4 \text{ кг} \times \text{см}$, невеликі розміри та легке підключення до управляючої плати, що повністю забезпечує виконання вимог до точності при 3D – друку на даних принтерах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Digital Light Processing (DLP) или цифровая обработка светом [електронний ресурс]; режим доступу(<http://can-touch.ru/blog/3d-printing-dlp>)

[2] Шаговый двигатель NEMA17 JK42HS40-1704-13A [електронний ресурс]; режим доступу (<https://arduino.ua/prod1763-shagovii-dvigatel-nema17>)

Аналіз систем передач для 3D-принтера за технологією DLP

Гладських Кирило

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, пр. Науки 14, УКРАЇНА, e-mail: kyrylo.hladskykh@nure.ua

Анотація: В даних тезисах наведи аналіз механічних передач, їх загальні переваги та недоліки, кінематичні схеми, який дасть можливість вибрати передачу, яка забезпечить дотримання параметри 3D-принтера друку по технології DLP, а саме: жорсткість позиціонування робочого столика, дотримання перпендикуляра між центром столика и дном ванночки, високий ККД, переміщення столика на відстань до 12 мкм.

Ключові слова: механічна передача, 3D-принтера друку по технології DLP, кінематика передач.

I. ВСТУП

На сьогоднішній день дуже поширений DLP 3D друк - це одна з методик адитивного виробництва, в якій для побудови об'єктів використовуються рідкі фотополімерні смоли, які застигають під впливом світлових хвиль.

Існує два варіанти друку на DLP принтері: в одному побудова об'єкта відбувається знизу-вгору - робоча платформа опускається, і навпаки - робоча платформа піднімається.

У зворотній DLP 3D-друку (рис. 1) спеціальна ємність 1 принтера заповнюється фотополімерною смолою до певного рівня. Платформа 2, розташована на осі Z 3, опускається в ємність так, щоб зазор між нею і дном дорівнював висоті одного шару. Під ємністю розташований DLP проектор 4. На платформу проектується світло, відповідний перетину першого шару моделі. Після його затвердіння платформа піднімається вгору і починається засвічення другого шару. Крок за кроком створюється фізичний об'єкт. По завершенню друку платформа піднімається вище рівня фотополімера, виріб витягується і очищається від залишків витратних матеріалів.

Після цього виконується засвічення в УФ-лампи для повного затвердіння матеріалу.

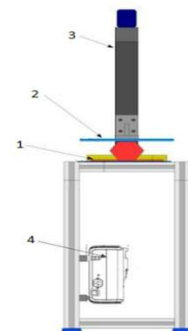


Рис.1. Кінематична схема принтера зі зворотнім DLP 3D-друком

У прямій DLP 3D-друку (рис. 2) DLP проектор 1 розташований зверху, над ємністю 2 з фотополімером. При цьому робоча платформа 3 знаходиться безпосередньо в ній. Для побудови першого шару платформа піднімається вгору так, щоб зазор між нею і поверхнею витратного матеріалу відповідав висоті першого шару. Перетин першого шару проектується на платформу, таким чином твердне фотополімер, після чого платформа опускається вниз на висоту одного шару. Ці кроки повторюються аж до повної побудови виробу. Подальші дії ідентичні схемі принтера зі зворотнім DLP 3D-друком.

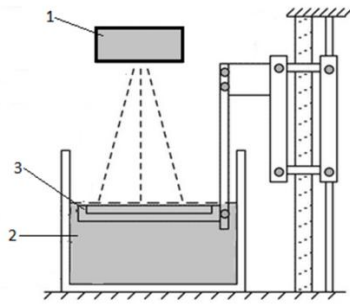


Рис.2. Кінематична схема принтера з прямим DLP 3D-друком

II. АНАЛІЗ ВИДІВ ПЕРЕДАЧ

Ремінна передача. Ремінна передача складається з ведучого і веденого шківів, розташованих на деякій відстані один від одного і огинають приводним ремнем (рис. 3).

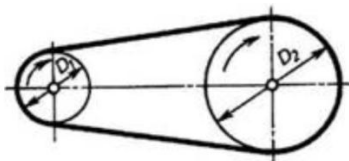


Рис.3. Ремінна передача

Переваги ремінних передач:

- простота конструкції, низька ціна виготовлення і експлуатації;
- можливість передачі потужності на значну відстань;
- можливість роботи з високими частотами обертання;
- плавність і малий шум в роботі внаслідок еластичності ремня;
- пом'якшення вібрації і поштовхів завдяки пружності ремня;
- запобігання механізмів від перевантажень і ударів за рахунок можливості ремня прослизати;
- електроізолююче здатність ремня використовується для запобігання відомою частини машин з електроприводом від появи небезпечних напруг і струмів;
- легкість догляду і обслуговування.

Недоліки ремінних передач:

- великі габаритні розміри;
- мала довговічність ремня, особливо в швидкохідних передачах;
- велике навантаження на вали і підшипники опор через натяг ремня, так як сумарне натяг гілок ремня значно більше окружної сили передачі;
- необхідність застосування пристроїв натягу ремня, що ускладнюють конструкцію передачі;
- чутливість навантажувальної спроможності до забруднення ланок і вологості повітря;
- непостійне передавальне число внаслідок мимовільного пружного ковзання ремня;
- під час експлуатації ремінної передачі не виключена можливість зісакування і обриву

ремня, тому ці передачі потребують постійного нагляду.

Фрикційні передачі. Фрикційні передачі - це передачі, в яких рух від одного вала до іншого передається за рахунок тертя між робочими поверхнями обертових ковзанок (дисків). Фрикційна передача складається з двох коліс (котків) - ведучого і веденого, які притиснуті один до одного із заданою силою. При обертанні одного з ковзанок, наприклад, провідного приходять в рух ведений, завдяки виникає силі тертя (рис.4).

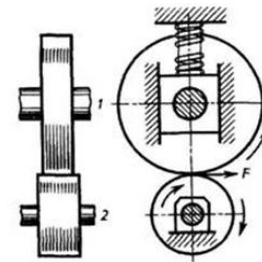


Рис.4. Кінематична схема фрикційної передачі

Переваги фрикційних передач:

- простота конструкції і обслуговування;
- плавність передачі руху і регулювання швидкості і безшумність роботи;
- великі кінематичні можливості (перетворення обертального руху в поступальний, безступінчата зміна швидкості, можливість реверсування на ходу, включення і виключення передачі на ходу без зупинки);
- за рахунок можливостей пробуксовки передача має запобіжними властивостями. Однак після пробуксовки передача, як правило, різко погіршує свої якості: з'являються лиски на ковзанках, нерівномірно спрацьовуються фрикційні поверхні і т. д.;
- відсутність мертвого ходу при реверсі передачі;
- рівномірність обертання, що зручно для приладів;
- можливість безступінчатого регулювання передавального числа без зупинки передачі.

Недоліки фрикційних передач:

- мінливість передавального числа через прослизання;
- незначна передана потужність;
- для відкритих передач порівняно низький ККД;
- велике і нерівномірне зношування ковзанок при буксуванні;
- необхідність застосування опор валів спеціальної конструкції з притисними пристроями (це робить передачу громіздкою);
- для силових відкритих передач незначна окружна швидкість;
- великі навантаження на вали і підшипники від притисної сили, що збільшує їх розміри і робить передачу громіздкою. Цей недолік обмежує величину переданої потужності;
- великі втрати на тертя.

Ланцюгові передачі. Передача енергії між двома або кількома паралельними валами, здійснювана зачепленням за допомогою гнучкого нескінченного ланцюга і зірочок, називається ланцюговою.

Ланцюгова передача складається з ланцюга і двох зірочок - ведучої 1 (рис. 5) і веденої 2, працює без прослизання і забезпечується натяжними і мастильними пристроями.

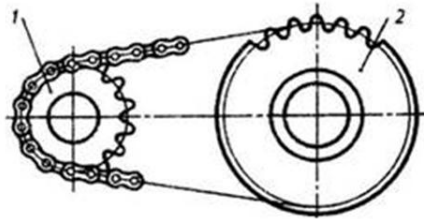


Рис.5. Ланцюгова передача

Переваги ланцюгової передачі:

- дозволяє передавати рух на значні відстані;
- габаритні розміри менші ніж у пасової передачі;
- сталість середнього за один оберт передатного відношення;
- можливість передачі руху одним ланцюгом кільком валам.

Недоліки ланцюгової передачі:

- витягування ланцюга через спрацювання шарнірів, ослаблення натягу, необхідність застосування механізмів для регулювання натягу;
- нерівномірність руху ланцюга і пов'язані з цим динамічні явища, підвищений шум;
- низька кінематична точність при реверсуванні;
- необхідність безперервного догляду, змащування.

Зубчаті передачі. Зубчастою передачею називається механізм, який за допомогою зубчастого зачеплення передає або перетворює рух із зміною кутової швидкості і обертового моменту. Принцип дії зубчастої передачі засновано на зачепленні пари зубчатих коліс. З їх допомогою змінюють за величиною і напрямком швидкості рухомих частин верстатів, передають від одного вала до іншого зусилля і крутний момент.

У зубчастої передачі рух передається за допомогою пари зубчастих коліс. Залежно від взаємного розташування геометричних осей валів зубчасті передачі бувають: циліндричні, конічні і гвинтові. Зубчасті колеса для промислового обладнання виготовляють з прямими, косими і кутовими (шевронними) зубами (рис.6).

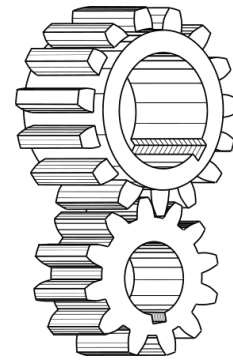


Рис.6. Кінематична схема зубчастої передачі

Преваги зубчатих передач:

- висока надійність роботи в широкому діапазоні навантажень і швидкостей;
- малі габарити;
- високий ККД;
- малі навантаження на вали і підшипники;
- постійність передавального числа;
- простота обслуговування.

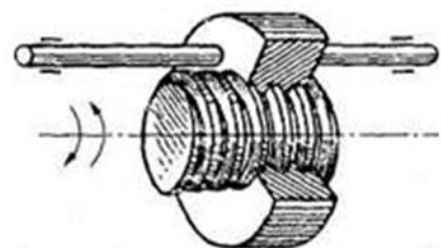
Недоліки зубчатих передач:

- відносно високі вимоги до точності виготовлення і монтажу;
- шум при великих швидкостях, обумовлений неточностями виготовлення профілю і кроку зубів;
- висока жорсткість, що не дає можливість компенсувати динамічні навантаження, що часто призводить до руйнування передачі або елементів конструкції.

Передача гвинт-гайка. Передачі гвинт – гайка застосовують для перетворення обертового руху у поступальний. Вони використовуються у різних галузях техніки – від точного приладобудування до важконавантажених приводів натискних пристроїв прокатних станів, гвинтових пресів та підйомних механізмів в кранів. Такі передачі створюють значні сили, забезпечують точні переміщення робочих органів різних верстатів та приладів або виконують функції регулювальних пристроїв.

Розрізняють два типи передач гвинт-гайка:

- передачі тертя ковзання або гвинтові пари тертя ковзання (рис. 7,а);
- передачі тертя кочення або шарикові пари (рис. 7,б) Ведучим елементом у передачі, як правило, є гвинт, веденим – гайка. У передачах гвинт-гайка кочення на гвинті і в гайці виконані гвинтові канавки (різьблення) напівкруглого профілю, які служать доріжками кочення для кульок.



а)

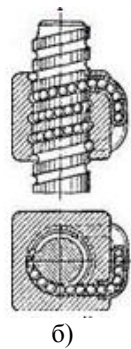


Рис. 7. Типи передач гвинт-гайка

На рис. 8 показані схеми передач гвинт – гайка. За схемою передачі на рис. 8,а обертовий рух гвинта 1 перетворюється в поступальний рух гайки 2, а за схемою на рис. 8,б, навпаки, обертовий рух гайки 2 перетворюється у поступальний рух гвинта 1. На схемі рис. 8,в показана передача для здійснення надзвичайно повільного поступального руху гайки 2 при обертанні гвинта 1. Тут гвинт має дві різьбові ділянки з малою різницею кроків різьби.

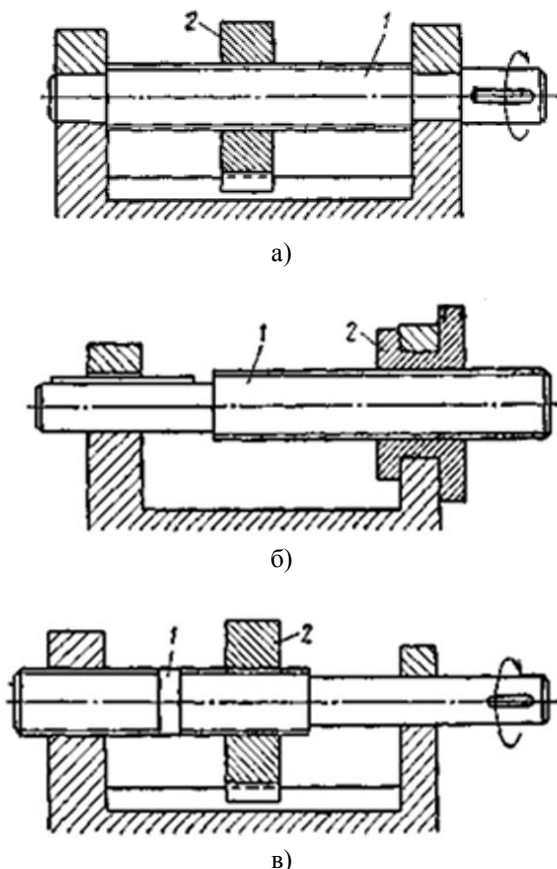


Рис. 8. Схеми передач гвинт-гайка

Залежно від призначення передачі гвинти бувають:

- вантажні, що застосовуються для створення великих осьових сил. При знакозмінному навантаженні мають трапецеїдальне різьблення,

при великому однобічному навантаженні - опорну. Гайки вантажних гвинтів цільні;

- ходові, що застосовуються для переміщень в механізмах подачі. Для зниження втрат на тертя застосовують переважно трапецеїдальну багато західну різьбу;

- установчі, що застосовуються для точних переміщень і регулювань. Мають метричну різьбу. Для забезпечення безлюфтової передачі гайки роблять здвоєними.

Велика увага в гвинтових передачах, що застосовуються в металорізальних верстатах і приладах, приділяють усуненню мертвого ходу, що виникає при зміні напрямку руху. Наявність мертвого ходу пояснюється зазором в різьбі внаслідок неминучих помилок при виготовленні і зносу протягом експлуатації. Для усунення мертвого ходу гвинтові механізми забезпечують спеціальними пристроями. При цьому розрізняють два способи вибірки зазору в різьбі - осьовий, що застосовується для трапецеїдальних різьб і радіальний зсув гайки - для трикутних різьб. Перший спосіб досягається установкою двох розсовуючих гайок, наприклад, пружиною, другий - розрізної гайки, що втягується цанговим затискачем.

Основні переваги передачі гвинт-гайка ковзання:

- можливість отримання великого виграшу в силі;
- висока точність переміщення і можливість отримання повільного руху;
- плавність і безшумність роботи;
- велика несуча здатність при малих габаритних розмірах;
- простота конструкції.

Недоліки передачі гвинт-гайка ковзання:

- великі втрати на тертя і низький ККД;
- важке застосування при великих частотах обертання.

У шарикогвинтових передачах (ШГП) при обертанні гвинта шарики залучаються до руху по гвинтовим канавкам, поступально переміщують гайку і через перепускний канал повертаються назад. Пропускний канал виконують між сусідніми або між першим і останнім (рис. 8, б) витками гайки. Таким чином, переміщення шариків відбувається по замкнутій всередині гайки траєкторії.

У верстатобудуванні застосовують триниткові гайки. Пропускний канал виконують в спеціальному вкладиші, який вставляють в овальне вікно гайки. У тривиткових гайках передбачають три вкладиша, розташовані під кутом 120° один до іншого і зміщені по довжині гайки на один крок різьблення по відношенню один до одного. Таким чином, шарики в гайці розділені на три (за кількістю робочих витків) незалежні групи. При роботі передачі шарики, пройшовши по гвинтовий канавці на гвинті шлях, рівний довжині одного витка, викочуються з різьби в перепускний канал

вкладиша і повертаються назад у вихідне положення на той же виток гайки.

