

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕНЕДЖМЕНТУ І МАРКЕТИНГУ



*XVIII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів,
аспірантів та молодих вчених*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

06-07 грудня 2022 р.
м. Київ, Україна

Збірник праць конференції



КИЇВ 2022

Загальною метою конференції є спілкування студентів та аспірантів з питань ефективності перспективних розробок, нових рішень в приладобудуванні. Збірка містить 64 статті за результатами наукових та практичних досліджень з актуальних проблем автоматизації та приладобудування. Розраховано на аспірантів та студентів старших курсів з спеціальностей «Автоматизація та приладобудування» і «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Адреса Оргкомітету конференції:
03056, Київ-56, пр. Перемоги, 37, корпус 1, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Приладобудівний факультет, 1720.

Рекомендовано до публікації на засіданні Організаційного комітету конференції та Вченої Ради ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №10/22 від 22.12.2022 р.).

Відповідальний редактор – С.Л. Лакоза – к.т.н., доц.
В авторській редакції.

Збірник праць XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 06-07 грудня 2022 р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2022. – 254 с.

Видано на замовлення Приладобудівного факультету Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

1. Тимчик Григорій Семенович — д.т.н., проф., декан ПБФ
2. Кравченко Марина Олегівна — д.е.н., проф., декан ФММ
3. Войтко Сергій Васильович — д.е.н., проф., зав. кафедри міжнародної економіки
4. Безуглий Михайло Олександрович — д. т. н., проф., зав. кафедри ВП
5. Антонюк Віктор Степанович — д. т. н., проф. кафедри ВП
5. Бурау Надія Іванівна — д.т.н., проф., зав. кафедри КІОНС
6. Колобродов Валентин Георгійович — д.т.н., проф. кафедри КІОНС
7. Киричук Юрій Володимирович — д.т.н., проф., зав. кафедри АСНК
8. Протасов Анатолій Георгійович — д.п.н., проф. кафедри АСНК
9. Єременко Володимир Станіславович — д.т.н., проф., зав. кафедри ІВТ
10. Защепкіна Наталія Миколаївна — д.т.н., проф. кафедри ІВТ
11. Туз Юліан Михайлович — д.т.н., проф. кафедри ІВТ

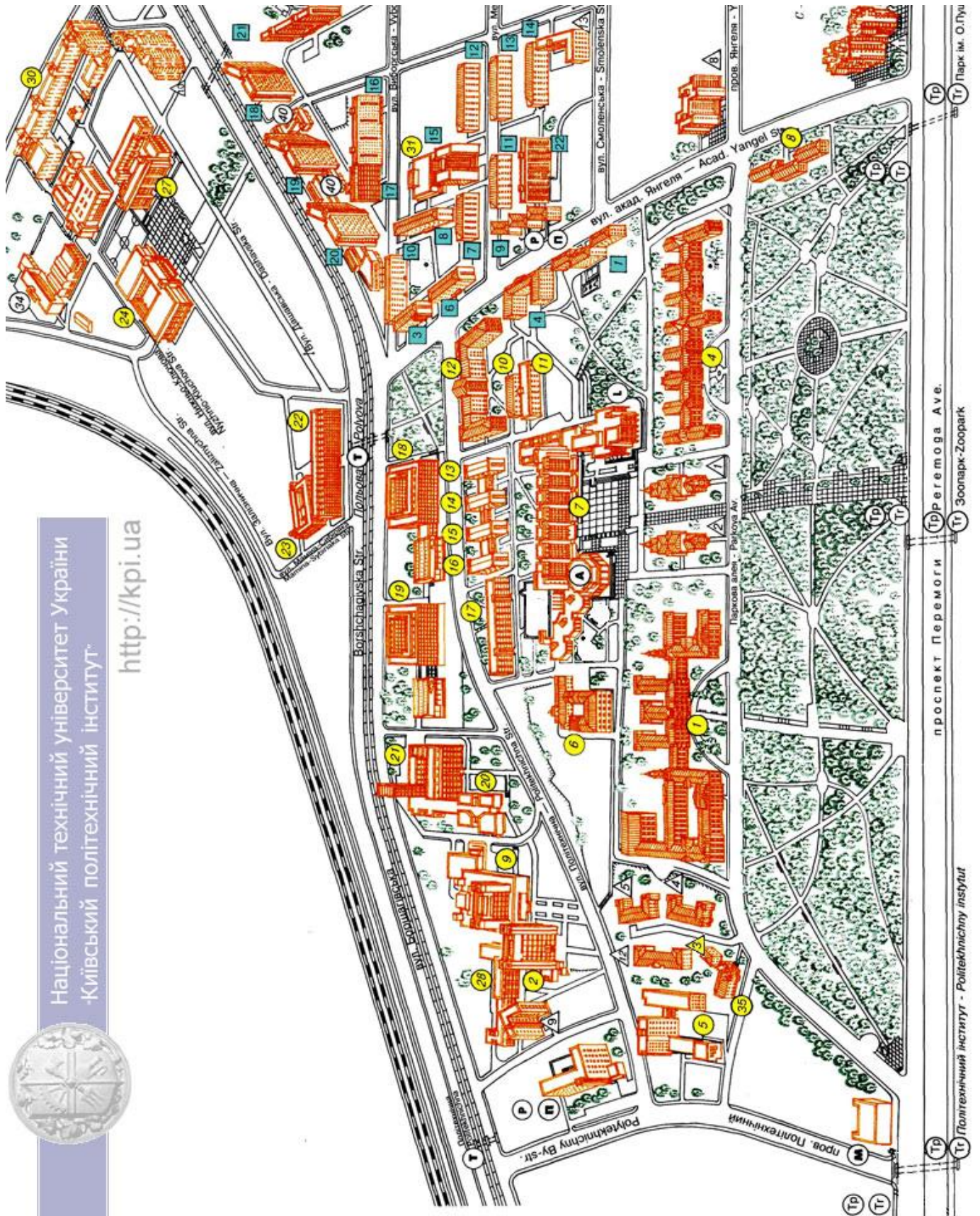
ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

1. Лакоза С.Л. — к.т.н., заст. декана ПБФ з навч.-вих. роботи, голова комітету.
2. Накорик В.В. — студентка ПБФ, заст. голови комітету, секція №1.
3. Голик В.О. — студентка ПБФ, секція №2.
4. Матошин О.В. — студент ПБФ, секція №3.
5. Некрасова О.О. — студентка ПБФ, секція №4.
6. Шестак О.А. — студентка ПБФ, , секція №5.
7. Венчковська А. В. — студентка ПБФ, секція №6.
8. Щур М.С. — студентка ПБФ, секція №7.
9. Шенгер М.І. — студентка ФММ, секція №8



Національний технічний університет України
-Київський політехнічний інститут

<http://kpi.ua>



З М І С Т

СЕКЦІЯ 1. ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА МОНІТОРИНГУ

<i>М.В. Бабенко, студент гр. ПГ-11мп, Ю.В. Руденок, к. т. н., доцент Павловський О.М.</i> СИСТЕМА СИНХРОННОГО ПЕРЕКЛАДУ МОДЕРНІЗОВАНА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ З ОНЛАЙН ПЛАТФОРМОЮ ZOOM.....	12
<i>Н.О. Зубик, студент гр. ПГ-11мп</i> МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КУТОМ КУРСУ БЕЗПЛОТНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТУ	15
<i>Є. В. Малахов, студент гр. ПГ-91, к.т.н. Рупіч С. С.</i> ОГЛЯД АЛГОРИТМІВ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ	18
<i>М.І. Менько, студент гр. ПГ-11мп, , к.т.н., ст. викл. Сапегін О.М.</i> ОБЕРНЕНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІКРОМЕХАНІЧНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА	21
<i>В.В. Накорик, студентка гр. ПГ-21мп, к.т.н., доц. Цибульник С.О.</i> ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ СУЧАСНИХ КОНСТРУКТОРІВ ДОКУМЕНТІВ.....	24
<i>С.М. Пархоменко, студент гр. ПГ-11мп</i> КОМПЛЕКС ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГІРОІНКЛІНОМЕТРІВ	28
<i>С.В. Співак, студент гр. ПГ-91, к.т.н., доцент Павловський О.М.</i> ОГЛЯД ДАТЧИКА ЖЕСТІВ APDS-9960 ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	31
<i>В.О. Суржок, студент гр. ПГ-11мп,</i> МЕТОДИКА МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНОГО РУХУ ОБ'ЄКТУ В СЕРЕДОВИЩІ ANSYS FLUENT	34
<i>Б.Ю. Тищенко, студент гр. ПГ-з11мп</i> ДВОВІСНИЙ ГІРОСТАБІЛІЗАТОР НЕПРЯМОЇ ДІЇ	37
<i>А.В. Хворостян, студент гр. ПО-21мп, к.т.н., доц. Заморський О.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЯК КОМПОНЕНТІВ ТАХОМЕТРА АВТОМАТИЗОВАНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ПРИСТРОЇВ	40
<i>В.В. Шелемаха, студент гр. ПГ-11мп, к.т.н., доц. Цибульник С.О.</i> АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ З КОЛИВАЛЬНИМИ СКЛАДОВИМИ	44
<i>В.А. Яковенко, студент гр. ПГ-11мп, М.Р. Черномаз, студент гр. ПГ-11змп, к.т.н., ст. викл. Сапегін О.М.</i> АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЛАТФОРМНОЇ МІКРОМЕХАНІЧНОЇ КУРСОВЕРТИКАЛІ	48

СЕКЦІЯ 2. ЕКОНОМІКА ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНИХ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ

<i>В.С. Проскурін, студент гр. ПО-11мп, к.т.н. Мамута М.С., д.т.н., проф. Колобродов В.Г.</i> РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОБЛИЧ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	52
--	----

С.Д. Савченко, студент гр. ПО-11мп, к.т.н., Тягур В.М.
ВИКОРИСТАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ БЛОКІНГ-ЕФЕКТУ 56

СЕКЦІЯ 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

О.Л. Балякіна, студентка гр. ПБ-11мп
ВІБРОАКУСТИЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЗНОСУ РІЗЦЯ..... 62

В.А. Гайдай, студент гр. ПБ-11мп
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ 66

М.В. Гацько, студент гр. ПБ-11мп, к.т.н., доц. Шевченко В. В.
АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ КОЛІС МЕКАНУМ..... 70

О.Р. Даценко, студентка гр. ПБ-11мп
ОПТИМІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ЛОТКИ-ВОЛЬТЕРРИ 73

О.С. Кравченко, студент гр. ПБ-11мп
ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ..... 77

О.В. Куликівський, студент гр. ПБ-11мп
ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ КВАЗІПЕРІОДИЧНИХ СТРУКТУР АМПЛІТУДНИМ МЕТОДОМ ДИФРАКТОМЕТРІЇ 80

О.С. Лапіга, аспірант, к.т.н., доц. Вислоух С.П.
МЕТОДИКА ПОБУДОВИ САПР ТП МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ 84

І.В. Масстенко, аспірант гр. ПБ-11ф, к.т.н., доц. Стельмах Н.В.
РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ ВИРОБІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО БАЧЕННЯ..... 87

О.В. Матошин, студент гр. ПБ-21мп
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СВЕРДЛІННЯ ОТВОРІВ У ДЕТАЛЯХ З ВУГЛЕПЛАСТИКУ 90

Б. П. Мельничук, студент гр. ПБ-21мп, к.т.н., доц. Шевченко В. В.
КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ В УМОВАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА 95

З.М. Наумкіна, студентка гр. ПБ-01мп, к.т.н., доц. Подолян О.О.
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ВІДВЕДЕННЯ БІОПОТЕНЦІАЛІВ НЕЙРОННИМИ ЗОНДАМИ..... 98

Є.В. Панкратов, студент гр. ПБ-11мп
ОБґРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ПЕРИФЕРІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ 102

Ю.Д. Радченко, студентка гр. ПБ-21мп
ВИКОРИСТАННЯ WMS В СУЧАСНИХ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ 106

<i>К.А. Романенко, студент гр. ПБ-11мп</i> АКУСТИЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ ПРУЖИНИ ВИГИНУ	110
<i>С.О. Сорока, асистент, д.т.н., професор Родіонов В. Є.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЛІТІЙ – ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ МАГНЕТРОННОГО НАПИЛЕННЯ.....	114
<i>В.О. Сірош, студент групи ПБ-11мп, к.т.н., доц. Стельмах Н.В.</i> РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМ МАНІПУЛЯТОРОМ НА БАЗІ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ РІККАТІ.....	117
<i>А.В. Турбал, студент гр. ПБ-11мп, д.т.н. професор Антонюк В.С.</i> АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СПЕЦІАЛЬНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ	120
<i>О.В. Чигрін, студент гр. ПБ-11мп, к.т.н., доц. Барандич К.С.</i> ВИКОРИСТАННЯ ДОДАНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ПРИ СКЛАДАННІ ЦИКЛОДАЛЬНОГО РЕДУКТОРА.....	124
<i>В.І. Юрковець, аспірант гр. ПБ-01ф, доц. Вислоух С.П.</i> КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ	128

СЕКЦІЯ 4. ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІКРО- І НАНОПРИСТРОЇВ

<i>Я.Є. Морозов, студент гр. ПМ-11мп, к.т.н., асис. Котляр С.С.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАННЯ КУТА НАХИЛУ	136
<i>Д.О. Хавець, студент гр. ПМ-11мп</i> СИСТЕМА НАВІГАЦІЇ МОБІЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	139
<i>О.С. Ярошевська, студентка гр. ПМ-11мп, доц. Нечай С.О.</i> МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК З ВИКОРИСТАННЯМ МІНІ ВІДЕОКАМЕРИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПАМ'ЯТОВУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ.....	142

СЕКЦІЯ 5. ЕФЕКТИВНІ ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ У ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ. ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІТИЧНОГО ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

<i>В. Р. Береза, студент гр. ПІ-11мп, к.т.н. Козир О.В. к.т.н., доц. Шумков Ю.С.</i> ВІРТУАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СПЕКТРУ ТЕРМОПАР.....	148
<i>М.О. Григорчук, студентка гр. ПІ-12мп, PhD, ас. Дорожжінська Г.В.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ НАНОРОЗМІРНИХ ПЛІВОК ФОТОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ	152
<i>В.Я. Лікаренко, студент гр. ПІ-11мп, к.т.н., Козир О.В.</i> ЗАСОБИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ МАГНІТНИХ АНОМАЛІЙ	156

<i>Д.В. Мальцев, студент гр. ПІ-11мп, к.т.н., доц. Богомазов С.А.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗБОРУ ДАНИХ	160
<i>Л.П. Мацько, студентка гр. ПІ-з21мп, к.т.н., доц. Мокійчук В.М.</i> МОНІТОРИ ПАЦІЄНТА ЯК ОБ'ЄКТ ПОВІРКИ.....	164
<i>М.В. Петров, студент гр. ПН-п01, ст. викл. Таранов В.В.</i> МОНІТОРИНГ НІТРАТИВ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В УМОВАХ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ПРОЗОРОСТІ.....	168
<i>А.Ю. Романенко, студентка гр. ПІ-21мп</i> ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ В РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ.....	173
<i>Д.С. Сопружинський, студент гр. ПІ-21мп, К.В. Єфременюк, студентка гр. ПН-91, к.т.н., ас. Івасенко В.М.</i> ВИМІРЮВАННЯ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ ВИКИДІВ NOX	178
<i>Н.С. Харчук, студент гр. ПІ-11мп, к.т.н., доц. Шведова В.В.</i> ОЦІНЮВАННЯ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ОБ'ЄКТІВ КРУГЛОЇ ФОРМИ.....	180
<i>М.О. Цаприка, маг., К.Я. Мушкет, асп., к.т.н., доц. Божко К.М.</i> ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОГО АЛГОРИТМУ МАМДАНІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЖЕРЕЛ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ	184
<i>М.О. Цаприка, маг., І.В. Морозова, асп., к.т.н., доц. Божко К.М.</i> ВДОСКОНАЛЕНА НЕЧІТКА МОДЕЛЬ МАМДАНІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ.....	187
<i>О.А. Шестак, студентка гр. ПІ-21мп, к.т.н., доц. Шведова В.В.</i> ПРОЦЕДУРА ЗВІРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ТЕРМОМЕТРІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РЕПЕРНОЇ ТОЧКИ	191

СЕКЦІЯ 6. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОЕКТУВАННІ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ В НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ, ТЕХНІЧНІЙ ТА МЕДИЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ

<i>М.В. Nakonechnyi, student gr. PK-11mp</i> ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF AUTOMATED MATERIAL TYPE CLASSIFICATION METHODS	196
<i>Д. В. Бердичевський, студент гр. ПК-11мп, к.т.н., Богдан Г.А.</i> УЛЬТРАЗВУКОВА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕМЕНТІВ ТРУБОПРОВОДУ	199
<i>А.Р. Ванджура, студент гр. ПК-11мп, доцент, к.т.н. Лисенко Ю.Ю.</i> АВТОМАТИЗОВАНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВИЙ КОНТРОЛЬ РЕЙОК	202
<i>М.Ю. Заболуєва, студентка гр. ПК-21мп, доктор філософії Момот А. С.</i> ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖІ U-NET ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ЗНІМКІВ	206
<i>В.П. Малько, студент гр. ПК-11мп</i> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВНОЇ ФАЗИ СИГНАЛУ ПРИ ДВОКООРДИНАТНІЙ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ.....	210

<i>Ю.М. Нижник, студентка гр. ПК-11мп</i> НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ ВИТОКУ РІДИН В ТРУБОПРОВІДІ.....	214
<i>І.О. Пітух, студент гр. ПК-91, д.т.н., доц. Галаган Р.М.</i> ВИКОРИСТАННЯ МАНІПУЛЯТОРІВ В УЛЬТРАЗВУКОВОМУ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ.....	219
<i>І.О. Складчиков, студент гр. ПК-11мп, доктор філософії Момот А. С.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ТЕРМОГРАМАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ YOLOX	222
<i>Я.В. Стешенко, студент гр. ПК-11мп, доктор філософії Момот А. С.</i> ОГЛЯД ЕФЕКТИВНОСТІ АРХІТЕКТУР НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ	226

СЕКЦІЯ 7. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ БІОМЕДИЧНОГО ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

<i>Y.A. Yukhymenko, student gr. PB-21mp, PhD, Assoc. Prof. Stelmakh N. V.</i> PRACTICAL TESTING OF VENTILATION DUCT MUFFLER ACCORDING TO THE DEVELOPED ALGORITHM	232
<i>Б.О. Баталія, студент гр. ПБ-21мп, к.т.н., доцент Терещенко М.Ф.</i> АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЛАЗЕРО-ХІРУРГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ.....	236
<i>Є.О. Бурковський, студент гр. ПБ-21мп</i> ПРОБЛЕМАТИКА ВИДІЛЕННЯ СИГНАЛУ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАМИ ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ АВТЕНТИФІКАЦІЇ.....	240
<i>В. О. Чорний, студент гр. ПБ-11мп</i> ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТІВ СВІТЛОРОЗСІЯННЯ ЕПІДЕРМІСОМ ТА ДЕРМОЮ ЛЮДИНИ МЕТОДАМИ ПРОСТОРОВОЇ ФОТОМЕТРІЇ НАЗВА	243

СЕКЦІЯ 8. МІЖНАРОДНЕ НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО В ПРИЛАДОБУДУВАННІ В УМОВАХ ІНДУСТРІЇ 4.0

<i>С. В. Войтко, завідувач кафедри міжнародної економіки, д.е.н., професор</i> НАУКОМІСТКІСТЬ І ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ПРИЛАДОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА В ІНДУСТРІЇ 4.0.....	248
<i>О.С. Руш, студентка гр. УС-з11мп, к.е.н., доцент Глущенко Я.І.</i> ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ В ПОСТВОЄННИЙ ПЕРІОД.....	251

Секція 1.

Ефективність комп'ютерно- інтегрованих систем керування, навігації та моніторингу

УДК 621.395+621.376

*М.В. Бабенко, студент гр. ПГ-11мп, Ю.В. Руденко, к. т. н., доцент
Павловський О.М.*

КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА СИНХРОННОГО ПЕРЕКЛАДУ МОДЕРНІЗОВАНА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ З ОНЛАЙН ПЛАТФОРМОЮ ZOOM

Анотація. З розвитком міжнародних відносин все більше постає питання лінгвістичного бар'єру, що особливо актуально і критично у теперішній час. Дану проблему вирішують системи синхронного перекладу, котрі використовуються на переважній більшості зустрічей, конференціях, семінарах, самітах тощо. Свою популярність вони отримали ще в середині ХХ століття за рахунок значної економії часу під час заходу, зручності у використанні та практичності. На сьогодні системи синхронного перекладу не втратили свою необхідність у експлуатації, а навпаки являються невід'ємною частиною того обладнання котрим забезпечується будь яка офіційна зустріч. В даній роботі представлена розробка такої системи котра має можливість інтеграції до онлайн платформи Zoom, щоб учасники заходів котрі підключені віддалено також могли користуватися функцією синхронного перекладу. Приведена принципова схема, основні складові системи та принцип їх комутації і взаємодії.

Ключові слова: Модулятор, Система синхронного перекладу, Пульт перекладача, ІЧ-випромінювання, Zoom.

ВСТУП

Зараз у світі існує не так багато виробників якісного обладнання для систем синхронного перекладу. Лідируючі позиції тримають системи виробництва Philips, Brahler, Sennheiser, DIS, Taiden, Williams Sound, але найкращими вважаються системи від Bosch. Дані системи будуються на базі однієї з двох нині найбільш використовуваних технологій передачі інформації, а саме радіочастотній або інфрачервоній [1]. Необхідним мінімальним комплектом обладнанням для повноцінного функціонування таких систем є: пульт перекладача, модулятор сигналів, інфрачервоні або радіочастотні передавачі та приймачі. Вони відрізняються між собою, принципами функціонування, практичністю та можливістю реалізації необхідної кількості каналів перекладу. Кожна з них має свої переваги та недоліки у використанні, а також одним із основних критеріїв котрий впливає на вибір тієї чи іншої системи це вартість того самого обладнання. Говорячи про гнучкість систем можна сказати, що переважна більшість модулів не розрахована на використання у поєднанні з обладнанням різних виробників, хоча таке поєднання може надати додаткового функціоналу та зробити систему синхронного перекладу більш ефективною, у тому числі і з використанням онлайн технологій.

Тому, метою даної роботи є розробка системи синхронного перекладу із розширеними функціональними можливостями, яку можна адаптувати для роботи з онлайн платформою Zoom.

РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ СИНХРОННОГО ПЕРЕКЛАДУ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ З ОНЛАЙН ПЛАТФОРМОЮ ZOOM

Запропоновано реалізувати систему синхронного перекладу для використання її в комбінації з онлайн платформою Zoom, що на сьогодні майже не використовується через складність реалізації існуючих алгоритмів та високої вартості обладнання, а також несумісності модулів різних виробників, що суттєво обмежують такі можливості. Проаналізувавши доступні компоненти

було прийнято рішення побудувати двоканальну систему синхронного перекладу використовуючи ІЧ технологію передачі інформації попередньо вдосконаливши її складові. Принципова схема такої системи наведена на рис.1.

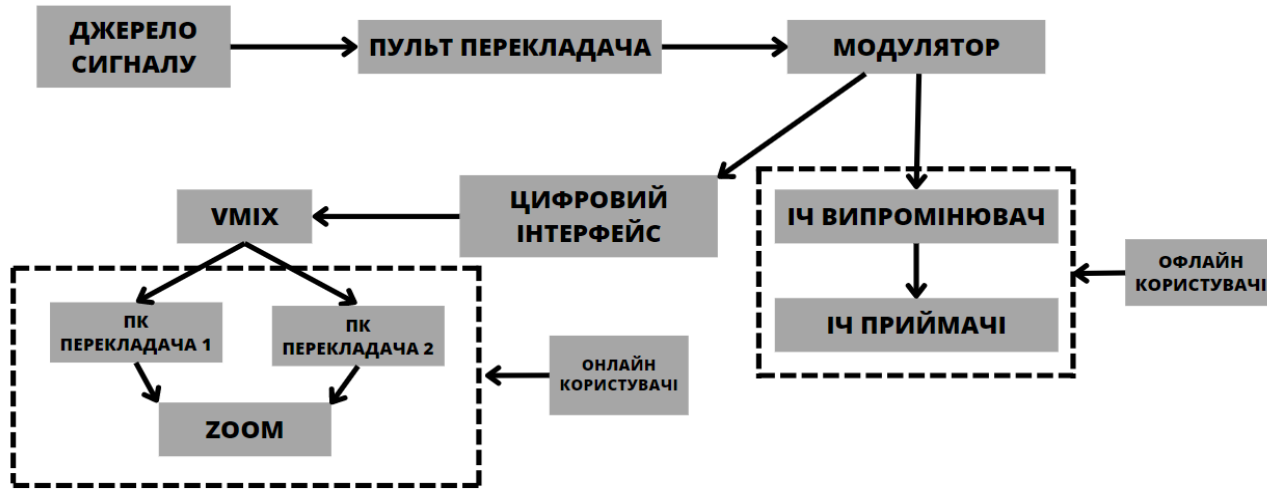


Рисунок 1. Принципова схема системи синхронного перекладу

У якості основних компонентів системи буде використано модулятор Williams sound Two channel MOD 232, USB аудіо інтерфейс UMC202, ІЧ випромінювач виробництва Sennheiser, ІЧ приймачі з підтримкою частот модулятора та пульт перекладача створений за власною схемою. У якості додаткового устаткування для доступу до онлайн платформи Zoom буде використано персональні комп'ютери та мережеве обладнання. Підбір обладнання відбувався експериментальним шляхом та з подальшою перевіркою сумісності. Запропонована система працює за наступним алгоритмом: до пульта перекладача надходить сигнал від онлайн або офлайн учасника конференції з мішкерного пульта [2]. Перекладач ідентифікує мову на котрій надходить до нього інформація та шляхом перемикачів тумблера на пульту перекладача обирає потрібний канал перекладу, далі сигнал від пульта перекладача по двом каналам надходить до модулятора сигналів, в одному з яких переклад, а в другому оригінальна мова від спікера. Далі, модулятор перенаправляє ці сигнали до ІЧ випромінювача котрий в свою чергу створює покриття ІЧ мережі на місці проведення заходу таким чином, що на одній частоті транслюється переклад, а на іншій мовлення спікера. Користувачі(або персонал забезпечення заходу) самі обирають потрібний їм канал. Для того, щоб прослуховувати інформацію користувачі використовують ІЧ приймачі, котрі можна налаштувати на потрібний канал перекладу шляхом перемикачів перемикача на боковій панелі навушників, під час вибору каналу загоряється відповідний індикатор. Що стосується платформи Zoom то для того, щоб надати переклад онлайн користувачам використовуються два комп'ютери котрі виконують роль розподільвачів перекладу на два канали. Сигнал до них надходить від комп'ютера підключеного до цифрового інтерфейсу UMC202 котрий в свою чергу отримує інформацію від модулятора по двом вхідним каналам. Для цього використовується спеціальне програмне забезпечення vMix [3] котре дає можливість розподілити вхідний сигнал від цифрового інтерфейсу на дві окремі віртуальні шини та далі передати його в локальний простір системи за допомогою протоколів стандарту

NDI[4], а також надає можливість записати сигнали в окремі аудіо доріжки для подальшого використання. Комп'ютери котрі підключені до платформи Zoom у якості перекладачів для онлайн учасників повинні мати попередньо встановлене забезпечення NDI tools [5] котре надає можливість ідентифікувати ті самі джерела аудіо сигналів в локальній мережі системи синхронного перекладу. Далі в меню налаштування звуку на комп'ютерах перекладачів замість інтегрованого мікрофону обирається віртуальна шина по котрій транслюється сигнал через NDI. За допомогою даного алгоритму реалізується передача сигналів від перекладачів та спікерів одразу для офлайн та онлайн учасників заходу.

ВИСНОВОК

В даній статті показана можливість реалізації схеми та алгоритму роботи двоканальної системи синхронного перекладу побудованої по принципу ІЧ передачі сигналу. Впроваджені модифікації дають можливість розшири функціонал класичної системи синхронного перекладу для подальшої інтеграції в середовище онлайн платформи Zoom. Для цього використовується додаткове обладнання котре не передбачене в класичних системах виробниками, а також спеціалізоване програмне забезпечення яке використовує сучасні методи передачі інформації. Система показала свою працездатність та ефективність під час проведення реальних заходів і працює відповідно поставленим задачам. Використання даної системи вирішує цілий ряд проблем котрі виникають при вирішенні аналогічних задач. Також дана система є більш економічно вигідною у порівнянні з її аналогами котрі, у більшості, не реалізують функцію з онлайн перекладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] iProbe. iProbe Knowledge Base [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://iprobefolutions.com/learn/the-beginners-guide-to-wireless-interpretation-equipment-rental>
- [2] Що таке мікшерний пульт? [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://bukinfo.com.ua/tehnologiji/shcho-take-mikshernyy-pult-i-dlya-chogo-vinpotriben>
- [3] Live Video Streaming Software [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.vmix.com/>
- [4] Network Device Interface (NDI) [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.ndi.tv/about-ndi/>
- [5] NDI Tools is a free suite of applications [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.ndi.tv/tools/>

Науковий керівник: к.т.н., доц. О.М. Павловський

УДК 629.127

Н.О Зубик, студент гр. ПГ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КУТОМ КУРСУ БЕЗПІЛОТНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТУ

Анотація. В даній роботі представлено моделювання системи керування кутом курсу безпілотного підводного апарату. Аналіз відхилення сигналу системи керування кутом курсу від заданого сигналу.

Ключові слова: система керування, моделювання, безпілотний підводний апарат, система керування кутом курсу

ВСТУП

З початку виготовлення безпілотних підводних апаратів стояло питання способу керування. Спочатку в основному використовували телекомунікаційний кабель, але такий спосіб управління і контролю мав безліч недоліків: необхідність зовнішнього керування, обмеженість глибини занурення довжиною кабелю, неможливість проходити складними маршрутами. Частково це питання вирішили дистанційне керування за допомогою радіохвиль. Була практика з використанням підводних коригувальних станцій [1], на сьогодні такий спосіб керування хоч і застарілий і малоефективний, але все ще актуальний.

Одним із найкращих варіантів для управління це задати певний маршрут, й корегувати його апаратно [2], безпосередньо системою керування. Для цього потрібно розробляти та досліджувати уже розроблені системи керування. На сьогодні безліч програм дозволяє зробити це без безпосередньої взаємодії з апаратом, оскільки такий спосіб є простіший, доступніший та дешевший. Середовищ для моделювання на ринку представлено досить багато. В даній роботі буде використовуватись пакет Simulink, оскільки дане програмне забезпечення дозволяє проектувати та досліджувати системи будь-якого рівня складності. Для дослідження буде використано лише систему керування кутом курсу з метою спрощення системи.

ОПИС МОДЕЛІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КУТОМ КУРСУ У SIMULINK

Створення математичної моделі системи керування автономним безпілотним підводним апаратом для побудови системи у Simulink доволі складний процес. Оскільки розробка в даному напрямку вже проводилась раніше за основу була система керування кутом курсу в роботі [3]. В даній роботі використовується математична і структурна модель, які описано у [4].

Система керування складається з вільного гіроскопа -датчика кута, диференційного гіроскопа – датчика кутової швидкості, підсилювача та виконавчого органу з жорстким зворотним зв'язком [3].

Допрацьовану у даній роботі схему наведено на рис.1., вона дозволяє проаналізувати відповідність кута курсу об'єкта заданому значенню при заданій складній траєкторії руху. У проведених дослідженнях для задання складної траєкторії використовується пульсуючий сигнал прямокутної форми.

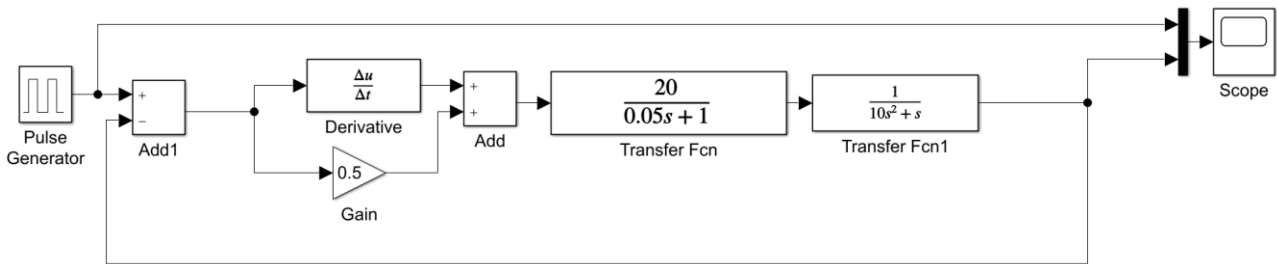


Рисунок 1. Схема моделювання системи керування кутом курсу безпілотного підводного апарату зі складною траєкторією руху

Короткий опис наведеної схеми моделювання з поясненнями:

Pulse Generator генерує пульсуючий сигнал за заданими параметрами. Параметри Pulse Generator наступні: Amplitude – 1, Period – 10, Pulse Width – 50, Phase delay - 0. Для порівняння згенерований сигнал виводиться на графіках.

Add1 та Add працюють як суматори вхідних сигналів. Знак на вході блока вказує, яку операцію слід провести з даним сигналом.

Derivative – виконує чисельне диференціювання вхідного сигналу.

Блок передатної функції Transfer Fcn задає передатну функцію у вигляді відношення поліномів, він містить поля: Numerator - вектор або матриця коефіцієнтів полінома чисельника, Denominator вектор коефіцієнтів полінома знаменника.

Scope – будує графіки вхідного та вихідного сигналів.

МОДЕЛЮВАННЯ КУТА КУРСУ СКЛАДНОГО РУХУ У СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ

Після задання параметрів та проведеного моделювання в Scope було отримано графіки змінювання кутів курсу, заданого сигналу та на виході системи керування (рис.2). Система працювала упродовж 60 секунд.

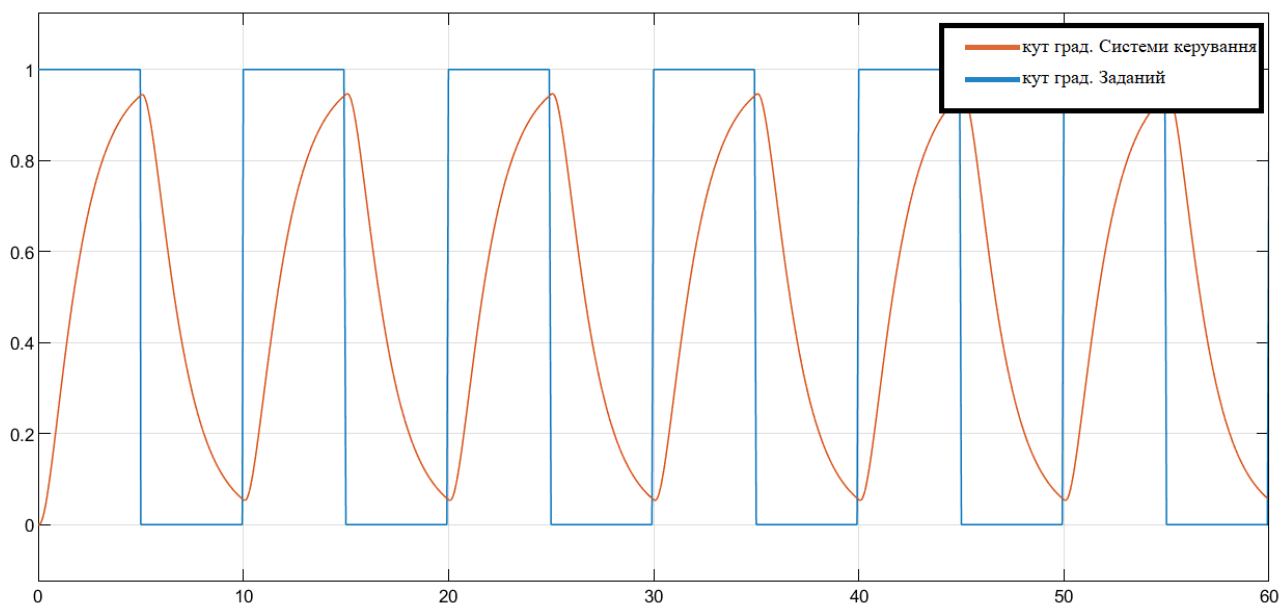


Рисунок 2. Графіки змінювання вхідного та вихідного сигналів кута курсу.

Оскільки в системі не використовувались додаткові шуми, чи похибки дані графіки показують доволі точну картину поведінки безпілотного підводного апарату, а також проблему відпрацювання кута курсу при різких поворотах.

З графіків видно, що система не повністю відпрацьовує задані змінювання кута курсу, намагається наблизитись максимально, оскільки вхідний сигнал з часом змінюється доволі різко, а система є інерційною і не може миттєво та без спотворень відпрацювати вхідний сигнал заданої форми. Це нормальна практика для безперервного руху на заданій швидкості. Хоча ми жертвуємо точністю, ми витримуємо темп, але у випадку, коли потрібно точно пройти заданий маршрут слід застосовувати методи корекції в системі керування кутом курсу.

Якщо розглянути висновки в роботі [3], можна побачити, що при повільних змінах кутів траєкторія руху підтримується доволі чітко, отже систему потрібно вдосконалювати з метою розширення її можливостей для різних траєкторій руху.

При подальшому вдосконаленні слід врахувати можливості розвороту на місці а також маневреність безпілотного підводного апарату, якщо це неможливо, потрібно використати процедури оптимізації значень швидкості та максимального кута повороту для забезпечення проходження даного шляху.

ВИСНОВКИ

Безпілотні підводні апарати мають безліч обмежень, щоб чітко слідувати заданим траєкторіям, окрім похибок систем керування слід пам'ятати про інші фактори, такі як неточність та завади датчиків системи навігації і орієнтації, підводні течії, та ін. Одним із варіантів підвищення точності відпрацювання складної траєкторії є сповільнення апарату при великому куті повороту в обмеженому проміжку відстані й проведення маневру розвороту на місці, або сповільнення для підвищення маневреності. Для здійснення подібних маневрів необхідні додаткові двигуни для підвищення маневреності. Доцільно в подальших дослідженнях оцінити відхилення, у разі його прийняттого значення сповільнення не буде необхідним при виконанні таких маневрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]ГУРИНЕНКО, С. О. Організація систем керування сучасних безпілотних підводних апаратів. 2021.
- [2]ЖУЧЕНКО, О. А. Керування циклічними процесами в умовах дискретного просторово-часового завдання. 2019.
- [3]Бобрик В. С. Система керування безпілотним підводним апаратом : Магістерська дисертація. Київ, 2018. 100 с. [1, с. 45-48]
- [4]Лямина Е.А. Подходы к построению системы управления угловым положением необитаемого подводного аппарата без ограничений на углы наклона. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; специальный выпуск 1: 224–234.

Наук. керівник – д.т.н., проф., зав. кафедри Бурау Н.І.

УДК 519.7.007.004.4

Є. В. Малахов, студент гр. ПГ-91, к.т.н. Рупіч С. С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД АЛГОРИТМІВ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ

Анотація. Сучасний світ дуже швидко розвивається, кожного дня людство створює щось нове для полегшення різних процесів починаючи з бізнесу, закінчуючи соціальними послугами. Невід'ємною частиною цього є сучасні технології, які дуже широко використовуються майже у всіх сферах життєдіяльності. Але неефективне застосування різних засобів призводить до надмірних часових та ресурсних витрат. В даній роботі розглядаються алгоритми, за якими розробляють сучасне програмне забезпечення з найкращою ефективністю.

Ключові слова: Waterfall, Agile, Spiral Model.

ВСТУП

На підприємствах, в компаніях та різних структурах актуальним питанням ефективного функціонування є моніторинг та контроль поточного стану персоналу. Це може бути моніторинг успішності студентів в університеті, швидкість та якість виконаної роботи, компетентності працівника тощо. В умовах дистанційної роботи особливо гостро постає питання автоматизації таких процесів у вигляді програмного забезпечення.

На сьогоднішній день існує дуже багато методик, алгоритмів та паттернів, за якими розробляють сучасні програмні застосунки. У даній роботі розглянуто найпопулярніші алгоритми, які застосовуються на практиці.

АЛГОРИТМ РОЗРОБКИ

Зазвичай, розробка програмного забезпечення – це складний процес реалізації від ідеї до готового продукту, який потребує значних ресурсів. Тому, його завжди розбивають на декілька цільових етапів. В залежності від компанії, команди розробників та різних умов розробки вони можуть відрізнятися. Проте, можна виокремити такі основні етапи [1]:

Визначення бізнес ідеї.

Аналіз вимог.

Планування.

Розробка архітектури.

Кодування.

Тестування.

Впровадження.

На перший погляд це виглядає нескладно, але кожний із цих пунктів містить різноманітні методи, інструменти та підходи, що, в свою чергу, призводить до кропіткої роботи над кожним із них та потреби у кваліфікованих фахівцях. Існує дуже багато команд, які складаються з вузькоспрямованих спеціалістів і вони компетентні лише у своїй зоні відповідальності. Такий підхід дозволяє розгрузити навантаження та зменшує часові обмеження, оскільки деякі процеси можуть йти паралельно. Наприклад, процеси кодування та тестування можна організувати одночасно, коли тестування проводиться для одного із модулів програми і в цей же час виконується кодування іншого. Також, якщо змінюються вимоги, є можливість швидко відкоригувати ядро програми. У сучасному світі

все зводиться до ресурсів та якомога найефективнішого їх використання. Тому на практиці досвідчені інженери та архітектори запропонували «моделі процесу розробки програмного забезпечення», які покращують ефективність таких процесів.