ШГП виконують з однією або частіше з двома гайками, встановленими в одному корпусі. У конструкціях з двома гайками найбільш просто виключити осьовий зазор в сполученні гвинт-гайка і тим самим підвищити осьову жорсткість передачі і точність переміщення. Усувають осьовий зазор і створюють попередній натяг шляхом відносного осьового (наприклад, за допомогою прокладок) або кутового зміщення двох гайок.

Найбільшого поширення набув напівкруглий профіль канавок з радіусом, що перевищує на 3 ... 5% радіус кульок, і з кутом контакту $\alpha = 45^\circ$.

Успішно застосовують також профіль «стрілчатая арка», який складніше у виготовленні, але дозволяє створити попередній натяг підбором діаметрів кульок.

Прямолінійний профіль різьблення (трикутний, трапецієподібний) є найбільш технологічним, але значно поступається по навантажувальній здатності криволінійному (так допустиме навантаження на шарик, що знаходиться в жолобі з профілем у вигляді дуги кола, більш ніж в три рази вище допустимої навантаження на шарик, що лежить на плоскій поверхні трикутного або трапецієподібного профілю). Тому прямолінійний профіль різьблення застосовують в ШГП для прийняття невеликих осьових навантажень в приладах.

III. ВИСНОВКИ

В фотополімерному 3D – принтері для переміщення робочого столику краще застосовувати ШГП так, як ця передача володіє наступними перевагами:

- малі втрати на тертя. ККД передачі досягає 0,9 і вище (збірка без попереднього натягу);
- висока несуча здатність при малих габаритах;

- низький коефіцієнт тертя спокою і висока кінематична чутливість (можливість отримання малих і точних переміщень);
- відсутність осьового і радіального зазорів (мертвого ходу);
- надійна робота в широкому діапазоні температур в вакуумі;
- малий знос робочих поверхонь гвинта і гайки, що забезпечує високу точність і рівномірність поступального руху;
- високий ресурс.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Ремінні передачі [Електронний ресурс]; режим доступу (http://cherch.ru/mechanicheskie_peredachi/remennie_peredachi.html).
- [2] Ремінні передачі [Електронний ресурс]; режим доступу (http://k-a-t.ru/detali_mashin/21-dm_remen1/index.shtml).
- [3] Фрикційні передачі [Електронний ресурс]; режим доступу (<http://www.teormach.ru/lect9.htm>).
- [4] Ланцюгові передачі [Електронний ресурс]; режим доступу (http://mmidmm.kpi.ua/images/pdf/Detali_Mash/08.PD).
- [5] Зубчасті передачі [Електронний ресурс]; режим доступу (<http://obrobka.pp.ua/1452-zubchast-peredach.html>).
- [6] Зубчасті передачі [Електронний ресурс]; режим доступу (http://k-a-t.ru/detali_mashin/24-dm_zubchatye/index.shtml).
- [7] Передача гвинт-гайка [Електронний ресурс]; режим доступу (<http://www.detalmach.ru/lect5.htm>).

Determining the productivity of UI web systems in the context of use

Anastasiia Demska

Department of Media Systems and Technologies, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE, Kharkiv, Nauky Ave. 14, e-mail: anastasiia.demska@nure.ua

Abstract: In this paper the importance of the Web-systems in the work of modern business processes is considered. The relevance of the issue of increasing the competitiveness of sites in the context of increasing the number of Internet resources is presented. It is proved that the most important aspect in developing an attractive for the

user site is usability – a characteristic that describes how effectively the user can interact with the product. In order to achieve the real goal of usability, certain technologies and methods of assessment are needed, which is being developed by an increasing number of analysts and scientists.

Keywords: website, usability, testing, Eye tracking, parametric model, reengineering.

I. INTRODUCTION

We live in an information society with inherent, different then before, speed and ways of creating and receiving information, methods of working with it, the global nature of information networks and the information field, communication possibilities [1]. It is now clear that information and communication technologies are the most influential in all areas of human life [2].

The new ideology of Web-production is helping to attract small and medium-sized enterprises to the electronic markets, enabling them to buy sufficiently functional solutions that meet their objectives at a reasonable price. One of the benefits of doing business on the Internet is reducing the number of intermediaries in the chain "manufacturer - distributor - dealer - retailer - buyer" [3]. The existing business classification identifies several business models that have their own construction methodologies, list of participants, inputs and outputs [4]. Since the most important link in the e-business are the clients of the company, the B2C model (the business is aimed at the end consumers – individuals) is chosen for consideration in this work.

This category of business includes a large number of e-commerce businesses: online stores, paid services for individuals, numerous companies selling consulting and information services. The B2C structure of the company includes the following components: an interactive Web site that performs the functions of a front office, shop windows; customer support; logistics service and others [4].

A website is a kind of interface between an enterprise and its environment - partners, suppliers, clients. So, it can be argued that the website, in this case, has taken on functions and tasks that many specialized services and departments perform in the ordinary enterprise. This is an attractive option for the company also because the cost of creating and promoting a site is much less than building a company structure.

Current trends lead to the fact that each company has a website that contains information about the company's services and catalog of its products. With the growing number of companies active in one area, the user is faced with the question of which company's services to use, and often the potential customer makes the choice for the company that has the most attractive or convenient website [3].

Most businesses use standard modular grids that are most user-friendly for their web pages, creation of which must take into account the mathematical models of modular grids that are suitable for the specific task. Using them with competent application can make the design of Internet resources more attractive and convenient, increase the functionality of sites [5].

II. ANALYSIS OF EXISTING METHOD OF EASY ASSESSMENT

Usually, users evaluate everything by their appearance, sites are no exception [6]. Users in this case are a wide range of people whose qualitative characteristics (age, gender, physical and psychological characteristics) are expanding every year. This additionally requires adaptation of the site design for individuals of different segments of the population, incl. the elderly, the visually impaired, with color blindness, etc., which will contribute not only to the increase of number of users of the site, but also to ensuring the principles of accessibility of information.

That is why, given the contingent of users, design activities require additional tools to evaluate the quality and convenience of graphic and multimedia products, including from a psychological and ergonomic point of view [6]. Achieving a real *usability* goal requires certain technologies and assessment methods that have been in develop for a long time [7], but so far there is no clear metrological assurance of the research data (number, age of respondents, health restrictions), which complicates work in this area and makes the obtained indicators probable. This, in turn, raises the need for scientific research into the quality and convenience of multimedia products, how they present this data, and how they are interpreted to design the human-computer interface.

Usability tries to explain human behavior in complex systems in very specific circumstances, and therefore its results are less accurate than in sciences such as mathematics or physics. Thus, we can argue that usability in its recommendations relies on past experiments and experiences rather than exact formulas [8]. There is an opinion that usability is practically unmeasurable: "usability cannot be measured quantitatively ... one can only say that it is more convenient to work with one system than with another". However, this only indicates that no specific metric is currently available to calculate [9-10].

Usability as a scientific discipline began to emerge in the 50's of the XX-th century. Until the mid-1990s, usability engineering seemed to be a fully formed field of activity based on a fundamental scientific base, thematic monographs. [11] and to an international standard ISO 9241-11: 1998 [12].

The first known attempt to parametrically describe the concept of "usability" was proposed by J. Nielsen: $B = V \cdot C \cdot L$, where B – is the business effect of the site; V – number of unique visitors; C – conversion rate (conversion of visitors to customers); L – loyalty level (reflects repeat visits, average order size, etc.) [11] (fig. 1). Web site usability is traditionally thought to affect C and L, although for loyalty, the effect is not entirely straightforward and accounts for about 1/3 of changes to that metric [13]. However, nowadays, usability affects V as search engines have begun to consider so-called behavioral factors in website ranking [13].

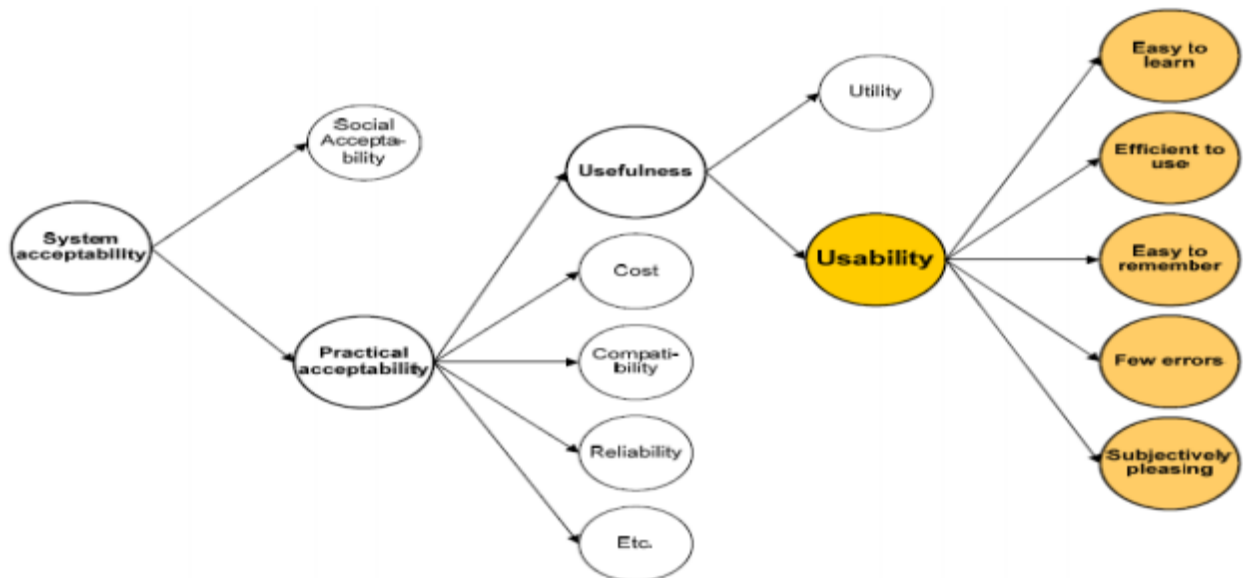


Fig. 1. System Acceptance Attributes Model (Nielsen, 1993) [13]

Design should also consider people's ultimate ability to process information, make decisions, and act accordingly. These human qualities have been carefully studied in recent decades, taking into account human-computer interaction.

The researchers cited are, for example, Hicks (1952), Fitts (1954) [14], or Miller (1956) [15]. William Hicks was a pioneer in experimental psychology and ergonomics. One of his most famous studies has focused on the time it takes a person to make decisions as a result of possible options, given the cognitive capacity of information, which has been expressed as a formula known as Hicks law.

Paul Fitts was a human factor psychologist and pioneer who developed a mathematical model of human motion known as Fitz Law based on aimed fast-moving motion. This model is used, in the field of ergonomics and human interaction with the computer, to predict the time it takes to quickly reach the target area, such as pointing with a hand or finger, or using a pointer to the computer interface.

George Miller was a cognitive psychologist who studied the average capacity of a person's working memory to store information. His research concluded that the average person can hold in memory a number of objects at 7 ± 2 . This is known as the Miller Law or "magic number 7". One important consequence of this finding is the ability of an individual to evaluate and judge alternatives that are limited to 4 to 8 variants. Placing all these research contributions into a simple set of design principles is problematic, so another approach is to define heuristics to evaluate the usability of interfaces.

International standard ISO 9241-11: 1998 Guidance on usability [12], in turn, defines three aspects of usability as properties: performance,

productivity, satisfaction. But the same standard proposes usability to be understood more broadly, including aspects of emotions and perceptions typically associated with user experience. If objective data on performance and effectiveness cannot be obtained, subjective measurement methods based on user perceptions of products can be used [12] (fig. 2).

III. DEVELOPMENT OF PARAMETRIC MODEL OF USABILITY ASSESSMENT

Traditional usability research methods often reveal the inconvenience of user interaction with the product, but often cannot answer why. Quality and usability assessment of a business site is performed only based on indicators that can be verified by certain criteria, so the methods of usability expertise and usability testing are used. Usability expertise provides a qualitative assessment of the site and usability testing – quantitative [16].

This paper discusses the possibility of creating a parametric model for determining convenience based on known usability expertise and usability testing methods. It is known that by [12] $UI = efficiency (S), satisfaction (T), productivity$. If S and T can be determined by the results of a survey of respondents (receipt of checklists), then the "productivity" can be determined only when performing usability testing with Eye Tracking technology.

In this case, "Productivity" is presented as "areas of noticeability" and "areas of interest": Productivity = areas of noticeability (N) – many modern methods of constructing modular grids, areas of interest (P) – many descriptions of patterns ("Reading Gravity"). Thus, we define the basic parameters that are required to solve the task $UI = \langle M, S, T, P, N \rangle$.

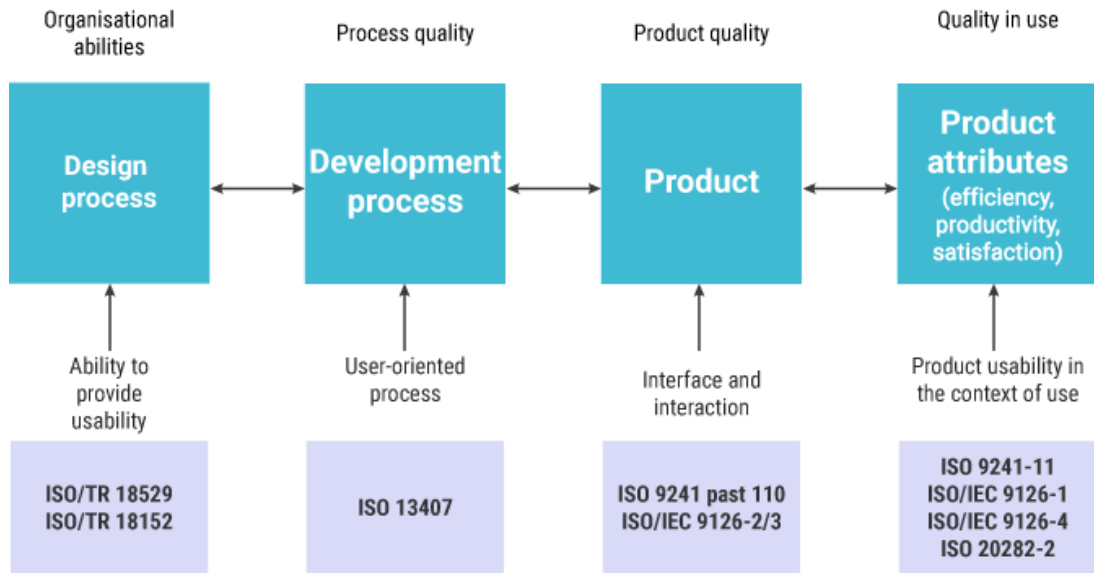


Fig. 2. Usability standards classification

Users are recognized as the main element in the evaluation process. Users in this case are a wide range of people whose qualitative characteristics (age, gender, physical and psychological characteristics) are expanding every year. This additionally requires adaptation of the site design for individuals of different segments of the population, incl. the elderly, the visually impaired, with color blindness, etc., which will contribute not only to the increase of number of users of the site, but also to ensuring the principles of accessibility of information. Denote them by M with possible classification $M=\{M_b, M_e, M_i, M_t, M_o\}$, where M_b – main users (14 - 24 years); M_e – experienced users (25 - 44 years); M_i – inexperienced users (45-60 years); M_t – third generation users (60+ Years). You can enter an additional gender metric for this section M_b ($M_{bv} - M_{bm}, M_{ev} - M_{em}, M_{iv} - M_{im}, M_{tv} - M_{tm}$), M_o – others (division by age and physico-psychological characteristics) [17].

S – conditional set of site design (by purpose) where S_v – business card site; S_k – corporate site; S_p – promotional site; S_F – showcase-website; S_i – all possible site ranking options. It should be borne in mind that the set S may contain subsets that indicate the specifics of the site under study, as an example, give a description of the element of the set $S=\{C_E, C_S, C_P, \dots, C_j\}$, where C_E – electronics store; C_S – construction shop; C_P – trading platform; C_j – all possible variations of e-shops.