МОДЕЛІ РОЗРОБКИ

Моделі розробки ПЗ (програмне забезпечення) - це система, яка визначає порядок і терміни виконання завдань всередині етапів життєвого циклу, методи оцінки та контролю, бюджет та терміни виконання проекту. Методи розробки пов'язані та залежать один від одного [2].

1. Waterfall Model (водоспадна або каскадна, послідовна модель)

Модель полягає у тому, що кожен етап процесу розробки ПЗ має бути виконаним повністю, для переходу на наступний. Це є і найголовнішою перевагою, і недоліком. Усі результати записуються у документацію. Одна з найперших моделей була запропонована у 1970 р. Вінстоном Ройсом.

Для невеликих проектів із відносно малими термінами реалізації, при ефективно складеній документації, каскадна модель - найкращий вибір. Коли все зрозуміло та обумовлено, всі етапи проходять швидко і виходить відмінний результат. При цьому немає необхідності додатково повторно проходити різні етапи, як це відбувається в інших методиках.

До переваг такої моделі можна віднести: просте управління розробкою, вартість і терміни відомі на початковому етапі, вірогідність помилок мінімальна.

Із недоліків: тестування на останніх етапах, чим масштабніший проект, тим більша ймовірність критичних помилок, замовник бачить готовий продукт лише наприкінці розробки [2].

2. Ітеративна та інкрементальна модель

Модель передбачає розбиття життєвого циклу проекту на послідовність ітерацій, кожна з яких нагадує «міні-проект», включаючи всі процеси розробки в застосуванні до створення менших фрагментів функціональності, порівняно з проектом в цілому. Мета кожної ітерації - отримання версії програмної системи, що працює та включає функціональність, визначену інтегрованим змістом усіх попередніх і поточної ітерації. Результат фінальної ітерації містить всю необхідну функціональність продукту. Таким чином, із завершенням кожної ітерації продукт отримує приріст до його можливостей, які розвиваються еволюційно. Під ітеративністю, інкрементальністю і еволюційністю, в даному випадку, закладають одне й те ж саме розуміння, але дещо з різних точок зору [3].

Переваги моделі: можливість раннього впровадження, модульність, яка дозволяє створювати додаткові версії по мірі їх імплементації, виправлення помилок дешевше, можливість розпочати розробку програмного забезпечення без чіткого плану, маючи лише набір ідей.

Недоліки моделі: вимоги до проекту на кожному етапі мають бути чітко визначені та зрозумілі, необхідний хороший менеджмент, програма може вийти надто «сирою», тобто з урізаним функціоналом та з наявними критичними помилками, і розробка-буде завершена до появи всіх функцій [2].

На основі сімейства ітеративних моделей також було запропоновано надпопулярний нині гнучкий підхід до розробки програмного забезпечення Agile [2]. І це більше підхід до розробки ПЗ, а не окрема методологія, тому що всередині проекту, який ведеться Agile, на різних етапах можуть застосовуватися і каскадні, і ітераційні моделі. Насамперед, Agile включає багато технік і методологій, серед яких можна виділити: Scrum, Kanban, RUP, Extreme Programming.

3. Spiral Model (Спіральна модель)

Ця модель також є інкрементною та ітеративною моделлю, але з великим упором на аналіз ризиків та оцінку вигоди проекту. Розробка йде за таким же принципом, як і для попередньої моделі - реалізація частини проекту та впровадженню поетапно. Єдина відмінність - розробка кожної нової версії продукту починається лише в тому випадку, якщо замовник упевнений у її необхідності, затребуваності та потенційній вигоді.

Таким чином, ця модель підходить для тих, чий бізнес залежить від фінансового успіху продукту, або дуже об'ємних, складних і дорогих проектів, де потрібен постійний контроль ризиків.

Загалом переваги та недоліки подібних моделей справедливі і для спіральної. Тільки тут аналіз ризиків йде постійно і випустити непотрібний продукт практично неможливо, але при цьому можна надовго застрягти на одному з етапів, нескінченно вдосконалювати першу версію продукту та не просунути до наступних [2].

ВИСНОВКИ

Отже, було розглянуто найефективніші алгоритми та моделі розробки програмного забезпечення. У кожного з них є свої переваги та недоліки, але для окремих випадків вони всі є ефективними шаблонами. Використовуючи вже напрацьовані базиси, є можливість ефективно, якісно та з мінімальною кількістю помилок розробити готовий продукт. Найпростішою моделлю розробки для, наприклад, університетської системи моніторингу, буде Waterfall, оскільки тут буде застосована невелика команда і сам застосунок не буде настільки масштабний, щоб потребувати розбиття на окремі модульні складові. Проте вибір такої моделі також залежить від поставлених вимог.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Розробка програмного забезпечення - Режим доступу: [www.URL:https://studbooks.net/2106608/informatika/razrabotka_programmnogo_obespecheniya](https://studbooks.net/2106608/informatika/razrabotka_programmnogo_obespecheniya)
- [2] Моделі життєвого циклу Принципи та методології розробки ПЗ - Режим доступу: [www.URL:https://highload.today/metodologii-razrabotki](https://highload.today/metodologii-razrabotki)
- [3] Процес розробки програмного забезпечення - Режим доступу: [www.URL:https://uk.wikipedia.org/wiki/Процес_розробки_програмного_забезпечення](https://uk.wikipedia.org/wiki/Процес_розробки_програмного_забезпечення)

УДК 681.35

М.І. Менько, студент гр. ПГ-11мп, , к.т.н., ст. викл. Сапегін О.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОБЕРНЕНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІКРОМЕХАНІЧНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА

Анотація. У роботі розглянуто основні підходи при проектуванні оберненого зв'язку для мікромеханічного гіроскопу осьового типу. Проаналізовано вплив геометричних параметрів параметрів пружного підвісу на характеристики мікроакселерометру та на його обернений зв'язок. Сформульовано вимоги для проектування оберненого зв'язку акселерометру.

Ключові слова: ММА, пружний підвіс, обернений зв'язок.

ВСТУП

Мікроелектромеханічні системи (МЕМС) проникли зараз у безліч сфер техніки та побуту. І справді, низька вартість та відносна доступність на ринку як окремих датчиків, так і інерціальних вимірювальних модулів виготовлених за МЕМС технологією, актуалізують роботи проектуванню нових чутливих елементів (ЧЕ). Чи не найбільшого розповсюдження набули мікромеханічні акселерометри ММА. Вони мають достатньо високу стабільність нуля і у порівнянні з мікромеханічними гіроскопами [1]. За характером руху чутливого елемента всі акселерометри діляться на осьові і маятникові. Осьова схема має певні переваги – підвіс чутливого елемента може витримувати дещо більші навантаження. Окрім того, осьові переміщення інерційної маси простіше контролювати і можна досить просто сформувати різноманітні типи оберненого зв'язку. Переважна більшість ММА проектується за компенсаційною схемою при якій ЧЕ ММА майже не здійснює переміщень у просторі. Спеціально спроектований компенсаційний обернений зв'язок утримує інерційну масу нерухомо. Вихідним сигналом акселерометру слугує напруга, яка пропорційна проекції уявного прискорення, що діє на відповідну вісь чутливості акселерометра. Ця напруга і необхідна для утримання інерційної маси у разі використання ємнісного оберненого зв'язку.

У роботі розглянуто проектування чутливого елемента ММА з оберненим зв'язком. Особливої уваги приділено впливу параметрів підвісу інерційної маси на необхідний сигнал компенсаційного оберненого зв'язку.

ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОМЕХАНІЧНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРУ

У середовищі для тривимірного проектування SolidWorks було розроблено тривимірний ескізний проєкт одновісного осьового акселерометру, який показано на рис. 1. Використання САД системи дозволило автоматично отримати такі необхідні величини конструкції як масу, центр мас, моменти інерції, тощо [2]. На рис.1 б) представлено підвіс ЧЕ з такими параметрами: довжина 0,21 мм, ширина 0,004 мм, висота 0,05 мм. Ці розміри використовувалися у якості базових при подальшому проектуванні оберненого зв'язку.

Математичною моделлю осьового акселерометра може бути звичайна коливальна система виду

$$m\ddot{x} + f\dot{x} + cx = -ma_x \quad (1)$$

де f – демпфування, m – маса чутливого елемента, c – коефіцієнти жорсткості підвісу, a_x – проекція уявного прискорення на вісь чутливості.

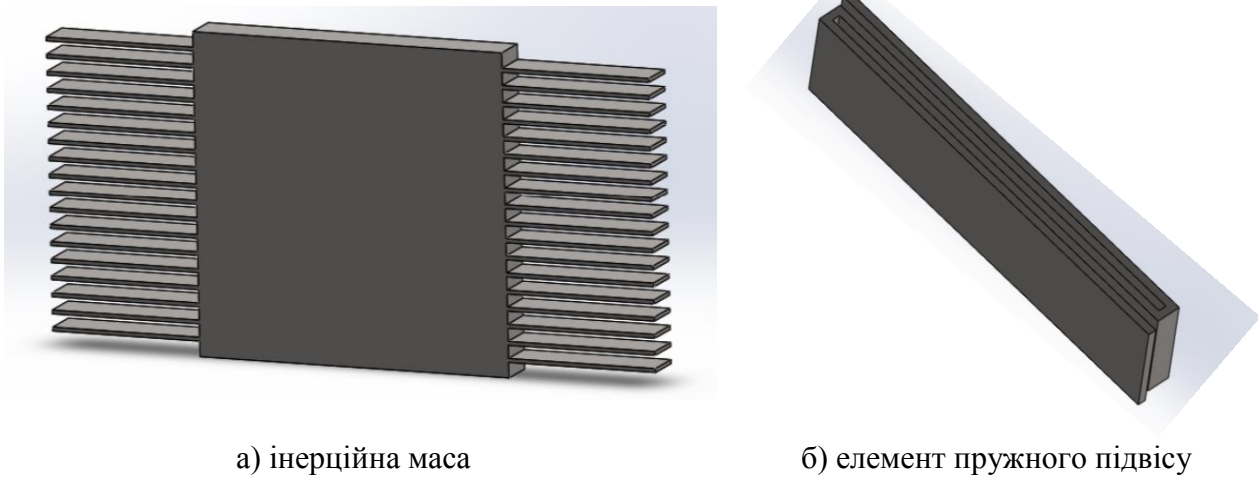


Рисунок 1. Ескізний проєкт акселерометру

ПРОЕКТУВАННЯ ОБЕРНЕНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Очевидно, що для нормальної роботи акселерометру необхідно використовувати компенсаційну схему вимірювання. У роботі [3] представлено типову передатну функцію осьового МЕМС акселерометра (рис. 2).

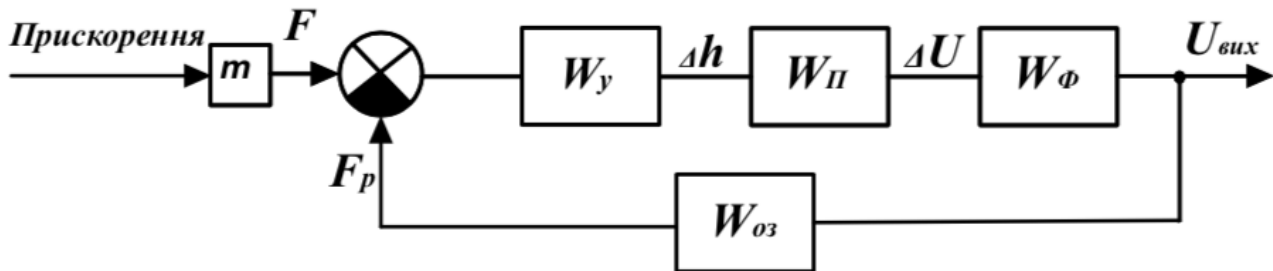


Рисунок 2. Вимірювальна схема осьового акселерометра

$$\Phi = \frac{mW_yW_\Pi W_\phi}{1 + W_yW_\Pi W_\phi W_{oz}} \quad (2)$$

У передатній функції (2) наведено:

m - коефіцієнт передачі першої ланки на вхід якої поступає вимірюване прискорення, а на виході отримуємо інерційну силу F

$W_y = \frac{y_c}{F}$ - передатна функція чутливого елемента, де:

y_c - рівняння зв'язку

F - інерційна сила

$W_\Pi = \frac{\Delta U}{\Delta h}$ - передатна функція перетворювача переміщення, де :

ΔU - вихідна напруга

Δh - переміщення інерційної маси

$W_\phi = \frac{K_\phi}{T_\phi^2 s^2 + 2T_\phi \zeta_\phi s + 1}$ - передатна функція фільтра другого порядку, де:

K_ϕ - коефіцієнт передачі фільтра

$W_{оз} = \frac{F_p}{U_{вих}}$ - передатна функція каналу оберненого зв'язку, але беручи до

уваги електростатичну силу діючу на рухомий електрод, а також рівність

$U_{вих} = -2U_{оз}$, отримаєм передатну функцію $W_{оз} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 s U_{оп}}{h_0^2}$ де:

F_p - сила сформована електростатичним датчиком

$U_{вих}$ - напруга на виході

$U_{оп}$ - опорна напруга

s - площа пластин

Варто відмітити, що у передатну функцію оберненого зв'язку входять параметри не лише ємнісного датчика, а і пружного підвісу акселерометра. І справді, у спрощеному рівнянні (1) роль цього члена приймає коефіцієнт жорсткості c . Зрозуміло, що варіювати параметрами оберненого зв'язку можна, з однієї сторони, керуючи ємностями конденсаторів і напругою, а з іншою – геометричними розмірами пружин підвісу. Останнє має особливе значення, адже фундаментальні недоліки проектування можуть призвести до неможливості їх компенсації суто ємнісною настройкою. Для врахування цього фактору пропонується дослідження амплітудно-фазочастотних характеристик акселерометра з особливою увагою саме до впливу на них параметрів пружного підвісу.

ВИСНОВОК

У роботі проведено аналіз впливу геометричних параметрів підвісу інерційної маси мікромеханічного акселерометру на компенсаційний обернений зв'язок. Отримала підтвердження необхідність дослідження впливу цих параметрів на амплітудно-фазочастотні характеристики приладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] М. И. Евстифеев, Методы проектирования конструкций микромеханических гироскопов. СПб: ИТМО, 2018.
- [2] О. М. Сапегін, Ю. О. Медведчук, “Двухмасовий мікромеханічний гіроскоп L-L типу,” Погляд у майбутнє приладобудування, 2018, pp. 38–40.
- [3] В. Я. Распопов, Микромеханические приборы: Учебное пособие. М: Машиностроение, 2007. [Online]. Available: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20240781> [0]

УДК 004

В.В. Накорик, студентка гр. ПГ-21мп, к.т.н., доц. Цибульник С.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ СУЧАСНИХ КОНСТРУКТОРІВ ДОКУМЕНТІВ

Анотація. Часто безкоштовні документи в інтернеті є застарілими, не містять тієї інформації яка необхідна, можуть бути застарілі стилі для оформлення, і використання їх як шаблон тільки ускладнить створення певного документу. Тому варто розглянути різні сервіси, які допоможуть автоматизувати процеси створення документів, наприклад, конструктори документів. В даній статті розглянуто два найпоширеніших сервіси-конструктори документів на українському ринку – ІнстаДок та FastDoc. Встановлено їх переваги та недоліки та наведено подальший план роботи, на основі даного дослідження.

Ключові слова: конструктор документів, ІнстаДок, FastDoc.

ВСТУП

На даний час створення певного документу із однаковим вмістом, проте різними, наприклад, особистими даними, є дуже поширеним. Створення вручну кожного документу може займати достатньо часу, що сповільнює виконання подальшої роботи. Тому необхідно розглянути варіанти, як можна автоматизувати та пришвидшити процес створення необхідного документу. Пришвидшення та спрощення роботи полягає в тому, що можна створити гнучкий шаблон документу, при заповненні якого необхідно буде ввести тільки ті дані, які не є статичними, тобто те, що стосується, наприклад, особистих даних людини - її номер паспорту, номер телефону та електронна пошта. Такий варіант використання не тільки пришвидшує створення певного типу документу, а також дозволяє уникнути низки помилок, як-от, наприклад, використання неправильних стилів для оформлення, різного роду граматичні та синтаксичні помилки.

Тому у даній роботі проведено аналіз сервісів, що автоматизують процес створення документів, тобто конструктори документів.

ПРИНЦИП РОБОТИ КОНСТРУКТОРА ДОКУМЕНТІВ

Суть роботи конструктора полягає в тому, що користувач заходить на сайт, і йому доступні різні шаблони, до прикладу, шаблони різних договорів. Користувач обирає той тип документу, який хоче. Якщо шаблон дозволяє, можна обрати частини, які точно мають бути у документі, і потім заповнює усі дані, які необхідні для того, щоб отримати повністю готовий документ.

Автоматизована система по створенню документу в свою чергу має гарантувати автоматичне та правильне заповнення усіх полів, для останнього важливим має бути валідація кожного поля. Адже у такому випадку, коли користувач може залишити поле пустим немає особливого сенсу у автоматичному створенні документу, тому що його все одно необхідно буде дозаповнювати та виправляти.

ІНСТАДОК – КОНСТРУКТОР ДОКУМЕНТІВ

ІнстаДок - даний сайт позиціонує себе як система електронного документообігу і конструктор документів, що зберігає до 70% часу і коштів на оформлення документів[1].

Було проведено короткий огляд можливостей даного сервісу. Отже, на сайті є багато різних типів договорів, залежно від сфери діяльності. Також у багатьох розділах є додатки, які можна включати та виключати із договору. Хорошою функцією є також те, що вписавши, наприклад, один раз номер договору, цей номер автоматично заповнюється для усіх додатків. Після завершення роботи, є можливість завантажити готовий файл у форматі Word та Pdf. Також є можливість, одразу підписати файл електронним ключем[2], проте це не було протестовано, адже щоб отримати готовий файл, необхідно оформити підписку на сайт.

Заповнення даних у документі відбувається наступним чином: фіолетовим кольором позначено поля, які необхідно заповнити особистими даними. Зліва є меню, залежно від відповідей якого трохи змінюється стиль документу та поля для заповнення. Зовнішній вигляд сторінки зазначено на рисунку 1.

Опитувальник	Документ
1. Тип Виконавця	ДОГОВІР ПРО НАДАННЯ ПОСЛУГ (СТВОРЕННЯ РЕКЛАМИ ТА ПЕРЕДАЧУ ВИКЛЮЧНИХ МАЙНОВИХ АВТОРСЬКИХ ТА СУМІЖНИХ ПРАВ)
<input checked="" type="radio"/> Юр. особа <input type="radio"/> ФОП <input type="radio"/> Фіз. особа	Документи: Договір, Додаток 1, Додаток 2, Додаток 3, Додаток-замовлення
2. Податковий статус Виконавця	ДОГОВІР № 23 про надання послуг (створення реклами та передачу виключних майнових авторських та суміжних прав)
<input checked="" type="radio"/> Платник ПДВ <input type="radio"/> Неплатник ПДВ <input type="radio"/> Платник ПДВ і єдиного податку	Конт. 24.10 Позивач (застосовуючи) надає іменується «Виконавець», в особі [Позивач в роз. відомості] ПІБ в роз. відомості, що діє на підставі [Позивач діяльності представляє] з однієї сторони та ФОП [Поз. ФОП], що діє на підставі Виписки з ЄДР/листки іменується «Замовник», з іншої сторони, разом – Сторони, укладли цей Договір № 23 від 24.10 року (надалі - Договір) про наступне: Терміни виконання, що використовуються у Договорі.
3. Підписант зі сторони Виконавця	Торгова марка (або Бренд) – знак для товарів і послуг [Знак для товарів і послуг] або інший знак для товарів і послуг, визначений відповідною статтею до Договору, що на зазначених підставах використовується клієнтом Замовника при здійсненні підприємницької діяльності.

Рисунок 1. Вигляд сервісу ІнстаДок із створенням документу

Також сервіс дає можливість розрахувати вартість послуг автоматично і вставити їх у договорі, графічний інтерфейс якого представлений на рисунку 2.

Зазначте вартість послуг для додатку (без ПДВ, ПДВ розрахується автоматично) та їх кількість (якщо можливо визначити кількість однакових послуг, якщо ні - зазначте 1)

24

Ціна товару за од. (без ПДВ)

Кількість одиниць товару

Зазначте вартість послуг для додатку-замовлення (без ПДВ, ПДВ розрахується автоматично) та їх кількість (якщо можливо визначити кількість однакових послуг, якщо ні - зазначте 1)

Ціна товару за од. (без ПДВ)

Кількість одиниць товару

Рисунок 2. Меню, яке дозволяє ввести дані та розрахувати вартість послуг

З недоліків даного сайту можна виділити те, що немає валідації полів, тобто ввівши у рядок із датою просто будь-який рядок, нічого не відбувається, і користувач не отримує попередження про те, що в цій комірці дані введенні не правильно.

FASTDOC – ПРОСТЕ СТВОРЕННЯ ДОКУМЕНТІВ

FastDoc – позиціонує себе як зручний та безпечний сайт для створення юридичних документів. Даний сайт було оглянуто як для створення документів, не загострюючи уваги на юридичній складовій. Серед можливостей даного сервісу є вибір типу шаблону та подальше його заповнення. Інтерфейс сторінки представлено на рисунку 3 - користувач послідовно бачить вікно із полем вводу конкретного пропуску у документі, допускається перехід на наступний крок із незаповненим полем. Проте у інструкції до використання сказано, що після завантаження документа усі пусті поля можна буде дозаповнити, а усі заповнені поля – виправити чи змінити[3]. Також на сайті відображається на скільки відсотків заповнений документ. Сервіс дозволяє завантажити у форматі Word та Pdf.

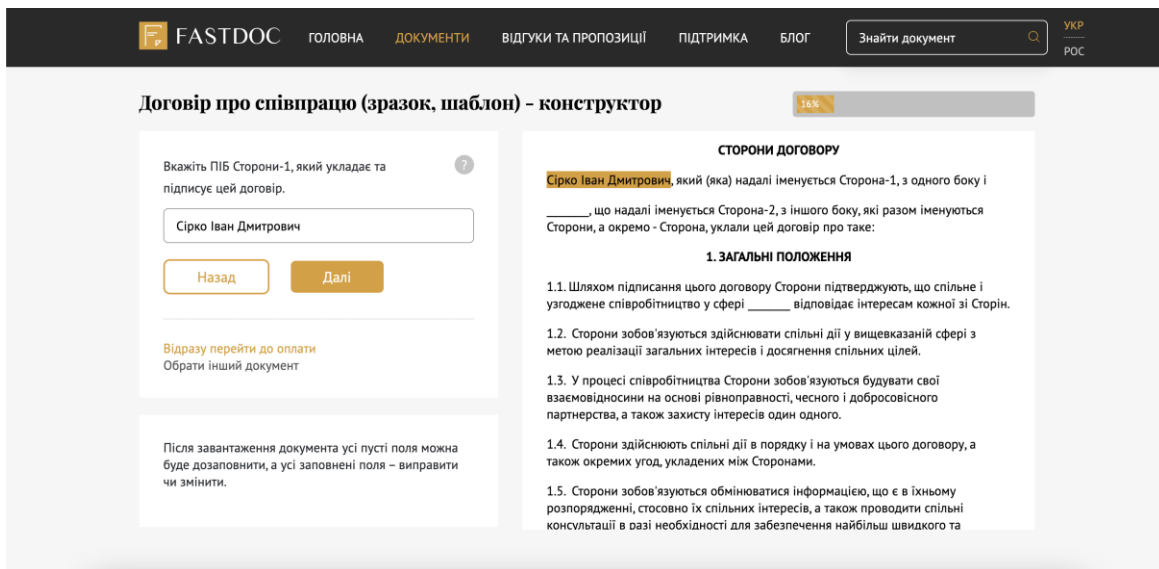


Рисунок 3. Інтерфейс сервісу FastDoc

Серед недоліків також можна виділити те, що немає валідації даних, наприклад, як зображено на рисунку 4, у поле очікується ввід суто цифр, проте при вводі символів помилки не виникає. Що погіршує процес автоматизації створення документа, адже потім все одно потрібно буде виправляти це у документі.

Також недоліком можна вважати те, що якщо треба виправити щось на початку документа і користувач знаходиться уже майже в кінці, то немає можливості прогорнути документ та натиснути на поле для зміни, єдиний вихід - це кнопкою «Назад» повернутися аж на початок документа, що є не дуже зручним.

Договір про співпрацю (зразок, шаблон) - конструктор 65%

засвідчені підписами.

8.7. Цей договір складений при повному розумінні Сторонами його умов та термінології українською мовою у двох ідентичних примірниках, які мають однакову юридичну силу - по одному для кожної із Сторін.

РЕКВІЗИТИ СТОРИН

СТОРОНА-1	СТОРОНА-2
Сірко Іван Дмитрович	_____
Адреса: _____	Адреса: _____
Паспорт: _____	Код ЄДРПОУ: _____
РНОКПП: test	IBAN: _____
IBAN: _____	Телефон: _____
Телефон: _____	_____ в особі _____, що діє на підставі _____.
_____ Сірко Іван Дмитрович	

Вкажіть РНОКПП (раніше ІПН) Сторони-1 (персональні дані можна ввести після завантаження).

test

Назад Далі

Відразу перейти до оплати
Обрати інший документ

Після завантаження документа усі пусті поля можна буде дозаповнити, а усі заповнені поля - виправити чи змінити.

Рисунок 4. Приклад вводу неправильних даних

Розглянуті системи мають переваги у порівнянні з використанням класичних методів «ручного» створення документів, які можна звести до необхідного шаблону. Але наведені вище недоліки, а також оптимізація даних систем у першу чергу для роботи з юридичними документами (контрактами, договорами, тощо) обмежує можливість їх використання для формування супровідної документації навчального процесу. Саме тому необхідно розробити автоматизовану систему створення супровідної документації, яка буде вирішувати існуючі проблеми сучасних конструкторів документів, а також надаватиме зручний інструментарій створення елементів шаблонів.

ВИСНОВОК

Проаналізувавши проведене дослідження, можна встановити, що за допомогою конструкторів документів можна отримати – якісний документ, який відповідає усім правилам оформлення, який повністю оптимізований під певну потребу. Також виходить значна економія часу, адже заповнення даних приблизно займає 10 хв, і документ уже готовий до надсилання або для друку. Проте обираючи конструктор документів, необхідно також звертати увагу і на недоліки, як-от у обох проаналізованих сервісах відсутність валідації полів, що після створення документу все одно вимагатиме часу на перевірку правильно заповнених даних. У подальшому, на основі отриманого аналізу, планується створення автоматизованої системи для створення супровідної документації для навчального процесу, а саме силабусів та індивідуальних навчальних планів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Складання, підписання і зберігання документів - Легко як Лего. URL: <https://instaco.com.ua/?registration> (дата звернення: 02.12.2022).
- [2] Про InstaDoc URL: <https://instaco.com.ua/history> (дата звернення: 02.12.2022).
- [3] FastDoc - економія часу та грошей URL: <https://fastdoc.com.ua/ua/> (дата звернення: 02.12.2022).

Наук. керівник – к.т.н., доц. Цибульник С.О.

УДК 622.248.5

С.М. Пархоменко, студент гр. ПГ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КОМПЛЕКС ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГІРОІНКЛІНОМЕТРІВ

Анотація. В роботі представлено варіант конструктивного виконання комплексу для перевірки і калібрування гіроінклінометрів в польових умовах. Необхідність використання таких приладів контролю параметрів орієнтації свердловин виникає при відновленні старих джерел, при дослідженні рудних свердловин, контролі свердловин, проложених у важкодоступних місцях.

Ключові слова: інклінометричний комплекс, гіроінклінометри, установка для перевірки інклінометрів.

ВСТУП

Проблема ефективного контролю просторового положення ствола свердловини в сучасній нафто та газодобувній промисловості відноситься до числа найбільш важливих і актуальних [1]. Розв'язання проблеми безпосередньо зв'язано з розробкою вимірювально – обчислювальної апаратури, що дозволяє достатньо точно і оперативно отримувати необхідну інформацію, та мала б при цьому високу надійність. Необхідність визначення параметрів орієнтації свердловин, що пробурені в середовищах з аномальними магнітними властивостями, а також обсаджених сталевими трубами, приводить до доцільності використання гіроскопічних інклінометрів [2].

Отже, в роботі розглядається схема побудови та особливості використання спеціального обладнання для налаштування указаних інклінометрів [3].

КОНСТРУКТИВНА СХЕМА КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГІРОІНКЛІНОМЕТРІВ

Комплекс призначений для перевірки працездатності та калібрування сучасних гіроінклінометрів у польових умовах, який, при порівняно невеликій вартості, дозволяє вирішувати задачі метрологічного забезпечення проведення геофізичного супроводження інклінометрії при бурінні нових експлуатаційних нафтогазових свердловин. Посадкові місця стенду забезпечують також використання комплексу для перевірки гіроскопічних свердловинних інклінометрів з старого фонду, типу ИГ - 36, ИГ – 50 (рис. 1).

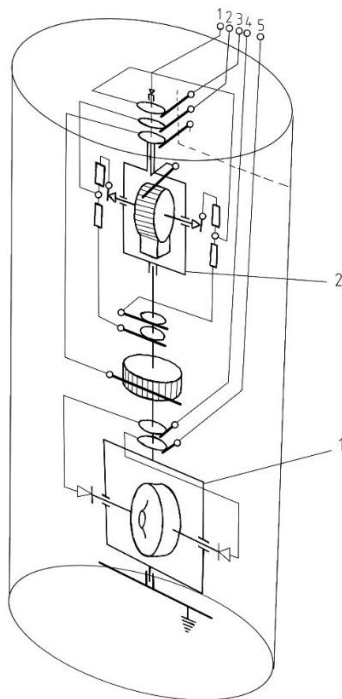


Рисунок 1. Гіроінклінометр з маятниковою структурою: 1 гіроскоп, 2 маятник

Чутливий елемент для вимірювання зенітних кутів (2) такого гіроінклінометра складається з рамки, що встановлена на шарикопідшипниках, та має ексцентрично розташований вантаж. Це дозволяє рамці обертатись навколо осі,

що співпадає з віссю приладу. В середині рамки на осі, що перпендикулярна осі обертання рамки, розташовано круговий реостат з виском. Зміна положення щіток відносно реостата фіксується на пульті керування як значення Zenітного кута свердловини.

Чутливий елемент для вимірювання азимутального кута (1) складається з гіроскопу, на осі зовнішньої рамки якого закріплені щітки та круговий реостат.

В процесі вимірювання гіроскоп зберігає незмінне положення, а реостат переміщуються вздовж його обмотки на величину, пропорційну азимутальному куту свердловини.

Покази інклінометра передаються по трижильному каротажному кабелю, на якому прилад спускається в свердловину, та поступають на пульт керування, де реєструються оператором.

Такі типи інклінометрів в достатній кількості ще використовують на підприємствах геофізичного профілю, але, враховуючи термін експлуатації цих приладів, вимагають більш ретельної перевірки їх основних метрологічних характеристик перед використанням.

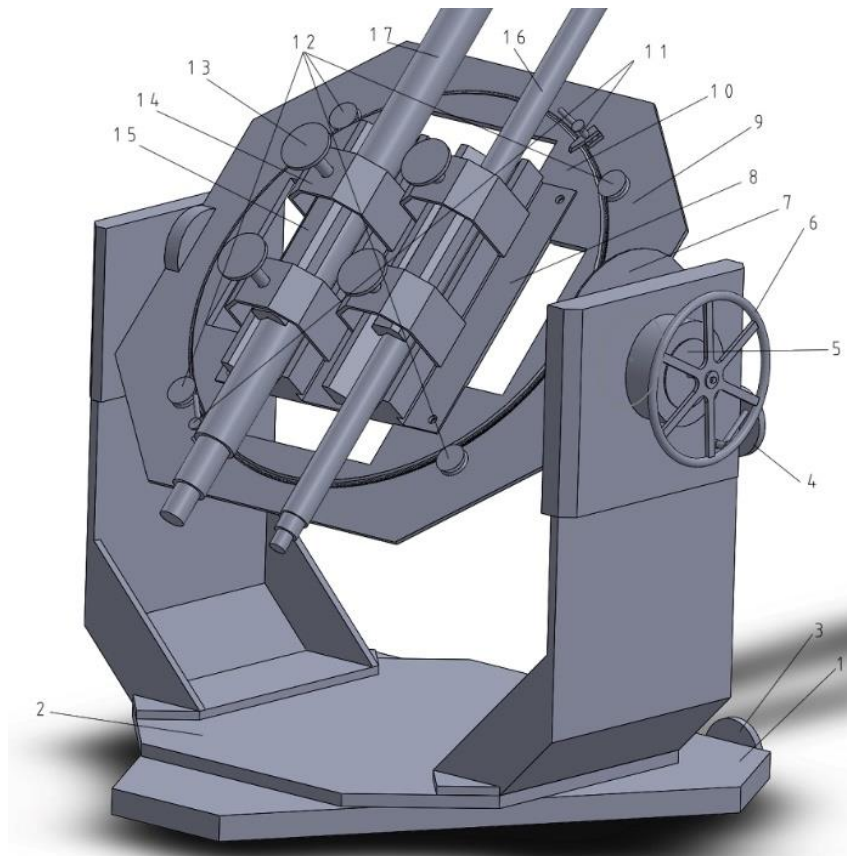


Рисунок 2. Конструктивна компоновка стану для дослідження гіроінклінометрів

Основне завдання по підвищенню економічної ефективності буріння нових похило-направлених свердловин та контролю старих свердловин досягається за рахунок автоматизації процесу отримання вимірювальної інформації та раціональної її обробки.

До складу комплексу входить: мобільний стенд для перевірки гіроінклінометрів та еталонний прилад для задання зенітних та азимутальних кутів.

Стенд складається з основи 1 (рис. 2), на якій закріплені опори. За допомогою цих опор стенд встановлюється в горизонтальне положення. На основі 1 жорстко закріплено редуктор для повороту платформи 2 на заданий азимутальний кут. Поворот платформи в азимуті здійснюється за допомогою рукоятки 4 редуктора азимутального обертання 3 по показаннями відповідного відлікового пристрою.

Задання зенітних кутів платформи 10 відбувається за допомогою вбудованого редуктора маховиком 6 за показами відлікового пристрої для зенітних кутів.

На платформі 10 закріплено елемент фіксації гіроінклінометрів 8 на два посадкових місця 15 з прижимними елементами 13, 14. На тильній стороні платформи 10 закріплено блок еталонної системи вимірювання. Фіксація гіроінклінометрів здійснюється упорними гвинтами 13. Жорстке кріплення платформи 10 під час вимірювань здійснюється фіксаторами 11.

ВИСНОВОК

У роботі представлена конструкція комплексу для перевірки гіроінклінометрів. Практичне використання даного комплексу в умовах місця їх використання повинно відбуватись в автоматичному режимі. Такий режим перевірки інклінометрів обумовлює в подальшому необхідність розробки не тільки спеціального мобільного стендового обладнання, але й розробка нового програмно-алгоритмічного забезпечення оперативного контролю процесу буріння свердловин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] А. Н. Гормаков, И. А. Ульянов, В. Г. Ткачев, «Комплекс для проверки и калибровки скважинных инклинометров», Вестник науки Сибири. № 1(7), с.90-95, 2013.
 - [2] А. Н. Гормаков, В. Г. Ткачев, И. А. Ульянов, «Устройство для проверки скважинных инклинометров методом сравнения с эталоном в полевых условиях», Вестник науки Сибири. № 2(12), с.101-105, 2014.
 - [3] Б. П. Тимофеев, Д. А. Соколов, В. Ю. Дайнеко, Р. А. Бартоша. «Варианты конструктивного исполнения универсального малогабаритного гириинклинометра». Изв. Вузов. Приборостроение. 2010. Т.53 №2, с. 11 – 15.
- [0]

Наук. керівник – к.т.н., доц. Мироненко П.С.

УДК 004.354.7

С.В. Співак, студент гр. ПГ-91, к.т.н., доцент Павловський О.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД ДАТЧИКА ЖЕСТІВ APDS-9960 ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Анотація. Все частіше в системах автоматизації стає поширеним використання різноманітних безконтактних датчиків. Вагому їх частину складають сенсори побудовані на основі ІЧ-випромінювання, які широко використовуються в побутових пристроях, на підприємствах, в системах «Розумний будинок» тощо. Свою популярність вони отримали за рахунок їх низької ціни, простоти використання, тривалого терміну служби та достатньої надійності. Таким чином, в роботі приведено огляд новітнього інфрачервоного датчика жестів APDS-9960 для систем автоматизації. Розглянуто основні характеристики модуля, принцип роботи та підключення його до плати мікропроцесорного ядра.

Ключові слова: Датчик жестів, ІЧ-випромінювання, Arduino.

ВСТУП

В сучасних системах автоматизації все частіше безконтактні чутливі елементи, замінюють їх механічні аналоги. Прикладами таких чутливих елементів є: парктроніки, безконтактні перемикачі, датчики руху, сенсорні дисплеї, тощо. Мається на увазі такі чутливі елементи, що не потребують безпосередньо фізичного або механічного контакту із об'єктом вимірювання. Всі вони набули широкого поширення в нашому житті, через свою універсальність, надійність та економічну вигідність. Із розвитком цифрової елементної бази та доступності сучасних гаджетів з'являється клас чутливих елементів, що дозволяють відслідковувати жести оператора для виконання необхідних дій. Такі пристрої знайшли своє використання починаючи від систем керування смартфоном, до систем безпеки [1].

Таким чином, метою даної роботи є огляд нового датчика жестів APDS-9960, його принципу дії, основних характеристик, використання та підключення до мікроконтролера.

ДАТЧИК ЖЕСТІВ НА БАЗІ APDS-9960

Основним призначенням датчика APDS-9960 є можливість визначати відстані до об'єкта, відносний вміст червоного, зеленого та синього кольорів у світловому потоці (датчик RGB), рівень освітленості світлового потоку і реєструвати прості жести (рух вгору, вниз, вперед, назад, ліворуч та праворуч). Загальний вигляд датчика, позначення та опис його виводів зображено на рис. 1.

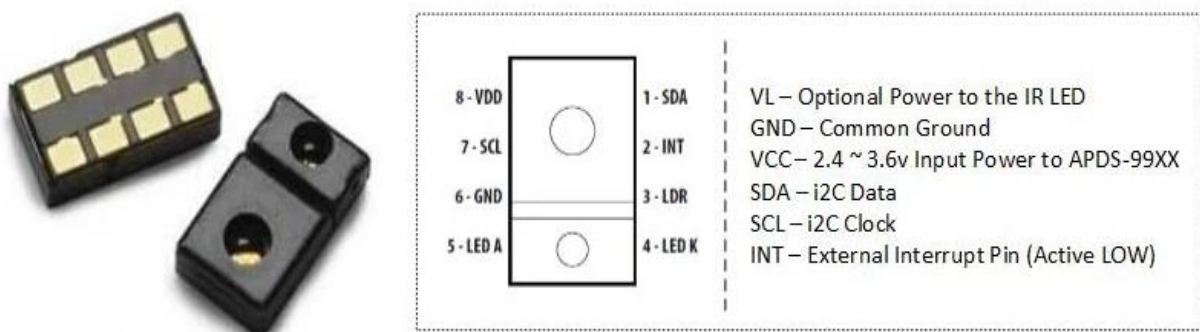


Рисунок 1. Вигляд датчика жестів APDS-9960 та опис виводів

Основні характеристики модуля занесені до табл. 1. Датчик має досить високу чутливість, що дає йому можливість працювати навіть через затемнене скло. Потужність споживання та вхідні шуми зведені до мінімуму за допомогою регульованого ІЧ LED синхронізатора [2,4]. Датчик відкалібрований в лабораторних умовах, на робочу відстань до 100 мм.