T – set of design quality assessment options; $T=\{T_1, T_2, T_3, T_4, \dots, T_n\}$ where T_1 – efficiency; T_2 – ease of use; T_3 – usefulness; T_4 – emotional attractiveness; T_n – other satisfaction ratings.

Set the rating scale using the user-defined linguistic and numerical values, for example, give the following rating scales:

$$T_2 = \begin{cases} 1, & \text{simple and convenient} \\ 0, & \text{inconvenient} \end{cases} \quad T_4 = \begin{cases} 80 \leq T_4 \leq 100, & \text{like} \\ 60 \leq T_4 \leq 79, & \text{rather like} \\ 40 \leq T_4 \leq 59, & \text{rather don't like} \\ 0 \leq T_4 \leq 39, & \text{don't like} \end{cases}$$

The proposed rating scale will allow a comprehensive assessment in the test groups to determine the correctness of the proposed UI.

Synthesis of the method of weighting coefficients and empirical experience is used to determine the "degree of importance" of a given coefficient. In this case, you need to assemble a team of experts and test the most popular sites, according to user qualifications and rankings in the international search engine, in accordance with the proposed theory. To obtain adequate data, it's necessary to create at least 3 groups divided by age.

It is known that about 80% of information is perceived by the person through vision. Using modern web design technologies, it is possible to influence this feeling by attracting attention to the object of design, to achieve the necessary degree of perception by potential clients of the site. The result of good design is a well-known essence that performs its functions better than it did them before this design variant. Graphic design affects the emotional component of the consumer decision-making process, which is especially important for promoting ideas and content [2]. In addition to answering the questions, you need to use an "intensity map" obtained with the Eye Tracking system, which will show which visual objects the user is paying attention to and determine the trajectory of the pattern.

Therefore, for further research, the existing relationships between user attention and the modular grid that the page was designed for are considered [18], that is, it is necessary to take into account the conventional arrangement of the basic elements of the

page, which causes the emergence of such a concept as "reading gravity", or "pattern", which returns readers to the logical axis of orientation, accelerating the reading and comprehension of text. Basically reading the text is based on: F-pattern; Z-pattern; a golden triangle; Gutenberg diagram. Then P is the set of pattern descriptions (Reading Gravity); $P=\{P_F, P_Z, P_T, P_G\}$ where P_F – F-pattern; P_Z – Z-pattern; P_T – golden triangle pattern; P_G – Gutenberg diagram pattern.

N – set of modern modular grid construction methods; $N=\{n_1, n_2, n_3, n_4, n_5\}$, where n_1 – construction based on Fibonacci numbers; n_2 – the rule of thirds; n_3 – sine wave design; n_4 – the principle of the Golden Rectangle; n_5 – the principle of "golden section".

IV. CONCLUSIONS

The analysis of existing usability studies and standards allowed us to develop a parametric model for usability assessment. Based on this model, a reference sample for comparison with the obtained by technology Eye Tracking can be created. Next, the image analysis will be performed in the MathLab environment by the resulting matrices, the elements of which will capture the color of the image point: 0 – black, 255 – white.

As a result of the processing of the resulting image matrices, we get areas of high attention of users that will coincide / do not coincide with the areas that the developer wants to highlight and on this basis we can develop recommendations for site reengineering.

REFERENCES

- [1] V. Kosenko, E. Persiyanova, O. Belotsky, O. Malyeyeva. Methods of managing traffic distribution in information and communication networks of critical infrastructure systems/ *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. 2017. No. 2 (2). pp. 48 – 55.
- [2] Романюк О.Н. Веб-дизайн і комп'ютерна графіка / О.Н. Романюк, Д.І. Кателініков, О. П. Косовиць. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2007. - 142 с., 12 с. іл.
- [3] Плєскач В.Л. Інформаційні системи і технології на підприємствах : підручник /В.Л. Плєскач, Т.Г. Затонацька. – К.: Знання, 2011. –718 с.
- [4] Грєхов А.М. Е-комерція. — К.: Вид-во Європейського ун-ту, 2006. – 212 с.
- [5] Фомішина О. Модульне проектування мережєвих журнальних видань як спосіб підвищення якості сприймання контенту //Український інформаційний простір. – 2018. – №. 1. – С. 141-148.
- [6] Огірко, І. В., & Пілат, О. Ю. (2011). Автоматизація управління якістю електронного видання. *Поліграфія і видавнича справа*, (2), 124-131.
- [7] Фазылзянова, Г. И., & Балалов, В. В. (2014). Применение метода айтрекинга для оценки качества графической и мультимедийной продукции. *Наука и мир*, 3(3), 172.
- [8] Юзабилити – наука, технология, искусство / Ю.Р. Валькман, А.В. Савченко, В.В. Зосимов, А.С. Булгакова // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України. – К.: ПІМЕ, 2010. – Вип. 54. – С. 82-91
- [9] Манаков В.П. Исследование формальных оценок качества UI/UX сайтов / В.П. Манаков, Е.И. Бизюк, А.В. Бизюк // Бионика интеллекта. – 2017. – №2(89). – С. 132-137
- [10] Матвеев П. П. К вопросу о повышении эффективности использования маркетинговых инструментов в сети Интернет // Проблемы современной экономики. – 2012. – №. 2. – С. 233-235
- [11] Nielsen, J. (1994). Guerilla HCI: Using discount usability engineering to penetrate the intimidation barrier. Retrieved March 18, 2002, from the World Wide Web: <http://useit.com>.
- [12] ISO S. 9241-11 (1998) //Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part II guidance on usability. – 1998.
- [13] Бакаев М.А. Современные тенденции в автоматизированной оценке юзабилити и поведенческие факторы в алгоритмах поисковых систем // Программные продукты и системы, 2017. – №3. – С. 447-455
- [14] Miller, George A. "The cognitive revolution: a historical perspective." Trends in cognitive sciences 7.3 (2003): 141-144.
- [15] Fitts, Paul M. (June 1954). "The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement". Journal of Experimental Psychology. 47 (6): 381–391.
- [16] Кузьминов Е. В. Оцінка ефективності роботи сайту. Системний аналіз. Інформатика. Управління // Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Запоріжжя, 2011. – С. 118-119
- [17] Кабакова Е. А., Усков В. С. Веб-сайт научно-исследовательского учреждения: наполнение, посетители, развитие //Вопросы территориального развития. – 2014. – №. 3 (13). – С. 1-11
- [18] Demska A., Yevsieiev V., Kolesnykova T., Tkachenko V. Methods and means of evaluation usability of human-machine interface // International Scientific-Practical Conference «Innovations in Publishing, Printing and Multimedia Technologies» (Kaunas, 17th-18th of April, 2019). – p.p. 40-46.

Псевдосервіси та теорія конфлікту в стохастичному управлінні інформаційними мережами

Галина Даниліна¹, Наталя Андрусевич²

1. Кафедра КСМ, Криворізький коледж Національного авіаційного університету, Кривий Ріг, вул.Туполева, 1, УКРАЇНА, e-mail: znk-ur@kk.nau.edu.ua
2. Циклова комісія ПОДІПЗ, Криворізький коледж Національного авіаційного університету, Кривий Ріг, вул.Туполева, 1, УКРАЇНА, e-mail: dekanat@kk.nau.edu.ua

Анотація: Розроблена математична модель і методика захисту комп'ютерної мережі від атак і вторгнень. Зроблено припущення про апіорну невизначеність стану мережі і ризик виникнення конфлікту з активним (розумним) супротивником. Розроблено стохастичну модель конфлікту з ескалацією супротивника у псевдосервіси з використанням псевдосервісної мережі Honeynet.

Ключові слова: захист інформації, теорія конфлікту, псевдосервіси, процес розвитку конфлікту, керований марківський процес, стохастичне управління.

I. ВСТУП

Аналіз, адаптація та оптимізація методів захисту комп'ютерних мереж від атак і несанкціонованих вторгнень залишається актуальною темою. Використання математичного апарату статистичної теорії ризику, теорії конфлікту, теорії масового обслуговування, дослідження операцій в задачах побудови систем захисту займає достатньо скромне місце. Намітити реальні шляхи постановки та розв'язання згаданих проблем – мета даної роботи.

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Організація безпеки даних – це як систематизація, виявлення і відображення загроз, так і управління ризиками, своєчасні превентивні заходи для зниження ризику загроз, щоденна робота по системному забезпеченню безпеки. У теперішній час недостатньо просто виявляти і реагувати на дії порушників, треба ще й прогнозувати їхні дії.

Найбільший інтерес привернув метод так званої "медової пастки" (*Honeypot*) – заманювання на хибні інформаційні об'єкти, що демонструють високу вразливість.

В роботі [1] такі медові пастки названі псевдосервісами, в роботах [2 – 5] – облудними, хибними інформаційними системами або мережами-пастками. Цілі колективи працювали над різноманітними проектами медових пасток [6,7]. Однак в результаті пошуку і аналізу численних літературних джерел нами були виявлені лише дві статті, що заслуговують на увагу [2,3]. Зокрема, в роботі [3] глибоко і всебічно опрацьований теоретичний підхід до

оцінювання ефективності мережних медових пасток (за термінологією роботи – хибних інформаційних систем).

У цей час все більшого розвитку набувають мережні атаки, яскравим прикладом яких є розподілені атаки типу "відмова в обслуговуванні" (так звані *DDOS*-атаки).

Для швидкого виявлення широко розповсюджених комп'ютерних хробаків розгортається у випадкових місцях ряд систем, які очікують появи зловмисної активності. Якщо кілька систем виявляють подібні дії, дуже ймовірно, що це буде широко розповсюджена атака. Чим більше систем розміщено, тим швидше буде виявлено напад, але своєчасність не є лінійною щодо кількості систем. Швидше за все, ймовірність зростає з кількістю обманів, розміщених пропорційно розміру загального простору, тоді як час на виявлення - це функція від ймовірності зустріти одну або декілька систем обману як функцію, що стосується поширення хробака.

Логічним розвитком методів активної протидії мережним атакам з використанням медових пасток є перехід від однієї *Honeypot* або сукупності автономних *Honeypot* до мережі *Honeypot*, яку називають *Honeynet* [6].

Ці сподівання на проект медоносною мережі та пропозиції внесені до DARPA та інших агентств щодо масштабних масивів виявлення на основі обману для швидкого виявлення великомасштабних хробаків.

Розробка архітектури, топології, протоколів *Honeynet* тощо ведеться у рамках відповідного *Honeynet*-проекту [7]. Однак у рамках цього проекту вивченню розвитку конфлікту між сторонами атаки та захисту приділяється значно менше уваги. Тому це завдання представляється вельми нагальним.

III. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ПРОБЛЕМИ

Мета даної роботи – розробити метод управління процесом розподіленого захисту інформаційної системи від розподілених атак з використанням мережі *Honeynet*. Математичною основою цього завдання залишаються теорії

конфлікту [8] і керованих марковських процесів [9].

Основні завдання:

- ідентифікація вторгнення, оцінювання характеристик атаки;
- аналіз можливих стратегій конфлікту й вибір найбільш перспективних стратегій контратак для конкретної задачі;
- розробка методів модифікації стратегії при зміні стану сторін;
- вибір математичного апарату для опису процесів розвитку конфлікту;
- розробка математичної моделі конфлікту;
- отримання асимптотичних характеристик ефективності.

IV. РОЗРОБКА МОДЕЛІ КОНФЛІКТУ

Для комп'ютерних мереж та цифрових інформаційних систем характерні дискретні процеси розвитку конфлікту між сторонами атаки та контратаки, що характерні.

Дискретний випадковий процес конфліктного керування являє собою сукупність, що складається з трьох абстрактних об'єктів:

$$K = [S_t, M_{ch}, \Psi(S_t, M_{ch})], \quad (1)$$

де S_t – підмножина ресурсів контратаки, M_{ch} – множина стратегій контратаки з результатом res_{ch} , $\Psi(S_t, M_{ch})$: $S_t \rightarrow M_{ch}$ – відображення підмножини стратегій S_t в множині M_{ch} . При повній інформації чи наявності достатньої статистики процесу j -му ресурсу S_{ij} відповідає стратегія контратаки M_{chj} з результатом res_{chj} .

Для дискретних систем з запізненням, до яких відносяться комп'ютерні мережі та розподілені інформаційні системи, справедливо припущення, що процеси протистояння між сторонами атаки та контратаки описуються диференційно-різницевиими рівняннями або рівняннями з аргументами, що відхиляються [10,11].

У загальному випадку

$$\begin{cases} z'_{ids}(t) = f_1(t, z_{ids}(t), \dots, z_{ids}(t - \tau_1), u_1(t), v_2(t - \tau_2), \xi(t)); \\ z'_{icm}(t) = f_2(t, z_{icm}(t), \dots, z_{icm}(t - \tau_2), u_2(t - \tau_2), v_1(t), \eta(t)), \end{cases} \quad (2)$$

де

Z_{ids} та Z_{icm} – вектори стану систем S_{ids} та S_{icm} відповідно;

$u_1(t)$ та $u_2(t)$ – вектори управлінь в S_{ids} та S_{icm} відповідно;

$v_1(t)$ – вектор дій в S_{ids} на S_{icm} ;

$v_2(t)$ – вектор дій в S_{icm} на S_{ids} ;

$\xi(t)$ та $\eta(t)$ – вектори випадкових збурень, які діють на S_{ids} та S_{icm} відповідно;

τ_1 та τ_2 – запізнення у векторах S_{ids} та S_{icm} відповідно.

Ефективність E_1 системи S_{ids} й ефективність E_2 системи S_{icm} на інтервалі спостереження T у загальному випадку являють собою нелінійні функціонали станів Z_{ids} , Z_{icm} та векторів $\xi(t)$ та $\eta(t)$

відповідно. З рівняння (1) випливає їх взаємна залежність.

Якщо врахувати фактор нормалізації випадкових процесів у великих системах [9], то можна застосувати для вирішення рівнянь (1) метод гаусовської апроксимації в малій околиці точок екстремуму E_1 і E_2 . У цьому разі вирази для ефективностей мають вигляд

$$E_1 = \int_0^T z_{ids}(t) dt, \quad E_1 \rightarrow \max_{v_1}, \quad E_2 = \int_0^T z_{icm}(t) dt, \quad E_2 \rightarrow \max_{v_2} \quad (3)$$

Мета кожної системи при рішенні конфлікту – максимально підвищити свою ефективність за рахунок зниження ефективності супротивної сторони. Однак результат докладених зусиль стане відомий тільки в момент часу t . На інтервалі спостереження $0 \leq t \leq T$ можна виробляти найкращі управління $u_1(t)$, дії $v_1(t)$ та прогнозувати кінцевий результат, тільки спираючись на припущення про стратегії поведінки супротивника й дані про поточні стани Z_{ids} та Z_{icm} . Включення в рівняння (1) функцій $v_1(t)$ означає відволікання частини ресурсу на формування захисних впливів або контратак. Задачу конфлікту необхідно вирішувати або з додатковим критерієм мінімізації частки ресурсу, що відводиться на захист, або з обмеженням на допустимі витрати цієї частки ресурсу.

Схема моделі конфлікту [1] між сторонами атаки S_{icm} та захисту S_{ids} , модифікована для випадку застосування стратегій ескалації в псевдосервісі (пастки, хибні інформаційні системи), наведена у роботі [12]. Модель реального конфлікту, як правило, є нелінійною, але для отримання асимптотичних оцінок при досить великому інтервалі спостереження (i , відповідно, при великому числі кроків розвитку конфлікту) є припустимим робити покрокову стохастичну лінеаризацію моделі з екстраполяцією на основі методів кореляції та регресії [13]. Для пошуку коефіцієнтів екстраполяції лінеаризованої моделі розроблено модифіковану покрокову процедуру з заміною та примусовим включенням незалежних змінних. При цьому усунення з вибірки незалежних змінних $X_1, X_2, \dots, X_p$ (активні ресурси та псевдосервіси) відсутнього значення X_i , $1 \leq i \leq p$ не є необхідним, оскільки воно може приводити до втрати про змінні $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_p$ інформації, яка доставляється елементом X_i . Теоретично можна залишити цей елемент у вибірці та використати виміри, що містяться в ньому, для обчислення вектора середніх значень $\bar{X}$ та матриці коваріацій R_X .

У реальній ситуації для отримання цих даних приходится використовувати наближені методи:

– видалення елементів, лишаючи тільки комплектні елементи, тобто елементи з повністю присутніми значеннями;

– підстановку середнього: замість відсутнього значення X_i підставляється середнє значення $\bar{X}_i$,

завдяки чому результуюча вибірка комплектується до повного об'єму p ;

– попарного викреслювання, підстановки регресії тощо.

На жаль, для будь-якого зі згаданих методів їх статистичні властивості частіше за все невідомі, тому немає гарантій, що отримані оцінки будуть незміщеними. Якщо елемент містить багато пропусків, його треба усунути. Якщо значення будь-якої змінної невідомо для більшості елементів, цю змінну треба видалити. Тоді можна застосовувати стандартні методи множинного регресійного аналізу [13].

На рис. 1 зображено мережну модель процесів розвитку конфлікту з передбаченням та виправленням помилкових припущень [8].

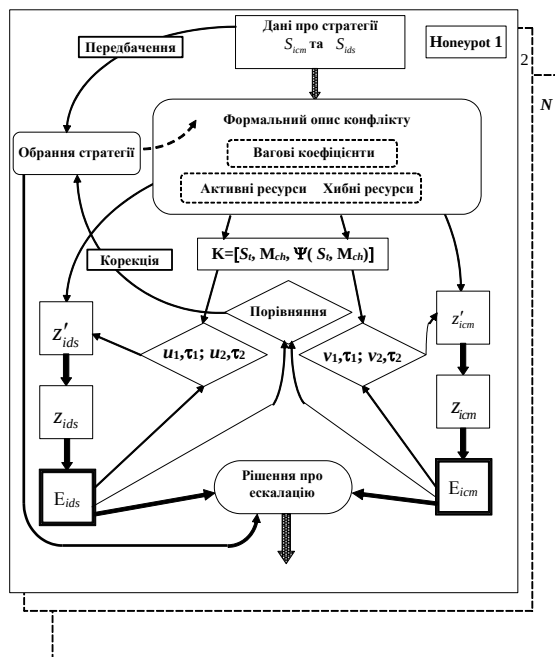


Рис. 1 Схема стохастичної мережної моделі конфлікту з можливою ескалацією в псевдосервісі

Стратегії протидії та атак, розроблені відповідно до класичної теорії конфлікту [8] і модифіковані для конкретної розглянутої задачі, наведені в роботі [12]. Тут же розглянемо набір найбільш наочних стратегій захисту:

– ешелонування рубежів захисту типу "зовнішня – демілітаризована – внутрішня зони безпеки";

– відмова від отримання – просте повернення підозрілого трафіку;

– розподілена відмова від отримання – трансляція підозрілого трафіку на кілька точок і повернення трафіку з усіх цих точок;

– насичення рубежів захисту псевдосервісами з відтворенням добре відомих вразливостей – затягування противника в ескалаційну пастку – один з елементів мережі *Honeynet*.

В системі захисту, заснованій на теорії конфлікту, передбачаються активні дії по відбиттю атаки. Тут розглядаються теоретичні моделі і

методи аналізу, прогнозу розвитку конфлікту і оптимізації послідовностей захисних дій. Щодо правових аспектів адекватності заходів контратаки передбачається лише, що оцінка цієї адекватності в технічних системах може бути зроблена досить точно і об'єктивно.

Розглянемо алгоритмічну модель конфлікту між розподіленими системами атаки і захисту. Схема процесу моделювання атакуючих і контратакуючих потоків зображена на рис. 2.

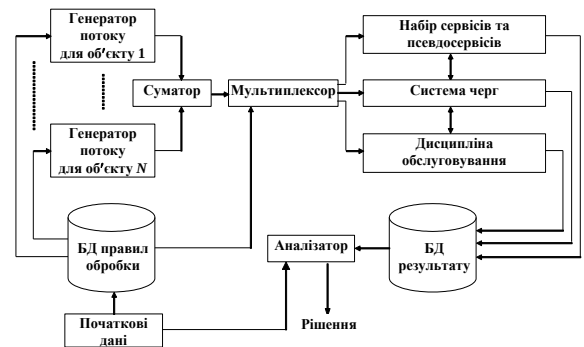


Рис. 2. Алгоритмічна модель

Як видно з рис. 2, рішення про вибір напрямку розвитку конфлікту приймаються на підставі результатів повного аналізу параметрів і стану системи, наявних вихідних даних і поточної інформації про характеристики мережного трафіку.

Припустимо, що в результаті атаки ймовірність штатного функціонування об'єкта знижується, можливо, до нуля, а в результаті застосування відповідної захисного заходу ймовірність функціонування об'єкта підвищується, можливо, аж до вихідної величини. Процес розвитку конфлікту є розгалуженим напівмарківським процесом, перехідні і фінальні ймовірності якого залежать від співвідношення стратегічних (S_{ids}, S_{icm}) й енергоінформаційних (E_{ids}, E_{icm}) ресурсів сторін.

Напівмарківський процес [8] – це марківський процес з випадковими інтервалами між переходами. При входженні процесу у певний стан, обираються наступний стан і тривалість затримки відповідно до ймовірностей переходів і функцій щільності розподілу тривалості затримок. Після затримки в стані i на час τ_{ij} , процес переходить в стан j , а потім процедура повторюється.

V. ВИСНОВКИ

Стратегія відволікання ресурсів противника на мережні псевдосервіси дозволяє залишати ресурс захисту достатнім, що дає виграв навіть коли ресурси атаки мають перевагу над ресурсами захисту.

Тема використання розгалужених ескалаційних пасток з імітацією активної боротьби з супротивником шляхом управління еволюцією вразливостей псевдосервісів (медових пасток), тобто заманюванням супротивника на хибні сервіси зі змінними вразливостями, залишається актуальною і буде розширена в наступній роботі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Виноградов Н. А. Управление псевдосервисами в защищенных информационных системах на основе теории конфликта // Н. А. Виноградов, Г. В. Данилина, Д. В. Домарев, Я. В. Милокум – Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2014. – №6(34). – с. 5 - 12.
- [2] Котенко И. В., Степашкин М. В. Обманные системы для защиты информационных ресурсов в компьютерных сетях // Труды СПИИРАН, Вып. 2, т. 1. – СПб.: СПИИРАН, 2004. с. 211 – 230.
- [3] Язов Ю. К., Сердечный А. Л., Шаров И. А. Методический подход к оцениванию эффективности ложных информационных систем // Вопросы кибербезопасности №1(2), 2014. – с. 55 – 60.
- [4] Шматова Е.С. Выбор стратегии ложной информационной системы на основе модели теории игр. // Вопросы кибербезопасности №5(13) – 2015 с. 36 –40.
- [5] Максим И.С. Распределенная динамическая Honeynet (сеть-ловушка) на основе скрытой модели Маркова //И.С. Максим, В.А. Малышев. – Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО 2012), шестая международная конференция, М.: ИПУ РАН, 2012. – с. 162 – 168.
- [6] Spitzner L. Honeynets and Digital Forensics // The Digital Forensic Research Conference DFRWS 2004 USA Baltimore, MD (Aug 11th – 13th). – 25 pp.
- [7] www.honeynet.org
- [8] Дружинин В.В., Конторов Д.С., Конторов М.Д. Введение в теорию конфликта. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.
- [9] Дынкин Е.Б., Юшкевич А.А. Управляемые марковские процессы и их приложения. – М.: Наука, 1975. – 338 с.
- [10] Bellman R. Differential-Difference Equations. / R. Bellman, K.L. Cooke. – Academic Press, 1963. – 482 p.
- [11] Pinney E. Ordinary Difference-Differential Equations. – University of California Press, 1958. – 262 p.
- [12] Даниліна Г.В. Виноградов М.А., Савченко А.С. Процеси конфліктного управління мережним комутаційним вузлом з функцією фільтрації шкідливого трафіку. Науково-технічна конференція молодих учених «Актуальні проблеми інформаційних технологій», Київ 2018, 20-21.11.2018. Матеріали доповідей, с.11-12.
- [13] Afifi A. Statistical Analysis, Second Edition: A Computer Oriented Approach 2nd Edition / A. A. Afifi, S. P. Azen. – Academic Press; 2 edition, 1979. – 442 pp.

Управління автоматизованою системою керування освітленням NURE Energy з використанням мікросервісів

Сергій Новоселов, Юрій Олександров, Оксана Сичова, Сергій Теслюк

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій автоматизації та мехатроніки, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, Харків, проспект Науки 14, nsoft72@gmail.com

Реферат: В даній статті описується метод керування освітленням за допомогою автоматизованої системи управління NURE-Energy. В якості ядра системи використовуються мікросервіси. Програма управління автоматизованою системою здійснює облік, контроль, відображення інформації у вигляді діаграм, функції обміну і передачі інформації за допомогою Web технологій. Використання IoT Cloud дозволяє обробляти велику кількість даних, що надходить від багатьох датчиків, які розповсюджені на об'єкті керування. В якості системи керування та зберігання даних використовуються Elasticsearch.

Ключові слова: автоматизована система керування освітленням, NureEnergy, мікросервіси, Elasticsearch, IoT Cloud.

I. ВСТУП

Впровадження автоматизованих систем керування освітленням сприяє вирішенню актуальної проблеми енергозбереження при збереженні якості освітлення.

На даний момент є безліч організацій з відсутньою системою контролю і обліку

електроенергії. Установка даної автоматизованої системи керування освітленням не вимагає глобального втручання в інтер'єр приміщення. Фінансові витрати на установку і впровадження системи окупляться за 3 - 8 років залежно від типу організації. Підприємство зможе економити до 60% на витратах з електроенергії.

Програма управління автоматизованою системою управління освітленням – це перспективний продукт з енергозбереження, він помітно знизить споживання електроенергії при оптимальній роботі освітлювальних установок в кожен момент часу. А також, поєднує в собі значні можливості економії електроенергії з максимальною зручністю для користувачів і за допомогою даної програми можна домогтися найбільш повного і точного обліку споживаної електроенергії з будь-якого заданого місця за допомогою спеціального додатку через інтернет.

Використовуючи сучасні технології, сьогодні можна досягти повної автоматизації освітлення. Притому це стосується не тільки процесу управління, але також і контролю. Дистанційний контроль роботи всіх пристроїв, здатний своєчасно попередити електриків про можливу поломку, за рахунок чого витрати підприємства на електромонтажні роботи знижуються.

Само по собі автономне керування освітленням забезпечується поруч високоточних контрольно-вимірювальних приладів і модулів програмного управління [1]. Використовуючи подібну зв'язку обладнання, можна домогтися правильного алгоритму освітлення, постійного контролю за всіма освітлювальними елементами і проводкою, а також переходу від одного сценарію освітлення до іншого в залежності від часу доби або стадії виробничого процесу. Крім того, системи автоматичного управління освітлювальним обладнанням дозволяють оптимізувати енерговитрати, а разом з тим і знизити витрати підприємства на електроенергію [2].

Програма управління автоматизованою системою управління освітленням здійснює облік, контроль, відображення інформації у вигляді діаграм, функції обміну і передачі інформації за допомогою Web технологій.

II. АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБМІНУ ДАНИМИ В ІОТ ТА АРХІТЕКТУРИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

Інтернет речі (IoT) – це розгалужений набір технологій і випадків використання, які не мають чіткого, єдиного визначення. Ці пристрої, або речі, підключаються до мережі, щоб надати інформацію, яку вони збирають з навколишнього середовища через сенсори, або щоб дозволити іншим системам давати команди через спеціальні протоколи [3-4].

Конкретні випадки використання та можливості в різних галузях є численними, і багато в чому світ IoT тільки починає роботу. Проекти IoT мають додаткові розміри, які збільшують їхню складність

у порівнянні з іншими технологіями, що орієнтовані на хмару, включаючи:

- різноманітне обладнання;
- різноманітні операційні системи та програмне забезпечення на пристроях;
- різні вимоги до мережевого шлюзу.

Розділимо систему на три основні компоненти: пристрій, шлюз і хмару [5].

Пристрій включає в себе апаратні засоби і програмне забезпечення, яке безпосередньо взаємодіє зі світом. Пристрої підключаються до мережі для зв'язку один з одним або до централізованих додатків. Пристрої можуть бути безпосередньо або опосередковано підключені до Інтернету.

Шлюз дозволяє пристроям, які безпосередньо не підключаються до Інтернету, використовувати хмарні послуги. Хоча термін шлюз має певну функцію в мережі, він також використовується для опису класу пристроїв, які обробляють дані від імені групи або кластера пристроїв. Дані з кожного пристрою надсилаються на сервер (хмару), де обробляються і поєднуються з даними з інших пристроїв і потенційно з іншими бізнес-транзакційними даними [6].

Розглянемо структуру та принцип роботи автоматизованої системи керування освітленням [7]. На рис. 1 показана архітектура автоматизованої системи.

До складу системи входять: інтелектуальні модулі освітлення за вбудованими датчиками струму та освітлення, з можливістю дротового або бездротового керування; модульні датчики освітлення для контролю рівня світла на робочому місці працівника; мережевий модуль; локальний або хмарний сервер; диспетчерська програма для керування роботою системи та перегляду статистики.

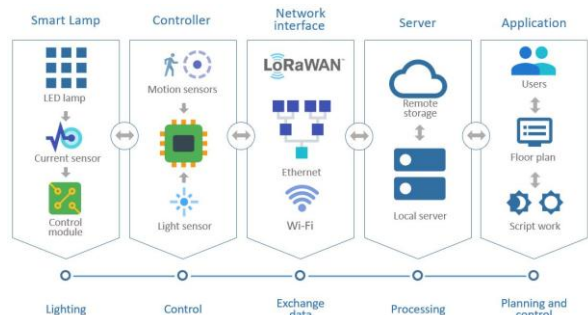


Рис. 1 Архітектура автоматизованої системи

До складу автоматизованої системи входять:

- інтелектуальні модулі керування світильниками різної потужності та принципу дії (LED-лампи, люмінесцентні лампи, лампи розжарювання);
- керуючий контролер для управління групою світильників;
- мережевий контролер, який є шлюзом між локальними приладами освітлення та глобальною мережею;

– модуль керування черговим освітленням і інтеграції до автоматизованої системи безпеки.

Інтелектуальні модулі керування світильниками – це окремі апаратні пристрої, які базуються на мікроконтролерах із вбудованим прийомо-передавачем (з дротовим або бездротовим принципом обміну даними).

Мережевий модуль призначений для управління автоматизованою системою керування освітленням. Дані модуль є проміжною ланкою між основним сервером та безпосередньо модулями керування освітленням на об'єкті.

Мережевий модуль є шлюзом між груповим контролером, який встановлюється на об'єкті автоматизації та мережею Internet.

Функції мережевого модуля:

- отримання запитів від сервера;
- обробка одержаної інформації;
- формування пакетів та транслявання запитів в промислому мережу об'єкта автоматизації управління освітленням;
- отримання відповіді від контролерів автоматизації управління освітленням;
- побудова відповіді та транслявання її на головний сервер.

III. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НА ОСНОВІ МІКРОСЕРВІСІВ

Інтелектуальні пристрої відсилають статистику до серверу та очікують від нього зворотних команд. В режимі очікування, сервер очікує запити від контролерів, щоб прочитати їх стан та зберегти у базі даних. Коли пристрій звертається до сервера, останній розбирає отримане повідомлення, декодує його, та записує отриману інформацію до БД [8].

Програмна частина серверу складається з інтерфейсу та контролерів. За допомогою інтерфейсу можна отримати інформацію про стан датчиків та інших пристроїв, а також керувати ними. Інтерфейс також дозволяє змінювати ці параметри.

Сервер являє собою комплекс програмного забезпечення, що забезпечує функціонал по обробці і зберіганню даних, керівництвом над мережею керуючих пристроїв, підтримкою активності різних інтерфейсів.

В системі мають місце бути два інтерфейси – призначений для користувача (UI – User Interface) і API (Application Programming Interface – інтерфейс програмування додатків). Фактично, доступ до системи здійснюється виключно через API, а призначений для користувача інтерфейс представляє з себе тільки оболонку для зручного взаємодії з API [9].