Таблиця 1. Основні характеристики датчика APDS-9960

<i>№ n/n</i>	<i>Назва параметру</i>	<i>Характеристика</i>
1	Напруга живлення	Від 2.4 до 3.6 В
2	Споживання струму: типове/в режимі сну	90 мкА / 2.2 мкА
3	Максимальна швидкість обміну даними	400 кГц
4	Робочий діапазон відстаней	Від 10 до 20 см.
5	Робочий діапазон температур	Від -30 до 85 °С
6	Розміри датчика	3.94 x 2.36 x 1.35 мм

Для зручності використання, різні виробники, пропонують вже готові модулі на базі датчика APDS-9960. Плата модуля вже містить виведені від датчика комутаційні контакти та перемички. Обмін даними реалізовано через шину I2C з окремим виводом спеціального переривання [2]. На платі присутні дві перемички PS та I2C PU:

- PS – необхідна для управління живленням ІЧ-світлодіода. Якщо перемичка замкнена, то живлення до ІЧ-світлодіода подається безпосередньо від контакту живлення, якщо перемичка розімкнена, то для його живлення, потрібно на вхід VL подати напругу від 3 до 4.5 В (за замовчуванням, перемичка замкнена);
- I2C PU – це трипозиційна перемичка, необхідна для підключення підтягуючих до живлення резисторів до контактів шини I2C. Якщо перемичка розімкнена, то внутрішні підтягуючі резистори відключені, якщо ні – підключені (за замовчуванням підтягуючі опори підключені) [3]

Метод реєстрації жестів заснований на принципі відбивання ІЧ-випромінювання від рухомого об'єкту. Чутливий елемент з формований із 4 фотодіодів U, D, L, R та одного світлодіода LED так, як зображено на рис. 2. Оптична система лінз фотодіодів влаштована так, що найбільшу кількість відбитого від освітлюваного об'єкту ІЧ-випромінювання отримає фотодіод, який розташований із протилежної сторони від початку руху, а потім вже той, який був розташований зі сторони початку руху. Наприклад, якщо об'єкт рухається зверху вниз, то фотодіод D першим отримає максимальну кількість ІЧ-випромінювання, а потім вже фотодіод U. Фотодіоди L та R, в даному випадку, отримають меншу кількість ІЧ-випромінювання, в порівнянні з D та U. Рухи приближення та віддалення до датчика, визначаються як різниця відстані до об'єкта в поточний та попередній період часу. Відстань до об'єкта

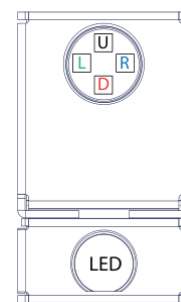


Рисунок 2. Схематичне зображення датчика APDS-9960

легко можна визначити із часу “прольоту” імпульсу ІЧ-випромінювання від світлодіода до фотодіода [4].

Для обробки отриманих даних, їх збереження або передачі на ПК може виступати будь-який сучасний мікроконтролер, який здатний обмінюватися даними через шину I2C. Для прикладу, на рис. 3 показаний принцип підключення модуля датчика до плати Arduino UNO. Вона вже містить інтерфейс I2C та відповідні виводи, що значно спрощує роботу з модулем APDS-9960. Необхідно зауважити, що плату модуля необхідно живити виключно від 3.3 В. Використання шини живлення 5 В або модуля I2C 5В може пошкодити датчик.

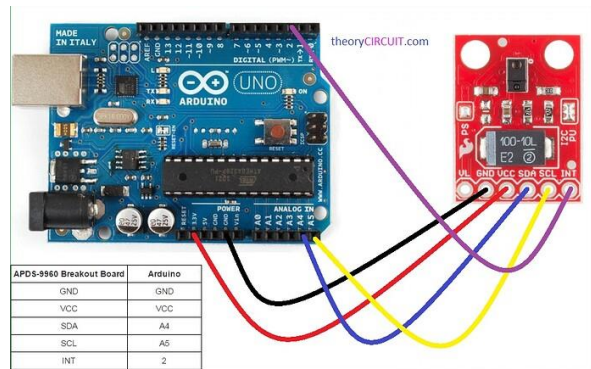


Рисунок 3. Схема підключення модуля APDS-9960 до плати Arduino UNO

Не дивлячись на новизну датчика, вже створено достатню кількість бібліотек для різних моделей плат, які містять вже готові функції та тестові приклади, що дозволяє швидко розпочати роботу із модулем APDS-9960 та його використання в системах автоматизації.

ВИСНОВОК

В роботі проведено огляд модуля на базі датчика жестів APDS-9960 для систем автоматизації. Його можна використовувати як заміну механічним перемикачам, модуль управління сенсорним екраном, або наприклад, як система керування кодовим замком, тобто від систем керування, домашньої автоматизації так і до охоронних систем. Основними функціями APDS-9960 є визначення простих рухів, відстані до об'єкта та її зміни, а також датчик RGB, що дозволяє визначити колір об'єкта. Використання такого модуля замінює цілий ряд аналогічних датчиків, що є економічно вигідним та виправданим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] A comprehensive guide to non-contact sensors and their applications [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://mtiinstruments.com/a-comprehensive-guide-to-non-contact-sensors-and-their-applications/>
- [2] Датчик жестов APDS-9960 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-gestov-apds-9960>
- [3] APDS-9960 RGB and Gesture Sensor Hookup Guide [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/apds-9960-rgb-and-gesture-sensor-hookup-guide#board-overview>
- [4] APDS-9960, Digital Proximity, Ambient Light, RGB and Gesture Sensor [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://docs.broadcom.com/docs/AV02-4191EN>

Науковий керівник: к.т.н., доц. О.М. Павловський

УДК 629.127+629.7.02+533.69

*В.О. Суржок, студент гр. ПГ-11мп,
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

МЕТОДИКА МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНОГО РУХУ ОБ'ЄКТУ В СЕРЕДОВИЩІ ANSYS FLUENT

Анотація. В роботі розроблено середовище для моделювання складного руху об'єкту, яке складається зі створення моделі з розбиттям на скінчену кількість елементів об'єкту та середовища, з подальшим налаштуванням її.

Ключові слова: Модель , сітка , складний рух , симулювання.

ВСТУП

ANSYS Workbench є основним інструментом, на якому базується концепція «Проектування виробів на підставі результатів інженерних розрахунків» [1].

Дана програма дозволяє проводити найскладніші розрахунки з найрізноманітніших областях фізики. Незважаючи на свій величезний функціонал, ANSYS має простий інтерфейс, за допомогою якого користувач може без особливих зусиль провести моделювання, просто налаштовуючи параметри. Увагу буде зосереджено безпосередньо на модулі Fluid Flow (Fluent).

ANSYS Fluent є передовим програмним продуктом для моделювання гідродинамічних процесів і включає перевірені часом інструменти, які забезпечують швидкі і точні результати для широкого спектра завдань, як в галузі гідродинаміки, так і міждисциплінарного аналізу.[2]

СТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТУ ТА СЕРЕДОВИЩА

ANSYS Fluent моделює гідродинаміку в чітко визначеній моделі. ANSYS повністю підтримує майже всі провідні САП моделі тому її можна з легкістю імпортувати у різноманітних форматах без втрати їх якості.

Наступним кроком для моделювання гідродинамічного руху є генерація сітки – розбиття геометрії на скінченні елементи. Для цього в дереві проекту потрібно перейти до «Meshing», після двійного натискання на який відкриється окрема програма з побудови та налаштувань сіток. Дане вікно вміщає в собі 3 основні складові: у верхній частині - панель інструментів для модифікування та налаштування сітки; в лівій частині - дерево проекту складових; все інше - це робоча область, де можна переглянути результат розбиття.

За замовчуванням, сітку (рис.1) можна згенерувати просто натиснувши клавішу «Generate», навіть до задання будь яких параметрів, але для нашої задачі сітка буде надто простою, через це втрачається точність. Тому для виправлення цього створюємо «Method», натисканням правої кнопки по «Mesh» в дереві проекту. Налаштовуємо його параметри, а саме міняємо метод з автоматичного на трикутникові елементи сітки. Наша модель має маленькі елементи заокруглення, і щоб вони не загубились через великі розміри скінчених елементів, їм потрібно задати задовольняючі нас розміри елементів, для цього потрібно аналогічно створенню методу генерування, створити «Sizing» для елементу. Для

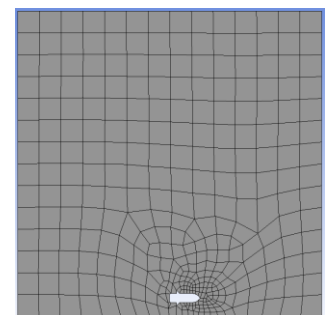


Рисунок 1. Приклад автоматично згенерованої сітки

цього потрібно вказати в полі «Element Size» потрібний розмір елементів, щоб не втратилась геометрія моделі. Повторюємо процедуру для всієї площини, просто для поліпшення якості. Для того щоб щільність елементів на площині змінювалась біля об'єкту потрібним чином, аналогічно «Method» та «Sizing» створюємо «Inflation», де в його параметрах вказуємо площину та об'єкт, а після цього вказуємо параметри розподілу.

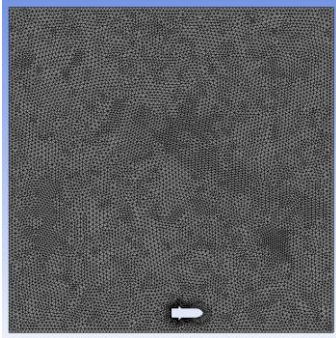


Рисунок 2. Приклад автоматично згенерованої нової сітки

На цьому всі потрібні налаштування сітки закінчені, натискаємо кнопку «Generate», після чого нова сітка (рис.2) згенерується та збережеться в проекті. Варто зазначити, що значні збільшення кількості елементів можуть значно сповільнити моделювання без значних переваг в точності.

По завершенню створення сітки визначаємо на сітці елементи, які ми будемо моделювати, а саме позначаємо границі площини та сам об'єкт. Це можна зробити за допомогою виділення граней в робочій області, натискання правої кнопки миші та обрання «Named Selection».

НАЛАШТУВАННЯ ОБ'ЄКТУ ТА СЕРЕДОВИЩА

ANSYS Fluent використовується не лише для симулювання гідродинаміки у водному середовищі, тому обов'язково потрібно визначити яке це середовище. Для додавання нових матеріалів і встановлення їхніх параметрів, потрібно спочатку визначили їх границі, та дати назву.

Щоб додати матеріал у праву частину вікна, необхідно відкрити меню налаштувань і натиснути вкладку «Матеріали». Далі клацнути правою кнопкою миші на цій вкладці та вибрати «Add» -> «Material». Програма запропонує назвати файл, а після того, як натиснемо «ОК», до проекту буде додано новий матеріал. Якщо у цьому вікні відображаються дві вкладки, одна з них має назву «Матеріали» та містить кілька спадних меню. Ці меню дозволяють вибрати групу та тип матеріалу, а також його фізичні властивості, такі як щільність, питома теплоємність, температура, тиск тощо. Після натискання кнопки «ОК» щойно доданий матеріал буде збережено для подальшого використання у проекті. Щоб обрати потрібний матеріал, виконуємо подвійне натискання миші по «Materials» — > «Fluid 1» та обираємо потрібне середовище.

Після виставлення матеріалу та ініціалізації складових можна перейти до формування руху об'єкту. У системі ANSYS Fluent для руху об'єкту завжди використовують UDF (User-Defined Function). Суть її роботи полягає у визначенні алгоритму зміни сітки, яку ми будували раніше. Перш за все, для визначення потрібно написати на мові C/C++ програму з використанням вбудованих в ANSYS Fluent бібліотек udf.h, це можна зробити в будь якому програмному середовищі. Після написання коду та збереження його у форматі *.c/*.cpp, він потребує компіляції. Компіляція відбувається безпосередньо в ANSYS Fluent. Для цього потрібно в списку налаштувань моделювання розгорнути вкладний список «Параметри та компоненти», натиснути правою

кнопкою миші на UDF обрати пункт «Compiled..». Відкриється нове вікно, яке є інтуїтивно зрозуміле для користувача, для компіляції коду потрібно обрати його місцезнаходження за допомогою кнопки «Add», після натиснути «Build». По закінченню завантаження в консолі з'явиться текст що UDF скомпільована і створена бібліотека, в тому ж вікні її можна відразу завантажити у проект.

Після завантаження бібліотеки, потрібно налаштувати динамічну сітку, шляхом обрання потрібних параметрів та вмикання потрібних функцій. По звершенню налаштувань стане доступним створення елементів, які ми хочемо, щоб вони рухались. Коли всі елементи, які будуть рухатись, вже створені, можна перевірити їх траєкторію руху шляхом перегляду руху сітки при моделюванні. Для у вкладці з динамічною сіткою потрібно обрати цю функцію. У меню налаштування можна обрати кількість ітерацій, час за одну ітерацію, час початку.

На цьому етапі зроблено всі налаштування і можна проводити обчислення. Цей процес дуже повільний і може тривати кілька годин.

ВИСНОВОК

В роботі було створено програмне середовище для моделювання складного руху об'єкту у заданому фізичному середовищі, це виконано шляхом створення сітки завантаженої моделі, визначенням її параметрів та програмуванням руху. В результаті ми отримали можливість проводити моделювання (імітацію) складного руху за різними траєкторіями та з різними характеристиками руху. Результати такого імітаційного моделювання можуть бути використаними для подальшого дослідження поведінки моделей об'єктів в різноманітних фізичних середовищах та при різних параметрах руху. За отриманими результатами можна оцінити динамічні параметри руху, спроможність об'єкта з визначеними масо-габаритними і конструктивними характеристиками виконувати складні маневри у конкретному фізичному середовищі, або ж розробити заходи по оптимізації конструкції об'єкта та характеристик руху для забезпечення виконання об'єктів поставлених завдань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] ANSYS Workbench [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cae-expert.ru/product/ansys-workbench>
- [2] ANSYS Fluent [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ansys.soften.com.ua/products/fluids/ansys-fluent.html>
- [3] ANSYS Fluent UDF Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pmt.usp.br/academic/martoran/notasmodelosgrad/ANSYS%20Fluent%20UDF%20Manual.pdf>

Наук. керівник — д.т.н., проф., зав. кафедри Бурау Н.І.

УДК 629.7.05

Б.Ю. Тищенко, студент гр. ПГ-311мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДВОВІСНИЙ ГІРОСТАБІЛІЗАТОР НЕПРЯМОЇ ДІЇ

Анотація. Здійснений огляд основних типів систем гіроскопічної стабілізації. Проаналізовано вплив основних моментів зовнішніх сил на точність гіростабілізатора: момент тертя, момент дебалансу, моменти тяжіння струмопідводів, момент обкатки, моменти сил інерції, що виникають при русі об'єкта з прискоренням. Розглянуто основи синтезу алгоритмів систем гіроскопічної стабілізації.

Ключові слова: гіроскопічна стабілізація, синтез систем керування.

ВСТУП

Гіростабілізатори (ГС) являють собою гіроскопічні пристрої, що призначені для стабілізації окремих об'єктів або приладів, а також визначення кутових відхилень від заданого положення [1]. Інерціальні системи керування рухомими об'єктами вимагають стабілізації положення чутливих елементів з високою точністю, тому задача побудови автоматизованих систем стабілізації кутових положень є достатньо актуальною. Стабілізація полягає у визначенні параметрів кутового положення платформи з приладами і, відповідно, формування сигналів управління, що забезпечують необхідне положення платформи в обраній системі координат [2]. В даний час для визначення параметрів положення платформи, як датчики, зазвичай, використовуються гіроскопи різних типів.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

Вибір типу системи гіроскопічної стабілізації виконується на основі вимог, які висуваються до точності та швидкодії, а також інформації щодо наявних виконавчих елементів, їх вартості та надійності. За принципом дії гіростабілізатори можна поділити на наступні типи:

- ГС безпосереднього типу, що стабілізуються безпосередньо гіроскопом; такі ГС як правильно одновісні і є звичайним триступеневим гіроскопом з великим кінетичним моментом;
- ГС силового типу, у яких стабілізація здійснюється гіроскопом спільного зі стабілізуючим двигуном. Чутливим елементом силового ГС є двоступеневий гіроскоп;
- ГС індикаторно-силового типу, в яких стабілізація здійснюється переважно стабілізуючим двигуном. Чутливим елементом індикаторно-силового ГС може бути інтегруючий поплавковий гіроскоп, датчик кутової;
- ГС індикаторного типу, у яких стабілізація здійснюється стабілізуючим двигуном, а гіроскоп є лише вимірювачем відхилення від необхідного положення.

Чутливим елементом гіростабілізатора непрямої дії є триступеневий астатичний гіроскоп або, наприклад, динамічно налагоджуваний гіроскоп. Двовісні гіростабілізатори застосовують для стабілізації та управління радіолокаційними антенами, прицілами, аерофотоапаратами, а також як чутливі елементи автопілотів та інерціальних систем. У двовісному ГС два одновісні ГС

з'єднані в єдину систему, принцип дії кожного окремого гіростабілізатора не відрізняється від принципу дії одновісного ГС або гірорами. Платформа двовісного ГС має два ступені вільності відносно об'єкта, на якому вставлена система стабілізації.

Основними збурюючими (шкідливими) моментами, що діють навколо осей стабілізації, є наступні[1]:

а) моменти «тяжіння» дротів-струмопідводів;

б) моменти тертя, що виникають в опорах осей карданового підвісу ГС.

в) моменти сил інерції, що виникають під час руху «обкатки» та при повороті рами карданова підвісу, що породжуються обертанням з прискоренням роторів електродвигунів розвантаження;

г) інерційні моменти платформи та рамок карданова підвісу, що виникають при поворотах корпусу ГС внаслідок геометричної похибки;

д) моменти сил інерції, що виникають при статичній незбалансованості елементів ГС в перехідних режимі польоту.

Момент, що створюється струмопідводом, пропорційний куту повороту рами карданова підвісу та при правильному виборі матеріалу та конструкції провідників є відносно невеликим. Абсолютне значення моменту визначається за емпіричними формулами в залежності від матеріалу дроту, кількості та довжини провідників.

Моменти сил тертя визначаються тертям в струмопідводах та датчиках кута контактного типу (за наявності), тертям безпосередньо в опорах карданова підвісу та моментами сил тертя в двигунах розвантаження, які приводяться до осей карданова підвісу.

Під час кутового руху об'єкта, на якому встановлений гіростабілізатор, відносно осей рами карданова підвісу, виникають моменти сил інерції внаслідок обкатки ротора двигуна розвантаження з редуктором відносно рами гіростабілізатора. Для уникнення впливу даного моменту бажано використовувати безредукторні двигуни розвантаження, які, в такому випадку, мають суттєву перевагу внаслідок відсутності моменту обкатки.

При кутових рухах основи внаслідок особливостей кінематики карданова підвісу зовнішня та внутрішня рами гіростабілізатора обертаються навколо осі стабілізації з різними кутовими швидкостями. В такому випадку, при періодичних кутових коливаннях об'єкта, на якому встановлений ГС, виникатиме момент сили інерції, що може досягати значних величин. Особливо це стосується гіростабілізаторів непрямої дії, в яких компенсація цього моменту сил інерції має повністю забезпечуватись системою розвантаження.

У перехідних режимах польоту об'єкта, на якому встановлюється гіростабілізатор, можуть виникати значні за амплітудою лінійні прискорення, які, в свою чергу, створюють значний момент сили інерції при незбалансованості елементів конструкції гіростабілізатора. Цей момент за величиною порівняний з моментами сил тертя.

Враховуючи складність кінематики та динаміки систем гіроскопічної стабілізації, проблема синтезу алгоритмів таких систем доволі складна та може розглядатись з різних позицій. Багато уваги при створенні таких систем

автоматичного керування приділяється оптимальним системам, тобто таким системам, що мають найкращі характеристики за певним критерієм. Як критерій оптимальності розглядають, як правило, мінімум визначеного функціоналу від величин, що характеризують стан системи. Таким чином можуть бути отримані системи, наприклад, оптимальні з точки зору швидкодії (мінімальний час переходу системи з одного стану до іншого) або оптимальні з точки зору витрат енергії (мінімум потужності, що споживає система керування) та ін.

Проблема оптимального керування полягає в синтезі оптимальної структури системи керування або оптимальному виборі параметрів системи при відомій структурі [3].

Прикладом розв'язку задачі синтезу оптимальної структури системи керування може бути визначення передатної функції системи, яка забезпечує мінімум середнього квадратичного відхилення похибки системи при дії на вході корисного сигналу та шуму, що розглядаються як стохастичні функції. Задача вибору параметрів системи при відомій структурі більш спеціалізована та зводиться до знаходження мінімуму певної функції, наприклад визначення часткових похідних по параметрах та прирівнянням їх до нуля. Проте, спроба побудови оптимальної системи, наприклад за швидкодією, виключно математичними методами може привести до такого результату, що буде неприйнятним за іншими показниками – надійності, маси, габаритів, енергоспоживання в т.д.

ВИСНОВКИ

Використання гіростабілізаторів непрямой дії дозволяє створювати високоточні системи стабілізації кутових положень, що особливо важливо при використанні гіростабілізованих платформ з оптичними та навігаційними приладами. В таких системах гіроскопічної стабілізації можуть використовуватись малогабаритні гіроскопи. Зменшення габаритів системи в цілому також дозволяє мінімізувати вплив деяких шкідливих моментів та, відповідно, підвищити точність гіростабілізатора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Динамический синтез систем гироскопической стабилизации. В.А. Бесекерский, Е.А. Фабрикант. – Ленинград: Судостроение, 1968. – 352 с.
- [2] Індикаторні гіроскопічні платформи. А.Д. Олександров, Е.А. Правоторов, В.Ф. Рафельсон, М.П. Фельдман: / Під ред. А.Д. Олександрова. – Москва : Машиностроение, 1979. – 239 с.
- [3] Теорія систем керування. В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна, В.П. Щокін. – Дніпро: НГУ, 2017. – 497 с.

Наук. керівник – к.т.н., доцент Мураховський С.А.

УДК 681.518.22

А.В. Хворостян, студент гр. ПО-21мн, к.т.н., доц. Заморський О.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЯК КОМПОНЕНТІВ ТАХОМЕТРА АВТОМАТИЗОВАНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ПРИСТРОЇВ

Анотація. В даній статті приведені результати експериментальних досліджень статичних та динамічних характеристик оптоелектронних елементів, фототранзисторів і фотодіодів, як компонентів тахометра – оптичного енкодерного датчика кутової швидкості для автоматизованих лабораторних пристроїв, зокрема компактних обертових платформ. Визначаються вимоги до тахометра обертової платформи, призначеної для дослідження характеристик мікромеханічних гіроскопів. Оцінюється можливість забезпечення таких вимог тахометром з оптоелектронними компонентами. Представлена методика експериментального визначення характеристик фототранзисторів і фотодіодів та результати їх лабораторних випробувань. По результатам дослідження наведені рекомендації щодо застосування оптичних енкодерних датчиків кутової швидкості в автоматизованих лабораторних пристроях.

Ключові слова: автоматизовані пристрої, тахометри, оптоелектроніка, фототранзистори, фотодіоди.

ВСТУП

Сучасний ринок пропонує оптичні тахометри для широкого застосування у двох основних виконаннях. Оптичні обертові енкодерні є закінченим продуктом в єдиному корпусі з вхідним обертовим валом (рис. 1, а). В іншому виконанні оптичний тахометр реалізується з набору елементів без корпусу, зазвичай це диск з прорізами (рис. 1, б) та компактна електронна плата (рис. 1, в), основними компонентами якої є оптоелектронні елементи – інфрачервоний світлодіод і фототранзистор в одному корпусі з прорізом (рис. 1, г).

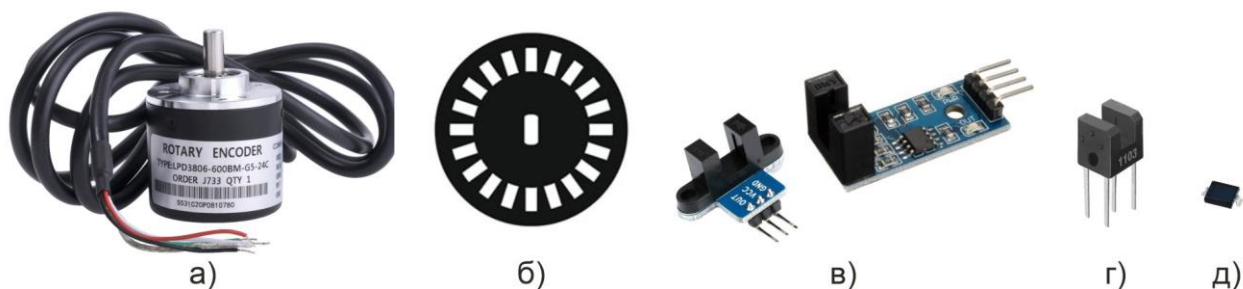


Рисунок 1. Оптичні пристрої, де а) обертовий енкодер, б ÷ д) елементи оптичного тахометра.

Основною вихідною характеристикою оптичних обертових енкодерів є їх роздільна здатність, яка зазвичай складає сотні імпульсів на один оберт валу. Енкодерні мають спеціалізоване застосування, порівняно високу вартість, швидкість обертання їх валу обмежена до значень в кілька тисяч об/хв. Тому предметом дослідження є оптоелектронні елементи як компоненти тахометра порівняно низької вартості для застосування в автоматизованих лабораторних пристроях. Наприклад, на вихідному валу мікродвигуна електричного приводу компактної обертової платформи для дослідження мікромеханічних гіроскопів порівняно невисокої точності і достатньо низької вартості [1]. Такі гіроскопи, наприклад, ITG-3200 і ITG-1010 фірми InvenSense TDK Corporation, вимірюють кутову швидкість в діапазоні ± 2000 і ± 250 $^{\circ}/\text{с}$ з роздільною здатністю 14,375 і 131 LSB/($^{\circ}/\text{с}$) відповідно. Для забезпечення в вказаних діапазонах однакової чутливості тахометра і гіроскопа до кутової швидкості обертової платформи, роздільна здатність i_T тахометра повинна мати значення, яке визначається як:

$$i_T = 360i_{\Gamma}i_{\Pi}; \quad i_T^{\text{ITG-3220}} = 80,758 \approx 81; \quad i_T^{\text{ITG-1010}} = 736,875 \approx 837; \quad (1)$$

де i_{Γ} – роздільна здатність мікромеханічного гіроскопа, фізична величина якої в виразі приведена до об/с, i_{Π} – передатне число редуктора приводу платформи (тут, для прикладу, $i_{\Pi}=1/64=0,015625$). При цьому для діапазону кутових швидкостей $\pm \omega_{\max}$ гіроскопа (відповідно і обертової платформи) максимальні робочі оберти n_{Tmax} і частота f_{Tmax} тахометра визначаються як:

$$n_{\text{Tmax}} = \frac{60}{360} \cdot \frac{1}{i_{\Pi}} \omega_{\max}; \quad n_{\text{Tmax}}^{\text{ITG-3220}} = 21\,333,33 \text{ об/хв}; \quad n_{\text{Tmax}}^{\text{ITG-1010}} = 2\,666,67 \text{ об/хв}; \quad (2)$$

$$f_{\text{Tmax}} = i_{\Gamma} \omega_{\max} = \frac{1}{60} i_{\Gamma} n_{\text{Tmax}}; \quad f_{\text{Tmax}}^{\text{ITG-3220}} = 28,75 \text{ кГц}; \quad f_{\text{Tmax}}^{\text{ITG-1010}} = 32,75 \text{ кГц}. \quad (3)$$

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Досліджувались три оптоелектронних елементи. Оптичний переривник ITR9608-F (Everlight Electronics, Тайвань) і трансмісійний фотомікросенсор EE-SX1103 (Omron Electronic Components, США) в корпусі з прорізом містять інфрачервоний світлодіод з піковою довжиною хвилі 940 нм і фототранзистор. Елемент ITR9608-F досліджувався в складі покупного електронного пристрою (рис. 1, в) – датчика перешкод ADC219 (Китай) з аналоговим і цифровим, на основі компаратора LM393 (Texas Instruments, США), виходами. В статичному режимі на вхід світлодіода подавався сигнал різної частоти з генератора тактових імпульсів на основі таймера LM555 (Texas Instruments, США). В динамічному режимі застосовувався енкодерний диск з числом прорізів 20 (рис. 1, б), встановлений на валу мікродвигуна JYCRS390H (Autotoolhome, Китай) з швидкістю обертання валу до 18 000 об/хв (рис. 2, а). Другий елемент, EE-SX1103 (рис. 1, г) по схемі з аналоговим виходом (рис. 2, б) досліджувався в динамічному режимі з енкодерним диском барабанного типу з числом прорізів 50, встановленим на валу мікродвигуна RS-360SH-18180 (Mabuchi Motors, Японія) з номінальною швидкістю обертання валу 9 000 об/хв (рис. 2, б).

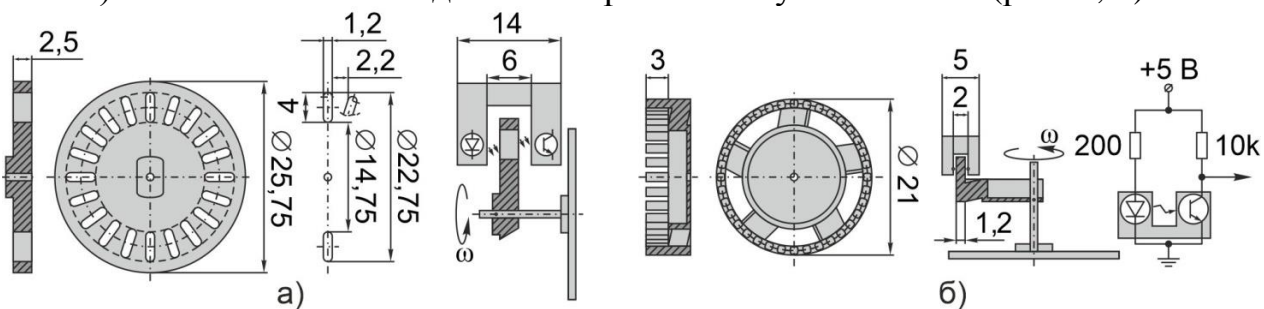


Рисунок 2. Елементи оптичного тахометра (масштаб збережено), де схеми взаємодії оптоелектронних елементів а) з енкодерним диском, б) з енкодерним барабаном.

Третій елемент (рис. 1, д), кремнієвий фотодіод для поверхневого монтажу QSB34GR (OM Semiconductor, США), для дослідження вмонтовано в корпус від переривника ITR9608-F. Сигнал з фотодіода QSB34GR підсилено операційним підсилювачем ОРА348 (Texas Instruments, США). В динамічному режимі фотодіод QSB34GR випробовувався по схемі, як і перший елемент ITR9608-F (рис. 2, а). Вхідні сигнали в статичному режимі і вихідні аналогові і цифрові в обох режимах, статичному і динамічному, вимірювались з оптичних електронних елементів

цифровим чотирьохканальним осцилографом TDS2024B (Tektronix, США). Дані на персональний комп'ютер для графічної візуалізації та подальшого зберігання отримувались по каналу USB в реальному масштабі часу під керівництвом програмного застосунку Tektronix Open Choice PC Communication.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Типові характеристики оптичного переривника ITR9608-F в складі датчика ADC219 в статичному режимі роботи представлені на рис. 3. Вже при частоті 1 кГц випромінювання світлодіода сигнал з цифрового виходу датчика ADC219 з оптичним елементом ITR9608-F має неприпустимі похибки (рис. 3, в), викликані, вірогідно, схемним рішенням датчика ADC219. Значно затягнутий час підйому вихідного сигналу викликаний, вірогідно, наявністю конденсатора в схемі підключення фототранзистора. Також, після переналаштування напруги включення компаратора LM393 з 2,64 В на 0,97 В, характеристики значно підвищились, похибки в динамічному режимі роботи відсутні в діапазоні частот до 3 кГц. Отже, оптичні датчики на основі фототранзисторів, що пропонуються ринком для широкого застосування, придатні для неманеврених або низько маневрених рухомих пристроїв і мало придатні для високо обертових пристроїв, принаймні без корекції електричних схем оптичних датчиків.

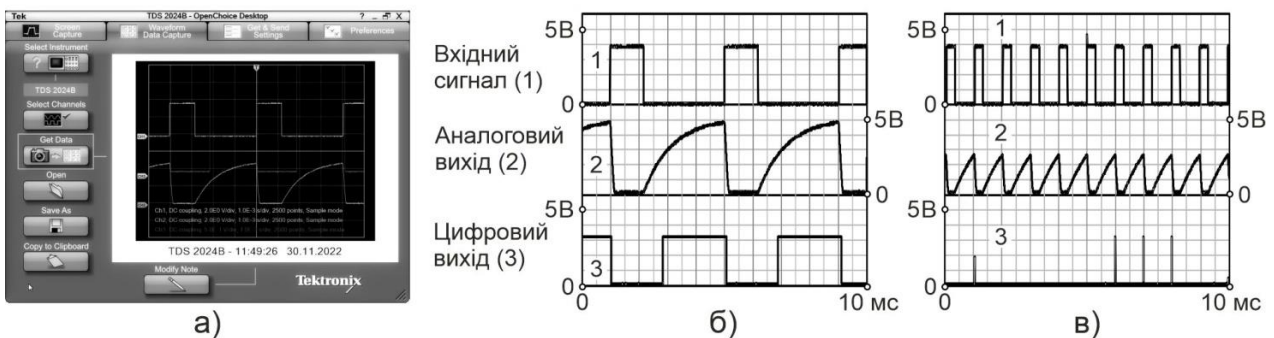


Рисунок 3. Типові характеристики датчика ADC219 з оптичним елементом ITR9608-F в статичному режимі, де а) візуалізація в середовищі Open Choice, б), в) графічна обробка.

Другий оптичний елемент E-SX1103 досліджувався по простій схемі включення з аналоговим виходом (рис. 2, б). При вказаних вище умовах експериментально отримані такі характеристики фототранзисторів елементів ITR9608-F (рис. 3) і E-SX1103 (рис. 4) відповідно: час наростання сигналу – 25 мкс і 4,12 мкс, час спадання – 5,5 мкс і 4,28 мкс, амплітуда до частоти 250 Гц – 4,8 В і 4,96 В, на частоті 1 кГц – 3,14 В (65%) і 4,72 В (95%). Звідки очевидні порівняно високі характеристики фототранзистора E-SX1103. Враховуючи, що глибина модуляції на частоті 6 кГц склала 35,6%, а на частоті 7,5 кГц – 32,2%, даний фотомікросенсор EE-SX1103 при належно вибраних оптичній і

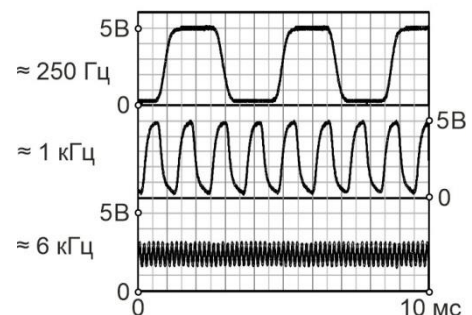


Рисунок 4. Аналоговий сигнал з оптичного елементу EE-SX1103 при динамічному режимі роботи

електричній схемі може бути застосованим до вказаного діапазону частот як компонент оптичного тахометра автоматичних пристроїв.

Відомо, що фототранзистори мають низьку швидкодію порівняно з фотодіодами [2]. Застосування фототранзисторів в оптичних тахометрах високо обертових пристроїв

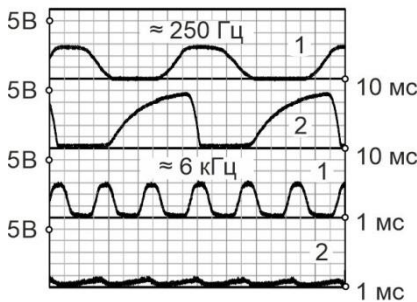


Рисунок 5. Характеристики фотодіода QSB34GR (1) і елемента ITR9608-F (2) в динамічному режимі роботи

на частотах вище 6,0÷7,5 кГц згідно результатам проведених випробовувань здається проблематичним. При випробовуванні фотодіода QSB34GR в динамічному режимі роботи отримані наступні результати: на частоті 6 кГц час наростання сигналу 2,96 мкс, час спадання сигналу 3,32 мкс, амплітуда 4,72 В, глибина модуляції 96,67%. На рис. 5 для порівняння показані графічні характеристики фотодіода QSB34GR і елемента ITR9608-F з фототранзистором на частотах 250 Гц і 6 кГц. Амплітуда і глибина модуляції аналогового сигналу фотодіода, на відміну від фототранзистора, в вказаному діапазоні частот

практично не змінюються. Такі характеристики, отримані при динамічних випробовуваннях фотодіода, вказують на можливість реалізації оптичного тахометра для високо обертових пристроїв з високими частотними характеристиками.

ВИСНОВКИ

Оптоелектронні елементи, фототранзистори і фотодіоди можуть ефективно застосовуватись в автоматизованих лабораторних пристроях як компоненти оптичного тахометра. Сформовані у вступі вимоги до компонентів тахометра достатньо жорсткі. Ці вимоги є граничними і можуть бути знижені, з урахуванням динамічних властивостей обертових пристроїв. Дослідження показали перевагу фотодіодів над фототранзисторами при їх застосуванні в оптичних тахометрах для високо обертових пристроїв, як, наприклад, компактна обертова платформа для дослідження мікромеханічних гіроскопів. На ринку широкого застосування оптичних елементів тахометри з фотодіодами практично відсутні. Тому відносна складність реалізації і налаштування оптичної і електричної схем (необхідність монтажу світлодіода і фотодіода в одному корпусі та необхідність підсилення вихідного сигналу фотодіода, чого не потребують тахометри з фототранзисторами), є стимулюючими факторами до подальших досліджень можливостей оптичних тахометрів з фотодіодами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Заморський О. В. Компактна обертова платформа як універсальний лабораторний стенд / А. В. Заморський // *Вісник НТУУ «КПІ», серія Приладобудування*. – 2020. – вип. 60 (2). – с.5-13.
- [2]Scherz Paul, Monk Simon. *Practical Electronics for Inventors*. – 4th edition. *New York: McGraw Hill Education*, 2016. – 1168 p.
- [3]Horowitz Paul, Hill Winfield. *The Art of Electronics*. – 3^d edition, 7th printing. *New York: Cambridge University Press*, 2016. – 1192 p.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Заморський О.В.

УДК 621.391.822

В.В. Шелемаха, студент гр. ПГ-11мп, к.т.н., доц. Цибульник С.О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ З КОЛИВАЛЬНИМИ СКЛАДОВИМИ

Анотація. Швидке первинне оцінювання спектральних характеристик сигналу є одним з перших етапів по обробці сигналу, оскільки для оцінки сигналу потрібно проводити спектральний аналіз. Враховуючи велике різноманіття способів та джерел по оцінюванні сигналу виникає потреба у автоматизованій системі для аналізу справжнього сигналу та тестова побудова сигналу для навчання операторів. Тому в даній роботі проводиться огляд веб додатку, який автоматизує процеси обробки сигналу та допомагає формувати у операторів навички аналізу даних під час навчання.

Ключові слова: сигнал, обробка сигналів, вимірювання.

ВСТУП

Сигнал [1] – це інформаційна функція, яка несе повідомлення про фізичні властивості, стан або поведінку будь-якої фізичної системи, об'єкта чи середовища. Метою обробки сигналів можна вважати визначення певної інформації, яка міститься в сигналі і її перетворення в форму, зручну для сприйняття і подальшого використання. Сигнал можна класифікувати за різними показниками [2]: за розмірністю, за безперервністю, за видом математичної моделі.

МЕТА РОБОТИ

Враховуючи сучасні потреби, метою роботи є проектування веб додатку, який буде дозволяти користувачу завантажувати різні типи файлів з даними по вхідному сигналу та самостійного моделювання вхідного сигналу. Сторінки містять різні графічні матеріали, а саме таблиці, графіки, рисунки, схеми та діаграми.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ

За допомогою мов програмування Python та JavaScript був розроблений веб додаток, який містить початкову сторінку(рис. 1), сторінка для завантаження файлу з сирими даними сигналу з подальшою спектральною обробкою(рис. 2) та штучне моделювання сигналу за допомогою форми (рис. 3)



Рисунок 1. Головна сторінка сайту

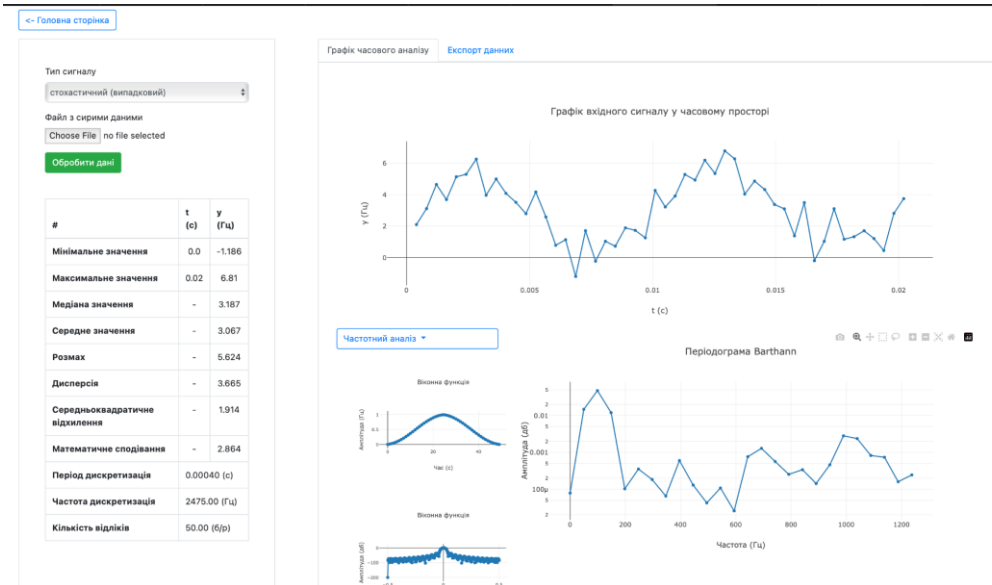


Рисунок 2. Сторінка для завантаження файлу з сирими даними сигналу з подальшою спектральною обробкою

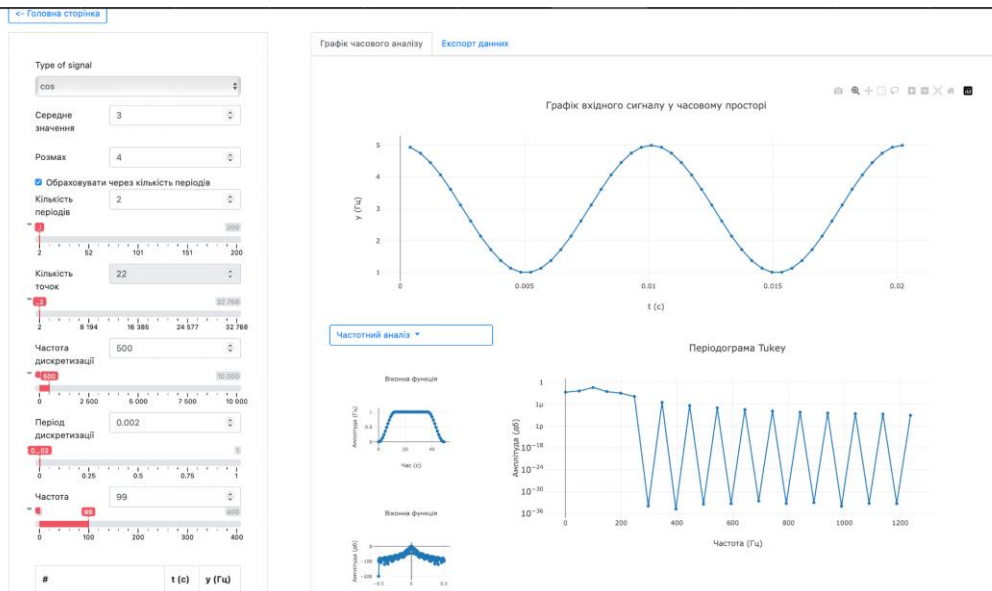


Рисунок 3. Сторінка для штучного генерування сигналу з подальшою спектральною обробкою

На сторінці по штучному генеруванню сигналів можна побачити різні поля по генерації сигналу, а саме є можливість обрати тип сигналу: синус або косинус, середнє значення, розмах, кількість періодів або кількість точок у сигналі, частота дискретизації, період дискретизації та частота. Також у формі поля частота дискретизації, період дискретизації та частота взаємопов'язані і змінюють вхідні дані в залежності від введених у інших полях, що пришвидшує швидкість обробки та генерації сигналу.