Інтерфейс забезпечує з себе додаток, яке за допомогою API надає доступ до системи. Підтриманням активності користувача інтерфейсу займається сервер, хоча користувацький інтерфейс насправді, може бути розгорнуто де завгодно, за єдиної умови – наявності зв'язку з сервером API.

Інтерфейс написаний на наступних мовах:

- Bootstrap – HTML фреймворк для швидкого створення веб сторінок з надійним дизайном;
- HTML5 – HyperText Markup Language 5;
- CSS3 – Cascade Style Sheet 3;
- JS – JavaScript;
- jQuery – використовується в різних цілях, спрощуючи написання складних конструкцій на JavaScript і взаємодія з HTML DOM;
- Thymeleaf – html template engine – движок для генерації html та заповнювання його динамічними даними з сервера.

Для забезпечення ефективної роботи системи необхідно вводити додаткові мікросервіси, які реалізують шаблони мікросервісної архітектури, такі як API Gateway, Service Discovery.

На рис 2. показані сервіси, які використовуються в системі управління [10-16].

Netflix Zuul – це реалізація API Gateway від Netflix. Для налаштування Zuul серверу було використано можливості фреймворку Spring Cloud, який дозволяє створити даний сервер використавши лише одну анотацію над стандартним java класом.

Zuul працює як інтерфейс, який надає єдиний вхід до всієї системи та делегує виклики до підсистем. Кожен з мікросервісів мають власні REST APIs, які використовуються для маршрутизації даним сервером.

Service Discovery є одним з ключових принципів мікросервісної архітектури. Задача виявлення сервісів була вирішена використанням Netflix Eureka. Eureka – це сервер для реєстрації всіх сервісів, які знаходяться в системі.

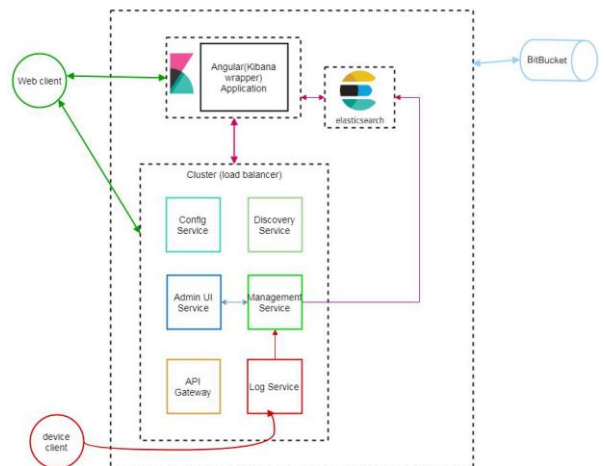


Рис 2. Сервіси, які використовуються в системі управління

Вище зазначена команда перейде до кінцевої точки Gateway API і проксі REST API, який надається сервісом користувачів. Ці REST API були налаштовані на використання HATEOAS, який підтримує автоматичне виявлення всіх функціональних можливостей сервісу.

Існує два основних підходи до організації комунікації мікросервісів, які лежать в основі всіх шаблонів наведених вище: синхронний (REST, RPC) та асинхронний обмін повідомленнями.

У REST-стилю є безліч принципів і обмежень, але ми сконцентруємо увагу на тих з них, які дійсно допоможуть нам при зустрічі з інтеграційними складнощами при побудові мікросервісів та пошуку стилів інтерфейсів для наших сервісів, які виступають в якості альтернативи RPC. Найбільш важливим є поняття ресурсів. Під ресурсами можна розуміти те, про що знає сам сервіс, наприклад сутність «Користувач». У запиті сервер створює різні образи (або представлення) цього об'єкта. Клієнт, наприклад, може запросити JSON-репрезентацію об'єкта «Користувач», навіть якщо він збережений абсолютно в іншому форматі. Отримавши представлення цього об'єкта, він може робити запити на його зміну і сервер може їх виконувати або не виконувати [17-19].

Дані, які приходять від контролера зберігаються у noSql базі даних Elasticsearch. Це пошукова система котра дозволяє зберігати й аналізувати великі обсяги даних у режимі реального часу. Внутрішня структура Elasticsearch має швидку індексацію, вона розбиває свої індекси (область документів одного типу) не декілька шардів та реплік, шарди та репліки – це одиничні програми які розподіляються рівномірно по всім нодам та забезпечують горизонтальне масштабування.

Для візуалізації даних Elasticsearch, використаємо продукт Kibana – це UI продукт для динамічної конфігурації візуалізації даних з Elasticsearch. Основні функції Kibana для аналізу даних з контролера, будуть візуалізація (Visualize) та панель керування (Dashboard).

Приклад візуалізації даних наведено на рис. 3.

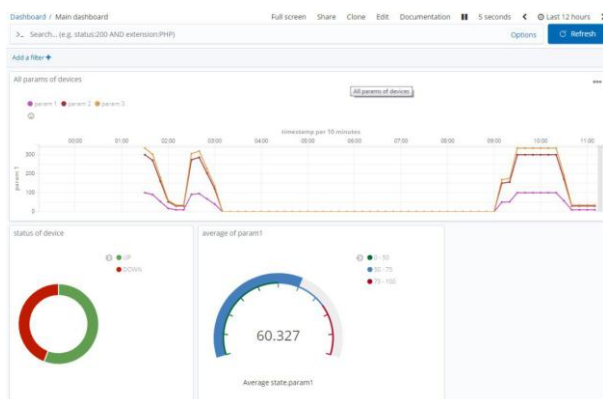


Рис 3. Приклад візуалізації даних

Для реєстрації контролерів, були написано невеликий веб-додаток використовуючи Spring MVC. За основу генерації html сторінок використана бібліотека Thymeleaf.

IV. ВИСНОВКИ

Автоматизована систем керування освітленням це комплексний продукт з модульною структурою і універсальною програмою управління під будь-яке завдання. Впровадження даного рішення сприяє економії електроенергії за рахунок:

- контролю рівня зовнішнього освітлення і наявності людей в приміщенні;

- автоматичної підтримки необхідного рівня освітленості на робочому місці, незалежно від часу доби або погодних умов;

- використання розумного чергового освітлення для підвищення безпеки працівників за рахунок.

Особливістю даної системи є можливість поетапної і економічної модернізації застарілої системи освітлення за рахунок введення в експлуатацію окремих пристроїв освітлення структурних підрозділів підприємства. За рахунок підключення спеціальних модулів управління можна використовувати звичайні світильники у складі інтелектуальної системи керування освітлення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- [1] O. Hersent, The Internet of Things: Key Applications and Protocols. D. Boswarthick, O. Elloumi. - Wiley, 2012. - 370 p.
- [2] Gong, Y.; Han, P. Research on energy-saving scheme based on LED street lamp management-system. Appl. Mech. Mater. 2014, pp. 448–453, 2850–2855.
- [3] F. Behmann, Collaborative Internet of Things (C-IoT): for Future Smart Connected Life and Business. Kwok Wu K. - Wiley, 2015. - 304 p.
- [4] Черняк Л. Интернет вещей: новые вызовы и новые технологии // Открытые системы. — 2013. — № 04.
- [5] Marr B. How Big Data And The Internet Of Things Create Smarter Cities [Електронний ресурс] / Bernard Marr // Forbes — Режим доступу: <http://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/05/19/how-big-data-andthe-internet-of-things-create-smarter-cities/#60e178e63d8b> — дата звернення 25.05.2019
- [6] Интеграция и взаимодействие в сети Веб [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.intuit.ru/studies/courses/485/341/lecture/8211>.
- [7] Гур'єв, А. В. Системи автоматизованого управління зовнішнім освітленням // Електротехніка. 2001. № 5. С. 4.
- [8] Elasticsearch как NoSQL база данных [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/percolator/blog/222765/> — дата звернення 25.05.2019
- [9] Claudia Imhoff. Corporate information factory / Claudia Imhoff, Ryan Sousa – John Wiley & Sons, 2001 – 382 p.
- [10] Офіційний сайт компанії Amazon [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://aws.amazon.com/ru/iot/how-it-works/> — дата звернення 02.06.2019
- [11] Офіційний сайт компанії [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://cloud.google.com/solutions/iot/> — дата звернення 02.06.2019
- [12] Офіційний сайт сервісу cloudmqtt [Електронний ресурс]. — Режим доступу:

- <https://www.cloudmqt.com/> – дата звернення 02.06.2019
- [13] Офіційний сайт компанії [Електронний ресурс]. <https://azure.microsoft.com/ru-ru/overview/iot/> – дата звернення 02.06.2019
- [14] Пономаренко, І.І. Автоматизована система управління розподільними електричними мережами / КВП і автоматика. 2005. № 1. С. 30-31.
- [15] Шелест, В., Лаказ, К. Мікропроцесорна система управління тяговими підстанціями // КВП і автоматика. 2006. № 2. С. 38-40.
- [16] М. Фаулер. Архитектура корпоративных программных приложений / М. Фаулер. – Издательский дом Вильямс, 2006 – 544 с.
- [17] Ньюмен С. Создание микросервисов / Ньюмен С. – СПб.: Питер, 2016 – 304 с.
- [18] Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions / Gregor Hohpe, Bobby Woolf – Addison-Wesley, 2004 – 736 p.
- [19] I. Nadareishvili. Microservice Architecture: Aligning Principles, Practices, and Culture / I. Nadareishvili, R. Mitra, M. McLarty, M. Amundsen – O'Reilly Media, 2016 – 146 p.

Технологічне забезпечення автоматизованого виготовлення типових деталей радіоелектронного приладобудування методом холодно листового штампування

Вячеслав Роменський, Олена Чала, Шахін Омаров

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій автоматизації та мехатроніки, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, Харків, проспект Науки 14, vjacheslav.romenskiy@nure.ua

Реферат: В даній роботі проаналізовані основні збірні конструкції радіоелектронного приладобудування, виявлені основні (типові) деталі, які виготовляються однією із технологічних операцій – холодним листовим штампуванням.

Ключові слова: деталі, технологічний процес, штампування, автоматизація, виробництво, роботизований комплекс, заготовка.

I. ВСТУП

При виготовленні виробів приладобудування особливо у вигляді вузлів, блоків, шасі, приладів і т.д. однією з технологічних операцій є холодне листове штампування (ХЛШ). Дані операції виконуються в ковальсько-пресових цехах підприємств і в загальному технологічному процесі займають до 30-40%.

Даний технологічний процес є складним і трудомістким. Він вимагає великих трудових і фізичних витрат. Головне при виконанні технологічних операцій холодно листового штампування це точність подачі заготовки в

штамп, своєчасне проведення операцій вирубки, пробивки, а також вилучення готової деталі з штампу.

Складність технологічних процесів на даний момент досягло такого рівня, що реалізація технологічних процесів без їх автоматизації майже неможлива, головна проблема це заміна ручного труда на автоматизований комплекс.

В роботі поставлено за мету провести автоматизацію ланки холодної листової штамповки виготовлення типових деталей виробів радіоелектронного приладобудування, розробити принципову схему автоматизації ділянки. Провести аналіз основних виробів радіоелектронного приладобудування з метою визначення типових деталей використаних в холодній листовій штамповці.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Холодне листове штампування є прогресивним високопродуктивним процесом.

Суть процесу полягає в пластичній утримці матеріалу зі зміною форми та розмірів заготовок, де в якості заготовки використовується смужка або картка виготовлені із тонколистового металу. Типові відштамповані деталі приведені на рис.1.



Рис.1 Деталі виготовлені ХЛШ

Аналіз конструкцій типових для радіоелектронного приладобудування [1] показав, що більша частина деталей, що входять до складу вузлів виготовляються холодним листовим штампуванням. Основним обладнанням для вирубки деталей є прес та ріжучий інструмент-штамп.

Преси бувають різні як для холодного так і для гарячого штампування. Крім того, вони мають рівні характеристики, для кожної роботи був вибраний криволінійний прес.для холодного листового штампування.

Ріжучий інструмент-штампи можна розділити на: спеціальні, універсальні, спеціалізовані, переналагоджувальні.

Спеціальні штампи виготовляють для однотипних форм і використовуються у масовому і крупносерійному виробництві. При зміні хоча б одного параметра розміру деталі - штамп відбраковується і проектується новий штамп.

В кожному випадку був виготовлений спеціальний переналагоджувальний штамп (СПШ) у якому змінюється тільки робоча частина преса, штамп-матриця і матриця.

Данні штампи знайшли широке використання в одиничному та масовому виробництві. Над розробкою і виготовленням СПШ працювало багато вчених, науково-дослідницьких інститутів і підприємств. Були проведені аналіз випилу основних факторів на точність та параметри штампувальних деталей [2]. Виявлені основні задачі щодо удосконалення та дальнішому розвитку переналаштовувальної технології оснастки для листоштампувального виробництва [3].

На підставі аналізу виробів застосованих в радіоелектронних апаратах виявлено що вони мають компенсуватися у вигляді вузлів, блоків, приладів, стінок, пультів управління з блоками, вузлами з елементами, що мають управління, інформаційні та сигнальні елементи. Під блоком розуміють функціонально і конструктивно закінчену складальну одиницю, що складається з осередків, закріплених на його несучій частині. Блок як правило не має самостійного

експлуатаційного призначення і є складовою частиною модуля більш високого конструкторського рівня.

Конструктивні схеми перерахованих виробів РЕА визначаються їх елементною базою. При конструюванні блоків різної апаратури в якості несучого елемента застосовують корпус блоку. Основні параметри корпусу блоку, кінцевої схеми які показані на рис. 2 утвореними горизонтальними та вертикальними панелями, передніми та задніми стінками з'єднані фасковими профілями, стрижнями, П-образними скобами.

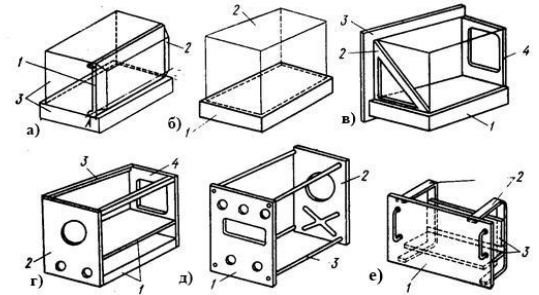


Рис. 2 Компонувальні схеми шасі і каркасів блоків

В основному деталі корпусів блоків виготовляють із сталевого проводу повшіною від 1,5 до 3 мм методом холодної листової штамповки.

В цій роботі буде розглянутий типовий корпусний блок показаний на рис. 3 який має передню та задню стінку з'єднаних стрижнями.

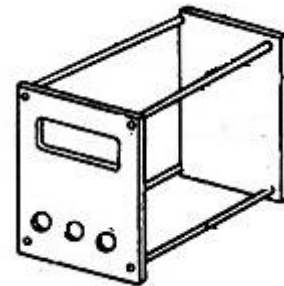


Рис. 3. Блок типових деталей для нашої конструкції

Одержані за допомогою листового штампування деталі мають форму і розмір відповідні формі та розмірам робочих частин штампів.

Всі операції холодного штампування виконуються на пресах, залежно від умов обробки і характеру виготовлення деталей застосовуються різні типи пресів. В холодно штамповому виробництві застосовується зазвичай преси з механічним і гідравлічним приводом.

При розробці технологічного процесу виготовлення деталей ХЛШ необхідно визначити: характеристику вихідного матеріалу(вид матеріала та розмірність); характер і послідовність операцій виготовлення деталей; тип

і характер оброблявання; продуктивність обладнання; автоматизація та механізація прецесів; кваліфікаційний розряд робіт; кількість робітників, що одночасно працюють на одній операції.

Вибір варіанту технологічного процесу листового штампування залежить від обсягу виробництва, типу виробництва, форми і матеріалу виробу. розробка технологічних процесів ХЛШ складається з наступних етапів:

- аналіз технологічності форми або конструктивних елементів деталей;
- визначення форми і розмірів заготовок, а також вибору матеріалу при найкращому його використанні;
- в штампуванні стику, потужності і габаритів необхідного обладнання.

При розробці технологічного процесу виготовлення типових деталей РЕА [4].

Методом ХЛШ були виділені наступні технологічні побажання:

- визначено програму випуску каркасів блоку;
- визначено найвигідніший розкрій металу;
- визначено кількість та послідовність операцій;
- розраховано кількість деталей із однієї заготовки;
- визначено основні габаритні розміри та допуски.

В якості прикладу для дальнішого розрахунків було прийнято програма випусків каркасів блоків в кількості 400 шт. загальний вигляд штампованих деталей і їх основні розміри наведені на рис. 4

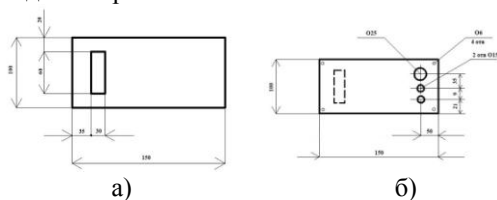


Рис. 4. Загальний вид штампованих деталей:
а – передня стінка б – задня стінка

При габаритних розмірах деталей 100x150мм, урахування необхідних перемичок при вирубці та установленні штампування 10 шт. при розкрою листа з найбільш вигідним використанням матеріалу був використаний іонеричний розкрій. для цього було використано токолист сталі товщиною 1.4 мм з габаритами листа 1100мм на 2200мм. З листа отримано 14 смуг для виготовлення 400 смуг було витрачено 33 листа. Коефіцієнт використання матеріалу складає 93%.

При виборі преса для ХЛШ основними технічними параметрами є тиск, величина ходу, закрита висота, розмір сбоку преса, висота повзунка, число обертів робочого вала. Для наших умов вибираємо криволінійний прес KE2130A, технічна характеристика якого приведена у табл.1

Табл. 1. Технічна характеристика преса KE2130A

Найменування параметрів	Основні показання
Номинальне зусилля, Кн	1000
Мінімальний та максимальний хід повзунка	10-130
Частота ходів повзунка, хв. ⁻¹	72
Відстань між лідштапковою і повзунком, мм	300
Величина резулювання відстані між підштапковою прлитою та повзунком, мм	100
Відстань від осі повзунка до станини, мм	400
Найбільший хід поршня в повзунові, мм	40
Тиск повітря в мережі преса мінімальний / максимальний, МПа	0,45...1,0
Витрати стиснутого повітря літр/цикл	3,3
Маса, кг	9500

Модернізація управління преса здійснюється на базі промислового контролера, що істотно підвищує надійність і безпеку роботи оладнання. Застосування контроллера застосування контроллера виключає з електричної схми проміжні реле, які є основним джерелом несправностей в процесі експлуатації. програма електроавтоматики записана в контролері на має фізичних контактів, зберігається в лампі певний час, є можливість швидкої заміни алгоритму роботи данного пристрою за допомогою програматора.

Велика стійкість до зовнішніх чинників, жорсткий алгоритм роботи, мінімальні вимоги до технічного забезпечення дають можливість експлуатувати обладнання персоналом низької кваліфікації крім того таке управління дозволяє використовувати приведені алгоритм роботи преса в автоматизованому режимі.

Ріжучим інструментом в ХЛШ є штамп. Штампи бувають спеціальні, універсальні, спеціалізовані переналагоджувальні. Аналіз технічних операцій ХЛШ показав, що на підставі з широко вживаними спеціальними штампами, на період освоєння нових видів приладів, основного виробництва, раціонально використовувати спеціальні переналагоджувальні штампи (СПШ) загальний вид СПШ показано на рис.6. відмінність СПШ від спеціальних штамів полягає в тому, що для виготовлення заданих деталей необхідно виготовити в штампі тільки робочі частини. Робочі частини закріплюються в пакетах за допомогою швидкоотвердіючої композиції АСТ-Т. можливістю переналагодження робочих частин іншими забезпечується багаторазове виробництво СПШ.

До складу СПШ входять універсальні групові блоки рис. 5-6 і переналагоджувальні пакети рис. 7.

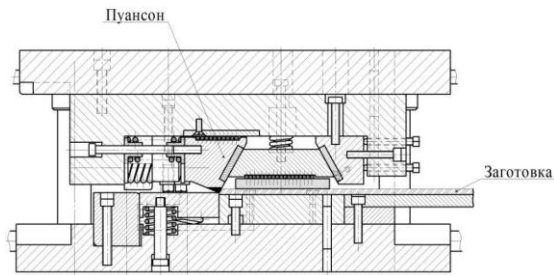


Рис. 5. Загальний вид СПШ

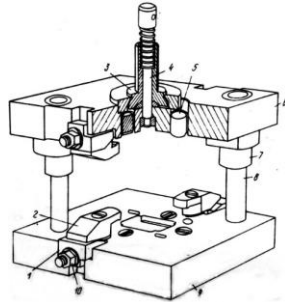


Рис. 6. Загальний вид блоку

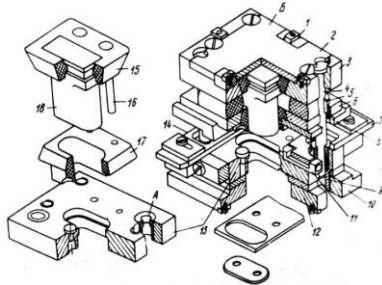


Рис. 7. Загальний вид пакетів СПШ, СПШ1:

- 1- шпонка; 2 – накладка 1-клин; 2прихват;
 3- хвостовик; 3 – тримач; 4 – колонка; 6 – знімач;
 4- пристрій; 5- фіксатор; 7 – шпонка; 8 – втулка;
 9 – втулка; 7 – втулка; 8- колонка; 10 – гайка
 10 – утримувач; 11 – упор; 12 – прокладка; 13 – матриця

Основні деталі блоків і пакетів є складовою частиною СПШ. Виготовляються спеціалізованими підприємством і постачаються споживачам. Спеціальними деталями СПШ є тільки робочі частини, які виготовляють безпосередньо на підприємстві з урахуванням особливостей штампованих деталей. Деталі СПШ виготовляють з сталей з високою міцністю і поверхневою твердістю, що забезпечує зносостійкість і стійкість проти стирання в результаті багаторазового збирання та розбирання.

Конструкція блоків дозволяє проводити встановлення та закріплення змінних переналагоджувальних пакетів для розділових операцій будь-якого виду.

Для створення автоматизованої ланки холодної листової штамповки типових деталей РЕА застосовані промислові роботи (ПР) і роботизований комплекс (РК) це можливо в зв'язку з тим, що виключає необхідність докорінної модернізації процесів при включенні їх в автоматизований комплекс. Простота і одноманітність маніпуляцій, що виконуються з

заготовками при роботі на універсальних пресах, дозволяють використовувати ПР з цикловою системою управління і двома-чотирма субектами подвижності.

ПР, що використовуються для ХЛШ, мають ряд характеристик, особливостей:

- кількість рук ПР;

- більшість ПР застосованих в ХЛШ, мають одну руку яку доцільно використовувати у випадку коли використовується одно операційне штампування;

- похибка позиціонування. Цей параметр визначається як відхилення фіксованої тички на на захопленні від заданого програмного положення при неодноразовому повторенні циклу рухів зображеного максимальних ходів по кожній із координат. За данному параметру ПР для ХЛШ мають підвищену і нормальну точність.

- час на переналагодження. Воно складається з часу на переналагодження допоміжного технологічного обладнання.

Конструктивні характеристики деталей РЕА визначають також тип і параметри застосування заходів. Найбільшого поширення набули вакумні захвати, що відрізняються простотою, універсальністю і надійністю в роботі. Це пояснюється тим, що більшість вітчизняних ПР має пневматичний привід переміщення робочих органів. Вакумні захоплювачі мають переважувальне застосування при роботі з тонколітковою заготовкою, а також з заготовками просторової форми. Що мають плоскі ділянки поверхонь для загарбання їх присосками.

При розробці РТК ХЛШ деталей РЕА можна сформулювати основні вимоги до штампованого оснащення і ходу технологічного процесу:

- після закінчення процесу штампування деталей повинна зупинитися в нижній частині штамп, причому вибрати орієнтації в разі відсутності механізмів видавлення деталей з штамп;

- штамп повинен мати автоматизовані виштовхувачі для підйому деталі з матриці і знімання її з фіксаторів;

- виштовхування деталей повинне бути пружним і відбуватися без зміщення заготовок в горизонтальній площині.

- по можливості задне розташування напрямних колонок;

- відкрита висота штамп повинна забезпечити можливість входу захоплення в зону штамп.

Для скорочення обсягу технологічних і конструктивних робіт при створенні роботизованого комплексу, скорочення термінів його виробництва і збільшення надійності доцільно розробляти уніфіковані комплекси, оснащення всім необхідним допоміжними обладнанням.

Виходячи з цієї умови, створена гамма уніфікованих РТК, які дають можливість автоматизувати технологічний процес холодної штампування деталей широкої номенклатури.

Кожен РТК являє собою сукупність універсальних автоматичних пристроїв з'єднаних між собою електричний зв'язком і утворюють єдиний механізований комплекс. У нашому випадку розробляють роботизований технологічний комплекс ланки ХЛШ для виготовлення типових деталей РЕА структура якого зібрана із основних автоматизованих механізмів:

- механізм автоматичної подачі полоси
- полость штампа, який складається із касети для розміщення 400 заготовок розміром 1030x157x1,4 мм, трансформатора для установки та переміщення касети в робоче положення;
- механізм автоматизованого підйому полос з касети і розширення її на робоче місце
- прес №1 і прес №2;
- переналагоджувальний штамп № 1 і переналагоджувальний штамп №2;
- промислові роботи №1 та №2;
- поворотний стіл;
- механізм збору відходів.

Загальний вигляд роботизованої комплексної ділянки холодної листової штамповки передньої та задньої стінок каркаса блока РЕА приведений на рис.8

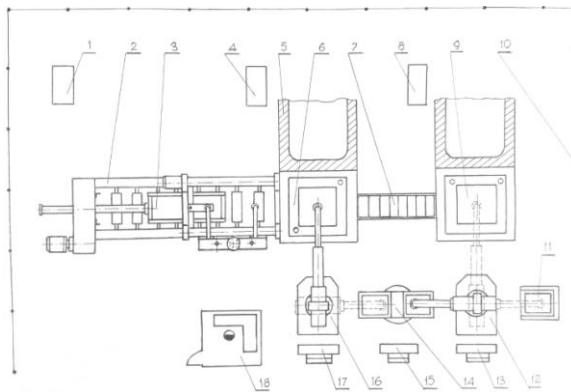


Рис. 8. Загальний вигляд роботизованого комплексного участку холодної листової штамповки деталей РЕА

Пояснення до рис. 8: 1 - шафа управління механізмом подачі заготовки; 2 - механізм подачі заготовки; 3 - касета з заготовками; 4 - шафа управління першим пресом; 5 - прес; 6 - штамп СПШ №1; 7 - Механізм збору відходів; 8 - шафа управління другу прес; 9 - штамп СПШ №2; 10 - обмеження ділянки; 11 - стіл готової продукції; 12 - роботизований маніпулятор №2; 13 - система управління маніпулятором №2; 14 - поворотний стіл; 15 - система управління столом; 16 - роботизований маніпулятор №1; 17 - система управління маніпулятором №1; 18 - робоче місце оператора.

За результатами розрахунків і досліджених випробувань була розроблена тимчасова технологічна циклограма роботи роботизованого комплексу ХЛШ. Тимчасова циклограма для виготовлення 10 деталей з 1 заготовки (смуги) приведена на рис. 9. данна циклограма побудована на базі 13 технологічних секцій:

1. Переміщення касети з заготовкою в робочу зону;
2. Підйом заготовки і установка на фіксатори
3. Переміщення заготовки в робочу зону штампа №1
4. Пробивання прямокутного отвору
5. Вирубка картки
6. Захоплення картки робочим маніпулятором в роз'єм штампа №1 і установка на поворотний стіл;
7. Захоплення картки на столі робочим маніпулятором №2 і установка в порожнину штампа №2
8. Пробивання 3-х отворів діаметром 30мм
9. Пробивання 4-х отворів діаметром 6мм
10. Захоплення картки робочим маніпулятором №2 і установка на стіл готової продукції
11. Повернення механізму подачі заготовки в початкове положення
12. Підйом заготовки у касеті і установка на фіксатори
13. Переміщення заготовки в порожнину штампа №1

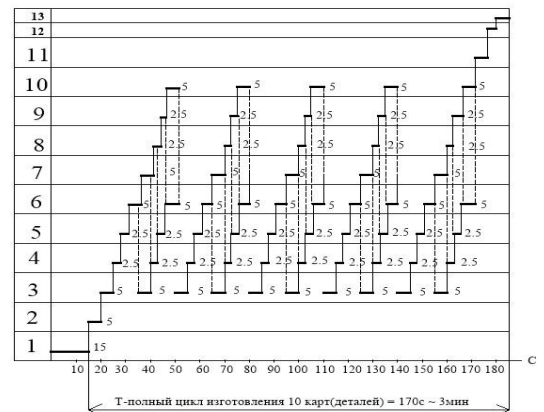


Рис. 10. Циклограма виготовлення 10 карток виробів РЕА

На підставі отриманої інформації були зроблені розрахунки часу роботи ділянки для використання програми 2000 шт передньої панелі корпусу блоку і 2000 шт задньої панелі. при розрахунку було проведено враховано час на профілактику і контрольні перевірки і час на переналагоджування штампа. Данні розрахунки наведені у вигляді графіка рис. 10. Досвідченим шляхом було встановлено, що після виготовлення партії деталей в кількості 500шт (50 смуг) і часу виготовлення 150 хв (50х3хв), була передбачена зупинка комплексу на 10 хв. Для профілактичного огляду, контролю розмірів і зачистки присосок. Таким чином після виготовлення 2000шт деталей передньої стінки щоб уникнути помилок комплекс зупиняється на 2 години для переустановки пакетів штамів на пресах, їх подальшого налаштування і контролю партії деталей. Після перевірки комплекс запускають для виготовлення 2000шт деталей задньої стінки

корпуса блоку РЕА, технологія та рішення не відрізняються від попередньої зокрема заміна пакетів штампів.

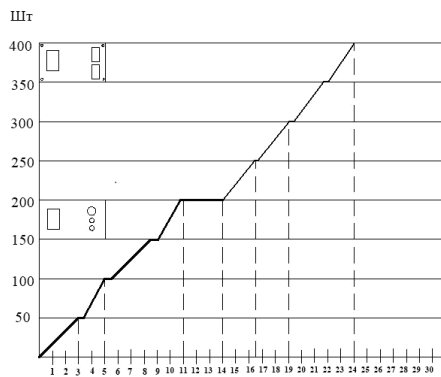


Рис. 10. Часовий графік роботи автоматизованого комплексу ХЛІІІ по виготовленню 4000 шт деталей РЕА

Головні данні роботи всіх механізмів комплексу вибрані експериментально-дослідницьким методом які мають змінюватися в залежності від багатьох факторів(матеріалу заготовки, габаритів, ваги, форми і т.д.). головне у даній роботі було визначити необхідність і можливість розробки автоматизованого комплексу для використання технологічних операцій холодної листової штамповки при виготовленні типових деталей радіоелектронного приладобудування без участі робочої сили.

IV. ВИСНОВКИ

Аналіз основних виробів радіоелектронної апаратури показав, що більшість конструкцій мають корпусну форму типу блоків,приладів, стінок, шаф та пристроїв, пультів управління тощо, для виготовлення яких однією з технологічних операцій є холодна листова штамповка яка займає від 30% до 40% всього технологічного процесу. Особливо це відноситься до деталей товщина яких більше 0.5 мм які для виготовлення потребують виготовлення заготовок

(карток або смуг). Визначено, що на практиці при виготовленні деталей із картки працює дин оператор, а із смуги два. Аналіз показав що даний процес складний та трудомісткий.

Розроблена принципова схема і технологічний проект автоматизованої ланки по виготовленню типових деталей РЕА. Дана ланка розташовується у цехах з холодної штамповки вона являє собою основний механізм подачі смуг у зону штампування, прес, штамп, роботизовані комплекси переміщення деталей.