Також для аналізу даних у частотному вимірюванні користувач має можливість обирати різний тип графіків для оцінки частотних властивостей сигналу (рис. 4). Під час обрання будь якого типу періодограми, крім основного графіку користувачу буде показаний часовий та частотний графік самих періодограм, що дає більш детальну оцінку вхідного сигналу.



Рисунок 4. Різновид частотних аналізів у веб додатку.

Крім графічного інтерфейсу, користувач також отримує таблицю даних з обрахуваннями величин(рис. 5) які у подальшому може завантажити у довільному форматі (рис. 6). Дані, які користувач отримує у формі: мінімальне значення, максимальне значення, медіана, середнє значення, розмах, період дискретизації, частота дискретизації, кількість відліків, дисперсія, середнє квадратичне відхилення, математичне сподівання, дисперсія.

#	Час (с)	Амплітуда (Гц)
Мінімальне значення	0.0	1.004
Максимальне значення	0.02	4.996
Медіана значення	-	3.0
Середнє значення	-	3.0
Розмах	-	3.992
Період дискретизація	0.00040 (с)	
Частота дискретизація	2475.00 (Гц)	
Кількість відліків	50.00 (б/р)	

Рисунок 5. Таблиця з обрахуванням величин.

Тип файлу*

.txt

Експорт даних

Рисунок 6. Форма експорту даних

З рисунків видно, що даний веб додаток, дозволяє завантажувати та генерувати сигнал із подальший візуальним аналізом у вигляді таблиць та різних графіків з подальшим експортом даних.

ВИСНОВКИ

У даній статті розглянуто розроблений веб додаток, який дозволяє проводити швидкий спектральний аналіз різними способами для подальшого візуального оцінювання вхідного сигналу.

У подальшому планується додати шумові складові з коефіцієнтом відношенням сигналу до шуму для більш детального поглиблення навичок операторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы (3-е изд., перераб. и доп). М.: Высшая школа, 2000, 462 с.
- [2] Классификация сигналов. URL: https://studme.org/285792/tehnika/klassifikatsiya_signalov (дата звернення: 25.04.2021).

Наук. керівник – к.т.н., доц. Цибульник С.О.

УДК 681.35

*В.А. Яковенко, студент гр. ПГ-11мп, М.Р. Черномаз, студент гр. ПГ-11зм,
к.т.н., ст. викл. Сапегін О.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЛАТФОРМНОЇ МІКРОМЕХАНІЧНОЇ КУРСОВЕРТИКАЛІ

Анотація. У роботі розглянуто два підходи при синтезі алгоритмічного та апаратного забезпечення для безплатформної курсовертикалі, що побудована на мікромеханічних чутливих елементах. Проведено аналіз сучасних засобів для формування мультисенсорних комплексованих систем. Принципи і підходи, розглянуті у роботі можуть цілком використовуватися і при роботі з високоточними чутливими елементами.

Ключові слова: фільтр Маджвіка, комплементарний фільтр, BICO, AHRS.

ВСТУП

Широке впровадження мікроелектромеханік чутливих елементів (ЧЕ) у системи орієнтації, стабілізації і керування вплинуло на їх розповсюдженість. І справді, високоточні оптичні та хвильові твердотільні гіроскопи, як правило, не доступні на широкому ринку. Коли стоїть задача у використанні таких систем, часто доводиться будувати їх на розповсюдженій мікромеханіці. Як правило, необхідно формувати безплатформні інерціальні навігаційні системи (BICO), у західній термінології attitude heading reference system (AHRS), які часто називають курсовертикалями. BICO ґрунтуються на чисельному інтегруванні кінематичного рівняння, яке формується за сигналами датчиків кутової швидкості (ДКШ). У результаті інтегрування отримується інформація про орієнтацію зв'язаної AHRS, а отже і об'єктом системи координат відносно деякої базової.

Теорія BICO гарно розроблена ще з кінця 50-х років ХХ століття. Однак, тогочасні обчислювачі накладали обмеження на точності методів інтегрування. Зараз ця проблема відпала. Натомість маємо іншу – мікромеханічні ДКШ надзвичайно грубі. Випадковий дрейф нуля переважної їх більшості складає десятки градусів за годину (для порівняння у лазерних гіроскопів цей параметр складає до 0,01). Для подолання цієї проблеми можливий тільки один підхід, а саме комплексування мікромеханічних гіроскопів з іншими вимірювачами, або навіть з супутниковими системами. Останнє дає потенційно більшу точність хоч і не позбавлено суттєвих недоліків (при втраті супутникового сигналу система втрачає точність). Окрім того, для цього необхідно формувати досить складний фільтр Калмана. Доцільно комплексувати мікромеханічні гіроскопи з акселерометрами і магнітометрами. Це природньо, адже, як правило, вони знаходяться на одному кристалі, або входять до складу інерціального вимірювального модуля (ІВМ). Досить просто це можна виконати сформувавши вимірювання з різних приладів комплементарним фільтром, або фільтром Маджвіка-Магоні.

У роботі показано алгоритми двох таких систем. Відмітимо, що запропоновані підходи цілком підходять і для високоточних систем з прецизійними ДКШ.

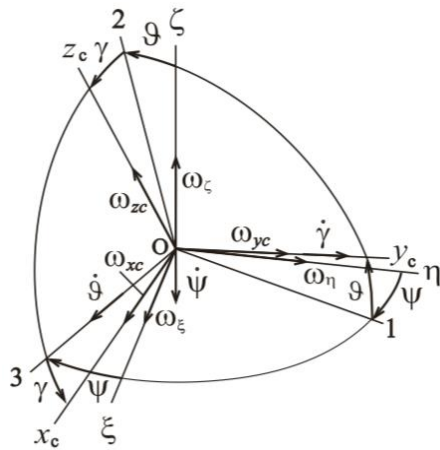


Рисунок 1. Кінематика поворотів

КОМПЛЕМЕНТАРНИЙ ФІЛЬТР

Розглянемо у якості базової географічну систему координат xhz як показано на рис.1. Тоді з ІВМ (а отже і об'єктом) пов'язана система координат $x_c y_c z_c$, що нахилена на кути γ, ψ і η .

Поточну орієнтацію $x_c y_c z_c$ можна визначити інтегруванням матричного рівняння Пуассона виду:

$$\frac{d\mathbf{C}^{SP}}{dt} = \mathbf{C}^{SP} \cdot (\omega \times) \quad (1)$$

де \mathbf{C}^{SP} – матриця напрямних косинусів переходу від базової системи координат xhz до зв'язаної з об'єктом $x_c y_c z_c$, $(\omega \times)$ – кососиметрична матриця з проекції кутової швидкості, виміряної ДКШ. Вона має вигляд:

$$(\omega \times) = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_z & \omega_y \\ \omega_z & 0 & -\omega_x \\ -\omega_y & \omega_x & 0 \end{bmatrix}.$$

Рівняння (1) має диференціальну форму і необхідно організувати процедуру його чисельного інтегрування. Для цього можна використати примітивні методи прямокутників, але для перспективного підвищення точності доречно використати метод вищого порядку. У роботі [1] наведено високоточний метод інтегрування кінематичного рівняння Пуассона виду

$$P_{(1)}(4h) = E + h[4(\omega_0 \times) + 4^2(\mathbf{A} \times) + 4^3(\mathbf{B} \times) + 4^4(\mathbf{C} \times) + 4^5(\mathbf{D} \times)],$$

де позначено

$$\mathbf{A} = \frac{1}{24}(-25\omega_0 + 48\omega_1 - 36\omega_2 + 16\omega_3 - 3\omega_4); \mathbf{C} = \frac{1}{48}(-5\omega_0 + 18\omega_1 - 24\omega_2 + 14\omega_3 - 3\omega_4);$$

$$\mathbf{B} = \frac{1}{72}(35\omega_0 - 104\omega_1 + 114\omega_2 - 56\omega_3 + 35\omega_4); \mathbf{D} = \frac{1}{120}(\omega_0 - 4\omega_1 + 6\omega_2 - 4\omega_3 + \omega_4).$$

Як сказано вище, необхідно сформулювати алгоритм корекції результату інтегрування рівняння (1) необхідно сформулювати комплементарний фільтр.

Для роботи фільтру необхідно додавати до алгоритму матрицю напрямних косинусів (МНК), отриману акселерометрами. Після чого МНК акселерометрів проходить через фільтр низьких частот, а МНК гіроскопів з рівняння (1) – через фільтр високих частот. Результати фільтрування сумують та отримують вихідну МНК з якої визначають скореговані кути орієнтації:

$$\mathbf{C}_{out}^{SP} = (1-k) \cdot \mathbf{C}_{\omega}^{SP} + k \cdot \mathbf{C}_a^{SP}, \quad (2)$$

де k – це коефіцієнт фільтрів, \mathbf{C}_{ω}^{SP} – МНК з показань гіроскопів, отримана з (1), \mathbf{C}_a^{SP} – МНК за акселерометрами, \mathbf{C}_{out}^{SP} – вихідна МНК.

Від величини коефіцієнта фільтрів залежить чутливість фільтру [2].

ФІЛЬТР МАДЖВІКА

Фільтр Маджвіка формується за схожим принципом. Тут також поєднуються сигнали ДКШ і акселерометрів. У роботі [3] показав формування такого фільтру. Він ґрунтується на формуванні на формуванні гамільтоніану, що містить у собі сигнали акселерометрів з подальшим додаванням до сигналів з ДКШ перед інтегруванням. У якості кінематичного рівняння використовуються кватерніони виду

$$\square \frac{d\mathbf{Q}^{SP}}{dt} = \frac{1}{2} \mathbf{Q}^{SP} \circ \mathbf{\Omega}_P^{PS}, \quad (3)$$

де \mathbf{Q}^{SP} – кватерніон повороту від базової системи S до зв'язаної системи координат P ; $\mathbf{\Omega}_P^{PS}$ – вектор-кватерніон, скалярна частина якого дорівнює нулю, а векторна складається з проєкцій ω_P^{PS} на осі системи P вектору ω^{PS} .

При цьому, у роботі [3] Маджвік формує процедури інтегрування окремо для кожного складового кватерніону і використовує метод прямокутників першого порядку. Пропонується використати високоточний метод інтегрування кватерніонного рівняння третього порядку з роботи [4] виду

$$N_{n+1} = 1 - \frac{h^2}{8} \left[(\omega_0 \cdot \omega_1) + \frac{1}{4} |\mathbf{E}|^2 \right] + \frac{h}{4} (\omega_0 + \omega_1) + \frac{h^2}{24} (\omega_0 \times \omega_1) - \left. \frac{h^3}{16} \left\{ \frac{1}{3} |\omega_0|^2 \omega_0 + \frac{1}{6} \left[|\omega_0|^2 \mathbf{E} + 2(\omega_0 \cdot \mathbf{E}) \omega_0 \right] + \frac{1}{5} \left[\frac{2}{3} (\omega_0 \cdot \mathbf{E}) \mathbf{E} + \frac{7}{12} |\mathbf{E}|^2 \omega_0 \right] \right\} \right]$$

Коефіцієнт фільтра Маджвіка, аналогічно комплементарному, підбирається апріорно у залежності від динаміки руху об'єкта.

ВИСНОВОК

Використання комплементарного та фільтру Маджвіка мають суттєвий практичний сенс через свою достатню простоту синтезу. Вони дозволяють легко застосовувати їх у системах будь-якої точності і придатності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Y. Lazarev, V. Avrutov, P. Mironenko, S. Davydenko, and O. Sapegin, "Precision quaternion based one step strapdown attitude algorithm," *Bulletin of Kyiv Polytechnic Institute. Series Instrument Making*, vol. 60, no. 2, pp. 5–15, Dec. 2020, doi: 10.20535/1970.60(2).2020.221274.
- [2] O. Sapegin and G. Strokach, "Microelectromechanical Inclinometer," *Bulletin of Kyiv Polytechnic Institute. Series Instrument Making*, vol. 59, no. 1, pp. 24–29, Jul. 2020, doi: 10.20535/1970.59(1).2020.210007.
- [3] S. Madgwick, S. Wilson, R. Turk, et al, "An efficient orientation filter for inertial and inertial / magnetic sensor arrays," *IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS*, (2020), 2054-2064, 25(4)
- [4] Ю. Ф. Лазарев, О. О. Сандій, "Синтез і дослідження точності алгоритмів БІСО на основі рівняння Пуассона," *Вісник НТУУ "КПІ". Серія Приладобудування*, Вип. 1, № 51, С. 22–29, 2016, doi: 10.20535/1970.51(1).2016.77311. [0]

Секція 2.

**Економіка виробництва і
використання оптичних та оптико-
електронних приладів і систем**

УДК 681.7.013.8

В.С. Проскурін, студент гр. ПО-11мн, к.т.н. Мамута М.С.,

д.т.н., проф. Колобродов В.Г.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОБЛИЧ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Анотація. Метою даної статті є розгляд вейвлет-перетворення для обробки інформації в оптико-електронних системах. Огляд та аналіз його недоліків з метою покращення поточних систем. В даній статті були розглянуті сучасні методи графічної фільтрації зображення з метою покращення якості зображення та створення більш видимих градієнтних контурів об'єктів для поліпшення можливостей машинного зору.

Ключові слова: вейвлет-перетворення, графічний фільтр, машинний зір, комп'ютерний зір

ВСТУП

Невід'ємною частиною сучасного життя стають системи технічного зору, що ефективно обробляють інформацію, отриману за допомогою оптико-електронних систем та датчиків, що приймають рішення. Для цього використовуються різні види фільтрації та нейронні мережі. Перші прототипи моделей нейронних мереж були створені не більше ніж 50 років тому, такою спробою були нейронні мережі У. Маккалока та У. Пітса [1]. Пізніше Ф. Розенблатом був винайдений одношаровий перцептрон, потужний алгоритм класифікації [2]. Проте нажалі цей підхід був недовершеним та не міг впоратись з рядом задач. М. Мінській в своїй статті [3] розгромив ці мережі, що на деякий час призупинило вивчення нейронних систем.

Штучні нейронні мережі, подібні до біологічних, є обчислювальними системами з величезним числом паралельно функціонуючих простих процесорів з великою кількістю зв'язків. Незважаючи на те, що при побудові таких мереж зазвичай робиться ряд припущень і значних спрощень, що відрізняють їх від біологічних аналогів, штучні нейронні мережі демонструють дивовижну схожість з властивостями людського мозку [4].

Мета комп'ютерного зору полягає у формуванні корисних висновків щодо об'єктів та сцен реального світу на основі аналізу зображень, отриманих за допомогою датчиків. Для формування висновків щодо об'єктів реального світу завжди необхідно побудувати певний опис чи модель цих об'єктів на основі зображення.

Головною проблемою праці з комп'ютерним зором є надходження до нейронної мережі неякісних зображень або розмитих зображень. Такі вхідні дані дають велику похибку, і роблять неможливим наступну працю з виявленням країв об'єктів. Однак зі збільшення кількості інформації, завжди виникають труднощі. Частково вирішити цю проблему можна за допомогою додаткових фільтрів, які ми можемо застосувати на зображення, перш ніж воно надійде до нашої нейронної мережі. Тож розглянемо та перевіримо їх ефективність.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою даної роботи є огляд нинішніх методів графічної фільтрації для збільшення якості вхідних даних, порівняння та аналіз різних підходів, з метою

трансформування зображення у найбільш інформативний для нейронної мережі вид.

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ

Перш ніж перейти до проблематики неякісних вхідних даних, розглянемо як працюють нейронні мережі. Комп'ютерний зір хоч і намагається симулювати роботу людського, проте на відмінну від нас, він не може оперувати великою кількістю інформації. Як ми бачимо на рис. 1, перш ніж машинне бачення починає робити свої поставлені задачі, воно отримує вхідні дані.

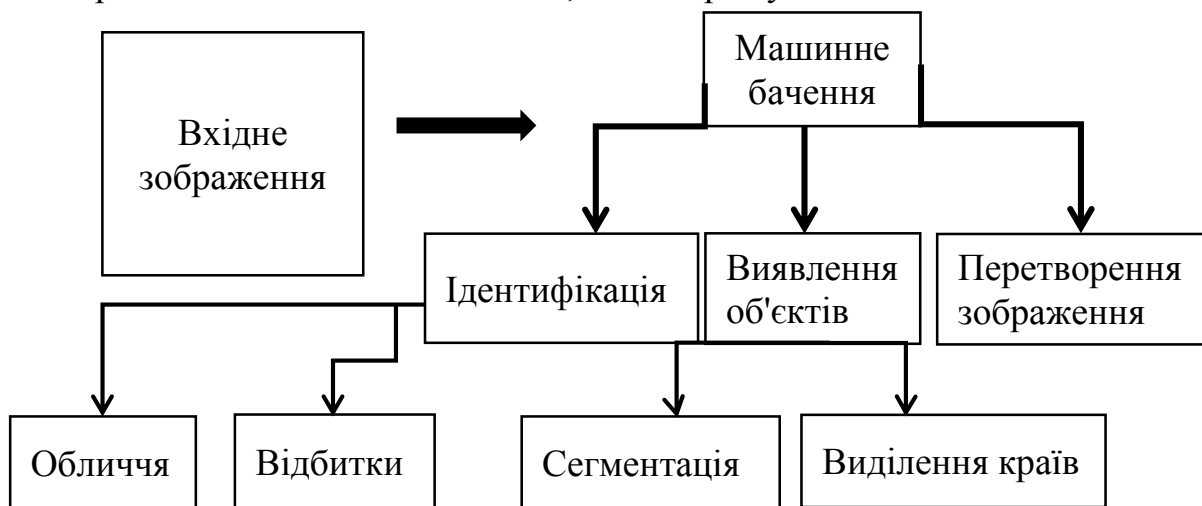


Рисунок 1. Схема роботи машинного зору

Якщо розглянути сучасні нейронні мережі, то можна виявити одну головну проблему. При надходженні неякісного зображення в якості вхідних даних, комп'ютерний чи машинний зір дає велику похибку. Ми завжди можемо зменшити кількість інформації, проте з її збільшенням виникає ускладнення.

Підвищити якість вхідних даних допомагає фільтрація.

Розберемо як же працюють фільтри. Найчастіше це функції, які проходять по RGB масивам зображення використовуючи на них тривимірну матрицю ваги пікселів, іноді помноженої на коефіцієнт нормування для збереження інтенсивності

Мета графічних фільтрів – зробити більш явними контури об'єктів, підвищити чіткість зображення та прибрати шум.

ЗАПРОПОНОВАНИЙ ПІДХІД ДО ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ

Розглянемо застосування вейвлет-перетворення для зменшення шумів у зображенні.

Вейвлет-фільтр

Основна ідея подавлення шумів за допомогою вейвлет-перетворення полягає в тому, що вейвлет дозволяє розкласти зображення на кілька різних шарів, що містять різний рівень деталізації, та застосувати обробку до потрібних шарів. Зазвичай коефіцієнти вейвлета, що мають невеликі значення, є шумом, і їх можна "зменшити" або видалити, зберігаючи при цьому якість зображення.

Реалізуємо цей функціонал на мові програмування Python з використанням бібліотеки OpenCV. Розглянемо як працює наш метод із зашумленим зображенням (рис. 2).

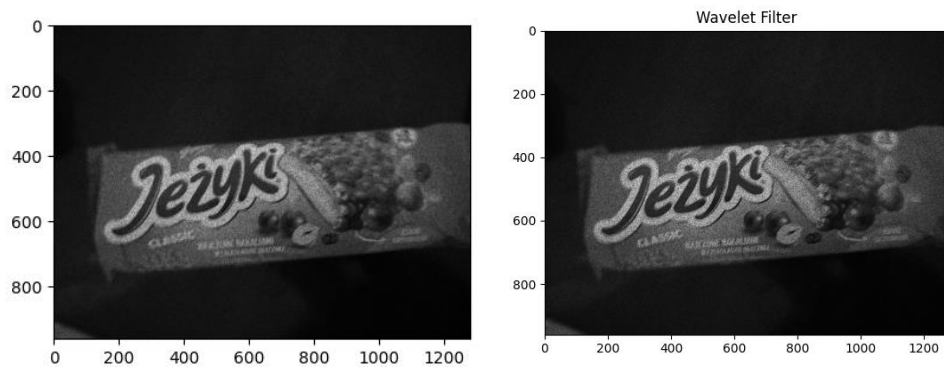


Рисунок 2. Зображення після вейвлет-фільтру

Як видно з рис. 2, застосування вейвлет-фільтру дозволило зменшити шуми та дещо підвищити чіткість зображення.

Але шуми все ще присутні в зображенні. Застосуємо деконволюцію Вінера, яка широко використовується для видалення шумів із сигналів, щоб виправити це. Реалізуємо функціонал на мові програмування Python з використанням бібліотеки OpenCV. Перевіримо їх ефективність для вирішення проблеми гаусівських шумів, та порівняємо з медіанним фільтром (рис. 3).

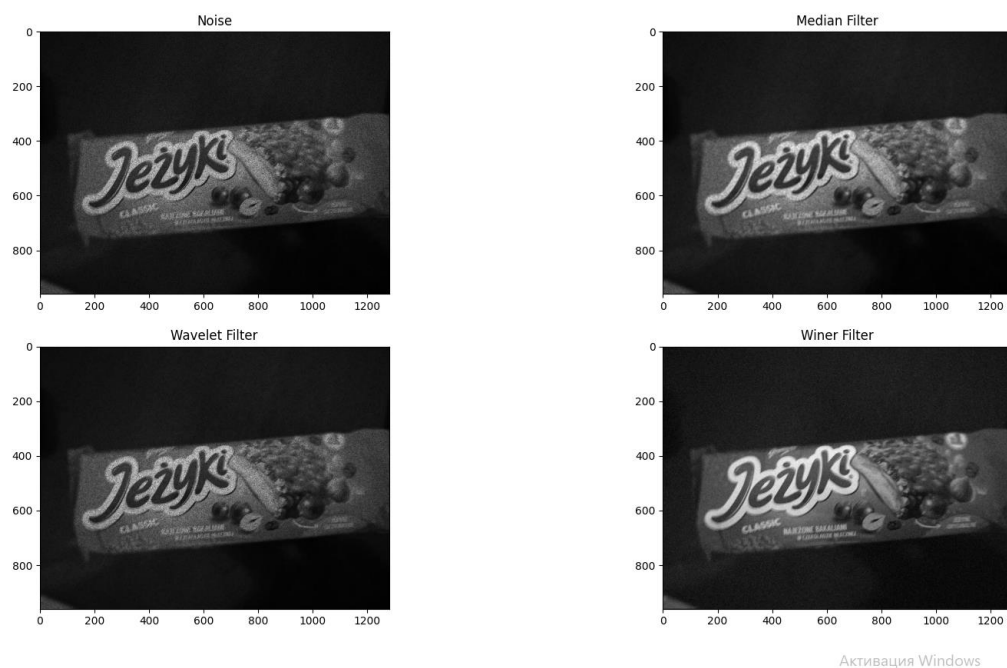


Рисунок 3. Порівняння фільтрів з маленькою кількістю шумів

Як видно з рис. 3, при невисокій кількості шумів медіанний фільтр та вейвлет-фільтр почали зернити зображення, на відміну від деконволюції Вінера. Для більш явної оцінки збільшимо кількість шумів та перевіримо їх на початковому зображенні, яке зробимо майже непридатним до читання (рис. 4).

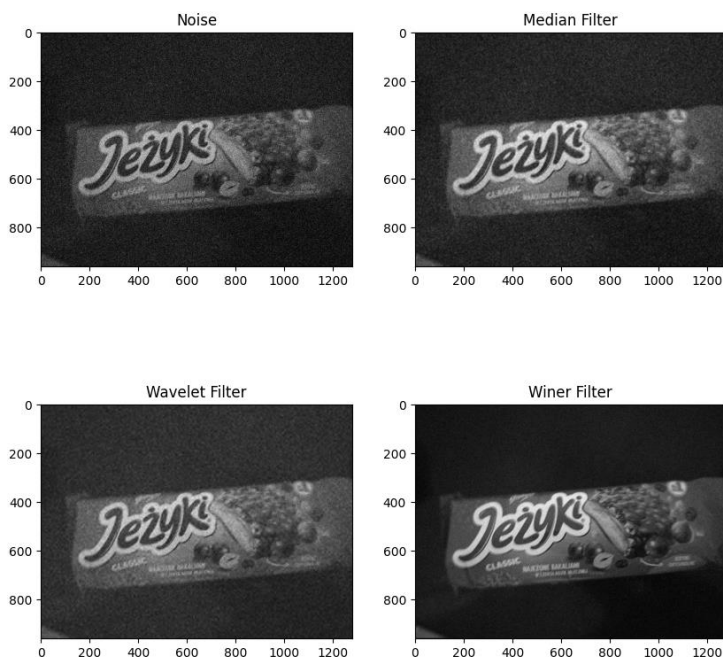


Рисунок 4. Порівняння фільтрів з великою кількістю шумів

Як бачимо, при збільшенні шумів на зображенні, медіанний фільтр та вейвлет-фільтр почали надто сильно зернити зображення, що робить текст нечитабельним. А деконволюція Вінера покращила якість зображення, при цьому текст залишився читабельним.

ВИСНОВКИ

Дослідження проводились з використанням високорівневої мови програмування Python та бібліотекою OpenCV. Результати показують, що вейвлет-фільтр незначною мірою покращує якість зашумленого зображення, а при боротьбі з гаусівським шумом став зернити зображення, що стало особливо помітним при великих значеннях шуму. Було встановлено, що деконволюція Вінера навпаки дозволила отримати якісне зображення при однакових вхідних даних.

В подальшому плануємо дослідити для кольорових зображень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] MAKE YOUR OWN NEURAL NETWORK // Tariq Rashid // 2022 г., Р. 14—19р.
- [2] Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry // Marvin Lee Minsky and Seymour Papert // 1969 г., Р 30—95р.
- [3] Tabular machine learning using conjunctive threshold neural networks // Weijia Wang // Sciencedirect - 2022. – N22. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com>
- [4] Interpretable machine learning a guide for making black box models explainable // Кристоф Мольнар // 2019 г., Р 10—29р. — ISBN 5-94774-384-1.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Колобродов В.Г

УДК 681.7.520

С.Д. Савченко, студент гр. ПО-11мп, к.т.н., Тягур В.М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ БЛОКІНГ-ЕФЕКТУ

Анотація. Представлений новий алгоритм, розроблений просторово-частотної області. Цей алгоритм ґрунтується на діадном вейвлет-перетворенні на методі оптимальної інтерполяції. Головна перевага цього алгоритму - простота і легка реалізація. Відсутні «порогові методики» в процесі розробки. Запропонований алгоритм може покращувати візуальну якість зображення та пікове відношення сигнал/шум (PSNR).

Ключові слова: артефакти, зображення, стиск, блокінг-ефект, дискретне косинусне перетворення, вейвлет, діадне вейвлет-перетворення, якість зображень.

ВСТУП

Дискретне косинусне перетворення (ДКП) відіграє важливу роль у методах стиснення статичних зображень і відео. Міжнародна організація стандартизації (ISO) використовує його як стандартний компонент для стиснення зображень і відео в стандартах JPEG і MPEG.

Відповідно до теорії кодування зображення розділяється на маленькі $p \times q$ прямокутні, зазвичай квадратні, блоки. Процес розділення всього зображення на блоки забезпечує ефективну розробку апаратних засобів та зменшує час обчислень. Так як БДКП використовується блок за блоком без розгляду кореляції між двома сусідніми блоками, це призводить до появи блокових артефактів, які з'являються на багатьох кордонах між двома сусідніми блоками. Це явище відоме під назвою блокінг-ефект, що погіршує якість декодованого зображення.

Існує багато методів вирішення проблеми блокінг-ефектів просторово-частотної області. У 1994 році був представлений алгоритм постобробки з урахуванням вейвлетів, заснований на припущенні шумів [1]. У 1995 році були використані два методи оптимізації, засновані на методі граничної ортонормованої функції [2, 3]. У 1997 – метод, заснований на коефіцієнті кореляції поперечного масштабу надповного вейвлет-уявлення, перетворюючи проблему на очищення від шуму [4]. У 1998 році дослідники використали вейвлет-перетворення модуля максимального значення [5]. Пізніше був запропонований алгоритм, що адаптивно обирає поріг для різних зображень [6].

Хоча ці методи й могли поліпшити візуальну якість зображення і пікове відношення сигнал/шум (PSNR), проте потребували правильного вибору порогу, так як тільки в такому випадку дозволяли отримати хороші результати зменшення блокінг-ефекту.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Методи, які існують для вирішення проблеми блокінг-ефекту, або є надто складними для реалізації, або не справляються з проблемою блокінг-ефекту в достатній мірі. Отже, необхідно продовжити дослідження в напрямку визначення факторів, що впливають на зменшення блокінг-ефекту і підвищення якості стиснених зображень. У результаті необхідно розробити метод, який ефективно зменшуватиме блокінг-ефекти, матиме низьку обчислювальну складність та просту реалізацію, покращуватиме якість стисненого зображення.

МЕТОД ЗМЕНШЕННЯ БЛОКІНГ-ЕФЕКТУ

Використаємо діадне вейвлет-перетворення та оптимальну інтерполяцію для обробки кожного рядка і кожного стовпця для стиснутої матриці "блокового" зображення. Таким чином, проблема зменшення блокінг-ефекту у двовимірній обробці сигналів зображення перетвориться на обробку одновимірних сигналів.

Вейвлет-перетворення для $f(x)$ у масштабі 2^j та позиції x визначається згорткою (1):

$$W_{2^j}f(u) = \left(f(x) \cdot \psi_{2^j}(x) \right) (u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \frac{1}{\sqrt{2^j}} \psi\left(\frac{x-u}{2^j}\right) dx \quad (1)$$

Отже, масштаб для безперервного вейвлет-перетворення дискретний протягом діадної послідовності $\{2^j\}$, де j належить цілочисельному множині Z .

Нехай функція $\phi(x)$ – функція, що згладжує вейвлет-функції $\Psi(x)$ і S_{2^j} оператор, що згладжує, визначений як згортка (2), де $\phi_{2^j}(x)$ визначений як (3):

$$S_{2^j}f(u) = \left(f(x) \cdot \phi_{2^j}(x) \right) (u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \frac{1}{2^j} \phi\left(\frac{x-u}{2^j}\right) dx \quad (2)$$

$$\phi_{2^j}(x) = \frac{1}{\sqrt{2^j}} \phi\left(\frac{x}{2^j}\right) \quad (3)$$

Тоді з вищевказаного визначення можна бачити, що більше деталей $f(x)$ видалені S_{2^j} тоді, коли масштаб 2^j ставатиме більшим.

Якщо оригінальний сигнал є дискретною послідовністю $f = (f(n))_{n \in Z}$ з кінцевою енергією, припустимо, що фрагменти $a_0(n)$ вхідного дискретного сигналу рівні $f(n)$, але локальне середнє f по сусідству $t = n$. Таким чином, $a_0(n)$ може бути записано формулою (4). Тоді для кожного $j > 0$ матимемо (5).

$$a_0(n) = \langle f(t), \phi(t-n) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \phi(t-n) dt \quad (4)$$

$$S_{2^j}f = \langle a_j(n) = \langle f(t), \phi_{2^j}(t-n) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \phi_{2^j}(t-n) dt \quad (5)$$

Визначимо діадне вейвлет-перетворення (6):

$$W_{2^j}f = d_j(n) = Wf(n, 2^j) = \langle f(t), \psi_{2^j}(t-n) \rangle \quad (6)$$

де W – Оператор діадного вейвлет-перетворення.

Для кожного масштабу 2^j послідовність дискретних сигналів називається дискретним діадним вейвлет-перетворенням $f = f(n)$.

Отже, діадне вейвлет-перетворення (S_2f, W_2f) як (Sf, Wf) для функції $f(n)$, де Sf виражає низькочастотну інформацію $f(n)$, а Wf високочастотну інформацію $f(n)$.

Декодована матриця $N \times N$ зображення X з блокінг-ефектами може бути виражена у субматричній формі (7):

$$X = \begin{pmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & \dots & X_{1,n} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & \dots & X_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n,1} & X_{n,2} & \dots & X_{n,n} \end{pmatrix} \quad (7)$$

де $X_{i,j}$ - це субматриця $B \times B$, $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$, $n = N/B$ і є цілим числом.

Кожен елемент $X_{i,j}$ називається блоком. Існують блокові артефакти між кожними суміжними межами блоків, що називають блокінг-ефектами.

Блочне $N \times N$ виражається зображення X як $X = (x(i, j))$, $i, j \in \{1, 2, \dots, N\}$. Блокінг-ефекти збільшуються між кожними суміжними межами блоків, тобто між кожними $j = pV$ та $j = pV + 1$ стовпцями та $i = qV$ і $i = qV + 1$ рядків, де $p, q \in \{1, 2, \dots, n - 1\}$.

Для цього цілого числа i визначимо вектор рядки $x_i^{\text{def}} = (x(i, j))$, $j = 1, 2, \dots, N$. Вектор x_i може бути розцінений як дискретний сигнал із кінцевою енергією. j -й елемент у векторному $x_i \in x_i(j)$, що еквівалентно $x(i, j)$. "Блокові" ефекти роблять кожні дві точки $x_i(pV)$ і $x_i(pV+1)$ розривними, де $p = 1, 2, \dots, n - 1$. Таким чином, є високі частоти близько позицій цих точок, де сигнал x_i перетворюється на просторово-частотну область.

Головна ідея методу – використання діадного вейвлет-перетворення для перетворення сигналу x_i на дві субсмуги: одна – низькочастотна субсмуга $x_i^{\text{l def}} = Sx_i$, яка виражає низькочастотну інформацію сигналу x_i та інша високочастотна субсмуга $x_i^{\text{h def}} = Wx_i$, яка висловлює високочастотну інформацію сигналу x_i . Далі використовуємо таке ж перетворення для високочастотної субсмуги x_i^{h} отримаємо дві субсмуги - одна високо-низькочастотна субсмуга $x_i^{\text{hl def}} = SWx_i$ та інша високо-високочастотна і $x_i^{\text{hh def}} = WWx_i$. Обидві з яких представляють відповідно низькочастотну інформацію та високочастотну інформацію сигналу x_i^{h} . Після цього дозволяємо сигналу $x_i^{\text{hh}} = (x_i^{\text{hh}}(j))$ пройти через розроблений оптимальний інтерполяційний фільтр F_{opt} , згладжувати сигнал на межах блоку та зберігати оригінальну інформацію для інших позицій. Отриманий сигнал $x_i^{\text{hh def}} = F_{\text{opt}}(x_i^{\text{hh}})$ разом із високо-низькочастотним сигналом x_i^{hl} перетворюється назад у нову високочастотну субсмугу сигналу $x_i^{\text{-h}} = (x_i^{\text{-h}}(j))$, відповідному високочастотній субсмузі сигналу x_i^{h} .

Дозволимо сигналу нової високочастотної субсмуги $x_i^{\text{-h}}$ також пройти через той же інтерполяційний фільтр F_{opt} та позначимо новий сигнал високочастотної субсмуги як $\hat{x}_i^{\text{h}}(j)^{\text{def}} = F_{\text{opt}}(x_i^{\text{-h}})$. Взявши протилежне перетворення цього сигналу із сигналом низькочастотної субсмуги x_i^{l} , нарешті отримаємо новий сигнал \hat{x}_i , який відповідає оригінальному сигналу x_i із зменшеними блокінг-ефектами.

РЕЗУЛЬТАТИ МЕТОДУ ЗМЕНШЕННЯ БЛОКІНГ-ЕФЕКТУ

Для експерименту використовувалося зображення, наведене на рисунку 2. Зображення було стиснуте за стандартом JPEG з якістю $q = 10$, PSNR стисненого зображення 26,5125 дБ. Після цього до стисненого зображення було застосовано запропонований метод для покращення PSNR. Новий показник PSNR дорівнює 27,0533 дБ, тобто він збільшився на 0,5408 дБ. Нове зображення наведено на рисунку 3, по ньому видно покращення візуальної якості.



Рисунок 2. Стиснене зображення (PSNR = 26,5125 дБ)



Рисунок 3. Зображення після процесу деблокінгу (PSNR = 27,0533 дБ)

ВИСНОВКИ

Представлений новий алгоритм для усунення блокінг-ефекту, розроблений в просторово-частотній області. Цей алгоритм ґрунтується на дискретному вейвлет-перетворенні на методі оптимальної інтерполяції. Основна перевага цього алгоритму – це простота реалізації в порівнянні з існуючими методами. Відсутні “порогові методики” в процесі розробки. Експерименти показують, що новий запропонований алгоритм може поліпшити візуальну якість зображення та пікове відношення сигнал/шум (PSNR).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] R. A. Gopinath. (1994). Wavelet Based Post Processing of Low Bit Rate Transform Coded Images. *Proc. ICIP'94*, 913-917.
- [2] B. Jeon, J. Jeong & J. Jo. (May 1995). Locking artifacts reduction in image coding based on minimum block boundary discontinuity. *Visual Communications Proceedings, Image Processing*, 198-209.
- [3] J. Jeong & B. Jeon. (October 1995). Use of a class of two dimensional functions for blocking artifacts reduction in image coding. *Proceedings of the International Conference on Image Processing*, 478-481.
- [4] Zixiang Xiong, M. T. Orchard & Yaqin Zhang. (April, 1997). A Deblocking Algorithm for JPEG Compressed Images Using Overcomplete Wavelet Representations. *IEEE-Trans. Circuits Syst. [Video Tech.]*, 7(2), 433 – 437.
- [5] T. C. Hsung, D. P. K. Lun & W. C. Siu. (October 1998). A Deblocking Technique for Block Transform Compressed Image Using Wavelet Transform Modulus Maxima. *IEEE-Trans. Circuits Syst. [Video Tech.]*, 7(10), 1488 – 1496.
- [6] S. Wu, H. Yan & Z. Tan. (November 2001). An Efficient Wavelet Based Deblocking Algorithm for Highly Compressed Images. *IEEE-Trans. Circuits Syst. [Video Tech.]*, 11(11), 1193 – 1198.

Секція 3.

Ефективність автоматизованих виробничих систем і технологій приладобудування

УДК 681.5.017

О.Л. Балякіна, студентка гр. ПБ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВІБРОАКУСТИЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЗНОСУ РІЗЦЯ

Анотація. Механічна обробка є одним із найрозповсюдженіших методів отримання деталей приладів різноманітних форм та розмірів. Проте, така проблема як недостатня стійкість інструмента призводить до втрати якості деталі та викликає збільшення простою обладнання, що пов'язане зі зміною інструмента та супроводжується зменшенням продуктивності і, як наслідок, зменшує ефективність виробництва. Тому у даній статті запропоновано автоматизовану систему контролю зносу різця віброакустичним методом.

Ключові слова: знос, віброакустика, стійкість інструмента.