Впровадження спеціальних переналагоджувальних штампів в заміні спеціальних дає можливість економії майстрів і розширення виготовлення номенклатури деталей РЕА, з різними конструкторсько-технологічними характеристиками, у одному штампі змінюючи тільки ріжучі частини або матрицю.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- [1] Омаров М. А. Основы прикладной механики : учеб. пособие / М, А. Омаров, В. И, Роменский, И. О. Яшков // ХНУРЭ. - 2016. 416 с.
- [2] Роботизированные производственные комплексы. Под редакцией/ Ю.Г. Козырев, А.А. Кудинов, В.Э. Булатов и др. Под ред. Ю.Г. Козырева, А.А. Кудинова. – М.: Машиностроение, 1987. – 272с.
- [3] Справочник металлиста, том № 4 под редакцией А.А. Малова. – М.: Государственное научно – техническое издательство машиностроительной литературы, 1961. – 778с.
- [4] О.Е. Иванов Комплексный подход к оснащению технологических процессов в современных условиях. Иванов О.Е., Кабанов Ю.Б., Друзяка В.И. – Харьков: ХГПУ, Резание и инструмент в технологических системах. № 58, 2000. – с. 38 – 45.

Математичні моделі мікроелектромеханічних між'єднань

Наталія Демська, Віктор Палагін, Шахін Омаров

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій автоматизації та мехатроніки, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, Харків, проспект Науки 14, natalia.demaska@nure.ua

Реферат: В даній роботі проаналізовані основні збірні конструкції радіоелектронного приладобудування, виявлені основні (типові) деталі, які виготовляються однією із технологічних операцій – холодним листовим штампуванням.

Ключові слова: деталі, технологічний процес, штампування, автоматизація, виробництво, роботизований комплекс, заготовка.

I. ВСТУП

Проектування сучасних мікроелектромеханічних між'єднань, актюаторів та сенсорів базується на ієрархічному представленні їх як сукупності елементів загального призначення та оцінці їх параметрів на основі (узагальнених) змішаних механічних та електричних величин.

Елементами загального призначення є мікро механічні балки, мембрани, електростатичні проміжки, з'єднання елементів (вузли), корпуси (в цілому – елементи маси, пружності (жорсткості), демпфування (втрат); електричними параметрами слугують напруги та струми.

Механічні узагальнені сили визначають напружено-деформований стан елементів структури, електричні струми та напруги – теплову, електричну та магнітну взаємодію елементів. І ті й інші проявляються у вигляді узагальнених сил (сил, моментів сил, напружень, електричних напруг) та переміщень (деформацій), швидкостей, прискорень, струмів.

Застосування змішаних (узагальнених) параметрів базується на принципах фізичних аналогій, для MEMS це електромеханічні аналогії: «сила - напруга» та «сила-струм».

II. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ МАТРИЦІ ЖОРСТКОСТІ ЕЛЕМЕНТА СТРУКТУРИ ЗА МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Аналітична механіка для опису динамічних процесів руху і деформацій використовує принципи фізичних аналогій, яка в термінах узагальнених координат, сил, мас і похідних понять одноманітно представляє залежність параметрів руху і деформацій від діючих сил різної природи, властивостей матеріалів, структури [1, 2]. Методами вирішення подібних задач є метод матричного структурного аналізу [3] метод скінчених елементів (МСЕ) [4]. Ці методи на даний час є найбільш простими числовими методами для вирішення завдань механіки деформованого твердого тіла; вони успішно застосовується для розрахунку конструкцій практично будь-якої складності,

систем, що мають складну геометричну конфігурацію та нерегулярну фізичну структуру завдяки властивій йому універсальності й алгоритмічності [5, 6].

Сутність методів полягає в розбивці структури на малі (кінцеві) елементи, які взаємодіють між собою в вузлових точках, в яких визначаються фіктивні сили, еквівалентні поверхневим напруженням, розподіленим по межах елементів. Для кожного елемента складається рівняння руху [7].

Рівняння руху представляється у вигляді [2, 8] загальної диференціальної системи другого порядку:

$$[m]\{\ddot{\delta}\} + [R]\{\dot{\delta}\} + [K]\{\delta\} = \{F\}, \quad (1)$$

де $\{\delta\} = \{X_i, Y_i, Q_i; \dots, X_n, Y_n, Q_n\}$ – розташування трикомпонентних вузлів вектор-стовпці;

n – число вузлів;

$[m]$ – матриця мас структури елементів $[m_{ij}]^e$;

$[R]$ – матриця втрат, демпфування структури елементів $[r_{ij}]^e$;

$[K]$ – матриця жорсткості структури елементів;

$\delta, \dot{\delta}, \ddot{\delta}$ – зміщення точок структури, що демпфується, узагальнені координати і їх похідні; вузлові ступені свободи;

$\{F\}$ – матриця сил структури (M, Q, q).

Індивідуальні матриці елементів $[m_{ij}]^e$, $[r_{ij}]^e$, $[K_{ij}]^e$ визначаються [3]:

- матриці елементів маси $[m_{ij}]^e = \int_y [N_i]^T \rho [N_j] dy$,

де N_i – геометричні розміри (довжина) елемента і по координаті X ;

N_j – розміри по координаті Y (або ж коефіцієнт форми елемента j);

ρ – щільність матеріалу шару.

- матриця втрат (демпфування) елемента $[r_{ij}]^e = \int_y [N_i]^T \mu [N_j] dy$,

- матриця жорсткості структури $[K_{ij}]$ визначається за формулою:

$$[K_{ij}] = \int_y [B_i]^T [D] [B_j] dy,$$

де інтегрування здійснюється по всій області

елемента.

Жорсткість розраховується, використовуючи теорему Кастільяно

$$F_i = \frac{\partial S}{\partial \delta_i},$$

де F_i – узагальнена сила, (тобто сила або момент), а δ_i зміщення координат для трьох ступенів рухливості $[i = 1, 2, 3; q_i(x_i, y_i, Q_i)]$.

Для плоского випадку деформації для елемента з однаковим постійним поперечним по координатах x і y та кутом повороту θ . Жорсткість елемента є матрицею 3×3 .

$$K_3 = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix}$$

Коефіцієнт питомої жорсткості балки при деформації розтягування-стискання визначається як відношення жорсткості ES до довжини l ,

$$\text{тобто } K_{11} = \frac{ES}{l} \left[\frac{H}{M} \right],$$

де S – площа поперечного перерізу балки, l – її довжина.

При деформаціях згинання «еквівалентна жорсткість» ділянки балки довжиною l , пов'язана з прогином кінця ділянки, необхідного для забезпечення безперервності складної сполученої балки, обернено пропорційна кубу довжини та прямо пропорційна жорсткості перерізу при згинанні EJ_y , тобто

$$K_{33} = \frac{EJ_y}{l^3} \left[\frac{H}{M} \right].$$

Матриця $[B]$ пов'язує узагальнені деформації по всій структурі $\{\varepsilon\}$ зі ступенями свободи у вузлах $\{\delta\}$:

$$\{\varepsilon\} = [B]\{\delta\}.$$

Матриця $[D]$ – узагальнені напруження $\{\sigma\}$ пов'язана з узагальненими деформаціями [9]:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}.$$

При згинанні балка переходить у складний напружений стан, обумовлений системою діючих на неї сил, конструкцією та властивостями матеріалу [10].

До особливостей розрахунку додається необхідність обліку масштабного фактору, що змінює співвідношення впливу інерційних сил і сил пружності у твердому тілі, інерції та сил поверхневого натягу в рідинному середовищі й ін. При розрахунку балок використовуються класичні підходи опору матеріалів [11]: методи кінцевих елементів, початкових параметрів, вузловий аналіз, функція Гріна задачі про згин балки, функції Ерміта [12]. Для розрахунку деформації в матеріалах балок при об'ємному

напруженому стані необхідний облік дії нормальних і дотичних напружень.

З урахуванням просторової симетрії за властивістю пружності матеріалів з кубічною кристалічною структурою, яку має кремній, число незалежних змінних зменшується до 36, а ізотропних матеріалів — до 3 [13]. Так, компоненти тензорів деформації можуть бути виражені через піддатливості, а тензорів напружень — через пружності (наслідок адитивної дії сил у зоні пружних деформацій).

Тензор деформації можна представити наступною лінійною залежністю:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= s_{11}\sigma_x + s_{12}\sigma_y + s_{13}\sigma_z + s_{14}\tau_{yz} + s_{15}\tau_{yx} + s_{16}\tau_{xy} \\ \varepsilon_y &= s_{21}\sigma_x + s_{22}\sigma_y + s_{23}\sigma_z + s_{24}\tau_{yz} + s_{25}\tau_{yx} + s_{26}\tau_{xy} \\ \varepsilon_z &= s_{31}\sigma_x + s_{32}\sigma_y + s_{33}\sigma_z + s_{34}\tau_{yz} + s_{35}\tau_{yx} + s_{36}\tau_{xy} \\ \varepsilon_{yz} &= s_{41}\sigma_x + s_{42}\sigma_y + s_{43}\sigma_z + s_{44}\tau_{yz} + s_{45}\tau_{zx} + s_{46}\tau_{xy} \\ \varepsilon_{yx} &= s_{51}\sigma_x + s_{52}\sigma_y + s_{53}\sigma_z + s_{54}\tau_{yz} + s_{55}\tau_{zx} + s_{56}\tau_{xy} \\ \varepsilon_{xy} &= s_{61}\sigma_x + s_{62}\sigma_y + s_{63}\sigma_z + s_{64}\tau_{yz} + s_{65}\tau_{zx} + s_{66}\tau_{xy} \end{aligned}$$

Аналогічну структуру має тензор напружень. У векторно-матричній формі:

$$\varepsilon_i = s_{ij}\sigma_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, 6)$$

та

$$\sigma_{ij} = c_{ij}\varepsilon_j,$$

де ε_{ij} , σ_{ij} — тензори другого рангу деформацій і напружень, одержувані згортанням тензорів четвертого порядку ε_{ijkm} , σ_{ijkm} за правилами підсумовування Ейнштейна [13]; c_{ij} — коефіцієнти жорсткості; s_{ij} — коефіцієнти піддатливості матеріалу в напрямку дії відповідного напруження.

Багатошарова структура складається з шарів матеріалів, з постійними для матеріалу механічними параметрами але різною товщиною шарів. Закон Гука для кожного шару має вигляд

$$\sigma_x^k = \frac{E_k}{1 - \mu_k^2} (\varepsilon_x^k + \mu_k \varepsilon_y^k)$$

$$\sigma_y^k = \frac{E_k}{1 - \mu_k^2} (\varepsilon_y^k + \mu_k \varepsilon_x^k)$$

$$\tau_{xy}^k = \frac{E_k}{2(1 + \mu)} \varepsilon_{xy}^k; \quad \tau_{xz}^k = G_k \gamma_{xz}^k;$$

$$\tau_{yz}^k = G_k \gamma_{yz}^k,$$

де $\frac{E}{1 - \mu_k^2} = D$ — жорсткості пластин [9],

$E_k = E_k(z)$; $\mu_k = \mu_k(z)$ — модулі пружності і коефіцієнт Пуассона в площині ізотропії, паралельні зовнішнім поверхням; $G_k = G_k(z)$ — модуль поперечного зсуву.

Навантаження на пластину БПП — тиск повітря, направлено по осі Z перпендикулярно площині xOy .

$$p = p(x, y) = \text{const}.$$

Шари працюють спільно, без прослизання і відриву, підкоряються закону Гука, нормальні переміщення постійні по товщині пакета шарів $w_k(x, y, z) = w(x, y)$.

Оцінимо на початку точність моделі для плівкової двошарової алюміній-поліімід структури, використовуючи теоретичні викладки. Використовуючи модулі пружності Юнга F_i , ТКЛР α_i і товщини шарів h_i ($i=1$ для алюмінію) і ($i=2$ для поліімиду). При розгляді процесу охолодження двошарової структури від температури імідзації ізоляційного шару рівного $t_1 = 300^\circ \text{C}$ для нормальної структури $t_2 = 20^\circ \text{C}$ для розрахунку кривизни $\frac{1}{\rho_k}$ використовується вираз

$$\frac{1}{\rho_x} = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2) \cdot \Delta t \cdot (h_1 + h_2)}{2 \left(\frac{1}{E_1 h_1} + \frac{1}{E_2 h_2} \right) (F_1 I_1 + F_2 I_2)}, \quad (2)$$

де I_1 та I_2 – моменти інерції площ поперечного перерізу опуклої і увігнутої частин балки щодо $\left(\frac{1}{\rho_x} \right)$ нейтральної поверхні.

Видна пропорційна залежність кривизни вигину від різниці температур і різниці ТКЛР шарів структури, що вимагає високої точності вимірювання зазначених величин. На жаль, відомості про ТКЛР поліімиду досить приблизні $(20...50) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$.

Тому значення α_2 необхідно встановлювати експериментально по рекомендованим методикам, або шляхом експериментального вимірювання радіуса кривизни групи зразків, підставивши його в (1) і обчисливши $(\alpha_1 - \alpha_2)$ з цієї формули.

Використовуючи розрахункове значення α_2 , при конкретних значеннях h_1 и h_2 можна прогнозувати радіус кривизни для інших значень h_1 та h_2 шарів структури.

Розрахунок кривизни для алюмінію $h_1 = 50 \text{ мкм} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ м}$; поліімиду $h_2 = 50 \text{ мкм} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ м}$; модулів пружності Юнга $E_1 = 6,900 \text{ МПа} = 6,9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$; $E_2 = 4 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ температурного коефіцієнта лінійного розширення. Середнє значення [14] радіуса кривизни ρ_x для восьми зразків матеріалу дорівнювало $\alpha = 20 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ \text{C}^{-1}$.

1. Визначимо положення нейтрального шару щодо шару зчеплення алюмінію і поліімиду:

$$\alpha = \frac{E_1 h_1^2 - E_2 h_2^2}{2(E_1 h_1 + E_2 h_2)} = \frac{(17,25 - 10,00)H}{2(345 + 200) \cdot 10^3 \frac{H}{\text{м}^2}} = \frac{7,25H}{1,090 \cdot 10^6} = 6,65 \cdot 10^{-6} = 6,65 \text{ мкм}$$

$$E_1 h_1 = 6,9 \cdot 10^3 \frac{H}{\text{м}^2} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 345 \cdot 10^3 H / \text{м}$$

$$E_2 h_2 = 4 \cdot 10^9 \frac{H}{\text{м}^2} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 200 \cdot 10^3 H / \text{м}$$

$$E_1 h_1^2 = (E_1 h_1) h_1 = 200 \cdot 10^3 \frac{H}{\text{м}} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 10,000H$$

$$E_2 h_2^2 = (E_2 h_2) h_2 = 345 \cdot 10^3 \frac{H}{\text{м}} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 17,250H$$

2. Розрахунок моментів інерції площі поперечних перерізів шарів щодо нейтрального шару.

$$J_1 = \frac{(h_1 - a)^3 + a^3}{3} = \frac{[(50,0 - 6,65) \cdot 10^{-6}]^3 + (6,65 \cdot 10^{-6})^3}{3} = \frac{814643 \cdot 10^{-18} + 294,07 \cdot 10^{-18}}{3} = 2,728 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3$$

$$J_2 = \frac{(h_1 - a)^3 + a^3}{3} = \frac{(56,65 \cdot 10^{-6})^3 + (6,65 \cdot 10^{-6})^3}{3} = \frac{181802 \cdot 10^{-18} - 294,07 \cdot 10^{-18}}{3} = 6,05 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3$$

$$3. E_1 J_1 = 6,9 \cdot 10^9 \frac{H}{\text{м}^2} \cdot 2,728 \cdot 10^{-14} \text{ м} = 0,1880 \cdot 10^{-3} H / \text{м}$$

$$E_2 J_2 = 4,0 \cdot 10^9 \cdot 6,05 \cdot 10^{-14} = 0,2420 \cdot 10^{-3} H / \text{м}$$

$$4. 2 \left(\frac{1}{E_1 h_1} + \frac{1}{E_2 h_2} \right) = 2 \left(\frac{1}{345 \cdot 10^3 [H / \text{м}]} + \frac{1}{200 \cdot 10^3} \right) = 2 (2,9 \cdot 10^{-6} [H / \text{м}] + 5 \cdot 10^{-6}) = 2 \cdot 7,9 \cdot 10^{-6} = 15,8 \cdot 10^{-6} [H / \text{м}]$$

$$E_1 J_1 + E_2 J_2 = 0,4300 \cdot 10^{-3} H / \text{м}$$

$$5. \rho_x = \frac{2 \left(\frac{1}{E_1 h_1} + \frac{1}{E_2 h_2} \right) \cdot (E_1 J_1 + E_2 J_2)}{(\alpha_1 - \alpha_2) \cdot \Delta t \cdot (h_1 - h_2)};$$

$$\alpha_1 - \alpha_2 = \frac{2 \left(\frac{1}{E_1 h_1} + \frac{1}{E_2 h_2} \right) \cdot (E_1 J_1 + E_2 J_2)}{\rho_x \cdot \Delta t \cdot (h_1 - h_2)}$$

$$\alpha_1 = 20 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}; \Delta t = -280 \text{ град}; h_1 + h_2 = 10^{-4} \text{ м}.$$

Експериментально отримане значення

кривизни дорівнює:

$$\rho_x | h_1 = h_2 = 50 \text{ мкм} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

III. ВИСНОВКИ

Моделювання MEMC-пристроїв за допомогою *matrix structural analysis* забезпечує три основних види аналізу:

- статичний аналіз, що відображає стан рівноваги пристрою;

- лінеаризований аналіз (або ДС *analysis*), який описує поведінку пристрою поблизу стану рівноваги та характеризує стабільність та характер малих коливань поблизу стану рівноваги; має дві модифікації (*modal analysis* – виявляє специфічні стани, частоти) та (*steady-state* – усталений режим роботи);

- динамічний аналіз, що характеризує зміну стану в часі під дією зовнішніх сил.

Для компонентів MEMC між'єднань найбільш важливим є статичний аналіз, який характеризує стан рівноваги, умовою якої є рівність нулю суми сил та суми моментів сили, що діють на пристрій (механічні, електричні, теплові).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- [1] Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике — М. : Физматлит, 2001. — 264 с
- [2] Павловский, М. А. Теоретическая механика / М. А. Павловский, Т. В. Путята. — Киев: Вища школа, 1985. — 478 с.
- [3] Przemieniecki, Janusz S., and Przemieniecki. *Theory of matrix structural analysis*. Vol. 1. New York: McGraw-Hill, 1968. — 501 p.
- [4] Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975.
- [5] Hancq D. A., Walters A. J., Beuth J. L. Development of an object-oriented fatigue tool //Engineering with computers. — 2000. — Т. 16. — №. 2. — С. 131-144.
- [6] Андрусевич А. А., Стародубцев Н. Г., Невлюдова В. В. Методика моделирования механических процессов в конструкциях РЭС на основе конечно-элементных моделей //Технология приборостроения. — 2014. — №. 1. — С. 35-38.
- [7] Балан Н. Н. Определение упругих свойств подвижных элементов MEMS-структур //Нано-и микросистемная техника. — 2004. — №. 2. — С. 14-19.
- [8] Невлюдов І. Ш. Введення в мікросистемну техніку та нанотехнології / І. Ш. Невлюдов, В. А. Палагін, В. В. Семенець. — Харків: Компанія "СМІТ", 2011. — 416 с
- [9] Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. Москва, Физматгиз, 1963, 635 с
- [10] Невлюдов І. Ш., Палагін В. А., Жарикова І. В. Метод подключения электронных компонентов к автоматизированным измерительным комплексам //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — Т. 1. — №. 9. — С. 4-7.
- [11] Лагранж Ж. Аналитическая механика. Т. 1, 2. — М.; Л. : Гостехиздат, 1950.
- [12] Невлюдов І. Ш., Разумов-Фризюк Є. А., Демська Н. П., Гуріна Д. В. Аналіз впливу механічних напружень на можливість мініатюризації гнучких структур електронної техніки на прикладі ZIF з'єднувача // Проблеми тертя та зношування. — 2017. — №. 3 (76). — С. 74-80.
- [13] Чурабо Д. Д. Новые неметаллические материалы для радиоаппаратуры. Госэнергоиздат. Москва, 1961. 336 с.
- [14] Бахвалов Н. С., Панасенко Г. П. Осреднение процессов в периодических средах: Математические задачи механики композиционных материалов. М.: Наука, 1984.

Разработка структурной схемы модуля индикации и управления для температурного контроля заготовки

Богдан Шостак, Сергей Дорошенко, Сергей Чуканов, Шахин Омаров

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій автоматизації та мехатроніки, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, Харків, проспект Науки 14, nataliia.demaska@nure.ua

Реферат: В работе рассматривается вопрос разработки автоматизированной системы контроля температуры объекта при нагреве в индукционной печи для соответствия изготавливаемой продукции международному стандарту ISO 9001

Ключевые слова: автоматизация производства, контроллер, модуль индикации и управления, технологический процесс.

I. ВВЕДЕНИЕ

Современные микропроцессорные средства автоматизации представлены тремя основными группами: промышленные компьютеры, промышленные контроллеры, однокристальные микроконтроллеры.

Индустриальные компьютеры построены на базе архитектуры и программных возможностей персональных компьютеров. Взятый за основу персональный компьютер просто адаптируется к конкретным условиям задачи управления. Он дополняется требуемыми интерфейсами сопряжения с управляемым объектом, его конструкция модернизируется под жёсткие производственные условия. Фирмы "Octagon", "Advantech" и другие предлагают обширный набор стандартных средств сопряжения компьютеров с объектами. Как средства автоматизации индустриальные компьютеры универсальны и способны решать практически любые по сложности задачи. Но при этом для многих задач они избыточны по габаритам, чрезмерны по стоимости и по сложности их программирования.

Промышленные контроллеры отличаются узкой направленностью их архитектуры и программного обеспечения на решение задач программно-логического управления. Промышленные контроллеры, по существу, являются программируемыми логическими контроллерами (PLC – Programmable Logic Controller). Они имеют встроенные интерпретаторы с языка релейной автоматики или языка Булевой алгебры. Это позволяет программировать контроллер неспециалисту в микропроцессорной технике и легко модернизировать системы релейной автоматики с жёсткой логикой. Основные производители промышленных контроллеров – "Siemens" (PLC "Simatic"), "Allen Bradley", "ABB", "Fanuc" и другие. Несмотря на широкий спектр возможностей по управлению практически на всех уровнях, промышленные контроллеры не рассчитаны для применения в качестве встраиваемых управляющих средств в мехатронных системах.

II. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Согласно требованиям технического задания система должна обеспечивать температурный контроль разогретой заготовки с целью определения отклонения температуры от требуемой с дальнейшей индикацией о перегреве/недогреве оператору производственной линии.

Требуемая температура разогретой заготовки задается оператором. Погрешность измерения составляет 1% с шагом измерения 1°C. При превышении заданной температуры изменяется структура материала заготовки – изделие считается бракованным и перемещается с

конвейера в отходы без дальнейшего использования. При недогреве заготовка убирается с конвейера, но может быть использована повторно.

Система должна определить отклонение температуры от допустимой и оповестить оператора о нарушении, индицируя текущее значение на табло и указывая на тип отклонения (перегрев / недогрев).

Также система в минимальной комплектации должна обеспечивать подсчет числа полученных перегревов и недогревов, а также общее число обработанных за смену заготовок [1].

На рисунке 1 представлен предлагаемый в [1] вариант структурной схемы автоматизированной системы контроля температуры заготовки.

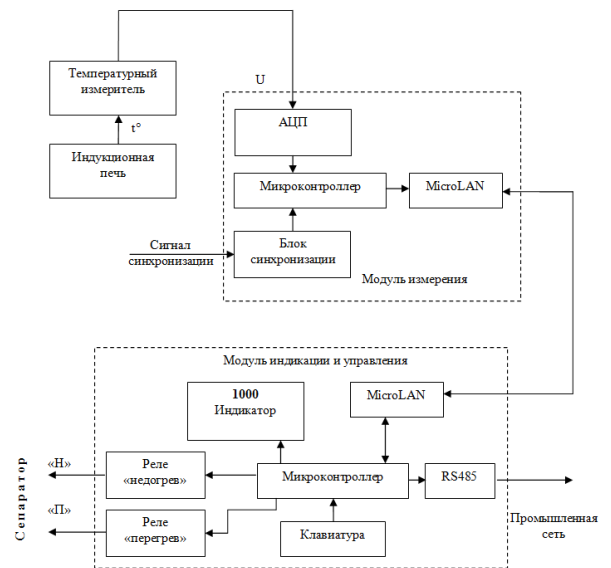


Рис.1. Структурная схема автоматизированной системы контроля температуры заготовки

Температура заготовки измеряется одним из доступных способов – контактным или бесконтактным. На схеме этот блок показан под названием «температурный измеритель».

Предполагается, что на выходе температурного измерителя будем иметь напряжение, как результат преобразования T в U .

Блок согласования, построенный на основе АЦП, преобразовывает полученной от измерителя напряжение в цифровой код, понятный микроконтроллеру.

Микроконтроллер через интерфейс MicroLAN передает полученное значение температуры далее на модуль индикации и управления.

Для синхронизации измерений с движением заготовок в блок измерений вводится блок синхронизации, который получает от установки управления механизмом подачи заготовок.

При помощи клавиатуры, расположенной в модуле индикации и управления, задается значение температуры «недогрева» и «перегрева». Передача информации между блоками производится при помощи интерфейса MicroLAN.

Измеренное значение температуры анализируется микроконтроллером и если оно меньше либо равно температуре «недогрева», то выдается сигнал на механизм удаления заготовки по направлению «Н», а если больше либо равно температуре «перегрева», то по направлению «П».

Рассмотрим подробно работу модуля индикации и управления (рис. 2).

Индикация модуля управления и индикации состоит из четырех разрядного семисегментного индикатора для отображения значения температуры и двух светодиодных индикаторов красного и зеленого цвета. Данные два индикатора предназначены для сигнализации о выходе за пределы максимальной и минимальной температуры. При этом зеленый светодиод горит в случае, когда температура лежит в заданном диапазоне. Красный загорается в случае выхода за указанные пределы вниз или вверх шкалы измерения.

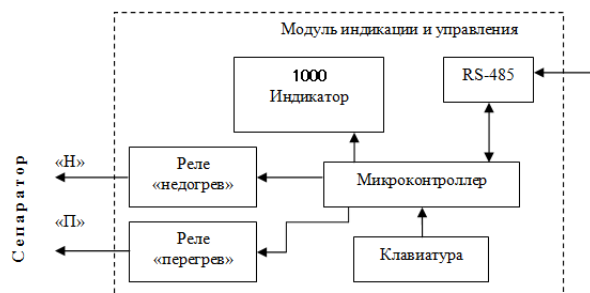


Рис. 2. Схема модуля индикации и управления

Для управления данным модулем использована клавиатура, состоящая из четырех кнопок, при помощи которых можно реализовать следующие функции данного модуля:

- переход в режим программирования;
- задание максимальной температуры;
- задание минимальной температуры;
- выбор разряда.

При переходе в режим программирования начнет мигать левый разряд четырех разрядного семисегментного индикатора. При этом загорится красный светодиод. Это означает, будет производиться задание температуры перегрева заготовки. При помощи кнопки выбора разряда, производится последовательное переключение между тысячами, сотнями, десятками и единицами градусов температуры.

Для задания температуры недогрева нужно еще раз нажать на кнопку программирования. После этого процедуру выбора температуры необходимо повторить.

Последующее нажатие на кнопку программирования приведет к запоминанию выбранных значений.

Для управления механизмом сепарации в схеме предусмотрено два блока «Недогрев» и «Перегрев». Каждый из них способен управлять мощной нагрузкой до 0,5кВт и напряжением до 200В.

Модуль согласования с линией RS485 дает возможность организации промышленной сети, объединяющей несколько подобных производственных линий.

Для связи модулем измерений используется интерфейс MicroLAN.

Тогда контроллеры обеспечат решение полного комплекса задач по сбору и первичной обработке данных технологического процесса, автоматическому регулированию, логико-программному управлению.

Для обеспечения надежной работы автоматизированной системы может быть предусмотрена установка на каждый объект второго контроллера, работающего в режиме «горячий резерв». Контроллеры могут быть оснащены панелями оперативного управления. Функции панели оператора - обеспечение "человеко-машинного" интерфейса на контроллерном уровне. Панель отображает состояние объекта управления, а также позволяет принимать от оператора воздействия, например, изменение задания. Все контроллеры объединяются промышленной специализированной сетью, что позволяет осуществлять обмен информацией, как между контроллерами, так и между контроллерным и операторским уровнем [2].

Операторский уровень включает в себя средства централизованного управления и строится на базе IBM-совместимого компьютера. На станции оператора отображаются мнемосхемы с параметрами состояния технологического процесса, аварийные значения параметров. По необходимым параметрам ведется история процесса с возможностью просмотра в исторических трендах. Все срабатывания аварийных установок регистрируются в журнале аварийных событий. Также могут устанавливаться: инженерная станция для работ по наладке и текущему инженерному сопровождению системы и файловый сервер для хранения архивных данных о протекании технологического процесса [3].

На рисунке 3 представлена структурная схема программно-технического комплекса (ПТК), который представляет собой иерархическую многоуровневую структуру.

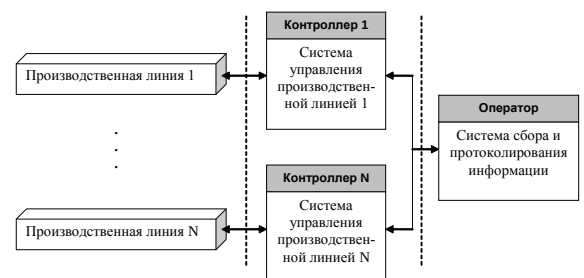


Рис. 3. Структурная схема программно-технического комплекса

III. ВЫВОДЫ

Разрабатываемый модуль обеспечивает температурный контроль разогретой заготовки с целью определения отклонения температуры от требуемой с дальнейшей индикацией о перегреве / недогреве оператору производственной линии.

Требуемая температура разогретой заготовки задается оператором. Погрешность измерения составляет 1% с шагом измерения 1°C. При превышении заданной температуры изменяется структура материала заготовки — изделие считается бракованным и перемещается с конвейера в отходы без дальнейшего использования. При недогреве заготовка убирается с конвейера, но может быть использована повторно.

Модуль определяет отклонение температуры от допустимой и оповещает оператора о нарушении, индицируя текущее значение на табло и указывая на тип отклонения (перегрев/недогрев).

Для управления данным модулем использована клавиатура, состоящая из четырех кнопок, при помощи которых можно реализовать следующие функции данного модуля: переход в режим программирования; задание максимальной

температуры; задание минимальной температуры; выбор разряда.

Модуль согласования с линией RS485 дает возможность организации промышленной сети, объединяющей несколько подобных производственных линий.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСТОЧНИКОВ ССЫЛОК

- [1] С.В. Денисов, С.П.Новоселов, С.Г.Карпенко. Автоматизированная система контроля температуры разогрева заготовок в индукционной печи // Технология приборостроения. №1. 2007.
- [2] Управляющие и вычислительные устройства робототехнических комплексов на базе микроЭВМ: Учебное пособие для техн. вузов/В. С. Медведев, Г. А. Орлов, Ю. И. Рассадкин и др.; Под ред. В. С. Медведева. М.: Высш. шк., 1990. 239 с.
- [3] Рафикузаман, М. Микропроцессоры и машинное проектирование микропроцессорных систем. В 2-х кн. Кн. 1./ М. Рафикузаман.; Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 312 с.

Наукове видання

**НЕВЛЮДОВ Ігор Шакирович,
ФИЛИПЕНКО Олександр Іванович,
ЄВСЄЄВ Владислав В'ячеславович**

**III Міжнародна Конференція
«Виробництво & Мехатронні Системи»**
(укр., англ., рос. мовою)

Відповідальний редактор – Невлюдов І.Ш.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (KITAM)
61166, Харків, проспект Науки, 14
корпус "А"
ауд. 162-1
тел .: +38 (057) 702-14-86
e-mail: m_ms@nure.ua

Підписано до друку 10.10.2019
Формат А4 (210х297мм). Папір 80г/м².
[електронний друк]