ВСТУП

Ріжучий інструмент є складовою механічної системи «верстат – пристосування – інструмент – деталь». При цьому інструмент відіграє вирішальну роль у цій системи. Ступінь впливу ріжучого інструмента на систему багато в чому залежить від надійності інструменту [1]. Разом з тим стан інструменту в процесі обробки постійно змінюється, оскільки робочі поверхні його леза знаходяться в контакті зі стружкою, що переміщується щодо них та поверхнями на оброблюваній деталі (заготівці), що супроводжується їх зносом та руйнуванням.

Показником зношування інструменту є його стійкість, тобто час досягнення інструментом допустимої величини його зношування. Стійкість значною мірою визначає основні вихідні показники механічної обробки: продуктивність, економічність та якість поверхні деталі. Недостатня стійкість інструменту викликає збільшення простою обладнання, пов'язаного із заміною інструментів, що супроводжується зменшенням продуктивності. Відомо, що на частку ріжучих інструментів припадає понад 40% від загальної кількості відмов роботи обробної системи [2, 3].

З особливою гостротою проблема контролю стану ріжучого інструменту проявляється під час впровадження автоматизованих «безлюдних» технологій, що вимагають використання систем автоматизованої діагностики та управління процесом різання, що забезпечують необхідну якість, високу продуктивність та мінімальні витрати на обробку деталей приладів на металооброблюючих верстатах.

Усі методи контролю поточного стану (працездатності) ріжучих інструментів можна умовно розділити на методи прямого контролю, засновані на безпосередній реєстрації зносу інструменту, та непрямого контролю, що використовують фізичні явища, які супроводжують процеси різання та зношування інструменту. До подібних фізичних явищ відноситься, наприклад, вібрація, що виникає в процесі різання. Одним із джерел вібрації за певних умов може бути, наприклад, різальний інструмент, що зношується, оброблювана деталь та ін.

ВІБРОАКУСТИЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЗНОСУ

При дослідженні коливальних технологічної системи верстата зі зносом інструменту пов'язують і співвідношення між високочастотними і

низькочастотними коливаннями технологічної системи. При дослідженні сигналів акустичної емісії використовують спектральний аналіз, інтегральні характеристики, а також амплітудний аналіз сигналів[4]. Пропонований спосіб діагностики заснований на аналізі низькочастотних коливальних процесів пружної системи верстата.

Вібраційний метод, заснований на реєстрації характеристик вібрації інструменту в процесі обробки. Розкладають віброакустичний сигнал на низькочастотні і високочастотні складові, за співвідношенням яких судять про знос інструменту[5].

Коливання в діапазоні звукових і навколзвучових частот реєструються за допомогою датчиків прискорення (як правило, п'єзоелектричних)[6]. Дослідження показують, що в міру затуплення інструменту зростає енергія (амплітуда) високочастотних коливань. Об'єктом контролю в цьому випадку служить співвідношення енергій високо- і низькочастотних коливань, яке визначається шляхом вимірювання інтенсивності коливань або звукового тиску в певному діапазоні частот [7].

Ресурс роботи ріжучого інструменту може бути виражений [8]: інтервалом часу, масою або обсягом знятого матеріалу, довжиною шляху різання, площею обробленої поверхні або кількістю деталей, виготовлених із заданою точністю розміру. Для визначення фактичного ресурсу інструмента можна скористатися методами, що застосовуються з цією ж метою в технічній діагностиці приладів.

Для інструмента структурним параметром є величина зносу його ріжучих кромки. Інтенсивність зношування прийнято описувати відносним зносом:

$$J_T = \frac{\Delta h_3}{\Delta T} \quad J_l = \frac{\Delta h_3}{\Delta l} \quad J_Q = \frac{\Delta h_3}{\Delta Q}, \quad (1)$$

де Δh_3 – збільшення величини майданчика зносу по задній поверхні за час ΔT , довжину шляху різання Δl , обсягу знятого матеріалу ΔQ .

У період різання (без урахування часу приробітку і часу катастрофічного зношування) вираз щодо Δl можна записати в наступному вигляді:

$$J = \frac{h - h_1}{(t - t_1) \cdot v} = \frac{h_{max} - h}{(T - t) \cdot v}, \quad (2)$$

де h , h_1 , h_{max} – величина зношування леза інструменту, відповідно:

- первісна, зафіксована за час t ;
 - поточна – після роботи протягом часу t_1 ;
 - максимальна – після різання протягом часу T , коли процес різання припиняється;
- v – швидкість різання.

У даному разі параметр T характеризує ресурс леза інструменту, тобто час його роботи до відмови. Під відмовою, як правило, розуміють порушення працездатного стану ріжучого інструменту – відхилення від встановлених значень, хоча б одного його параметрів, вимог або характеристик обробки, що виконується цим інструментом. До характеристик обробки відносять: силу різання, температуру різання, рівень вібрацій тощо.

Вираз можна переписати так:

$$\frac{h - h_1}{h_{max} - h} = \frac{t_1 - t}{T - t} \quad (3)$$

Зміна з часом діагностичного параметра (рівня акустичного сигналу), що генерується процесом різання, описується наступним виразом, що відображає механіку руйнування інструменту:

$$A = A_1 + \Delta A \cdot \left(\frac{t_1 - t}{T - t}\right)^n$$

$$A = A_1 + \Delta A \cdot \left(\frac{h - h_1}{h_{\max} - h}\right)^n \quad (4)$$

де $\Delta A = A_{\max} - A$ – різниця між максимальним та рівнем акустичного сигналу на момент часу t , A_1 – рівень акустичного сигналу після роботи леза інструменту протягом часу t_1 .

Під максимальним рівнем акустичного сигналу A_{\max} розуміється рівень звуку, при виникненні якого процес різання припиняється, через неприпустимий ступінь зносу леза інструменту.

Параметри: ΔA , T , n визначаються в процесі апроксимації зміни часу діагностичного параметра A графіком аналітичної залежності.

ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТРОЛЮ ВІБРОАКУСТИЧНИМ МЕТОД

Для експериментального дослідження фізичного процесу віброакустичного методу була обрана програма Comsol MULTIPHYSICS. Було досліджено зміна акустичного випромінювання від зносу токарного різця. Для цього спершу використано модуль програми «Solid Mechanics» з дослідженням у частотній області, де змодельовано було навантаження різця під час обробки. Вхідними даними для розрахунку були наступні режими різання: $V=94$ м/хв, $n=500$ об/хв, $S=0,05$ мм/об, $t=0,5$ м, на основі котрих було розраховано силу різання під час обробки. У результаті були отримані вібраційні характеристики при обробці від ступеню зносу різця. Наступним кроком було моделювання зміни акустичного випромінювання на основі отриманих вібрацій. Таким чином було визначено зміна акустичного випромінювання від зносу різця.

У результаті отримано графік залежності відносного значення акустичного випромінювання від зносу інструменту рисунок 1.

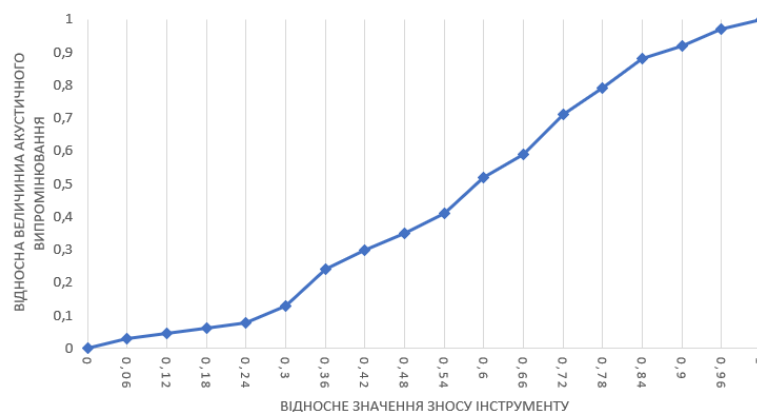


Рисунок 1. Залежність відносного значення акустичного випромінювання від зносу інструменту

На графіку показано залежність акустичного випромінювання від значення зносу різця. Як видно з графіку найменша відносна зміна акустичного випромінювання відбувається до 30%-го значення зносу різця, після чого

відбувається різкий стрибок збільшення акустичного випромінювання.

ВИСНОВОК

У даній статті було розглянуто віброакустичний метод, що застосовується для контролю стану різця. Основними якісними показниками різця є стійкість та інтенсивність зношування. Також було проаналізовано плюси та мінуси віброакустичного методу.

Експериментально було отримано залежність відносної величини акустичного випромінювання від відносного значення зносу інструмента, визначено, що найменша зміна акустичного випромінювання відбувається до 30% значення зносу різця.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Залога В.О. Зношування і стійкість різальних лезових інструментів: навчальний посібник / Ю.М. Внуков, В.О. Залога. - Суми: Сумський державний університет, 2010. - 243с.
- [2] Суркова А.И., Буртовой В.М. Повышение эффективности обработки на станках с ЧПУ за счет применения систем автоматизированного контроля / А.И. Суркова, В.М. Буртовой // Прогрессивные технологии в машиностроении: тематический сборник научных трудов — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. — С. 39-42
- [3] Козочкин М.П. Виброакустическая диагностика технологических процессов / М.П.Козочкин. - М.: ИКФ «Каталог», 2005.- 196 с.
- [4] Організація науково-інноваційної діяльності: конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня доктора філософії за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. О. Подолян, В. С. Антонюк, М. В. Філіппова. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,29 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 105 с.
- [5] Подолян, О. О. Контроль якості монтажу муфт на магістральний трубопровід [Електронний ресурс] : монографія / О. О. Подолян, Г. С. Тимчик ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 10 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 180 с.
- [6] Gregory S Tymchik, Aleksandr A Podolian, Kateryna S Serhiienko, Theoretical investigations of the generation of an ultrasonic wave by an electromagnetic acoustic transducer, KPI Science News, 2018, Vol.3, pp.84-92, <https://doi.org/10.20535/1810-0546.2018.3.127129>
- [7] В. М. Доля. Діагностика та контроль робочих процесів: навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної та дистанційної форм навчання /— Харків: НТУ «ХП», 2019. – 129 с.
- [8] Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1986. - 496 с.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Подолян О.О.

УДК 62-522.7

В.А. Гайдай, студент гр. ПБ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ

Анотація У даній статті наведена актуальність модернізації систем керування застарілих промислових роботів-маніпуляторів. Розглянуто як приклад промисловий робот-маніпулятор для тестування системи керування на основі ПЛК160. Проаналізовано залежності інформаційних параметрів оптичного датчика від впливових чинників: відстані до заготовки та відстані від неї до фону. Наведено електричну схему системи керування на основі промислового логічного контролера ПЛК160.

Ключові слова промисловий робот-маніпулятор, система керування, промисловий логічний контролер, оптичний датчик, заготовка деталі.

ВСТУП

На сьогоднішній день нікого не здивувати роботами-маніпуляторами, їх широко використовують у різноманітних сферах: в промисловості, в медицині, в будівництві. Їх існує велика кількість видів, що характеризуються за конструкцією, призначенням, типом приводу, системою керування. Окремо варто виділити групу промислових роботів-маніпуляторів, більшість з них є універсальними, тобто можуть застосовуватись для виконання усіх типів технологічних процесів, проте зустрічаються окремі моделі, що спеціалізуються лиш на одному типі процесів. Зазвичай вони виконують такі операції: зварювання, складання, переміщення, пакування, фарбування контроль та випробування виробів. Використання промислових роботів-маніпуляторів на виробництві дозволяє значно пришвидшити час виготовлення деталей, підвищити їх якість, особливо у серійному та масовому виробництві, оскільки вони можуть працювати у циклічному режимі.

Головною проблемою перших промислових роботів-маніпуляторів була система керування, оскільки вона була громіздкою, зазвичай розмірами з шафу або тумбу, і важкою. Розвиток технологій не стоїть на місці [1] і зараз важко знайти моделі роботів, де б система керування була б більшою за звичайний системний блок комп'ютера. Дозволити собі оновлювати щорічно обладнання можуть лише великі або прибуткові виробничі компанії, невеликі виробництва мусять використовувати застаріле обладнання. Оскільки промислові роботи-маніпулятори є в основному додатковим обладнанням, тому їх оновлюють в останню чергу, після верстатів.

Надати нове життя застарілим промисловим роботам-маніпуляторам може нова автоматизована система керування, яка може бути інтегрована в єдину систему виробництва або працювати у парі із іншим обладнанням, наприклад верстатом. Звідси виникає необхідність у створенні автоматизованої системи керування промисловим роботом-маніпулятором, яку можна буде адаптувати під будь-який застарілий роботизований комплекс.

ОГЛЯД ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА «ЦИКЛОН-ЗБ»

Циклон-ЗБ (рис. 1) відноситься до промислових роботів з цикловою

системою програмного керування. Основне застосування таких промислових роботів – це штамповка, механообробка, лиття під тиском, операції пов’язані з розвантаженням та завантаженням, наприклад, заготовок у верстат.

Робот «Циклон-3Б» складається із маніпулятора та системи програмного керування. Система програмного керування ПУР-Ц забезпечує функціонування виконуючої частини промислового робота, тобто маніпулятора, що складається із руки, механізму підйому та повороту рук і пневмосистеми, що забезпечує підготовку і розподілення зжатого повітря у об’єм циліндрів.

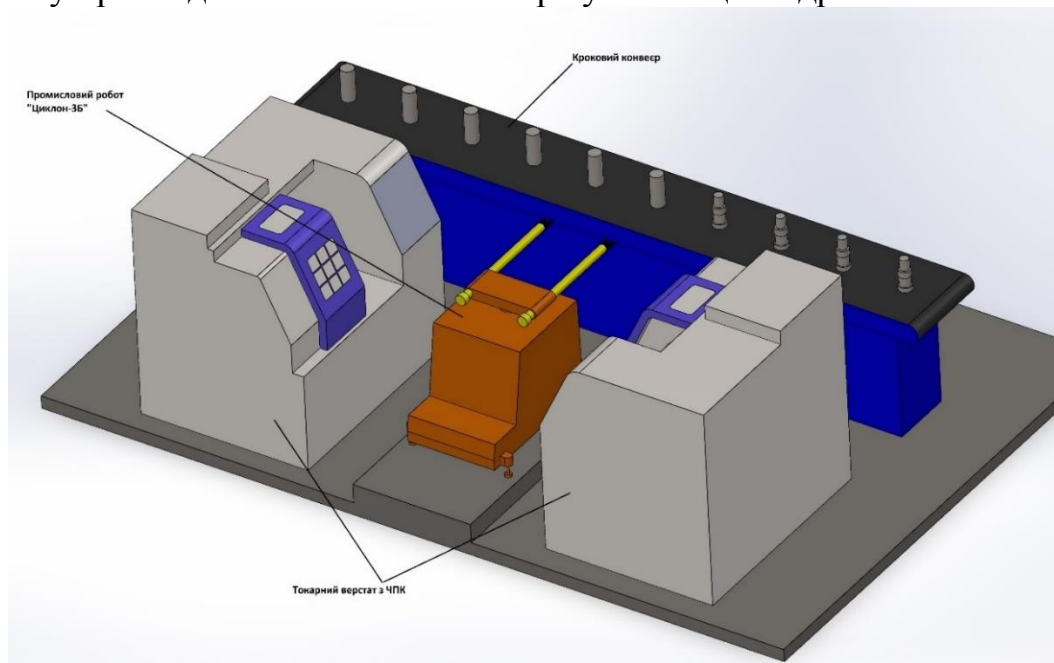


Рисунок 1. Зовнішній вигляд «Циклон-3Б» у складі роботизованого комплексу

Автоматизована система керування промисловим роботом-маніпулятором дозволить прибрати стійку керування і замінити її готовими елементарними блоками та звичайним комп’ютером.

ЗАЛЕЖНОСТІ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДАТЧИКА ВІД ВІДСТАНІ ДО ОБ’ЄКТА ТА ЙОГО КОЛЬОРУ

При виборі оптичного датчика важливо врахувати, що вимірюванні інформативні параметри можуть залежати від різноманітних чинників, наприклад, від відстані об’єкту до заднього фону[2]. В результаті розрахунків було отримано вирази, що характеризують залежність мінімальної відстані об’єкт-задній фон до відстані датчик-об’єкт (1) та частини відсотка відбитого випромінювання (2):

$$\begin{aligned}
 Y_1(x) &= \frac{\left(e^{\frac{60-V_1}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V_1}{100} \cdot 0.25 \cdot x} \right)}{4} & Y_1(V) &= \frac{\left(e^{\frac{60-V}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V}{100} \cdot 0.25 \cdot x_1} \right)}{4} \\
 Y_2(x) &= \frac{\left(e^{\frac{60-V_2}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V_2}{100} \cdot 0.25 \cdot x} \right)}{4} & Y_2(V) &= \frac{\left(e^{\frac{60-V}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V}{100} \cdot 0.25 \cdot x_2} \right)}{4} \\
 Y_3(x) &= \frac{\left(e^{\frac{60-V_3}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V_3}{100} \cdot 0.25 \cdot x} \right)}{4} & Y_3(V) &= \frac{\left(e^{\frac{60-V}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V}{100} \cdot 0.25 \cdot x_3} \right)}{4}
 \end{aligned} \tag{1}$$

де $V_1 = 6$, $V_2 = 18$, $V_3 = 35$, $x = 0 \dots 100$, $x_1 = 10$, $x_2 = 20$, $x_3 = 40$, $V = 0 \dots 60$.

Згідно цих виразів було побудовано графіки залежності мінімальної відстані у об'єкт-задній білий фон від відстані x датчик-об'єкт (рис. 2, 3) та залежності мінімальної відстані у об'єкт-задній білий фон від частини відсотку V відбитого випромінювання (рис. 4).

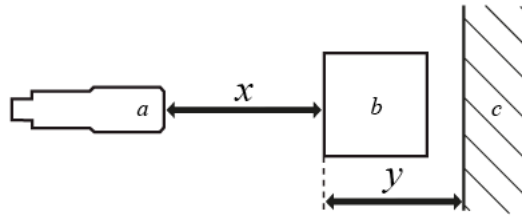


Рисунок 2. Розпізнання об'єкта лазерним датчиком: а – датчик, b – об'єкт, с – задній фон, x – відстань датчик-об'єкт (мм), y – мінімальна відстань об'єкт-задній фон (мм)

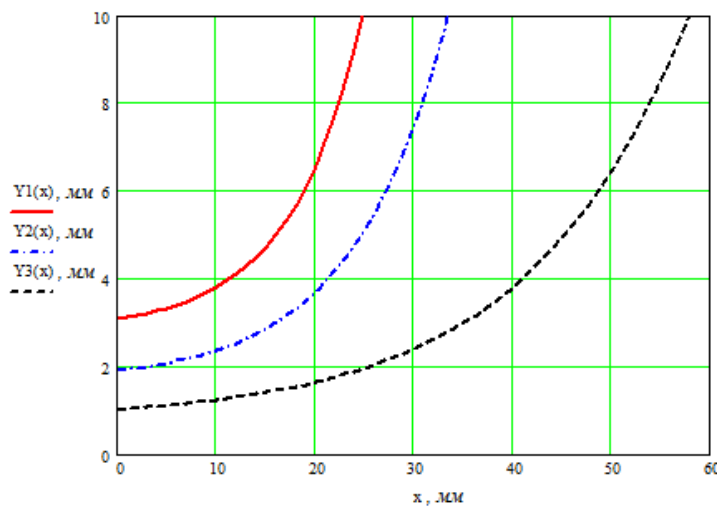


Рисунок 3. Графік залежності мінімальної відстані у об'єкт-задній білий фон від відстані x датчик-об'єкт, що характеризується тоном кольору об'єкта

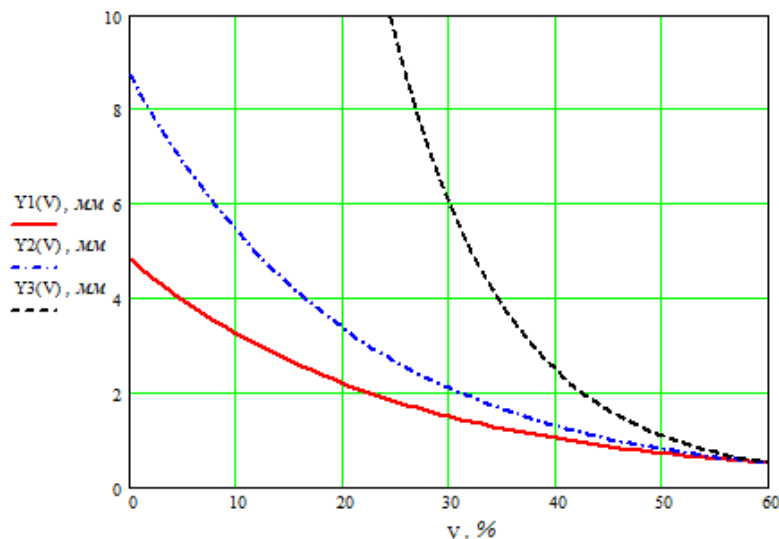


Рисунок 4. Графік залежності мінімальної відстані у об'єкт-задній білий фон від частини відсотку V відбитого випромінювання, що характеризується тоном кольору об'єкта

РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ

Система керування буде побудована на програмованому логічному контролері ОВЕН ПЛК160, частина виходів на електромагнітні реле пневматичні розподільники буде підключена через два модулі дискретного виходу МУ110-8Р. Електрична схема усієї системи керування промисловим роботом-маніпулятором «Циклон-3Б» наведено на рис. 4. Також на схемі показано кінцеві вимикачі крайніх положень маніпулятора, кнопки «Start» та «Stop» та два оптичні датчики для визначення наявності заготовки у зоні захвату. Схеми підключень промислового контролера та модулів виводу було використано з їх технічної документації [3-4].

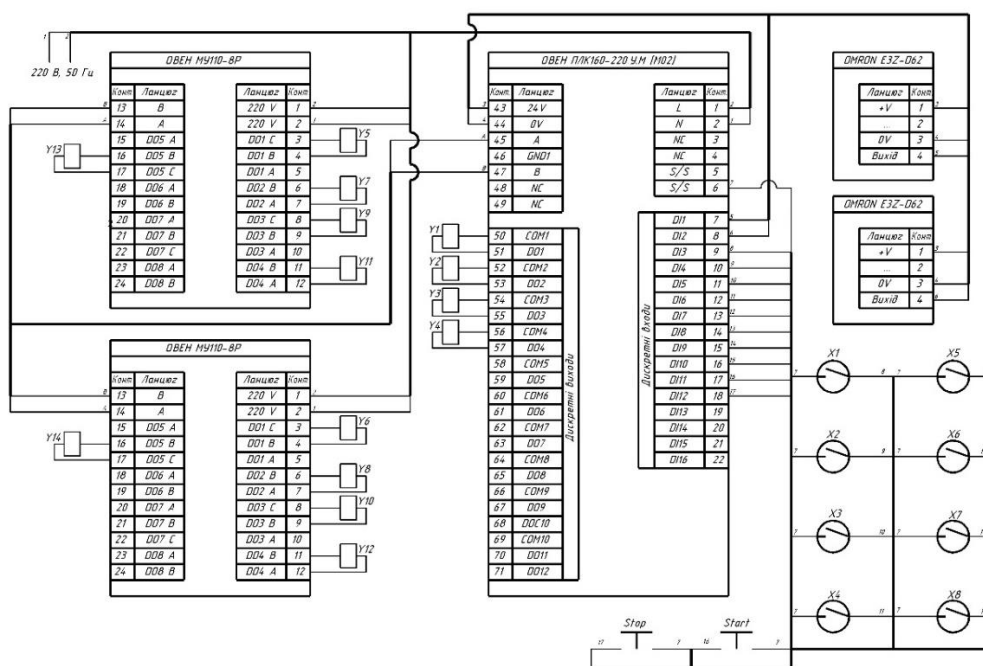


Рисунок 4. Електрична схема системи керування

ВИСНОВОК

Кінцевим результатом роботи буде система керування промисловим роботом-маніпулятором, що побудована на базі «Циклон-3Б». Дана система може бути пристосована до будь-якого застарілого промислового робота. Використання її дозволить модернізувати та автоматизувати обладнання з роботизованими комплексами без залучення великих коштів на виробництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Детали и механизмы роботов: Основы расчёта, конструирования и технологии производства: Учеб. пособие / Р.С. Веселков, Т.Н. Гонтаровская, В.П. Гонтарский; Под. ред. Б.Б. Самотокина. – К.: Выща шк., 1990. – 343 с.
- [2] <https://omron.com.ua/sites/default/files/files/sensors/E701-E2Datasheet.pdf>
- [3] https://owen.ua/uploads/119/re_oven_plk160_m02__2-uk-60666-1.6.pdf
- [4] https://owen.ua/uploads/128/re_oven_mu110-224.8k_r__2-ru-91439-1.2.pdf

Наук. керівник – к.т.н., доцент Лісовець С.М.

УДК 64.011.56

М.В. Гацько, студент гр. ПБ-11мп, к.т.н., доц. Шевченко В. В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ КОЛІС МЕКАНУМ

Анотація. У даній статті проведено дослідження по автоматизації системи транспортування деталей з використанням все направлених коліс меканум, які мають великі переваги над звичайними колесами, і завдяки яким підвищується загальна продуктивність виробничого процесу.

Ключові слова: автоматизація, транспортування, колеса меканум,

ВСТУП

У приладобудуванні здебільшого використовується мало- та середньосерійний тип виробництва. При такому типі виробництв найбільш ефективним рішенням для забезпечення вимог транспортування є використання візків або тактових столів. З розвитком технологій, системи транспортування зазнають все більшої автоматизації, тому використання автоматизованих візків є актуальним рішенням. Оскільки транспортування займає вагому частку виробничого процесу, автоматизація транспортної системи допоможе значно покращити весь процес в цілому.[1]

МЕТА РОБОТИ

Покращити систему транспортування можна багатьма шляхами. Головне, чого від неї очікують – це швидкодію та точність. Швидкодія дозволяє зменшити час, який витрачається на переміщення деталей між робочими місцями, будь то верстатами, контрольними стендами чи накопичувачами, в результаті чого збільшиться продуктивність всього виробничого процесу, а точність дозволить збільшити якість продукції, що вплине на її ціну і, як наслідок, на прибуток виробничого підприємства. [2]

У серійному виробництві до цих двох вимог ще можна додати гнучкість системи. Вона дозволить швидше переводити підприємство із виготовлення одних деталей на інші, і дасть змогу збільшити різноманіття продукції.

Тому, метою цієї роботи є дослідження впливу використання все направлених коліс меканум на швидкодію, точність та гнучкість автоматизованої системи транспортування.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Все направлене колесо меканум – це спеціальний тип колеса, розроблений шведським інженером Ілоном Бенгт Ерландом ще у 1972 році. Особливістю такого колеса є те, що на його ободі встановлено ролики, під кутом 45° до осі обертання (рис. 1). Одне таке колесо мало чим може похизуватися, але якщо на транспортному засобі встановлено чотири таких колеса у суворо визначеній орієнтації (рис. 2), то вони дадуть можливість переміщувати транспорт у будь-якому напрямі без зміни орієнтації, обертатися навколо своєї осі, а при правильно розрахованих значеннях навіть рухатися до складним траєкторіям. [3]



Рис. 1. Типова конструкція колеса Ілона

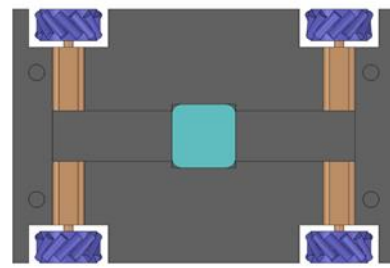


Рис. 2. Орієнтація коліс механум при вигляді зверху

Для дослідження впливу коліс механум було спроектовано автоматизований транспортний візок, встановленим на ці колеса. Також, окрім коліс, цей візок має два вмонтованих маніпулятори зі змінними захватними пристроями, а також індивідуальний накопичувач, який також можна змінювати. Завдяки таким додатковим елементам конструкції, автоматизований транспортний візок здатний оперувати деталями біля декількох різних робочих місць, при цьому підтримуючи свою ефективність на високому рівні (рис. 3.)

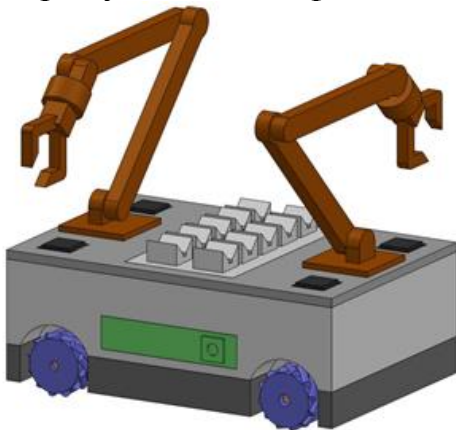


Рис. 3. Спроекований автоматизований візок

Проте, все ж таки, головною його особливістю є наявність коліс механум. У порівнянні із звичайними колесами, вони мають ряд переваг. Перш за все, як було вказано раніше, ці колеса дозволяють переміщувати транспортний засіб у будь-якому напрямі як без зміни його орієнтації, так і зі зміною. Така властивість дозволяє автоматизованому візку дуже швидко і точно нівелювати просторові похибки. Існуючі візки здатні автоматично позиціонуватися у просторі з похибкою до декількох міліметрів, що можна назвати дуже точним.

Ще однією перевагою є те, що для обертання кожного окремого колеса достатньо використовувати звичайні електродвигуни. Ці колеса не потребують додаткових поворотних механізмів, тому для того, щоб надати транспортному засобу певного маршруту, достатньо лише задати кутові швидкості для кожного окремого колеса, а також час, протягом якого буде виконуватися переміщення.

Головним недоліком таких коліс є те, що вони потребують, щоб кожне колесо торкалося підлоги, бо якщо хоча б одне колесо втратить зчеплення під час руху, траєкторія переміщення транспортного засобу суттєво зміниться. У нашому випадку, де автоматизований транспортний візок переміщується по виробничій дільниці, яка має рівну підлогу, цей недолік суттєвої ролі не грає, і навіть якщо з якоїсь причини трапиться подібний інцидент, завжди можливість швидко виправити похибку.

Через те, що транспортні засоби на колесах механум є дуже ефективними засобами транспортування різноманітних об'єктів у виробництвах або складських приміщеннях, було проведено достатньо досліджень щодо їх

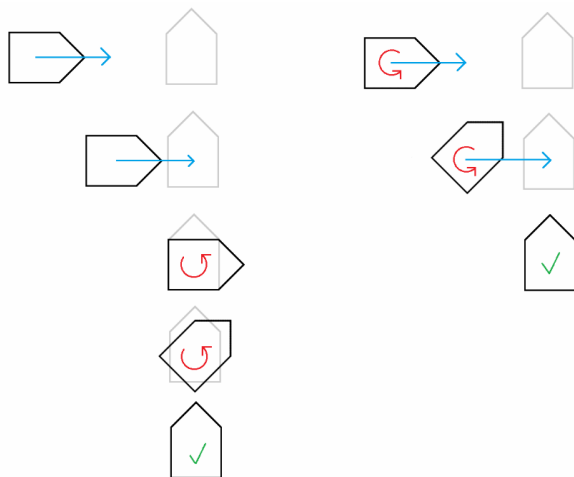


Рис. 4. Оптимізація маршруту

поведінки при різних параметрах швидкості та напрямку обертання. Використовуючи рівняння з [4], можна оптимізувати маршрут переміщення транспортного візка так, щоб два окремих рухи зливалися в один, більш складний, але в той же час, набагато швидший. Наприклад, замість того, що переміщуватися з одної точки в іншу, а потім обертатися на місці, можна змусити візок рухатися по прямій з одночасним обертанням (рис. 4)

ВИСНОВКИ

При автоматизації системи транспортування деталей з використанням все спрямованих коліс механум виникають різноманітні можливості покращення транспортної складової виробничого процесу. Завдяки все направленому руху, транспортний візок здатен ефективно маневрувати у просторі, в результаті чого зменшувати час на переміщення деталей, тим самим підвищуючи продуктивність виробничого процесу, а також підвищувати точність власного розташування біля верстатів, тим самим збільшуючи якість встановлення деталей.

В той же час, індивідуальні маніпулятори і змінні накопичувачі роблять систему транспортування дуже гнучкою, тим самим збільшуючи загальну гнучкість виробничого процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Організація виробництва: підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 421 с.
- [2] Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017 р. – 444 с.
- [3] Б. Е. Ілон. Колеса для курсової стійкої самохідної машини, які можуть рухатися в будь-якому бажаному напрямку на землі або іншій базі : пат. DE2354404A1 Німеччина; заявл. 30.10.1973; опубл. 16.05.1974. – 8 с.
- [4] Сучасна робототехніка: механіка, планування та керування. Кембріджський Університет. – К. М. Лінч, Ф. С. Парк. – 2017. – 642 с.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Шевченко В.В.

УДК 519.872

О.Р. Даценко, студентка гр. ПБ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОПТИМІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ЛОТКИ-ВОЛЬТЕРРИ

Анотація. В сучасному виробництві центральне місце серед автоматизованих систем займають гнучкі виробничі системи (ГВС). Не дивлячись на те, що такий тип систем вважається найбільш досконалим з декількох причин: гнучкість, швидкість, економічна вигідність виробництва тощо, процес можна оптимізувати задля ефективнішого використання наявного виробничого та транспортного обладнання, людського та економічного ресурсів.

Ключові слова: ГВС, виробництво, оптимізація, математичне моделювання, модель Лотки-Вольтерри.

ВСТУП

Для оптимізації процесу автоматизованої механічної обробки деталей методом математичного моделювання потрібно дослідити предметну область та особливості математичної моделі. В якості моделі оптимізації було прийняте рішення обрати неklasичну для цього завдання модель конкуренції Лотки-Вольтерри. Незважаючи на те, що дана модель в основному використовується у біологічній та економічній предметних областях, на її основі можна створити функцію оптимізації виробничого процесу, що дасть змогу зменшити кількість необхідних на виробництво деталей ресурсів, таких як число робочих змін та виробничого або транспортного обладнання.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

В сучасній літературі проблема проектування та оптимізації управління гнучкими виробничими системами є досить добре описаною. Існує достатньо наукових робіт: статей, праць, навчальних посібників, де автори досить детально описали як проблеми, з якими стикались науковці на етапі впровадження ГВС декілька десятиліть тому, так і питання, що досі є невирішеними, або ж для вирішення яких існуючих рішень є недостатньо.

Так, наприклад, Черепанська І. Ю., Кирилович В. А., Сазонов А. Ю., Самотокін Б. Б. в своєму посібнику з моделювання, планування та верифікації ГВС [1], як одну з проблем впровадження та управління гнучкими виробничими системами називають проблему верифікації. Посилаючись на наукову працю, процес верифікації є постійною проблемою при використанні ГВС, адже під час всього циклу виробництва постає питання контролю та коректування обладнання, процесів, якості вхідних матеріалів та вихідної продукції, позиціонування заготовок на верстаті тощо. Автори зазначають наступні види верифікації у виробництві, що притаманні гнучким системам:

- верифікація розробки процесів виробництва;
- верифікація підготовки процесів виробництва;
- верифікація формування асортименту виготовлення продукції;
- верифікація реалізації виготовленої продукції;
- верифікація забезпечення основного виробництва;
- верифікація забезпечення допоміжного виробництва тощо.

Найбільш цікавими в рамках даної магістерської дисертації є перші два види верифікації: розробки та підготовки процесів виробництва. Дану перманентну активність на виробництві можна значно спростити за допомогою оптимізації управління ГВС. Це твердження пояснюється достатньо тривіально: успішне та максимально оптимізоване управління технологічним процесом зменшить кількість виключних ситуацій, потребу в налагодженні виробничих та транспортних ділянок, частоту перегляду затвердженого плану використання виробничих ресурсів або ж економічних цілей підприємства.

Й.М. Петрович та Г.М. Захарчин у своєму підручнику «Організація виробництва» [2] розглядають проблеми організації виробництва в умовах використання гнучких виробничих систем в різних аспектах: підготовки технічно-матеріальної бази, швидкості переналаштування виробництва на нову продукцію, оцінки виробничої ефективності виробництва.

В той же час, велике число авторів у своїх роботах висвітлює питання оцінки ефективності виробництва спираючись на велику кількість різних аспектів. Одним з таких аспектів є саме виробнича ефективність виробництва, що детально описали М. Шкільняк [3] та А.В. Шегда [4] у своїх працях. З однієї сторони, ефективність виробництва визначається як відносна результативність, тобто збірна величина, що характеризує досягнення економічного та виробничого планів підприємства, отримання очікуваного або переважаючого очікуваний прибутку, дотримання запланованих часових меж виробництва. З іншого боку, ефективність розглядається відносно втрат виробництва, тобто ефективним є тільки те виробництво, реальні втрати якого не переважають реальних прибутків, при цьому ефективність має визначатись за рентабельністю підприємства.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розробка методів оптимізації управління гнучкими виробничими системами є досить перспективною науковою задачею, оскільки вона має важливе практичне застосування: використання оптимізаційних методів для створення оптимальної будови системи дасть змогу зменшити витрати на виробничий процес, а тому зменшити вартість виготовлення деталей або ж приладів, при цьому, не потребуючи інвестицій в переоснащення технічних засобів: верстатів, транспортних модулів тощо [5].

Розв'язання задач оптимізації досить часто помітно ускладнюється неважливими та непотрібними у даній ситуації даними. В таких випадках створюються математичні моделі та проводиться процес моделювання. Саме динамічні системи можуть бути змодельовані різними способами. Найчастіше, такі системи зображають як неперервні звичайні диференціальні рівняння [6].

Модель Лотки-Вольтерри описує тип взаємодії між видами «хижак-жертва», при якому взаємодія між популяціями призводить до збільшення чисельності однієї з них (хижаки) та зменшення іншої (жертви) [7].

Модель Лотки-Вольтерри виглядає наступним чином (1):

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = x(a-by) \\ \frac{dy}{dt} = y(-d + cx), \end{cases} \quad (1)$$

де: x — чисельність жертв;

y — чисельність хижаків;

a — коефіцієнт розмноження жертв;

b — коефіцієнт смертей жертв від хижаків;

d — коефіцієнт смерті хижаків від голоду;

c — коефіцієнт, що відображає, чи вистачить хижаку їжі на розмноження.

Система (1) відображує динаміку популяції хижаків та жертв за умови присутності обох, і разом рівняння складають модель хижака-жертви Лотки-Вольтера.

Класичною ситуацією є наявність двох якісно різних класів акторів. У економічних додатках це – «виробники» та «споживачі». Аналогічною моделлю для технічних систем, у першому наближенні, описується конкуренція за ресурс між людино-годинами (робочими змінами) та транспортними модулями.

Для опису математичної моделі, підберемо характерні параметри системи:

x' – приріст робочих змін у годинах;

y' – приріст кількості транспортних модулів;

x – початкова кількість робочих змін у годинах;

y – початкова кількість транспортних модулів;

a – коефіцієнт, за яким чим довше робота не виконана – тим більше спливає часу;

b – коефіцієнт, за яким чим більше транспортних модулів – тим менше робочих годин;

c – коефіцієнт, за яким чим довше транспортний модуль не використовується – тим менше у ньому потреби;

d – коефіцієнт, за яким чим більше невиконаної роботи – тим більше виникає потреба у транспортних модулях.

Таким чином, підставивши відповідні параметри системи у рівняння класичної математичної моделі Лотки-вольтерри, отримаємо модифіковану математичну модель на основі даної моделі, яка може бути розв'язана методом Рунге-Кутти четвертого порядку (2):

$$\begin{aligned} y_{i+1} &= y_i + \frac{h}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4), \\ x_{i+1} &= x_i + h, \end{aligned} \quad (2)$$

де h – крок інтегрування.

ВИСНОВКИ

Виконавши аналіз попередніх праць за темою оптимізації виробництва, можна з впевненістю стверджувати, що дана тема є актуальною та має практичну цінність. Одним із способів підвищення ефективності керування автоматичним виробництвом є математичне моделювання, що включає в себе побудову

математичної моделі, правильний підбір параметрів системи, що моделюється. При цьому, можливе використання математичних моделей, які початково не створювались для застосування в технічній галузі, як от модель Лотки-Вольтерри, що мала на меті моделювання в біологічній та економічній сферах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Планування, моделювання та верифікація процесів в гнучких виробничих системах : навч. посіб. / І. Ю. Черепанська та ін. ; ред. В. А. Кирилович. Житомир : ЖДТУ, 2015. – 274 с.
- [2] Петрович І., Захарчин Г. Організація виробництва : підручник. Львів : Магнолія плюс, 2014. – 400 с.
- [3] Менеджмент : навч. посіб. / М. М. Шкільняк та ін. Тернопіль : Крок, 2017. – 252 с.
- [4] Економіка підприємства: збірник тестів і задач : навч. посіб. / А. Шегда та ін. Київ : Центр учбової літератури, 2010. – 240 с.
- [5] Гуліда Е. М., Ядченко О. О., Ступницький В. В. Гнучкі виробничі системи для механічної обробки. Львів : Світ, 1992. – 152 с.
- [6] Панченко С., Медиченко М., Лисечко В. Методи оптимізації та моделювання : навч. посіб. Харків : УкрДАЗТ, 2015. Ч. 1. 128 с.
- [7] Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование / пер. з франц. М. Исенко. Москва : Наука, 1976. – 288 с.

Наук. керівник к.т.н., ст. науковий співробітник. Клочко Т. Р.

УДК 685.31

О.С. Кравченко, студент гр. ПБ-11мн
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

Анотація. У публікації описано використання цифрового двійника для підвищення економічного ефективності підприємства, етапи його створення.

Ключові слова: Цифрові двійники, автоматизована система, підвищення ефективності.

ВСТУП

Однією із головних характеристик господарської діяльності сьогодення являється ефективність виробництва. Ефективність виробництва – це показник який характеризує результативність роботи підприємства. На практиці розрізняють економічну та соціальну ефективність (рис.1).

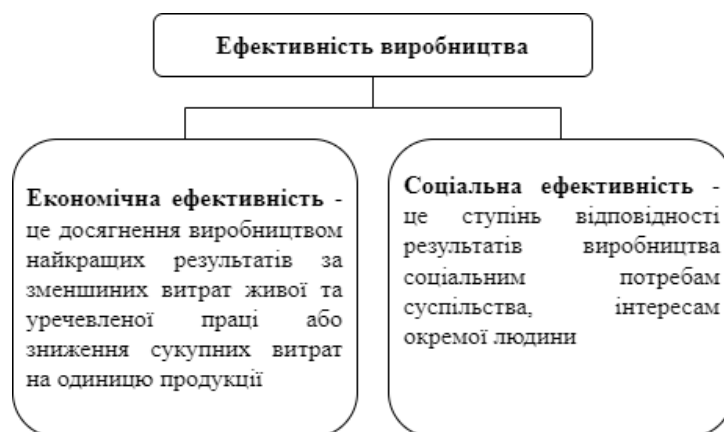


Рисунок 1. Види ефективності

Сьогодні головною ціллю кожного підприємства є підвищення ефективності виробництва. Основними способами підвищення ефективності є: прискорення науково-технічного прогресу, підвищення технічного рівня підприємства, перебудова економіки, зміна форми управління, покращення умов праці та інші. Проаналізувавши вище перераховані способи підвищення ефективності, можна виокремити три основні шляхи підвищення ефективності підприємства: організаційний, технологічний та ресурсний. Цифровий двійник чудово підходить для пошуку та вирішення організаційних та технологічних проблем [1].

ЦИФРОВИЙ ДВІЙНИК ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Цифрові двійники (ЦД) є одним з напрямків Індустрії 4.0-5.0. Їх функціонування можливе за рахунок новітніх технологій, таких як IoT, PoT, Big Data та використання різноманітних датчиків та систем.

Використання цифрових двійників надає можливість вирішити задачі, які постають перед підприємствами, такими як:

Часто мінливі вимоги: потреби клієнтів постійно змінюються, тому виробництво повинно якнайшвидше, з найменшими затратами, налагоджуватись для нових вимог та виробів.

- *Необхідність моніторингу в реальному часі:* оскільки виробництву доводиться підлаштовуватися під нові вимоги, то саме моніторинг в реальному часі дозволяє приймати обґрунтовані рішення.
- *Складність виробничих процесів.* З кожним роком складність технологічно процесу виготовлення деталей зростає, це обумовлене підвищенням їхньої точності, надійності тощо. За допомогою ЦД можна легко контролювати всі процеси, які відбуваються на виробничій лінії.
- *Потреба у більшій рентабельності.* Через високу конкуренцію на ринку підприємства потребують більш інноваційних підходів, що підвищать рентабельність виробництва. Для підвищення рентабельності потрібні точні та своєчасні імітаційні моделі. Їх наявність дасть дані, що дозволить провести описову, прогнозовану та рекомендаційну аналітику для досягнення економічної ефективності на конкурентному ринку.

ЦД допомагають впоратися із цими викликами, що в свою чергу призведе до підвищення ефективності та виходу підприємства на новий рівень [3].

В основу цифрових двійників покладені інструменти машинного навчання та інтелектуального навчання. Їх роль, під час моделювання двійників, полягає у розширенні можливостей моделі на основі отриманих даних. Ці дані оновлюються в режимі реального часу під час будь яких змін, які відбуваються на виробництві. Це дозволить багатьом функція вдосконалювати виробничих процес. ЦД буде постійно працювати над пошуком найбільш ефективного виробничого процесу.

Головні елементи, які забезпечують надійне функціонування цифрових двійників (рис.2): збір даних, перевірка даних, обробка даних, розробка моделі, валідація моделі.

До ЦД неперервно надходять дані з датчиків, які прикріплені до виробничих компонентів. Ці дані можуть бути різного характеру, від кількості відпрацьованих годин до даних, які використовують функції моніторингу працездатності компонента. Дані проходять ретельну перевірку, так як на основі даних створюється модель, а дані можуть приходити з шумами, або взагалі із пустим значенням. Достовірність даних має першочергове значення, і тому попередня обробка даних є важливим завданням.

Далі починається обробка перевірених даних, а саме виявлення та маркування подій, виявлення процесів, після чого відбувається аналіз цих даних.

Наступним ключовим етапом у роботі ЦД є розробка моделі. Імітаційна модель створюється на основі всіх вхідних даних. Спочатку вона створюється під людським керівництвом, але далі модель сама автоматично оновлюється. Після створення моделі, розпочинається її ретельна перевірка, тобто отримання ефективної моделі, яка в свою чергу допоможе підвищити ефективність підприємства. Процедура валідації моделі проводиться через певні проміжки часу, для підтвердження актуальності моделі даним, які надходять у даний момент [2].

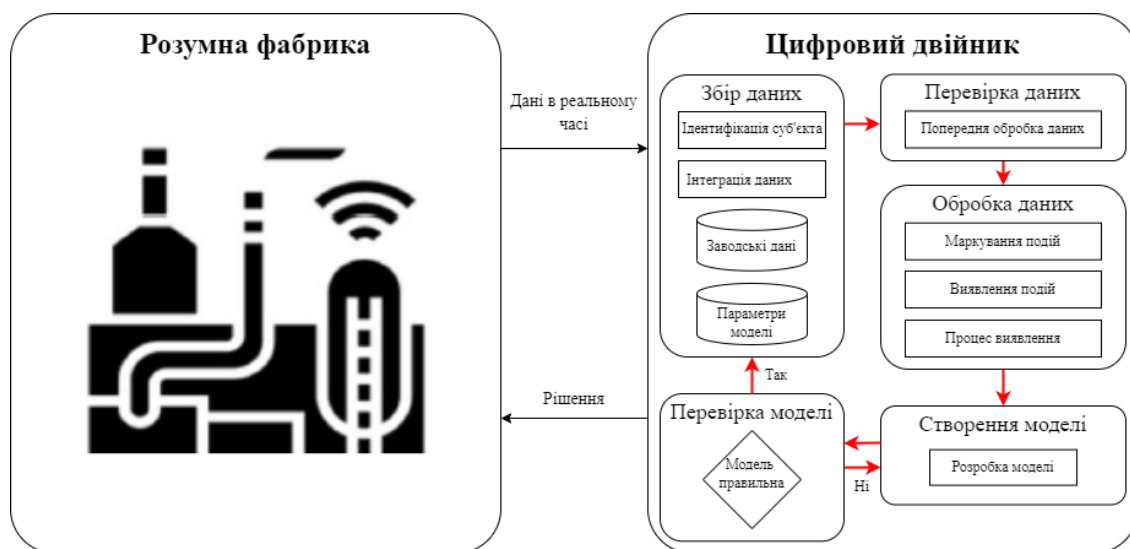


Рисунок 2. Структурна схема роботи цифрового двійника [2]

Після чіткого виконання усіх вище перерахованих етапів, ЦД буде правильно функціонувати. В свою чергу це дає нам можливість спостерігати за усіма процесами на виробничій лінії, слідкувати за станом усіх компонентів, моделювати нові технологічні маршрути та багато іншого, що суттєво впливає на затрати підприємства, цим самим підвищуючи економічну ефективність підприємства.

ВИСНОВОК

Використання цифрового двійника підприємства, дозволить тестову версію виробництва або продукту без істотних вкладень, на етапі запуску виявити слабкі місця, тим самим уникнувши проблем у подальшій експлуатації, прогнозувати працездатність продукту на довгі роки вперед. Тобто, зменшити витрати на виробничий процес, проводити його моніторинг в режимі реального часу, оскільки використовується інформація з датчиків реального пристрою, який працює паралельно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] «Ефективність виробництва, її сутність, економічні та соціальні показники»
Режим доступу –
https://pidru4niki.com/1081080639925/politekonomiya/efektivnist_virobnitstva_sutnist_ekonomichni_sotsialni_pokazniki
- [2] «A framework for data-driven digital twins of smart manufacturing systems»
Режим доступу –
https://www.researchgate.net/publication/357150951_A_framework_for_data-driven_digital_twins_of_smart_manufacturing_systems
- [3] «The development of Pilot Production Environments based on Digital Twins and Virtual Dashboards»
Режим доступу –
<https://research.utwente.nl/en/publications/the-development-of-pilot-production-environments-based-on-digital>

Наук. керівник – к.т.н., доц. Філіппова М.В.

УДК 681.2:537.7

О.В. Куликівський, студент гр. ПБ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ КВАЗІПЕРІОДИЧНИХ СТРУКТУР АМПЛІТУДНИМ МЕТОДОМ ДИФРАКТОМЕТРІЇ

Анотація. Розглянуто питання контролю статистичних характеристик періодичної структури деталей типу дифракційної ґратки, які використовуються у спектральних приладах, електромагнітних випромінювачах. Наведено алгоритм функціонування і функціональну блок-сему автоматизованої системи контролю періодичної структури ліній затримки.

Ключові слова: періодична структура, лазер, дифракція, автоматизація.

ВСТУП

Періодичні структури застосовуються у спектральних приладах, лініях затримки (ЛЗ) електромагнітних випромінювачів, радіотехніці та радіолокації, вимірювальній техніці та автоматичній [1], [2]. Призначення ЛЗ – затримка сигналів або імпульсів на певні інтервали часу при збереженні форми коливання для співставлення швидкості розповсюдження коливань в приладах множення потужності, фазових антенних ґратках, при паралельній багатоканальній обробці сигналів та в інших застосунках [3], [4].

Решітка складається із прозорих щілин шириною b_x і непрозорих стінок шириною a_x (Рис.1). Оскільки ширина стінок a_x і щілин b_x є випадковими величинами через різні технологічні похибки, що виникають у процесі виготовлення, основними їхніми характеристиками будуть середні значення a_x і b_x і середні квадратичні відхилення σ_a й σ_b .



Рисунок 1. Фотографії просторової квазіперіодичної структури: а – гонда структура; б – гнуті ламелі

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Пропонується варіант вдосконалення апаратурної реалізації методу контролю квазіперіодичних структур. Варіант функціональної блок-схеми апаратурної реалізації алгоритму амплітудного методу наведений на Рис. 2.

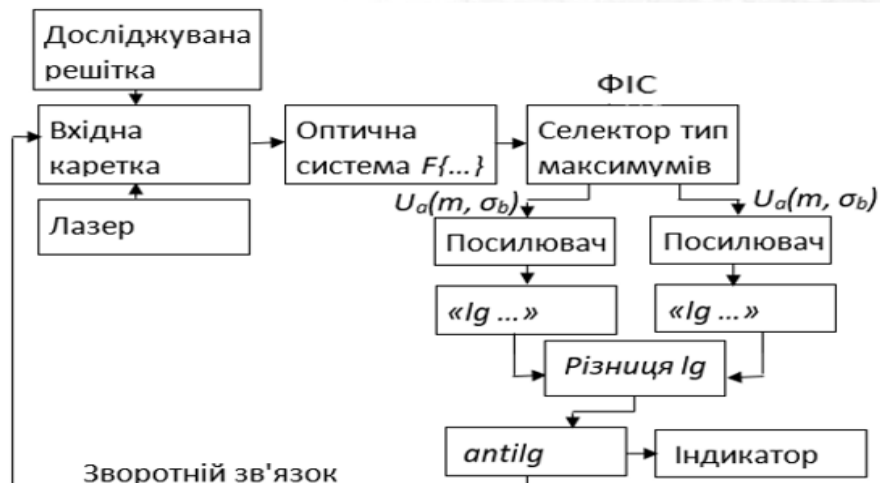


Рисунок 2. Схема алгоритму вимірювань

Контрольовану структуру поміщають у вхідній площині КОС і за допомогою оптичної системи формують у площині спектрального аналізу її дифракційне зображення, розподіл освітленості в якому є енергетичним спектром структури. Селектором, що представляє собою оптично непрозору маску, що містить дві щілинні діафрагми, виділяють амплітуди m -го й n -го максимумів спектра, які поканально реєструються двома фотодіодами, наприклад ФД-27К, підсилюються підсилювачами й надходять поканально на входи двох логарифматорів напруги [5], [6]. Вихідна напруга логарифматора пропорційно логарифму вхідної напруги, тобто величині світлового потоку в центрі m -го й n -го дифракційних максимумів. Вихідні напруги логарифматорів взаємно віднімаються й надходять на антилогарифматор, вихідна напруга якого, пропорційне відношенню амплітуд максимумів, надходить на індикатор параметра σ_b .

При експериментальних вимірюваннях параметрів енергетичного спектру використовувалися декілька ЛЗ. Дослідження статистичних характеристик просторової структури ЛЗ, з номерами 7, 918, 14, 23, 17, виконані по п'ять разів для кожної ЛЗ. На Рис. 3 (а, б, в, г) наведені середні значення по п'ятих вимірюваннях спектрограми I, III, V і VII максимумів спектру для вказаних вище номерів ЛЗ [7]. Для розширення динамічного діапазону G експериментальної установки, в оптичній системі КОС встановлювались послідовно два атенюатора з коефіцієнтом послаблення рівним 30,2 та 17,4. При вимірюваннях амплітуди вихідного сигналу фотонно-інтегральної схеми мілівольтметром, дисперсія вимірювань складала 4% від величини вимірюваної напруги. При аналізі отриманих кривих видно, що при збільшенні середнього квадратичного відхилення σ_b просторової структури ЛЗ, амплітуди максимумів її енергетичного спектру зменшуються, а ширина їх – збільшується.

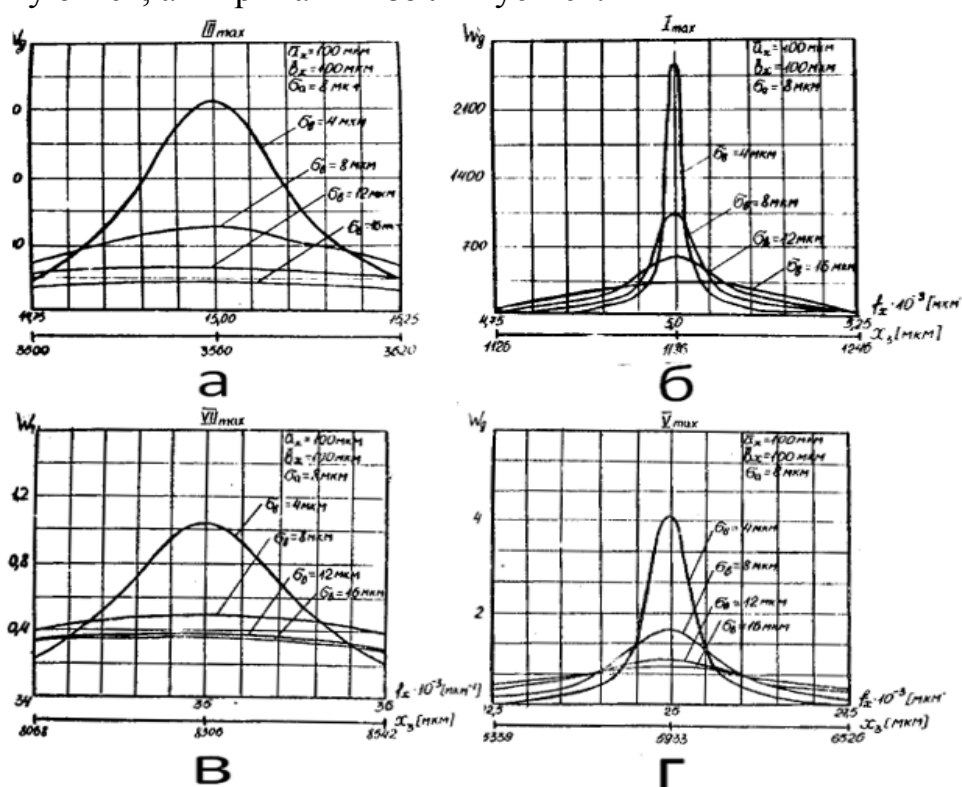


Рисунок 3. Енергетичні спектрограми просторової структури ЛЗ

На рис. 4 а, б показано фотографії енергетичного спектру просторової структури декількох ЛЗ із різною величиною параметру σ_b , по яких добре видно зменшення амплітуди та збільшення ширини максимумів по мірі збільшення параметру σ_b просторової структури ЛЗ [5], [7].

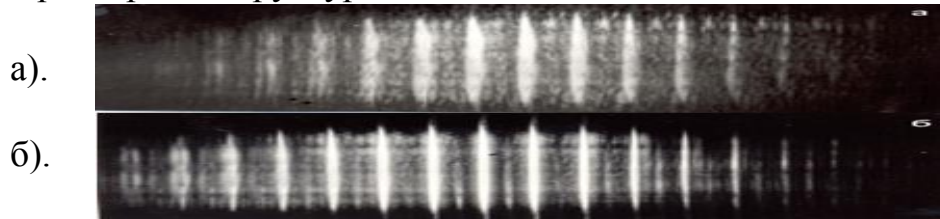


Рисунок 4. Фотографії енергетичного спектру просторової структури ЛЗ: а - $\sigma_b = 6,6$ мкм; б - $\sigma_b = 15,8$ мкм

АПАРАТУРНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Рис. 5. Функціональна блок-схема апаратної реалізації амплітудного методу контролю. Дану функціональну блок-схему буде включено до структурної схеми системи автоматизованого контролю.

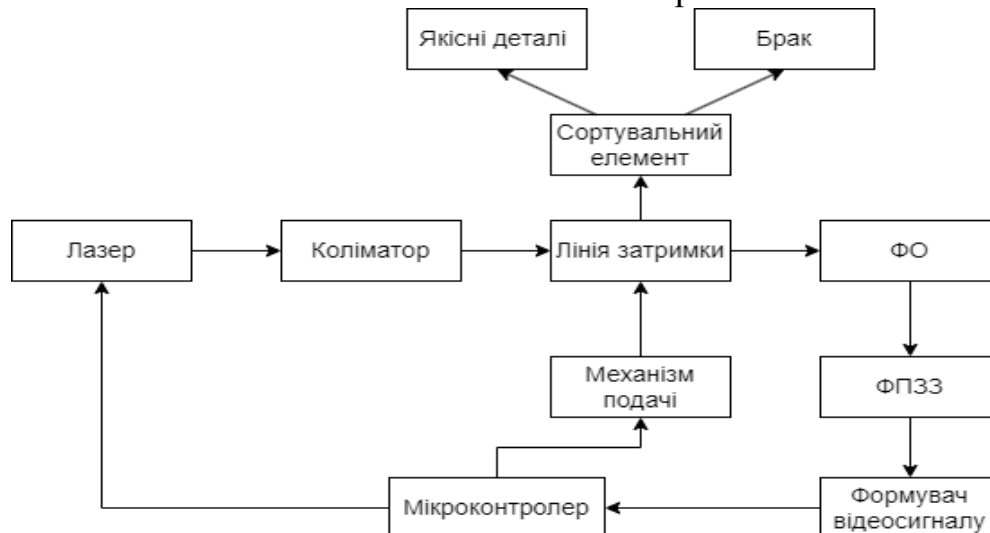


Рисунок 5. Функціональна блок-схема системи автоматизованого контролю

Оператор приймає рішення про необхідність контролю конкретної лінії затримки. Для цього він встановлює об'єкт контролю, а саме – лінію затримки, в механізм подачі, вмикає мікроконтролер, який у свою чергу, формує команду, після чого лінія затримки механізмом подачею переміщається в зону контролю. Далі мікроконтролер вмикає лазер, генерується когерентне випромінювання, пучок випромінювання лазера розширюється коліматором. Розширений пучок випромінювання освітлює лінію затримки, що контролюється. За лінією затримки по оптичній осі встановлено Фур'є-об'єктив (ФО). Фур'є об'єктив в площі аналізу формує Фур'є перетворення над дифракційною структурою лінії затримки. В площі спектрального аналізу встановлено ФПЗЗ – фотоприймач із зарядовим зв'язком, який перетворює просторовий розподіл освітленості в площі спектрального аналізу у відеосигнал. Даний відеосигнал утворюється формувачем відеосигналу, він поступає на вхідний пристрій мікроконтролеру, цим пристроєм є аналогово-цифровий перетворювач. За певним алгоритмом

відбувається обробка сигналу із ФПЗЗ-приймача, відбувається формування команди на механізм подачі лінії затримки. Відносно від того, які значення має контрольована лінія затримки, вона переміщується сортувальним блоком в касети, або де якісні деталі, що відповідають усім вимогам, або в браковані деталі. Таким чином відбувається контроль лінії затримки в автоматизованому режимі, практично без участі людини, усуваючи при цьому суб'єктивізм в процесі контролю.

ВИСНОВКИ

Запропоновано використання когерентних оптичних аналізаторів для контролю штрихових періодичних структур механічних ліній затримки, які дозволяють шляхом просторового Фур'є перетворення отримати інтегральну інформацію про статистичні характеристики.

Розроблено функціональну блок-схему системи автоматизованого контролю, що дозволить контролювати показники геометричної періодичної структури лінії затримки в автоматизованому режимі, виключаючи при цьому суб'єктивні фактори впливу на показники процесу контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Радіометричні НВЧ методи та засоби вимірювання фізичних величин [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / О. П. Яненко, С. М. Перегудов, К. Л. Шевченко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,30 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 352 с.
- [2] Palmer C. Diffraction Grating Handbook, 7th edition. – New York: Newport Corporation, 2014.
- [3] Palmer C. Diffraction Grating Handbook, 8th edition – New York: Newport Corporation, 2020.
- [4] Gilmour, A. S. (2011). Klystrons, Traveling Wave Tubes, Magnetrons, Cross-Field Amplifiers, and Gyrotrons. Artech House. pp. 3–4. ISBN 978-1608071845
- [5] Колобродов В.Г., Тимчик Г.С. «Прикладна дифракційна оптика» // Київ: НТУУ "КПІ", ВПК "Політехніка", 2014. –312с.
- [6] Колобродов В. Г., Тимчик Г. С. «Проектування дифракційних оптичних елементів і систем» // Київ: НТУУ "КПІ", 2013. –193с.
- [7] Kolobrodov V. G., Tymchuk G. S., Mykytenko V. I., Kolobrodov M. S. Physical and mathematical model of the digital coherent optical spectrum analyzer. // *Optica Applicata*, Vol. XLVII, No. 2, 2017 DOI: 10.5277/oa170210

Наук. керівник – д.т.н., проф. Тимчик Г.С.

УДК 681.2:658.511.4

О.С. Ланіга, аспірант, к.т.н., доц. Вислоух С.П.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ САПР ТП МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ

Анотація. У системах автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП) початкова інформація, що характеризує форму і розміри поверхонь деталі, задається проектувальником в режимі діалогу. Пов'язано це з низькою формалізацією даних, необхідних для розробки технологічних процесів (ТП). Представляється методика, що дозволяє використовувати 3D-модель деталі як джерело початкових даних для автоматизованого проектування ТП її механічної обробки та дає можливість поєднати сукупність конструкторських та технологічних параметрів в одній єдиній інформаційній моделі деталі (ІМД).

Ключові слова: модульна технологія, САПР, технологічний процес, стандарт STEP

ВСТУП

Постійне ускладнення конструкцій приладів і машин із одночасним зростанням вимог до них за надійністю роботи, функціональними можливостями, а також жорстка конкуренція на світовому ринку викликають необхідність скорочення часу виробничо-технологічного циклу з підвищенням якості проектних рішень. Це неможливо виконати без застосування новітніх засобів автоматизації при технологічній підготовці виробництва і безпосереднього при виробництві приладів та машин. Основною проблемою більшості сучасних САПР ТП є необхідність введення значної кількості інформації, необхідної для проектування ТП обробки деталі, в режимі діалогу[1]. При цьому відсутнє цілісне представлення деталі як об'єкта виробництва, встановлення зв'язків між конструкцією деталі та ТП її обробки виконується технологом-проектувальником. Рациональніше представити конструкторські параметри деталі (геометричні форми, розміри поверхонь, їх взаєморозташування тощо) і ТП її виготовлення у вигляді формалізованих даних, математичних моделей, що описуються деталь, утворюючи єдину інформаційну модель деталі [2].

МЕТА РОБОТИ

Головною метою дослідження є розробка методики автоматизованого проектування операційної технології механічної обробки типових поверхонь деталей приладів і машин на основі єдиної інформаційної моделі деталі та реалізація даної методики у вигляді програмного модуля САД/САМ-системи.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Запропоновано підхід, який дозволяє створити ІМД та впровадити її в САПР ТП. Основою ІМД є формалізоване представлення конструкції деталі у вигляді певних модулів, тобто деталь умовно розділяється на окремі поверхні, які об'єднуються у модулі. Кожний модуль складається з основної поверхні та поверхонь що є дотичними до неї. Для кожного такого модуля визначається ТП його механічної обробки і керуючі програми для верстатів з ЧПК. Така методика проектування подібна до модульної технології, що ґрунтується на представленні деталі сукупністю модулів поверхонь (МП) та побудови технологічного процесу

деталі із модулів технологічного процесу виготовлення, які є закінченими частинами процесу виготовлення МП [3]. Модульна технологія дозволяє значно підвищити ефективність виготовлення деталей за рахунок використання більш ефективних організаційних форм виробничих процесів, широкої типізації й уніфікації технологічних процесів та засобів їх здійснення в одиничному та середньосерійному виробництвах[3]. Проте вона володіє також і значними недоліками: щоразу при проектуванні ТП для нової деталі технологую-проектувальнику необхідно самостійно проводити аналіз креслення деталі, що проектується, для можливості представлення деталі сукупністю МП з подальшим формуванням із них інтегральних модулів поверхонь. Цей етап проектування виконується або в ручному, або в діалоговому режимі, тому що креслення деталі представлене в традиційному вигляді важко піддається формалізації, а отже не може використовуватися для високорівневих САПР ТП.

Для реалізації запропонованого підходу з використанням принципів модульної технології необхідно, щоб деталь була представлена у вигляді геометричних елементів, які легко формалізуються. Таким представленням може бути 3D-модель деталі [4]. Проте кожна САД-система реалізує свої власні формати збереження 3D-моделей, що ускладнює імплементацію запропонованого підходу через необхідність для кожної з них реалізовувати алгоритми отримання геометричних даних деталі із її 3D-моделі. Проте більшість сучасних САД-систем підтримують міжнародний стандарт для комп'ютерного представлення і обміну даними виробу STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data), що описаний у сукупності стандартів ISO 10303. 3D-модель деталі, збережена в форматі прикладного протоколу STEP AP203, описує її поверхні, їх геометричні форми, розміри, взаєморозташування та дозволяє використовувати ці дані при автоматизованому проектуванні ТП.

Пропонується модулі поверхонь деталі представляти в об'єктно-орієнтованому вигляді, тобто кожний модуль – це окремий програмний об'єкт в автоматизованій системі проектування. ІМД – це також окремий об'єкт, який складається із упорядкованого масиву об'єктів модулів поверхонь деталі. При такій реалізації ІМД легко зберігається в базі даних. Вся інформація, що міститься в ІМД чітко структурована, що дозволяє забезпечувати контроль правильності обробки даних тощо. З ІМД, представленої як об'єкт, також можливо проводити різноманітні дії, зокрема порівнювати її з іншою моделлю, розширювати, проводити певний аналіз чи розрахунок тощо.

Для автоматизованого визначення ТП механічної обробки деталей пропонується використовувати комплексну деталь, для якої попередньо буде створена ІМД. Для кожного модуля поверхонь комплексної деталі буде визначена множина можливих ТП його механічної обробки і керуючих програм для верстатів з ЧПК, яка зберігатиметься в базі даних. При цьому, такі параметри, як точність та шорсткість основної поверхні, є обмежувальними критеріями для даної множини. При проектуванні процесу механічної обробки конкретного модуля будуть використовуватися ті ТП, що дають змогу отримати задані параметри. Оскільки ІМД комплексної деталі та ІМД деталі, що обробляється, містять множини модулів їх поверхонь, то шляхом перетину цих множин

можливо визначити подібні модулі. Основою такого перетину є порівняння цих модулів за формою основних поверхонь та взаєморозташуванням дотичних. Результатом перетину буде масив модулів поверхонь комплексної деталі, які містять вже визначені множини можливих ТП їх обробки. Наклавши на результуючий масив обмеження за точністю, шорсткістю основної поверхні, потужністю наявного виробничого обладнання та інших виробничих параметрів буде отримано ТП механічної обробки заданої деталі. При цьому технолог-проектувальник може провести валідацію цього рішення і, у разі потреби, відкоригувати його. Також пропонується використання нейронної мережі для навчання автоматизованої системи, що проектується, з метою підвищення ефективності отриманих результатів і врахування правок інженера-технолога в майбутніх процесах проектування.

ВИСНОВКИ

Запропонована методика автоматизованого проектування операційної технології механічної обробки типових поверхонь деталей приладів і машин на основі єдиної ІМД дозволяє спроектувати високоефективну САПР ТП, забезпечити гнучкість процесу проектування та покращити якість проектних робіт, уникнути помилок як при розробці ТП, так і безпосередньо при виробництві деталей. Крім того, ІМД дозволяє представляти інформацію в зручному вигляді в залежності від способу її використання: для інженерів-проектувальників – у вигляді креслень і технологічних карт; для верстатів з ЧПК – у вигляді програм в машинному коді, який підтримує конкретна модель верстату тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Антонюк В.С., Вислоух С.П., Лапіга О.С. Автоматизоване проектування операційної технології обробки типових поверхонь деталей // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – Вып. 77. – С. 3-7
- [2] Лапіга О.С., Вислоух С.П. Сучасні тенденції розробки систем автоматизованого проектування операційної технології // Нові технології: науковий вісник КУЕІТУ. – Кременчук: КУЕІТУ, вип. №1(23), 2009. – С. 139-142
- [3] Машиностроение. Энциклопедия. Технология изготовления деталей машин Т. III-3/ А.М. Дальский, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров и др.; Подобщ. ред. А.Г. Сулова – М.: МЗ8 Машиностроение, 2000. – 840с., ил.
- [4] Вислоух С.П., Лапіга О.С. Використання 3d-креслення деталі при автоматизованому проектуванні технологічних процесів механічної обробки // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: зб. наук. пр. / Житомир. держ. технол. ун-т. – Житомир: Вид-во ЖДТУ, 2011. – Вип. 11. – С. 36-44

Наук. керівник – к.т.н., доцент Вислоух С.П.

УДК 004.93'1

І.В. Масненко, аспірант гр. ПБ-11ф, к.т.н., доц. Стельмах Н.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ ВИРОБІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО БАЧЕННЯ

Анотація. В роботі розглянуто проблематику контролю вихідних характеристик готової продукції та запропоновано алгоритм визначення дефектів за допомогою комп'ютерного бачення, а саме використання оптичних камер дозволяє отримати зображення на яких чітко видно градієнт кольору, геометричну форму, внутрішній стан об'єктів контролю.

Ключові слова: комп'ютерне бачення, методика, автоматизоване виробництво, контроль якості

ВСТУП

Контроль якості у виробничих процесах має вирішальне значення у думках людей стосовно продукту, який вони споживають. І для того, щоб не знижувати рівень довіри до компанії, та запобігти додатковим витратам важливо здійснювати вихідний огляд продукції. Зростаюча зацікавленість до технології комп'ютерного бачення зумовлена, безконтактним методом контролю, високою точністю та продуктивністю, за відносно низьку вартість [1].

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Контроль якості у виробництві, визначає чи відповідає виріб вимогам до продукту. Для кожного виробника важливо, щоб їх продукція досягала необхідного рівня, адже це може привести до проблем в продажах чи зашкодити довірі споживачів. Традиційні методи контролю залежать від контактних методів чи залежності від людського втручання, однак продуктивність перевірки людини знижується протягом робочого дня та за великого циклу повторюваних операцій контролю, це може призвести до того, що деякі відхилення залишаться непоміченими і не відомо до якого результату це приведе.

В наше сьогодення в технологічному процесі відбулись зміни, морально виснажлива робота контролю якості переходить від людського ока до машин. Значні стрибки здійснюються із кожним роком, за рахунок покращення апаратного та програмного забезпечення. Провідною у цьому напрямку є технологія Machine Vision (MV), яка на обробляє отримані зображення, щоб імітувати людський огляд. Звичайна система використовує принаймні одну камеру та блок керування, але уже з цим знаряддям можна аналізувати декілька параметрів продукту як: аналіз розмірів, поверхні або кольору і кожен з цих параметрів, можна пов'язати із бажаним аспектом якості. На відміну від людей, система може забезпечувати постійну продуктивність протягом довгих годин за відносно низьку вартість. Крім того, машинне бачення, може забезпечити значно більшу швидкодію на відміну від людського контролю. Це є важливими факторами для підприємств, які прагнуть максимізувати ефективність виробничих процесів [1].

Загальним завданням комп'ютерного бачення є забезпечення відповідності стану об'єкту контролю, до заданих параметрів за допомогою даних, отриманих із камер контролю. Більшість систем працюють за методом суцільного контролю якості неперервно із роботою конвеєрної лінії, таким чином захоплюючи

двовимірні фото дані для аналізу. За допомогою отриманих піксельних даних система комп'ютерного бачення може аналізувати, чи відповідає об'єкт контролю допуску довжини, ширини та площі поверхні. Система Machine Vision, що описана в цій статті спрямована на суцільний контроль якості таких параметрів: довжина, ширина, зовнішній та внутрішній діаметер, відхилення геометричної форми, наявність внутрішніх дефектів, тріщини, сколи, дефекти порізки, колір та пігментацію. Вона має високу адаптивність, що не вимагає тривалого навчання моделі, і гнучка до зміни об'єкту контролю [2-3].

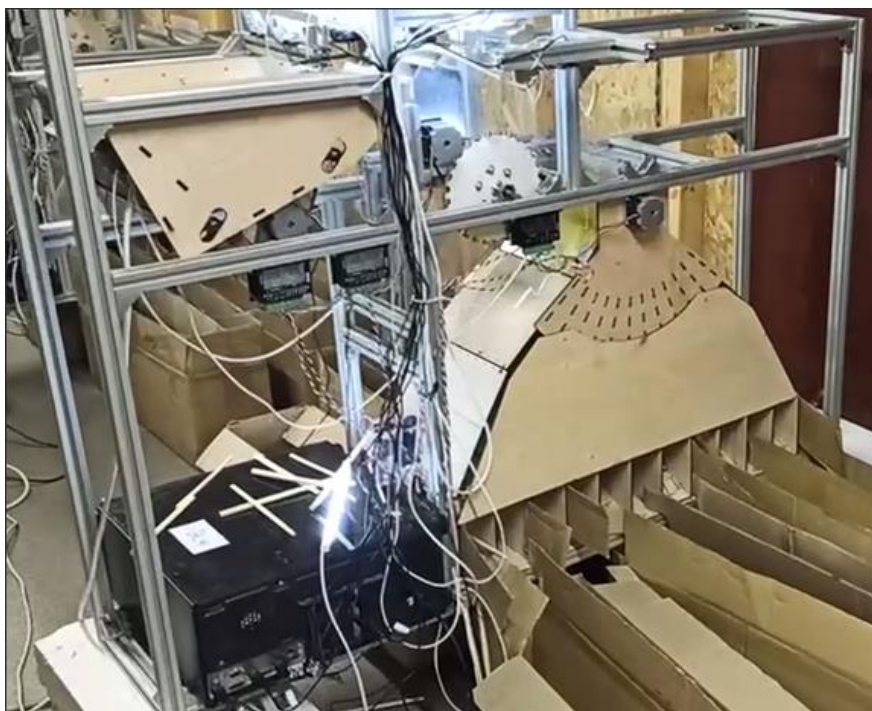


Рис. 1 Система вихідного контролю

Алгоритм роботи (рис. 2) даного виробу (рис. 1) починається із загрузки очеретяних трубок, які пройшли попередню обробку в диспенсер, який в свою чергу забезпечує їх неперервну та рівномірну подачу на наступний етап. Зубчасте колесо, яке поштучно захватує трубку та транспортує в зону контролю, в якій уже безпосередньо розташована камера.

Сама зона контролю оснащена додатковим освітленням та виділена білим фоном, для пришвидшення швидкодії роботи програмного забезпечення над обробкою даних, шляхом зменшення шумів зображення та підвищення інтенсивності виділення дефектів на об'єктах контролю.

Зубчасте колесо приводиться в дію шляхом крокового електродвигуна за рахунок того, що в програмне забезпечення заданий імпульс струму, який дає можливість отримання куту повороту, отримане кругове переміщення легко корегується та редагується, завдяки цьому після обробки зображень і отримання результатів, система Machine vision на основі даних, виконує процедуру вихідного сортування виробів у різні сектори, які коригуються сервоприводом у відповідний сектор, який розприділяє на готові вироби, відходи, та вироби які ще можна доопрацювати по відповідним критеріям.

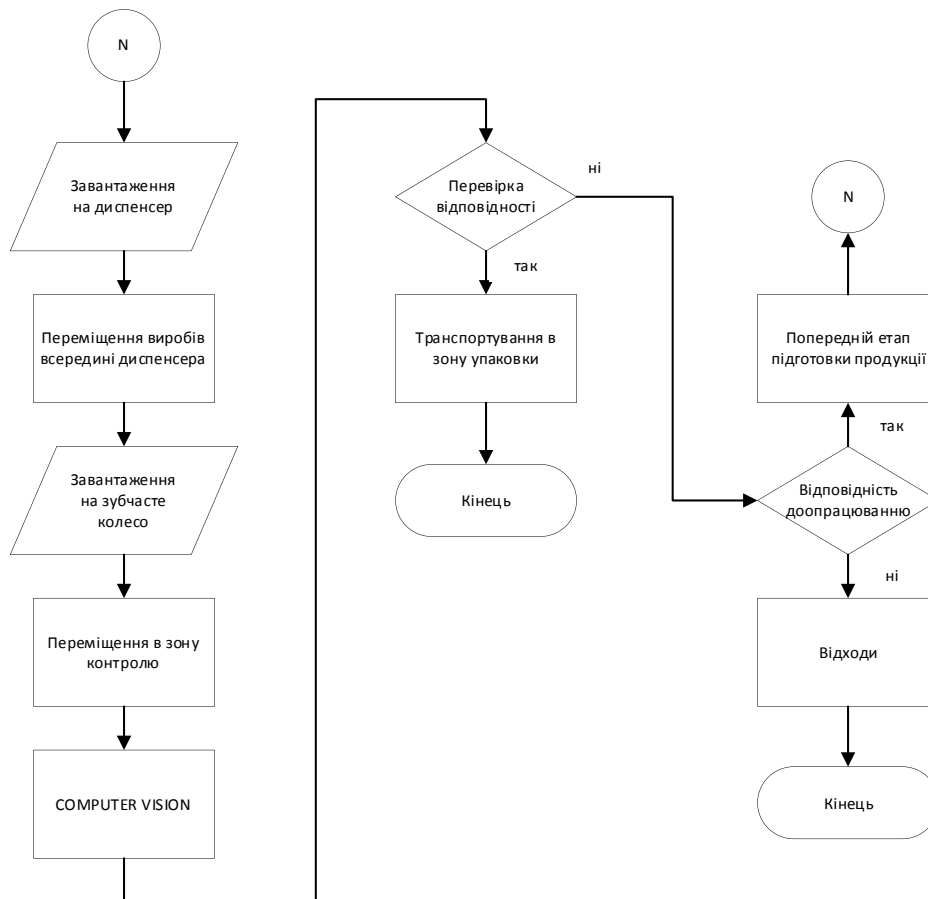


Рис. 2 Алгоритм роботи системи вихідного контролю

ВИСНОВОК

Використання алгоритму визначення дефектів виробів за допомогою комп'ютерного бачення забезпечує суцільний вихідний контроль якості, із одночасним сортуванням, що в свою чергу підвищило загальну якість продукції, та дозволило зменшити відсоток відходів, за рахунок підвищеного контролю досліджуваних зразків. Перспективою подальших досліджень є розроблення методології оптимізації функціоналу роботи системи вихідного контролю якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ігор Мастенко, Сергій Сапон, Наталія Стельмах, Machine vision як невідомна частина інтелектуальних технологічних систем. *ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ* № 4(26), 2021, с. 58-65 . DOI: 10.25140/2411-5363-2021-4(26)-58-66
- [2] Сучасні підходи до розв'язання задач комп'ютерного зору / Р.М. Тимчишин, О.Є. Волков, О.Ю. Господарчук, Ю.П. Богачук // *Управляющие системы и машины*. — 2018. — № 6. — С. 46-73. — Бібліогр.: 48 назв. — укр.
- [3] I.V. Mastenko, N.V. Stelmakh. GENERATIVE DESIGN OF A FRAME TYPE CONSTRUCTION. *KPI Science News* 2021 / 2, p 81-89., DOI: <https://doi.org/10.20535/kpispn.2021.2.236954>.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Стельмах Н.В.

УДК 621.951:32.966

О.В. Матошин, студент гр. ПБ-21мн
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СВЕРДЛІННЯ ОТВОРІВ У ДЕТАЛЯХ З ВУГЛЕПЛАСТИКУ

Анотація. У роботі розглядаються питання застосування нечіткого логічного контролера для підвищення ефективності та якості процесу свердління деталей із вуглепластику. За допомогою логічного контролера можна керувати режимами оброблення (швидкістю та подачею) верстата для заданого діаметра отвору з отриманням оптимальних значень осьової сили, крутного моменту, коефіцієнта розшарування та необхідної шорсткості обробленої поверхні.

Ключові слова: вуглепластики, свердління, нечіткий логічний контролер, подача і швидкість різання, шорсткість поверхні.

ВСТУП

Полімерні композитні матеріали широко використовуються у високоефективних технологіях сучасного приладо- та машинобудування. Особливого поширення набуває виробництво деталей із вуглецевими волокнами та гнучкою матрицею з епоксидної смоли [1]. Даний матеріал характеризується високими показниками міцності та жорсткості, має відносно низьку щільність, високу здатність до гасіння коливань та стійкість до корозії. При їх обробленні найбільш часто використовуються операції свердління для отримання отворів під кріпильні елементи. Цей процес супроводжується розшаруванням, високою шорсткістю поверхні та сколами.

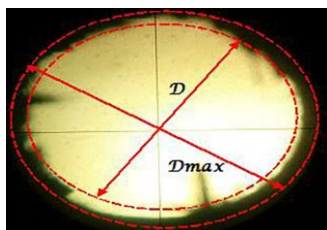


Рисунок 1. Зображення розшарування отвору

Коефіцієнт розшарування $K_{розш}$ отвору, що зображений на рисунку 1, визначається за формулою:

$$K_{розш} = \frac{D_{max}}{D}, \quad (1)$$

де D_{max} – максимальний діаметр отвору;

D – номінальний діаметр отвору.

Якість отворів визначається сукупністю декількох параметрів, таких як шорсткість, стан волокон, розшарування композиту при вході свердла в отвір та його виході з отвору, викришування поверхні отвору та термодеструкція матриці. Розшарування є серйозною проблемою при свердлінні вуглепластика, тому для його зменшення потрібно встановлення оптимальних режимів різання [3-5].

Через зростаючі вимоги до отримання високоточних отворів шорсткість поверхні відіграє важливу роль в сучасному виготовленні виробів. Шорсткість поверхні впливає на такі функціональні характеристики виробів: стійкість до втоми, тертя, зношування та передача тепла. Середньоквадратична шорсткість поверхні Ra є найпоширенішим показником для визначення якості поверхні отвору.

Механічне оброблення композиційних матеріалів, армованих вуглецевим волокном, є надзвичайно актуальною задачею внаслідок неоднорідності та анізотропії властивостей. Високі пружні властивості композиційних матеріалів викликають підвищене зношування інструменту по задній поверхні через інтенсивні контактні явища [2]. Тому пропонується для підвищення

ефективності процесу свердління отворів в деталях з вуглепластику використовувати нечіткий логічний контролер, що дозволяє прогнозувати деякі параметри процесу в режимі реального часу. В порівнянні з іншими підходами штучного інтелекту нечітка логіка вимагає менше апаратних і програмних ресурсів та візуально простіша для застосування оператором верстата.

Метою роботи є підвищення ефективності та параметрів якості процесу свердління деталей із вуглепластику шляхом створення нечіткого логічного контролера у середовищі MATLAB для прогнозування вихідних параметрів процесу різання, а саме: осьової сили, крутного моменту, коефіцієнта розшарування та шорсткості поверхні, шляхом зміни вхідних параметрів: режимів різання (кількості обертів та подачі свердла) для певного діаметра отриманого отвору.

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА

Ефективність традиційної системи свердління можна легко підвищити, маніпулюючи параметрами запропонованої системи керування на основі нечіткої логіки [3-5]. Нечітка логіка – це інтелектуальний інструмент оптимізації, що аналогічний теорії нечітких множин. Використання нечіткої логіки базується на використанні ступені входження окремих елементів за функціями належності. Нечітка логіка виникає усюди, де інформація про об'єкти є неповною або неточною.

При нечіткому моделюванні лінгвістичні твердження виражаються математично функціями належності певного типу та відповідають аналізу людини-експерта. Нечіткі системи формують свої рішення згідно вхідних та вихідних даних у вигляді лінгвістичних змінних. При цьому змінні перевіряються за допомогою правил ЯКЩО-ТО, які дають одну або кілька відповідей залежно від того, які правила затверджено. Відповідь кожного правила оцінюється відповідно до ступеня належності його входів. Фрагмент даних правил наведений на рисунку 2.

1. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is low) then (thrust_force(N) is low)(torque(Nm) is low)(delamination_factor is high) (1)
2. If (spindle_speed(rpm) is medium) and (feed(mm/min) is medium) then (thrust_force(N) is low)(torque(Nm) is low)(delamination_factor is high) (1)
3. If (spindle_speed(rpm) is high) and (feed(mm/min) is high) then (thrust_force(N) is low)(torque(Nm) is low)(delamination_factor is high) (1)
4. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is medium) then (thrust_force(N) is medium)(torque(Nm) is medium)(delamination_factor is high) (1)
5. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is high) then (thrust_force(N) is high)(torque(Nm) is high)(delamination_factor is low) (1)
6. If (spindle_speed(rpm) is medium) and (feed(mm/min) is low) then (thrust_force(N) is medium)(torque(Nm) is medium)(delamination_factor is low) (1)
7. If (spindle_speed(rpm) is medium) and (feed(mm/min) is high) then (thrust_force(N) is high)(torque(Nm) is high)(delamination_factor is high) (1)
8. If (spindle_speed(rpm) is high) and (feed(mm/min) is low) then (thrust_force(N) is medium)(torque(Nm) is medium)(delamination_factor is low) (1)
9. If (spindle_speed(rpm) is high) and (feed(mm/min) is medium) then (thrust_force(N) is high)(torque(Nm) is high)(delamination_factor is medium) (1)
10. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is low) and (diameter(mm) is low) then (surface_roughness(μm) is low) (1)
11. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is low) and (diameter(mm) is medium) then (surface_roughness(μm) is low) (1)
12. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is low) and (diameter(mm) is high) then (surface_roughness(μm) is low-medium) (1)
13. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is medium) and (diameter(mm) is low) then (surface_roughness(μm) is low-medium) (1)
14. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is medium) and (diameter(mm) is medium) then (surface_roughness(μm) is low-medium) (1)
15. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is medium) and (diameter(mm) is high) then (surface_roughness(μm) is medium) (1)
16. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is high) and (diameter(mm) is low) then (surface_roughness(μm) is medium) (1)
17. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is high) and (diameter(mm) is medium) then (surface_roughness(μm) is high-medium) (1)
18. If (spindle_speed(rpm) is low) and (feed(mm/min) is high) and (diameter(mm) is high) then (surface_roughness(μm) is highest) (1)
19. If (spindle_speed(rpm) is medium) and (feed(mm/min) is low) and (diameter(mm) is low) then (surface_roughness(μm) is lowest) (1)
20. If (spindle_speed(rpm) is medium) and (feed(mm/min) is low) and (diameter(mm) is medium) then (surface_roughness(μm) is low) (1)
21. If (spindle_speed(rpm) is medium) and (feed(mm/min) is low) and (diameter(mm) is high) then (surface_roughness(μm) is low-medium) (1)

Рисунок 2. Фрагмент бази правил нечіткого логічного контролера

Побудова нечіткої системи складається з наступних етапів: фазифікації, бази правил та дефазифікації. Блок фазифікації здійснює перетворення

вимірних реальних даних у відповідні для цього значення лінгвістичних змінних. Етап фазифікації для вхідних змінних показано на рисунках 3–5, а для вихідних змінних – на рисунках 6–9. Блок дефазифікації застосовується для вироблення чіткого рішення або дії, що виконує керування у відповідь на результати, отримані в блоці виведення. У роботі використовується дефазифікація методом центра тяжіння (центроїдним методом).

Форма та діапазон функцій належності для вхідних та вихідних змінних встановлено експериментально в роботах [3,5].

Етап формування бази правил полягає в створенні механізму логічного висновку шляхом введення 36 правил. Впровадження нечіткого контролера знизить ризик зношування свердла та підвищить продуктивність оброблення. Крім того, це сприяє автоматизації виробництва.

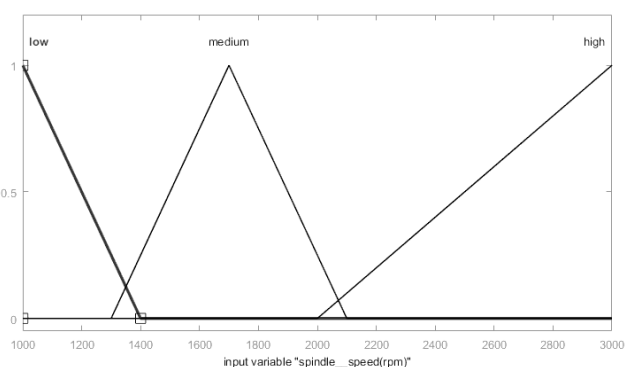


Рисунок 3. Функція належності змінної «кількість обертів (об/хв)»

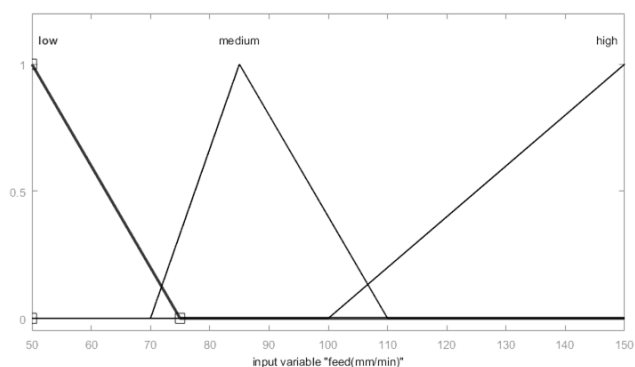


Рисунок 4. Функція належності змінної «подача (мм/хв)»

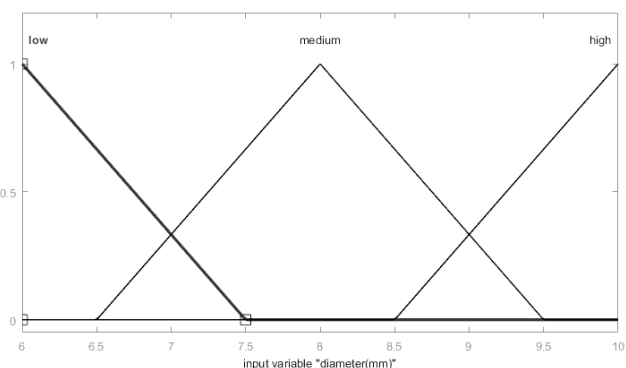


Рисунок 5. Функція належності змінної «діаметр отвору (мм)»

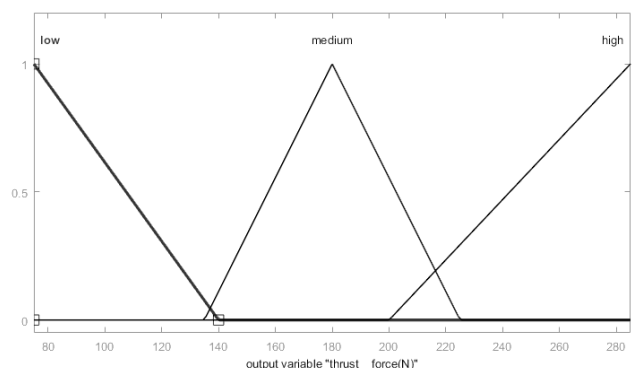


Рисунок 6. Функція належності змінної «осьова сила (Н)»

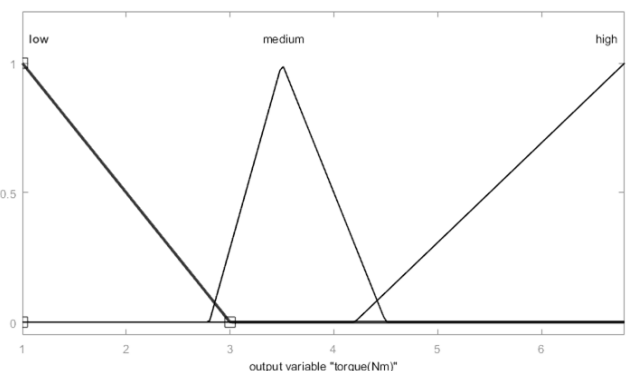


Рисунок 7. Функція належності змінної «крутний момент (Нм)»

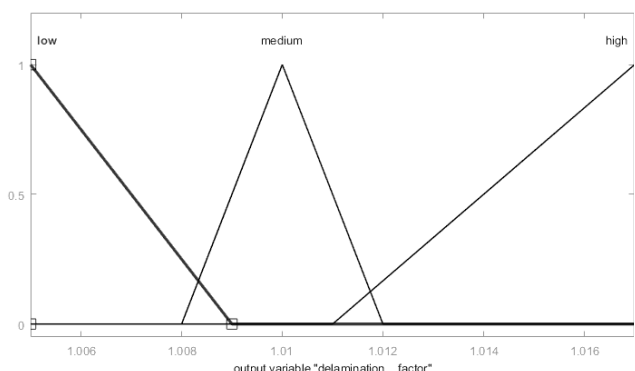


Рисунок 8. Функція належності змінної «коефіцієнт розшарування»

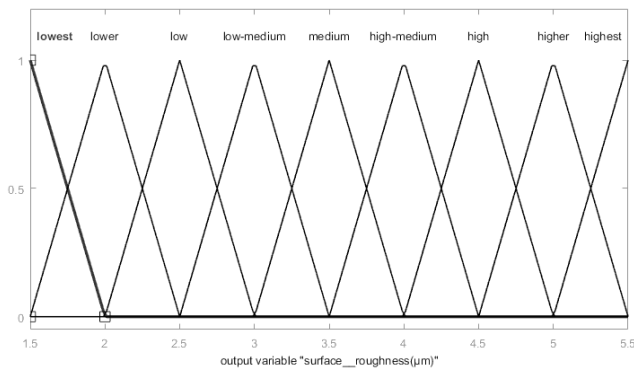


Рисунок 9. Функція належності змінної «шорсткість (мкм)»

шорсткість поверхні Ra – 4 мкм. Якщо вихідні параметри процесу не задовольняють вказаним умовам свердління, то потрібно змінити режими різання – кількість обертів свердла та/або його подачу.

Візуалізація нечіткого логічного результату показана на рисунку 10. Для цього задано такі значення вхідних параметрів: кількість обертів – 2000 об/хв, подача – 150 мм/хв, діаметр отвору – 8 мм. У середовищі MATLAB за створеною базою правил отримано наступний результат процесу свердління отвору 8 мм: осьова сила – 248 Н, крутний момент – 5,67 Нм, коефіцієнт розшарування – 1,01,

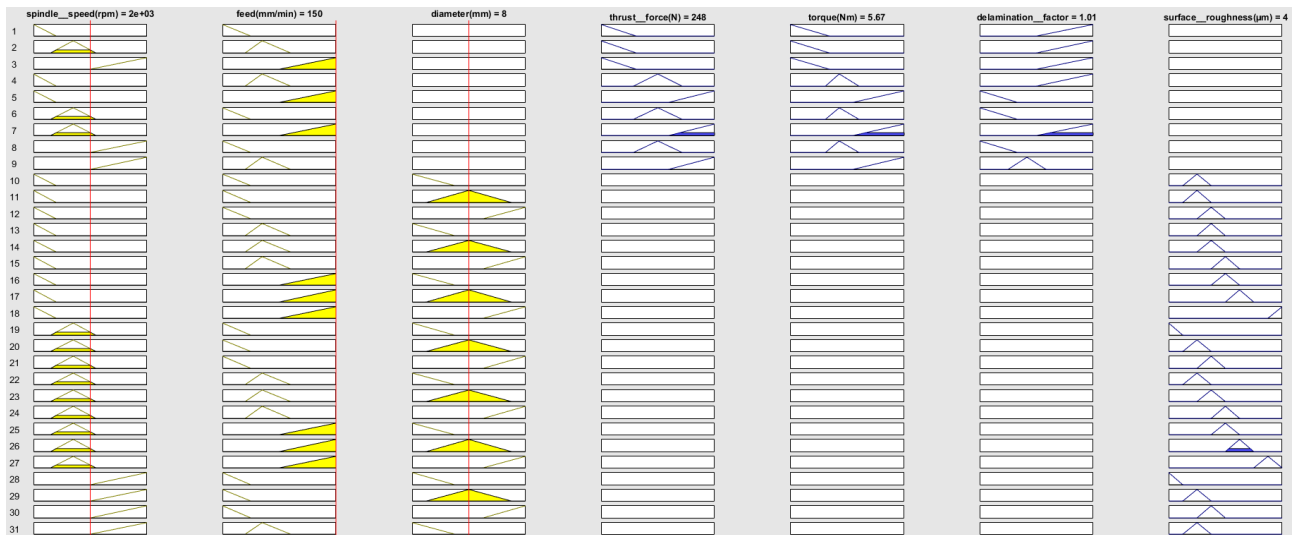


Рисунок 10. Візуалізація нечіткого логічного результату

Нечіткий логічний контролер (FLC) є успішним застосуванням теорії нечітких множин. Продуктивність FLC залежить від його бази знань. У цій роботі нечітке логічне керування використовується для прогнозування осьової сили, крутного моменту, коефіцієнта розшарування та шорсткості поверхні при свердлінні вуглепластику.

ВИСНОВКИ

За результатами дослідження процесу свердління отворів в деталі із вуглепластику з використанням створеного нечіткого логічного контролера встановлено, що при збільшенні кількості обертів, подачі та використанні свердла невеликого діаметра, осьова сила та крутний момент зменшуються. При максимальній подачі свердла осьова сила збільшується, що призводить до розшарування поверхонь навколо просвердленого отвору. Із отриманих результатів слідує, що при підвищених обертах, низькій подачі та використанні свердла середнього діаметра коефіцієнт розшарування мінімальний. Це очевидно з того, що на високих обертах виділяється більше тепла внаслідок тертя

між різальними кромками інструменту та вуглепластиком, що призводить до розм'якшення матриці і зменшує осьову силу та розшарування.

Аналіз проведених досліджень показав, що діаметр свердла і подача найбільше впливають на осьову силу і крутний момент. В свою чергу, діаметр свердла і кількість обертів найсуттєвіше впливають на розшарування.

Запроектований нечіткий логічний контролер доцільно застосувати при створенні системи керування процесом свердління деталей з вуглепластику.

Розроблення системи керування процесом свердління отворів в деталях з вуглепластику з використанням нечіткого логічного контролера дозволить виготовляти деталі необхідної якості з мінімальними витратами.

Адекватність нечіткого регулятора можна підвищити шляхом врахування більшої кількості вхідних змінних і розширення діапазону зміни параметрів. Моделі нечіткої логіки, що запропоновані у роботі, доцільно використовувати в сучасних САРР системах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Geier N, Davim JP, Szalay T. Advanced cutting tools and technologies for drilling carbon fibre reinforced polymer (CFRP) composites: a review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2019;125:105552. doi: 10.1016/j.compositesa.2019.105552.
- [2] L. Romoli, A.H.A. Lutey Quality monitoring and control for drilling of CFRP laminates. *Journal of Manufacturing Processes*. 2019;40:16-26. doi: 10.1016/j.jmapro.2019.02.028.
- [3] H. B. Upputuri, V. S. Nimmagadda and E. Duraisamy, Optimization of drilling parameters on carbon fiber reinforced polymer composites using fuzzy logic, *Materials Today: Proceedings*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.400>.
- [4] N. U. Ahamed et al., "Fuzzy logic controller design for intelligent drilling system," 2016 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), 2016, pp. 208-213, doi: 10.1109/I2CACIS.2016.7885316.
- [5] B. Latha & V. S. Senthilkumar (2010) Modeling and Analysis of Surface Roughness Parameters in Drilling GFRP Composites Using Fuzzy Logic, *Materials and Manufacturing Processes*, 25:8, 817-827, DOI: 10.1080/10426910903447261.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Вислоух С.П.

УДК 621.9.08:658.562

Б. П. Мельничук, студент гр. ПБ-21мп, к.т.н., доц. Шевченко В. В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ В УМОВАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Анотація. В роботі представлено систему контролю параметрів якості поверхні, а саме геометричного параметру шорсткості за допомогою методу хроматичного конфокального зондування. Розроблена принципова схема та блок-схема системи вимірювання параметрів шорсткості поверхні деталей приладів.

Ключові слова: параметри шорсткості поверхні, якість поверхні деталей приладів, система контролю.

ВСТУП

Експлуатаційні характеристики деталей, які впливають на надійність та точність роботи приладу, безпосередньо залежать від параметрів шорсткості поверхні деталей приладів[1], тому їх обробка із заданими параметрами шорсткості є дуже важливою. Але для використання звичайних методів вимірювання параметрів шорсткості, зазвичай, необхідно знімати деталь із верстату між операціями, що, потенційно, вносить частку похибок в процес обробки деталі. Одночасно з тим, портативні прилади для вимірювання параметрів шорсткості не підходять для вимірювання деталей малих розмірів та складних геометричних форм. Представлена система вимірювання параметрів шорсткості в процесі обробки деталі дозволить підвищити точність і надійність роботи приладу, за рахунок того, що вимірювання не потребують зняття деталі з верстату і, відповідно, збільшити економічну ефективність виробництва.

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАНЬ

Шорсткість поверхні — важливий показник у технічній характеристиці виробу та точності його виготовлення, що впливає на експлуатаційні властивості деталей і вузлів приладів; це характеристика нерівностей поверхні, виражена у числових величинах, що визначають ступінь їхнього відхилення на базовій довжині від теоретично гладких поверхонь заданої геометричної форми.

Шорсткість відноситься до мікрогеометрії твердого тіла і визначає його найважливіші експлуатаційні властивості: зносостійкість від стирання, міцність, герметичність з'єднань, хімічна стійкість, зовнішній вигляд. Залежно від умов роботи поверхні призначається параметр шорсткості при проектуванні деталей машин.

За даними досліджень [2], вимірювання шорсткості поверхні деталі можна виконувати на верстаті безпосередньо в процесі обробки (вимірювання в процесі) або шляхом переривання процесу та проведення вимірювань деталі, що закріплена в деталетримачі (вимірювання на місці). Для вимірювань у процесі та на місці можуть бути використані різні методики. Ці методи можна розділити на шість методів: механічний, оптичний, пневматичний, ультразвуковий, електричний і температурний. Часто використовуються оптичні методи, оскільки вони забезпечують гарний компроміс між швидкістю отримання даних і роздільною здатністю аксіального вимірювання.

Вимірювання проводяться за допомогою методу хроматичного конфокального зондування [3]. Джерело S випромінює точкове біле світло, яке після проходження хроматичної лінзи L утворює набір монохроматичних зображень. Відбите світло проходить через отвір P , який фільтрує всі довжини хвиль окрім однієї, λ_j . Положення точки фокусування M може змінюватись, для зміни довжини хвилі λ_j (рис. 1). Датчик, із діапазоном випромінювання 100 мкм (5нм осьової роздільної здатності), який використовується в процесі обробки, прикріплений до вимірювального пристрою.

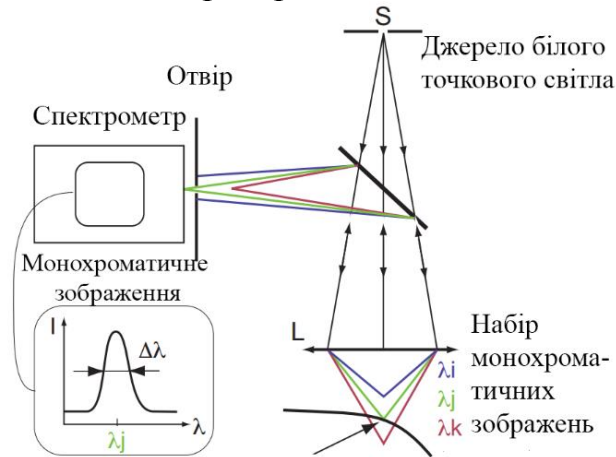


Рисунок 1. Принципова схема вимірювання параметрів шорсткості

Датчиком є конфокальний хроматичний сенсор. Для вимірювання в процесі обробки вимірювальна головка встановлюється на шпинделі верстата за допомогою спеціального пристрою та стандартного кріплення для тримача інструменту HSK 63A.

Оптичний датчик монтується на шпинделі верстата за допомогою спеціальної системи кріплення. Таким чином, вимірювання проводяться вздовж осі Z , теоретичної осі шпинделя верстата. Датчик підключений до спеціального контролера через оптоволокно. Сигнал, який надає контролер, записується на комп'ютері та виводиться через інтерфейс користувача.

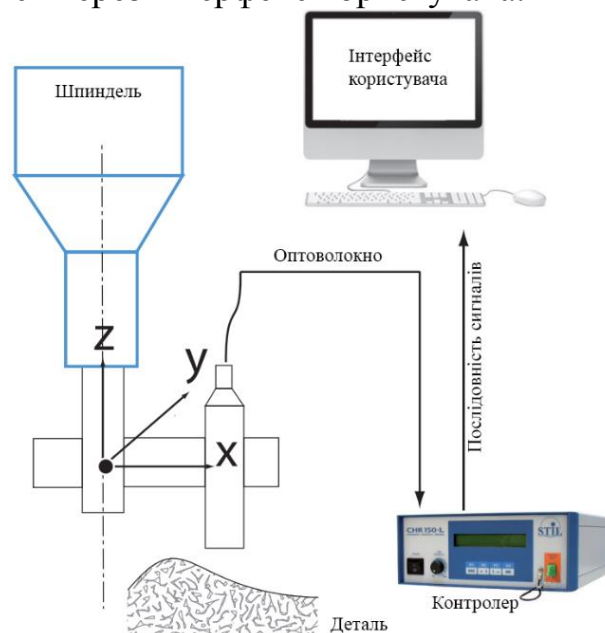


Рисунок 2. Блок-схема вимірювання параметрів шорсткості

В результаті вимірювань отримуємо зображення топографії поверхні деталі після обробки (рис. 3).

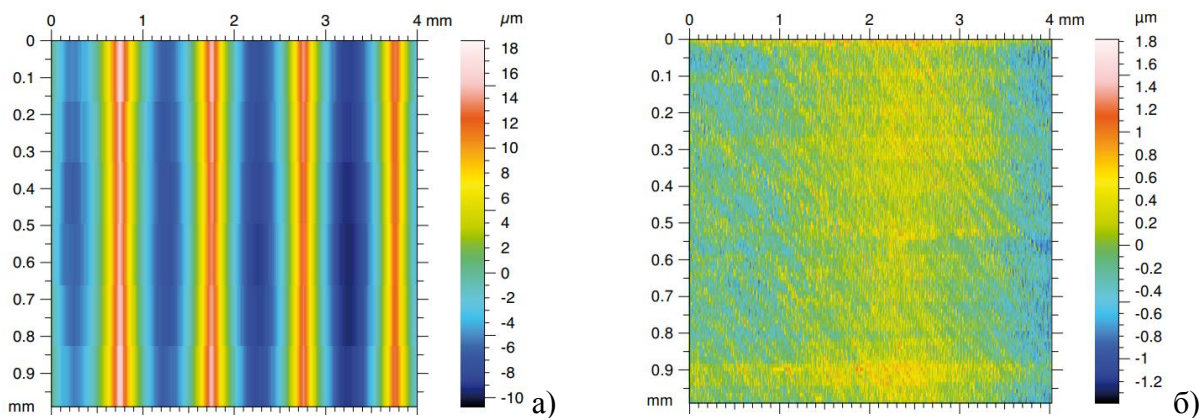


Рисунок 3. Топографія поверхні після: а) фрезерування; б) чистове шліфування

В порівнянні з контактними методами, тобто в порівнянні з профілографом похибка методу хроматичного конфокального зондування в середньому становить 5% [4], що дозволяє точно вимірювати шорсткість поверхні із параметром R_a 0.2-0.7. Цей метод дозволяє проводити вимірювання з досить високою точністю, яка задовольняє виробничі потреби у приладобудуванні.

Також, оскільки вимірювання проводяться в процесі обробки, не вносяться додаткові похибки. Одночасно з тим, отримані числові дані можуть бути використані для оптимізації режимів обробки, що дозволить підвищити якість поверхні деталі, і, відповідно, економічну ефективність виробництва приладів.

ВИСНОВКИ

Розроблена система контролю параметрів шорсткості може бути використана на верстатах з ЧПК в гнучких виробничих системах для підвищення точності вимірювання та обробки деталі, що дасть можливість підвищити продуктивність праці, зменшити собівартість і, таким чином, збільшити прибуток виробництва приладів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]В. Остафьев В.А., Тимчик Г.С., Шевченко В.В. Адаптивна система управління. Механізація и автоматизація управління.–Київ.– 1983, с.18-20.
- [2]Yandayan T., Burdekin M. In-process dimensional measurement and control of workpiece accuracy. Манчестер, 1997. С. 1423–1439.
- [3]Wang S., Tian Y., Development of a laser-scattering-based probe for on-line measurement of surface roughness. Токіо, 2003. С 1318-1324.
- [4]A non-contact measuring system for in-situ surface characterization based on laser confocal microscopy / S. Fu та ін. Sensors. 2018. Т. 18, № 8. С. 2657. URL: <https://doi.org/10.3390/s18082657> (дата звернення: 16.11.2022).

Наук. керівник – к.т.н., доц. Шевченко В. В.

УДК 577.3

З.М. Наумкіна, студентка гр. ПБ-01мп, к.т.н., доц. Подолян О.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ВІДВЕДЕННЯ БІОПОТЕНЦІАЛІВ НЕЙРОННИМИ ЗОНДАМИ

Анотація. Дана робота є результатом перевірки гіпотези про роботу моноамінових шляхів в мозку людини та миші за допомогою спеціальної системи відведення електричних сигналів.

Ключові слова: нейрозонди, електричні нервові сигнали, моноаміни.

ВСТУП

В останні роки успіхи у вивченні мозку та поведінки стали об'єктом пильної уваги громадськості. Загалом це пов'язано з постійно зростаючим числом відкриттів у полі різних об'єктів центральної нервової системи, мозку та його клітинній структурі та функціональних механізмів. Також цей інтерес підігривається саме труднощами розуміння найскладніших живих тканин.

На сьогоднішній день, саме електричні інтерфейси стали найпопулярнішими інструментами для моніторингу активності нервових клітин. Це пояснюється простотою запису шляхом та можливістю маніпулювати цими сигналами за допомогою додаткових електричних, магнітних, ультразвукових та світлових систем. Крім того, новітні електричні інтерфейси та нейрозонди мають можливість прямого електрохімічного моніторингу нейромедіаторів і метаболітів.

Тому життєво необхідно розвивати тему виготовлення цих електричних систем для більшого розуміння роботи мозку та ЦНС.

ОСНОВНІ СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ

Зв'язок між нейронами в мозку відбувається за допомогою електричних і хімічних сигналів. Активність нейронів у мозку викликає трансмембранні струми, які можна виміряти у позаклітинному середовищі. Незважаючи на те, що основним джерелом позаклітинного сигналу є синаптичний трансмембранний струм, інші джерела, включаючи напливи Na^+ і Ca^{2+} , іонні потоки через канали, керовані напругою та лігандом, і власні коливання мембрани, можуть суттєво формувати позаклітинне електричне поле.

Тому загалом, електричні сигнали є основним джерелом інформації в системах ВМІ. Зокрема, одинична активність (тобто спайки) вважається найбільш придатною для отримання значущої інформації, наприклад рухової активності [1].

Різна функціональна інформація може бути отримана з поверхні шкіри голови за допомогою великих неінвазивних мікроелектродів (рис.1), відомих як електроенцефалографія (ЕЕГ). Активність синхронних постсинаптичних потенціалів дії призводить до локального потенціалу поля (LFP), який можна виміряти на черепі, але значною мірою ослаблений, переносячись через різні церебральні шари, мозкові оболонки та шкіру голови.

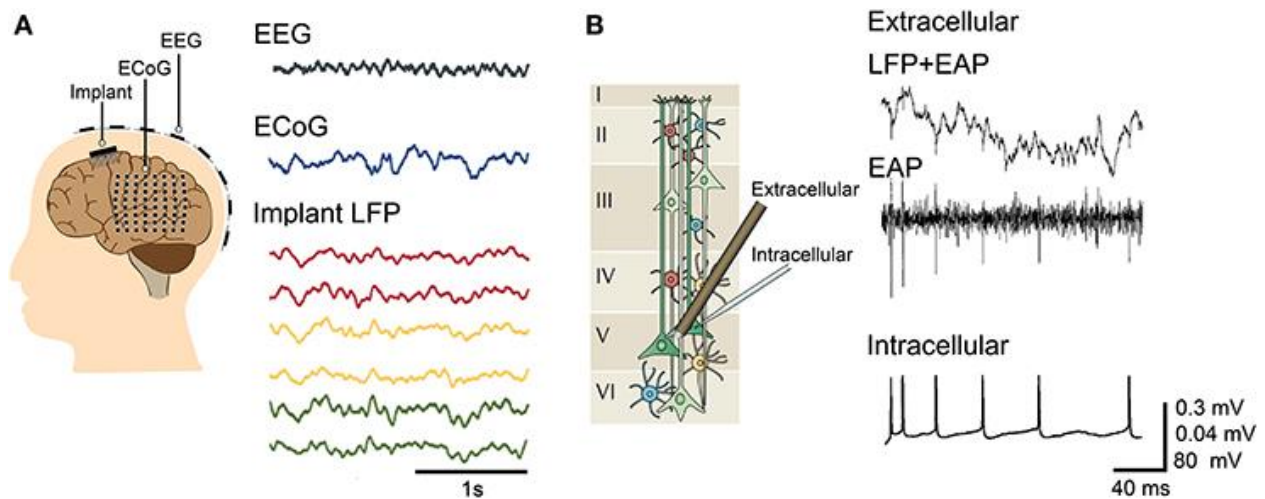


Рисунок 1. Типові електрофізичні методи реєстрації нервових сигналів [2]

Краща просторова роздільна здатність забезпечується більш інвазивними записами, такими як електрокортикографія (ECoG) і стереоенцефалографія (SEEG). В обох випадках шкіру голови та череп відкривають хірургічним шляхом, а мозок оголюють для розміщення електродів. Для ECoG пристрій розміщується зверху або нижче твердої мозкової оболонки. Не проникаючи в мозок, здебільшого дозволяє вловлювати сигнали LFP. Сигнали походять від поверхневих кортикальних нейронів (з максимальною глибиною запису приблизно 1 см), що ідеально підходить для точного відображення епілептичних зон під час операції.

У той час як неінвазивні методи реєструють активність нейронів через різні середовища, такі як тверда речовина, спинномозкова рідина (ліквор) і череп, імплантовані нейронні зонди можуть реєструвати позаклітинну активність або локальні потенціали поля ближче до нейронів. Вони представляють собою пристрої, імплантовані в мозок або іншу нервову тканину, розроблені для досліджень, діагностики та лікування.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В останні роки моноамінова гіпотеза або її похідні домінують в галузі дослідження роботи мозку. Вважається, що в патогенезі депресії та дофамінергічної наркотичної залежності беруть участь дисфункція моноамінових нейромедіаторів, їх метаболітів, а також зміни їх рецепторів у ЦНС [3].

На сьогоднішній день не існує систем хронічного моніторингу поширення моноамінових нейромедіаторів, таких як 5-НТ, норадреналін (NE) і дофамін, в результаті стимуляції певної зони мозку та отримання відповіді в іншому. Тому було вибрано створення першої 3D системи реєстрації електрохімічних сигналів в багатоклітинних структурах, щоб в подальшому можна було виявити дисфункцію моноамінового ланцюга та провести певні маніпуляції для його поновлення при дофамінергічній наркотичній залежності.

РЕЗУЛЬТАТИ

Зонд розробляється для хронічної поведінкової нейрофізіології для націлювання на 3 зони головного мозку мишей. Двома визначними критеріями були наявність великої кількості записуючих електродів і точність позиціонування. У цій роботі 64 канали були інтегровані в 3D зонд, який повинен бути розроблений із стратегією мінімізації реакцій тканин поблизу електродів.

Щоб отримати доступ до повної клітинної активності, яка походить від цільової тканини, необхідні тривимірні розподілені електродні масиви для досягнення запису та відображення мережі нейронних сигналів у структурі мозку, чого було б неможливо досягти за допомогою 2-D планарних масивів. Метод стекування для тривимірних масивів нейронних зондів створює тривимірні масиви зондів шляхом складання 2-D масивів.

Оскільки, зонди повинні мати певну відстань між електродами, було розроблено 2 види розпинок (рис.2 та рис.3).

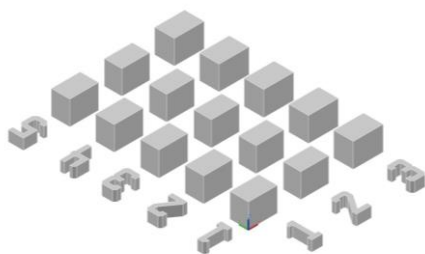


Рисунок 2. 3D моделі розпинок першого порядку (форми)



Рисунок 3. 3D моделі розпинок другого порядку (форми)

Через специфічність розташування біло також спроектовано спеціальний елайнер для фіксації позиціонування.

Дана тривимірна система була розроблена за допомогою фотолітографічного процесу, кінцевим результатом якого стала кремнієва пластина, яка містить багато зондів із кінцевою товщиною лише 70 мкм та довжиною 6 мм, які були виготовлені одночасно.

Наступним етапом стало фіксування кожного зонду відповідно з друкованою платою (PCB), для подальшого з'єднання всієї системи із зовнішніми інструментами для збудження та зчитування та її інкапсуляція епоксидною речовиною для підвищення механічної міцності.

РЕЗУЛЬТАТИ IN-VITRO ЕКСПЕРИМЕНТУ

Підготовка гострого зрізу головного мозку є важливою експериментальною модельною системою в нейронауці [4]. Тому для перфузії та зберігання зрізу максимально якісно, користуючись спеціальними інструкціями, спочатку було підготовлено декілька розчинів.

Після проведення процедури екстракції мозку, слайс був зафіксований на спеціальній меш-системі та зонд був імплантований на 500 мікрон (рис.4).

Після імплантації, був вибраний час стабілізації в 13 хвилин, опираючись на товщину слайсу, було проведено стимуляцію синім лазером через оптичне волокно та запис електрохімічної відповіді на стимул.

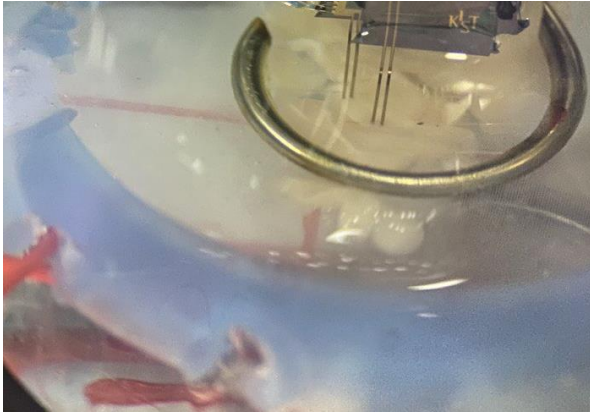


Рисунок 4. Процес імплантації та запису електричних сигналів

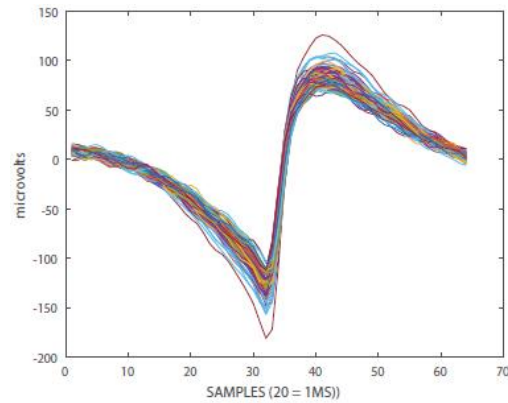


Рисунок 5. Спайкова активність у відповідь на світлову стимуляцію

Дана процедура стала можливою через попередній трітмент та генетичну інтеграцію каналів, що активуються світлом, у клітинні мембрани для забезпечення оптичного контролю [5]. Результати оптичної стимуляції 2 моноамінових центрів та зареєстровану відповідь з вентральної тегментальної ділянки показані на рисунку 5.

ВИСНОВОК

В ході даної роботи інвазивних та неінвазивних електродів, було визначено нейрозонди як основну система детектування електричних імпульсів та проаналізовано головні особливості їх роботи, було обґрунтовано вибір системи моніторингу та реєстрації електрохімічних сигналів багатоклітинних структур для контролю та детекції моноамінергічних центрів.

Проведені дослідження дозволили розробити 3D систему детектування електричних імпульсів та провести запис з кількох моноамінергічних центрів і відслідкувати зміну їхнього фізіологічного моноамінового контролю активності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Georgopoulos, A. P., Schwartz, A. B., & Kettner, R. E. (1986). Neuronal population coding of movement direction. *Science*, 233(4771), 1416-1419
- [2] Obien, M. E. J., Deligkaris, K., Bullmann, T., Bakkum, D. J., & Frey, U. (2015). Revealing neuronal function through microelectrode array recordings. *Frontiers in neuroscience*, 8, 423.
- [3] Li, L. F., Lu, J., Li, X. M., Xu, C. L., Yang, J., Qu, R., & Ma, S. P. (2012). Antidepressant-like effects of the saponins extracted from *Chaihu-jia-longgu-mulintang* in a rat unpredictable chronic mild stress model. *Fitoterapia*, 83(1), 93-103.
- [4] Ting, J. T., Lee, B. R., Chong, P., Soler-Llavina, G., Cobbs, C., Koch, C., ... & Lein, E. (2018). Preparation of acute brain slices using an optimized N-methyl-D-glucamine protective recovery method. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (132), e53825.
- [5] Williams, J. C., & Denison, T. (2013). From optogenetic technologies to neuromodulation therapies. *Science translational medicine*, 5(177), 177ps6-177ps6.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Подолян О.О.

УДК 62-523.2

Є.В. Панкратов, студент гр. ПБ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ПЕРИФЕРІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ

Анотація. Робота присвячена обґрунтуванню вибору периферійних елементів для системи автоматизованого керування підвіскою двоколісного транспортного засобу спортивного призначення, головна задача якого полягає у швидкісному та ефективному подоланні спеціальних трас, та перешкод поза такими трасами. Вибір периферійних елементів в значній частині впливає на якість та стабільність роботи системи в цілому.

Ключові слова: Автоматизоване керування, двоколісний транспортний засіб, активна підвіска, периферійні елементи системи.

ВСТУП

Периферійні елементи системи автоматизованого керування підвіскою (САКП) напряму впливають на стабільність та якість роботи, яка визначається багатьма параметрами. Правильний вибір периферії САКП є важливою частиною проектування САКП двоколісного транспортного засобу в цілому[1]. До периферії входить два типи модулів:

- виконавчі модулі
- датчики.

Вказані модулі також діляться за призначенням, оскільки у різних частинах САКП до модулів висуваються різні вимоги роботи. Більш детально це можна представити у наступному вигляді:

- виконавчі модулі
 - серво-привід керування низько швидкісною компресією
 - електромагнітний актуатор керування високошвидкісною компресією.
- датчики
 - датчик кутового прискорення
 - датчик лінійного прискорення.

Маючи певний набір вимог, що висувають конструктивні рішення САКП, необхідно підібрати оптимальні варіанти елементів, що забезпечать виконання вимог та гарантують стабільну та безперебійну роботу з необхідною точністю функціонування. Це є важливою умовою для забезпечення роботи САКП.

МЕТА РОБОТИ

Мета роботи полягає у аналізі та виборі оптимального варіанту периферійних елементів САКП, який задовольнить поставлені задачі та забезпечить необхідний рівень якості роботи.

Серво - привід керування низько швидкісною компресією має відповідати наступним вимогам:

- Вага не більше 100гр.
- Кут повороту 180 градусів.
- 4кг на важелі 2см.
- Робоча напруга 5В.
- Робоча температура 10 – 30 градусів.

Вимоги для електромагнітного актуатора керування високошвидкісною компресією:

- Хід поршня мінімум 20мм.
- Максимально допустиме навантаження 5кг
- Робоча напруга 5В.

Вимоги до датчика кутового прискорення:

- Напруга живлення 5В.
- Передача даних швидкісним цифровим протоколом
- Діапазон вимірів мінімум від -1500 °/с до 1500 °/с
- Три вісі вимірів.

Вимоги до датчика лінійного прискорення:

- Напруга живлення 5В.
- Передача даних швидкісним цифровим протоколом
- Діапазон вимірів мінімум від -10g до 10g
- Три вісі вимірів.

Маючи чітко задані параметри, яким повинні відповідати периферійні пристрої, можемо перейти до пошуку та вибору необхідних моделей.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зняття показань кутового та лінійного прискорення є типовими задачами, що часто зустрічаються разом у приладах, де необхідно здійснювати аналіз руху приладу у просторі [2]. Саме тому ми маємо можливість знайти поєднання цих двох датчиків в одному корпусі, що збільшує компактність та зручність використання.

Для аналізу прискорень будуть використовуватись датчики, які відносяться до класу мікроелектромеханічні системи (МЕМС)(Рис. 1).

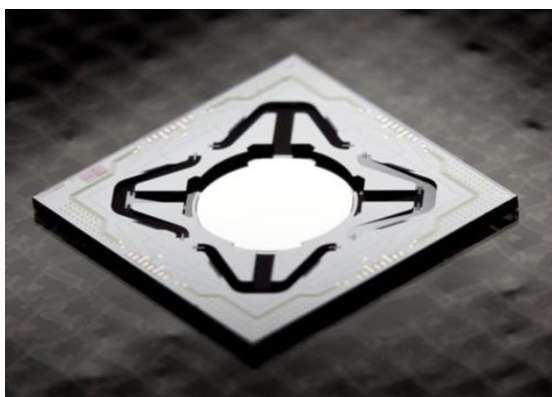


Рис. 1 Мікроелектромеханічна система

Мікроелектромеханічні системи, МЕМС — технології і пристрої, що поєднують в собі мікроелектронні і мікромеханічні компоненти. МЕМС-пристрої зазвичай виготовляють на кремнієвій підкладці за допомогою технології мікрообробки, аналогічно технології виготовлення однокристальних інтегральних мікросхем. Типові розміри мікромеханічних елементів лежать в діапазоні від 1 мікрметра до 100 мікрметрів, тоді як розміри кристала

МЕМС мікросхеми мають розміри від 20 мікрметрів до одного міліметра [3].

До датчиків відповідного типу відноситься гіроскоп-акселерометр MPU-6050 (Рис. 2). Розглянемо його характеристики та порівняємо з необхідними.

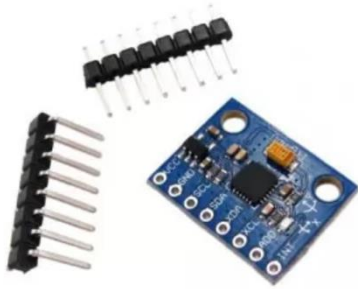


Рис. 2 Гіроскоп – акселерометр MPU – 6050 3-х вісьовий

Характеристики:

- 3 вісі вимірювання.
- Робоча напруга 3В. – 5В.
- Цифровий високошвидкісний протокол для зв'язу I2C.
- Діапазон вимірів гіроскопа ± 2000 °/с
- Діапазон вимірів акселерометра $\pm 16g$
- Діапазон робочої температури -20° $+50^{\circ}$

Відповідно до поставленої задачі, акселерометр є 3-х вісьовий, діапазон робочої напруги підходить до заданої. MEMS обладнано системою обміну інформацією за допомогою високошвидкісного протоколу I2C. Діапазон вимірів акселерометра та гіроскопа дещо перевищує необхідні, що дозволить системі не працювати на лімітах можливого. MEMS має широкий температурний діапазон, що позбавить від проблем з використанням приладу у будь-яких умовах. Також чіп вже розташований на платі з необхідною електричною розв'язкою, що полегшує проектування.

Було обрано серво-привід для керування низько швидкісною компресією моделі TowerPro MG995 (Рис.3), що має наступні характеристики:



Рис. 3 Серво-привід TowerPro MG995

- Вага: 55гр.
- Розміри: 40.7 x 19.7 x 42.9.
- Швидкість: при 4.8В - 0.2сек/60°, при 6В – 0.162сек/60°.
- Кут повороту: 180 градусів.
- Крутний момент: 8.5кг/см при 4.8В, 10кг/см при 6В.
- Робоча напруга: 4.8В. – 7В.
- Робоча температура: від 0° до 55°

Даний сервопривід повністю відповідає заданим характеристикам, кут повороту відповідає заданим, 180° . Крутний момент задано 4кг на важелі 2см. Перерахувавши на важіль довжиною 1см це буде 8кг. Маючи 8.5кг/см при 4.8В цей параметр цілком задовольняє. Напруга живлення входить до діапазону робочої напруги серво-приводу.



Рис. 4 Двухпровідний актуатор P2.

Розглянемо наступний актуатор. Актуатор двухпровідний P2 (Рис.4)

Характеристики:

- Робоча напруга 4В – 7В.
- Хід поршня 22мм.
- Максимальне навантаження 6кг.

Актуатор має запас по ходу поршня та максимальному навантаженню, що дозволить йому працювати не на

максимальних режимах, що позитивно вплине на надійність та стабільність роботи. Напруга живлення входить в діапазон робочої напруги актуатора.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз обраних периферійних елементів дозволив переконатися в їх придатності для використання у системі автоматизованого керування підвіскою. Більшість елементів обрано з запасом по необхідних величин технічних характеристик. Достатній діапазон робочої напруги дозволить приділяти менше уваги високоточній стабілізації, а значний запас по ваговим та габаритним характеристикам дозволить покращити характеристики системи в цілому та полегшить подальше проектування САКП.

Розглянуті приклади периферійних елементів обрано не тільки з причини повної відповідності питомим характеристикам, а також через те, що вони є розповсюдженими на ринку подібних комплектуючих моделями, що мають конкурентну ціну та якість перевірені багатьма користувачами. Їх надійність та відповідність заявленим характеристикам є перевіреним фактом, що є важливою частиною вибору периферійних елементів. Використання не перевірених периферійних елементів є небезпечним і може призвести до повної або часткової відмови всієї системи[4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Панкратов Є. В., «Оцінка достовірності інформації з датчиків при функціонуванні системи автоматизованого керування підвіскою», Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (МПЗІС-2022).
- [2] C. Lowrie, M.P.Y. Desmulliez, Lars Hoff, Ole Jakob Elle, Erik Fosse, «MEMS three-axis accelerometer: Design, fabrication and application of measuring heart wall motion», Conference: Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS, 2009. MEMS/MOEMS '09.
- [3] В. М. Теслюк, Р. З. Кривий, М. Р. Мельник, «Автоматизація проектування MEMC з використанням системи COMSOL : навчальний посібник», М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2016.
- [4] Локазюк В. М., Савченко Ю. Г., «Надійність, контроль, діагностика і модернізація периферії: Посібник.», Видавничий центр «Академія», 2004р.
Наук. керівник – д.т.н. Стельмах Н.В.

УДК 658.78:004.896

Ю.Д. Радченко, студентка гр. ПБ-21мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ WMS В СУЧАСНИХ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Анотація. Основна мета статті визначення переваг використання WMS в сучасних складських приміщеннях. Від правильного вибору системи залежить швидкість обробки потоку товару, витрати та точність роботи системи. Некоректна робота складу призводить до неправильного зберігання товару, збільшення затрат на утримання складу, збільшення площі складу та неправильного обслуговування клієнта. Й саме використання WMS - систем дозволяє розв'язувати ці проблеми.

Ключові слова : логістика, WMS, автоматизація, IT-технології, ERP.

ВСТУП

Сучасний світ переживає наслідки епідемії COVID-19, а наша країна війну. Ці події показали нам що сучасна логістика не в змозі встояти перед глобальними проблемами. Й саме тому вищезазначена тема актуальна.

Системи управління складом набули великого значення останнім часом. Зі збільшенням інтернет замовлень зросла потреба в ефективних рішеннях. І саме таким рішенням є WMS.

Жорстка конкуренція, дефіцит робочої сили, питання ланцюга постачання - це неповний список проблем, з якими стикаються дистриб'ютори під час своїх складських операцій. Однак їх проблеми з управлінням складом легко подолати за допомогою сучасної системи управління складом (WMS)

Завдяки зростанню електронної комерції, що призведе до прогнозованого збільшення на 24,8 мільярда євро на світовому ринку автоматизації складів до 2026 року, а також складності багатоканального лістингу та управління кур'єрською службою, нове покоління систем управління складом практично зараз є необхідністю[1].

ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА

Система управління складом (WMS) — це програмне забезпечення, розроблене та створене для оптимізації складських процесів, а саме розподілу, ланцюга поставок. Як правило, WMS надає функціональні можливості, які допомагають оптимізувати та покращувати вищевказані складські процеси, починаючи з моменту, коли товари вперше потрапляють на склад, через процес приймання та до моменту їх відправлення. Системи управління складом також можна підключати та інтегрувати з іншими типами програмного забезпечення, щоб усі процеси в системі були взаємопов'язаними, плавними та оптимізованими[2].

Основні функції WMS:

Управління отриманими товарами. Товари надходять через процес надходження, під час якого здійснюється ретельний моніторинг різноманітності, кількості, характеристик і стану чи якості товарів, які надходять на склад і, таким чином, стануть частиною його запасів. У результаті зібрана інформація перевіряється на відповідність наказу, отриманому від корпоративного ERP (Enterprise Resource Planning)[3].

Управління місцями розташування в палетних стелажах, які включають так звані процеси розташування. Ці процеси виконують замовлення на розміщення товарів на складі, визначаючи їх найкраще положення відповідно до їх типу, характеристик, розмірів тощо. Для цього він використовує попередньо визначені правила та стратегії[3].

Контроль запасів: це один із найважливіших інструментів у WMS, оскільки він використовується для отримання в режимі реального часу статусу, кількості та характеристик запасів, що зберігаються на складі[3].

Відправлення товарів. Процеси, які створюють замовлення, надсилають клієнтам, передають товари на інші склади та повертають їх постачальникам. Коротше кажучи, вони відповідають за вихід і видалення запасів зі складу за допомогою таких операцій, як комплектування, видача повних контейнерів, консолідація замовлень і відправка замовлень до транспортного засобу розподілу[3].

Існує чотири типи систем управління складом, включаючи:

- Автономна система
- Хмарна система
- Інтегрований з ERP
- Модулі ланцюга поставок

Автономна система — це тип локального програмного забезпечення, яке зазвичай розміщується безпосередньо на локальному обладнанні. Він забезпечує необхідні основні функції, необхідні для ефективного ведення повсякденних складських операцій і управління запасами[4]. Автономні системи WMS відрізняються від постачальника до постачальника, однак завжди забезпечуватимуть такі основні функції, як: відстеження запасів, комплектація та пакування, доставка, повернення.

На жаль, автономна система не завжди забезпечує більш широкі функціональні можливості, і тому часто краще підходить для невеликих складських операцій з меншими бюджетами та з меншою кількістю залежностей, таких як велика кількість інтеграцій.

Плюси: оскільки основна увага приділяється управлінню складом, автономна система часто матиме розширені функції керування складом, які оптимізують ряд існуючих процесів.

Мінуси: автономна система не завжди забезпечує більш широкі функціональні можливості, і тому часто краще підходить для невеликих складських операцій з меншими бюджетами та з меншою кількістю залежностей, наприклад великою кількістю інтеграцій.

ХМАРНА СИСТЕМА

У минулі часи все програмне забезпечення WMS купувалося та постачалося у фізичному форматі. У наш час хмарні системи управління складом стають все більш поширеними, оскільки вони пропонують просту та швидку реалізацію, більшу масштабованість, підвищену безпеку та гнучкі функції[4].

Це пов'язано з тим, що хмарна система WMS — це веб-підхід, який розміщено на зовнішніх серверах із зовнішньою ІТ-командою для підтримки. Він

не тільки не потребує інсталяції на місці, але й не потребує інтеграції з усіма вашими поточними системами управління складом, і тому є ідеальним вибором для більшості підприємств.

Плюси: хмарні системи не вимагають інсталяції на місці або складної інтеграції з усіма наявними системами. Крім того, коли приходить час оновити програмне або апаратне забезпечення, постачальник WMS подбає про це, тож вам не доведеться цього робити.

Мінуси: хмарна система означає, що постачальник контролюватиме обслуговування та вдосконалення всієї системи WMS. Якщо ви бажаєте мати повний контроль над своєю системою та даними, краще використовувати автономну систему.

МОДУЛІ ЛАНЦЮГА ПОСТАВОК

Управління складом – це лише мала частина всього ланцюжка поставок. У той час як рішення для керування складськими приміщеннями допомагають компаніям, які займаються виконанням завдань, у таких діях, як комплектування, відправка та отримання, програмне забезпечення для керування ланцюгом постачань надає функції, які обслуговують весь ланцюг поставок. Модуль ланцюга постачання WMS може вмістити багато речей, включаючи, але не обмежуючись[4]:

Аналіз ризиків

Поточна діяльність ринку

Партнерство з постачальниками

Обслуговування клієнтів

Транспортний менеджмент

Виробництво та обробка сировини

Переваги: система управління ланцюгом постачання охоплює всі дії від постачання сировини до доставки кінцевому споживачу, включаючи транспортування та партнерство з постачальниками.

Мінуси: модулі ланцюга постачання можуть надавати функції, які не потрібні вашому бізнесу. Не вибирайте більшу систему, якщо функції вам не підходять, оскільки ви витратите гроші даремно, щоб покращити існуючі процеси.

ІНТЕГРУВАННЯ З ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP)

ERP або планування ресурсів підприємства — це форма системи управління складом (хоча не завжди пов'язана з WMS), яка ідеально підходить для бізнесу, що розширюється, і прагне підвищити загальну ефективність операцій ланцюга поставок. Системи ERP виходять за рамки звичайних функцій і обслуговують основні програми, такі як бухгалтерія, маркетинг і загальні рішення для управління ланцюгом поставок[4].

Система WMS часто є додатковою частиною програмного забезпечення ERP, що дозволяє керувати запасами, доставкою тощо разом з іншими операціями. Він чудово підходить для об'єднання всіх операцій підприємства в одну, тому буде дуже корисним для тих, хто має великий ланцюг постачання.

Переваги: система WMS часто є додатковою частиною програмного забезпечення ERP, що дозволяє керувати запасами, доставкою тощо разом з іншими операціями. Він чудово підходить для об'єднання всіх операцій підприємства в одну, тому буде дуже корисним для тих, хто має великий ланцюг постачання.

Мінуси: системи ERP можуть бути дуже дорогими, від початкового впровадження до поточної підписки та витрат на інфраструктуру. Системи ERP також можуть бути складними та дорогими для впровадження, тому перед тим, як продовжувати, переконайтеся, що цей тип системи абсолютно необхідний.

Які переваги системи WMS?

1. Покращена точність комплектування системи інвентаризації
2. Поліпшення обслуговування клієнтів
3. Зниження витрат на запаси
4. Скоротить час, витрачений на управління
5. Збільште швидкість замовлень

ВИСНОВКИ

Склад для підприємства є одним із головних відділів, але до нього не приділяли тієї уваги на яку він зазвичай заслуговував. Але після кризи в цій сфері через COVID-19 всі зрозуміли що логістика часто грає вирішальну роль. Тому я вважаю що треба продовжувати модернізувати вже чинні системи для створення нового і більш продуктивного, і однією з таких систем є WMS.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] 51 Warehouse Automation Statistics for Streamlining Operations Режим
доступа:www.URL: <https://www.g2.com/articles/warehouse-automation-statistics>
- 31.11.2022
- [2] WMS – Warehouse Management System: adaptation proposed for the management
of the reverse logistics Guarnieri P.Chrusciack D.Scandelari L.Production (2006)
- [3] What is a Warehouse Management System (WMS)?Режим
доступа:www.URL:<https://www.mecalux.com/warehouse-manual/the-warehouse/what-is-warehouse-management-system-wms>
- [4] What is a Warehouse Management System (WMS) and how does it work?
<https://zesium.com/what-is-a-warehouse-management-system-wms-and-how-does-it-work/> [0]

Наук. керівник – к.т.н., доцент Вислоух С. П.

УДК 681.518.5

К.А. Романенко, студент гр. ПБ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АКУСТИЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ ПРУЖИНИ ВИГИНУ

Анотація. Вимір діючих значень механічного напруження у матеріалі пружин вигину при навантаженні є важливою частиною для подальшого її впровадження у експлуатацію, так як вона перебуває постійно під дією статичного або динамічного навантаження. Через те, до методів контролю механічного напруження представляють вимоги високої точності та малої трудомісткості проведення вимірювання. Тому проаналізовано методи, що використовують для визначення напруження та запропоновано більш досконалий метод акустичного контролю.

Ключові слова: пружна хвиля, механічне напруження, часові затримки.

ВСТУП

Існуючі методи, що використовують для контролю механічного напруження пружин вигину є недостатньо точними або дуже трудомісткими у проведенні. Широкого застосування у сучасному виробництві набув метод електротензометрії, що заснований на вимірі збільшені електричного опору провідника, який закріплений на поверхні об'єкту контролю[1]. Під час деформації, що зазнає пружина вигину чутливий елемент тензодатчику подовжується, що призводить до збільшення опору[2]. Головним недоліком даного методу є те, що значення механічного напруження є відносним стосовно того значення напруження, яке відповідає моменту наклепки датчика на поверхні матеріалу конструкції. Перевагами методу є простота вимірювань та малі габаритні розміри чутливого елемента.

Іншим методом, що використовують для рішення задачі виміру механічного напруження є рентгенографічний метод. Даний метод заснований на вимірі періодів решітки за допомогою виміру зміни міжплощинних відстаней решітки матеріалу та зсуву рентгенівської лінії на деякий кут[3]. Головним недоліком методу є його велика трудомісткість та тривалість вимірів для одного положення об'єкту контролю, та громіздкістю апаратури. Перевагами методу є висока локальність та можливість визначення повного тензора деформацій у разі, коли відомі точні значення періодів решітки у ненапруженому стані[3].

Також використовують метод магнітних шумів, який заснований на магнітопружному ефекті, а саме зміні намагніченості тіла під впливом механічного напруження. Переваги методу у оперативності та простоті проведення контролю, малі вимоги до якості поверхні області контролю. Недоліками є сильна нелінійність характеристики при деформаціях стиснення, значна похибка при малих значеннях напруження[4].

Розглянувши існуючі методи, їх переваги та недоліки запропоновано використання акустичного методу контролю механічного напруження. У порівнянні розглянутим методам, акустичний метод дозволяє отримати значення механічного напруження, що вже діють усередині матеріалу, не потребує великих затрат часу та сил для проведення вимірів, має висока точність вимірів.

АКУСТИЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ

Акустичний метод контролю напружено-деформованого стану полягає у реєстрації зміни швидкості пружних хвиль у деталі під впливом напружень, що виникають у середині матеріалу. Відносна зміна швидкості $\Delta C/C$ від напруження σ в загальному випадку записується наступним виразом[5]:

$$\frac{\Delta C}{C} = \beta * \sigma = [\beta_1(\lambda, \mu) + \beta_1(\lambda, \mu, l, m, n)] * \sigma \quad (1)$$

де β – акустопружний коефіцієнт, що залежить від типу ультразвукових (УЗ) хвиль та напрямки їх поширення по відношенню до вектора деформуючої сили;

$\beta_1(\lambda, \mu)$ – акустопружний коефіцієнт, який визначається константами пружності другого порядку Ламе l, m і обумовлений геометричною нелінійністю;

$\beta_1(\lambda, \mu, l, m, n)$ – акустопружний коефіцієнт, що залежить від констант Ламе, і від констант пружності третього порядку Мурнагана l, m, n .

Для контролю напруження використаємо акустичний поляризаційно-часовий метод, заснований на вимірі пружної анізотропії матеріалу шляхом точного вимірювання різниці в часі поширення двох зсувних хвиль з взаємно-перпендикулярними площинами поляризації, що збігаються з головними напругами в анізотропному матеріалі[4].

Загальному випадку формула визначення механічного напруження залежить від часових затримок пружних хвиль та виражається [6]:

$$\sigma_1 = K_1 \left(\frac{t_{01} * t_3}{t_{03} * t_1} - 1 \right) - K_2 \left(\frac{t_{02} * t_3}{t_{03} * t_2} - 1 \right) \quad (2)$$

$$\sigma_1 = K_1 \left(\frac{t_{02} * t_3}{t_{03} * t_2} - 1 \right) - K_2 \left(\frac{t_{01} * t_3}{t_{03} * t_1} - 1 \right) \quad (3)$$

де σ_1, σ_2 - головні напруги у площині, МПа;

K_1, K_2 - коефіцієнти пружноакустичного зв'язку матеріалу конструкції.

Пружина вигину під навантаженням зазнає чистого прогину, тому вираз для визначення механічного напруження зводиться до наступного вигляду[7]:

$$\sigma = D \left(\frac{t_1 * t_{02}}{t_2 * t_{01}} - 1 \right) \quad (4)$$

де D – коефіцієнт пружно-акустичного зв'язку для досліджуваного матеріалу;

t_{01}, t_{02} – тимчасові затримки зсувних хвиль за відсутності навантаження;

t_1, t_2 – затримки імпульсу пружної хвилі зсуву у навантаженому матеріалі.

Акустопружний коефіцієнт D розраховується за формулою[7]:

$$D = \frac{8 * \mu^2}{4 * \mu + n} \quad (5)$$

де μ – стала Ламе;

n – стала третього порядку Мурнагану.

Спершу розраховується численним методом точки концентрації напруження. Далі вимірюють початкові тимчасові затримки пружних хвиль у матеріалі без

навантаження, після чого пружину вигину піддають навантаженню та вже вимірюють затримки у отриманих точках. Отримані експериментально значення затримок використовують для отримання числового значення за формулою (4).

ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ЗАТРИМОК ПРУЖНОЇ ХВИЛІ

Для проведення вимірів часових затримок використано програмне забезпечення COMSOL Multiphysics. У програмі було досліджено точки утворення механічного напруження, отримано часові затримки матеріалу СТ65Г у ненавантаженому стані, а потім – при навантаженні 40 кН/м. Значення часових затримок у точках занесено у таблицю 1.

Таблиця 1. Часові затримки пружної хвилі

№	$t_1, \text{мкс}$	$t_2, \text{мкс}$	Δt	№	$t_1, \text{мкс}$	$t_2, \text{мкс}$	Δt
1	4,87	4,93	0,06	6	5,01	5,07	0,06
2	3,14	3,18	0,04	7	3,57	3,62	0,05
3	3,56	3,61	0,05	8	3,15	3,19	0,04
4	5,02	5,08	0,06	9	4,87	4,93	0,06
5	5,97	6,04	0,07				

$$t_{01} = 2,56 \text{ мкс.}, t_{02} = 2,6 \text{ мкс.}$$

Отримані числові значення механічного напруження, розраховані за часовими затримками представлено у таблиці 2.

Таблиця 2. Механічне напруження у точках

№	$\sigma, \text{МПа}$	№	$\sigma, \text{МПа}$
1	305,08	6	427,25
2	59,291	7	182,1
3	181,021	8	63,74
4	416,37	9	309,49
5	658,17		

Порівняємо отримані значення напружень за допомогою значень числових затримок та отриманих за допомогою модулю «Solid Mechanics» COMSOL Multiphysics рисунок 1.

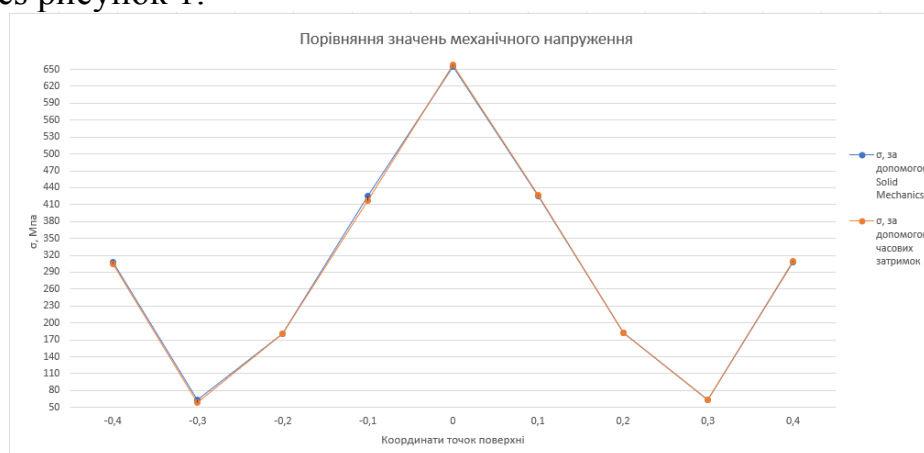


Рисунок 1. Графік порівняння значень механічного напруження

На графіку показано залежність утворення механічного напруження від відстані, де прикладено навантаження, дані для побудови отримані за допомогою модулю «Solid Mechanics» та за допомогою часових затримок.

Як видно з графіку, отримані числові значення механічного напруження за допомогою числових затримок майже не відрізняються від дійсних, що свідчить про високу точність методу.

ВИСНОВКИ

Розглянуто методи, що використовують для контролю механічного напруження у сучасному виробництві, виявлено недоліки та переваги, на основі чого було запропоновано акустичний метод. Описані основні математичні залежності для проведення вимірювання. У результаті проведеного експерименту отримано часові затримки пружної хвилі при навантаженні, розраховано числові значення механічного напруження та порівняно з істинними значеннями, що показали високу точність запропонованого методу. Показано, залежність утворення механічного напруження від відстані від точки навантаження, з графіку видно, що максимальне напруження утворюється у точці, де прикладено навантаження, а мінімальне у точці, що розташована ближче до поверхні закріплення пружини вигину.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Організація науково-інноваційної діяльності: конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня доктора філософії за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. О. Подолян, В. С. Антонюк, М. В. Філіппова. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,29 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 105 с.
- [2] Бажанова А. Ю., «Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния полуэллиптической рессоры», Праці Одеського політехнічного університету. – 2012. – С. 41–44.
- [3] Розанов М., «Определение упругих постоянных для расчета остаточных напряжений по результатам измерений рентгеновским методом», Вестник центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова. с. 57–61, 2019.
- [4] Способ контроля механических напряжений в стальных конструкциях магнитоупругим методом: G01L 1/12. № 2021112651. 24 с., Сер., 2021 р.
- [5] И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге., «Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т.3: Ультразвуковой контроль», М.: Машиностроение, 2006.
- [6] Gregory S Tymchik, Aleksandr A Podolian, Kateryna S Serhiienko, Theoretical investigations of the generation of an ultrasonic wave by an electromagnetic acoustic transducer, KPI Science News, 2018, Vol.3, pp.84-92, <https://doi.org/10.20535/1810-0546.2018.3.127129>
- [7] Подолян, О. О. Контроль якості монтажу муфт на магістральний трубопровід [Електронний ресурс] : монографія / О. О. Подолян, Г. С. Тимчик ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 10 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 180 с.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Подолян О.О.

УДК 541.136; 621.355.9

С.О. Сорока, асистент, д.т.н., професор Родіонов В. Є.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЛІТІЙ – ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ МАГНЕТРОННОГО НАПИЛЕННЯ

Анотація: Запропонований в роботі метод полягає в тому, що заявлений спосіб отримання тонкоплівкового нанокompозитного електродного матеріалу для літій–іонних акумуляторів на основі плівок, сформованих з нанорозмірних кластерів графіту і кремнію, які отримують магнетронним розпиленням графітної та кремнієвої мішені в плазмі, що містить аргон і контрольовані добавки кисню.

Ключові слова: літій–іонні акумулятори, нанокompозит, магнітронне напилення

ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Використання обмеженої кількості енергоресурсів, перетворення хімічної енергії природного палива в інші види енергії, в основі якого лежить процес горіння, фактично поставив людство на грань екологічної катастрофи, тому енергозбереження є однією з найважливіших задач, спрямованих на збереження природних ресурсів і людства в цілому [1]. Реалізація програм в даній області немислима без розвитку екологічно чистої сонячної і вітрової енергетики, а також створення екологічного транспорту на основі гібридних і електричних двигунів. Проблеми, що стримують розвиток найбільш ефективних індивідуальних сонячних і вітрових установок потужністю до 100 кВт і гібридного автотранспорту схожі і вимагають ефективного акумулювання енергії, що виробляється.

Найбільш ефективно, компактно і безпечно дані процеси могли б бути реалізовані за допомогою електрохімічних акумуляторів, однак існуючі промислові зразки на основі традиційних систем мають велику кількість недоліків: низьку питому енергію, токсичність, малий ресурс [2]. Зважаючи на це, перспективи поліпшення їх параметрів виглядають сумнівно, так як розвиток даних акумуляторів практично досягло межі технічного вдосконалення.

Першим, відповідним для живлення портативних електронних пристроїв, був запропонований нікель–кадмієвий (Ni–Cd) акумулятор. Він має велике число зарядно–розрядних циклів (від 500 до 800), невисоку вартість і питому енергію до 50 Вт год/г. Недоліком Ni–Cd акумулятора є "ефект пам'яті", тобто зменшення корисної ємності джерела струму при його неповному розряді. В якості заміни Ni–Cd акумулятора був запропонований нікель–металогідридний (Ni–MH) акумулятор. Він також має велике число зарядно–розрядних циклів, як і Ni–Cd, але більш високу питому енергію (до 80 Вт год / кг). Важливою перевагою Ni–MH акумулятора перед першим є відсутність екологічно шкідливого кадмію і здатність витримувати надмірне зарядження і надтоглибокий розряд. В даний час ціни електричних ємностей одержуваних споживачами від Ni–Cd і Ni–MH акумуляторів практично рівні. У зв'язку з цим спостерігається скорочення світового обсягу випуску Ni–Cd акумуляторів і збільшення обсягу випуску Ni–MH акумуляторів [2], [3].

Літій – іонні акумулятори (ЛІА) з'явилися слідом за Ni–MH і стали найбільш перспективними на ринку для живлення портативних електронних пристроїв.

Головна їхня перевага – це висока питома енергія (до 150 Вт · год / кг). Саморозряд ЛІА нижче, ніж у Ni–МН акумуляторів. Незважаючи на високу ціну літійового джерела струму, він постійно вдосконалюється і поступово витісняє Ni–Cd і Ni–МН акумулятори [4] – [6].

Основним завданням даної роботи є збільшити в 1,5–2 рази і більше існуюче відношення $Wh\ kg^{-1}$ до 300–400 $Wh\ kg^{-1}$, зменшити в 3–4 рази собівартість основних катодних і анодних систем акумуляторів, що істотно зменшить його вартість.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Підвищення ефективності використання літій–іонних акумуляторів в тому, що заявлений спосіб отримання тонкоплівкового нанокompозитного електродного матеріалу для негативного електрода на основі плівок, сформованих з нанорозмірних кластерів кремнію в оболонці з двоокису кремнію дозволяє зменшити товщину робочої зони аноду і покращити електрохімічні характеристики матеріалу.

Це можливо внаслідок створення наноструктурованих, за рахунок процесів самоорганізації, пліткових електродів, що складаються з кластерів кремнію в оболонці двоокису кремнію з розмірами кластерів 5–15 нм, значно меншими, ніж в існуючих. Зазначені наноструктуровані плівки отримують в плазмі магнетронного розряду, що містить 1–3% кисню за об'ємом в аргоні. Збільшення або зменшення частки кисню в аргоні, який напускається в камеру для формування плазми, призводить до збільшення або зменшення вмісту двоокису кремнію в плівці. Це дозволяє регулювати вміст двоокису кремнію в плівці. За результатами електрохімічних досліджень вміст двоокису кремнію в плівці має перебувати в межах 16–41 вагових %, наноструктурований кремній в оболонці двоокису кремнію при цьому має кластерну структуру з розмірами кластерів 5–15 нм, що дозволяє забезпечити високі значення кулонівської ефективності та питомої ємності негативного електрода літій–іонних акумуляторів.

До теперішнього часу анод на основі графіту з теоретичною ємністю 372 mAh/g є основним анодним матеріалом для літій–іонних батарей.

Потенціал графітового електрода дуже близький до потенціалу окисно–відновної пари $Li / Li^+ (-0,2 \div 0,05V)$. У графітових матеріалах на шість атомів вуглецю доводиться не більше одного атома літію (LiC_6), чому відповідає питома ємність. За кімнатної температури графіт, який інтеркаляційною фазою з максимальною концентрацією літію є LiC_6 , тобто на кожен атом інтеркальованого літію доводиться шість атомів графіту. Однак в реальних випадках, є й інші метастабільні з'єднання інтеркаляції літію. Це LiC_{12} і LiC_{18} , де на один атом літію припадають 12 або 18 атомів вуглецю, що істотно зменшує ємність анода до $250 \div 320\ mAh/g$.

У зв'язку з цим розробники шукають можливості по збільшенню числа інтеркальованих атомів літію в структуру анода.

В дослідницькій роботі було визначено структуру зразків і її фізичні властивості для можливості отримання оптимального технологічного процесу напilenня тонкоплівкових структур.

ВИСНОВОК

Збільшення іонної провідності електродів відбувається в основному за рахунок зменшення опору кордонів зерен. Це обумовлено декількома причинами, а саме зменшенням концентрації діелектричних домішок в поверхневому шарі, збільшення кількості контактів між частинками, підвищення концентрації і прискорення дифузії іонів літію в при поверхневому шарі за рахунок збільшення вакансійного розподілу.

На основі отриманих результатів показано можливість вдосконалення технічних рішень та впровадження у виробництво літій-іонних акумуляторів нових технологічних процесів, а також проаналізовано можливі напрямки покращення їхніх експлуатаційних характеристик.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- [1] World secondary lithium-ion battery market // *Adv. Battery Technol.* 2008.V.44. N 4.p. 13.;
- [2] Cho J., Kim T.-J, Kim H., Park B. // *J. Electrochem. Soc.* 2004. V.151. P.A1707–1712.
- [3] Meduri Praveen, Kim Jeong H., Russell Harry B., Jasinski Jacek, Sumanasekera Gamini U., Sunkara Mahendra K. Thin-walled carbon microtubes as high-capacity and high-rate anodes in lithium-ion batteries. // *J. Phys. Chem. C.*– 2010.V.114,N 23.P. 10621–10627
- [4] Shi Jin Yi, Yi Cheol-Woo, Kim Keon Improved electrochemical performance of AlPO₄-coated LiMn_{1.5}Ni_{0.5}O₄ electrode for lithium-ion batteries // *J. Power Sources.* 2010.V.195.N 19.P. 6860–6866. [5]
- [5] Качибая Э.И., Имнадзе Р.А., Паикидзе Т.В. Разработка шпинелей в качестве катодных материалов литий-ионных аккумуляторов // *Фундаментальные проблемы преобразования энергии в литиевых электрохимических системах: Материалы 10-й Международной конференции. Саратов .2008.С.79–71. [0]*

УДК 004.42

В.О. Сірош, студент групи ПБ-11мп, к.т.н., доц. Стельмах Н.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМ МАНІПУЛЯТОРОМ НА БАЗІ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ РІККАТІ

Анотація. В даній роботі розглядається класифікація методів управління промисловими маніпуляторами, а також наводиться опис розробленого алгоритму управління промисловими роботами маніпулятора на базі модифікованого методу Ріккаті, який забезпечує швидке переналаштування маніпулятора.

Ключові слова промисловий маніпулятор, метод Ріккаті, алгоритм управління.

ВСТУП

Більшість роботів-маніпуляторів приводяться в рух електричними, гідравлічними або пневматичними приводами, які застосовують крутні моменти (або сили, у випадку лінійних приводів) на з'єднаннях робота. Динаміка робота-маніпулятора описує, як робот рухається у відповідь на сили діючого приводу.

Існує два основних способи вирішення регулювання положення робота. Перший, іменованій як управління в просторі суглобів, передбачає перетворення заданого завдання на бажану траєкторію для суглобів робота. Потім закон управління використовується для визначення крутних моментів суглобів, які змушують маніпулятор слідувати заданій траєкторії. А інший підхід полягає в перетворенні проблеми динаміки та управління в простір завдання, так що закон управління записується в умовах положення та орієнтації кінцевого ефектора.

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМИ РОБОТАМИ

Управління за допомогою PID (proportional–integral–derivative пропорційна–інтегральна–похідна). Відносно основне підпорядкування управління вирішує характерні проблеми реального управління при всій складності. Зручне управління із трьома мітками (тобто P, I та D) вирішує проблеми за допомогою реагування на стан і перехідні процеси. Розвиток в автоматизованому управлінні зробив систему управління модифікованою з різними можливостями і пропонується вибір для ділянки управління, де ті самі контролери можуть забезпечити PID прямолінійність, зручність, доречність. [1]

Управління за допомогою LQR (linear–quadratic regulator). Лінійний квадратичний регулятор — це процедура в сучасному управлінні, в якій використовується простір станів для розгляду такої системи. [2] Ідея полягає в тому, щоб поміняти цикл архітектор, а на області постів, які використовуються як частина повного входу стану, на акценти на компонентах у функції витрат. Прямий квадратичний регулятор (LQR) є однією з ідеальних стратегій управління, яка враховує умови динамічної структури та інформацію про управління, для того щоб зупинитися на ідеальному виборі управління.

Управління за допомогою RFID (Radio Frequency IDentification). Радіочастотна ідентифікація (RFID) забезпечує бездротовий доступ до системи управління. Підсистема RFID складається з трьох компонентів: RFID-мітки,

пристрою для зчитування міток і обчислювального пристрою для управління інформаційною базою даних. Зчитувач приймає сигнали RFID-мітки, а обчислювальний пристрій обробляє цю інформацію та перевіряє її автентичність.[3]

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМ МАНІПУЛЯТОРОМ НА БАЗІ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ РІККАТІ

Розроблений алгоритм управління промисловим маніпулятором на базі модифікованого методу Ріккати представлений на рис. 1.

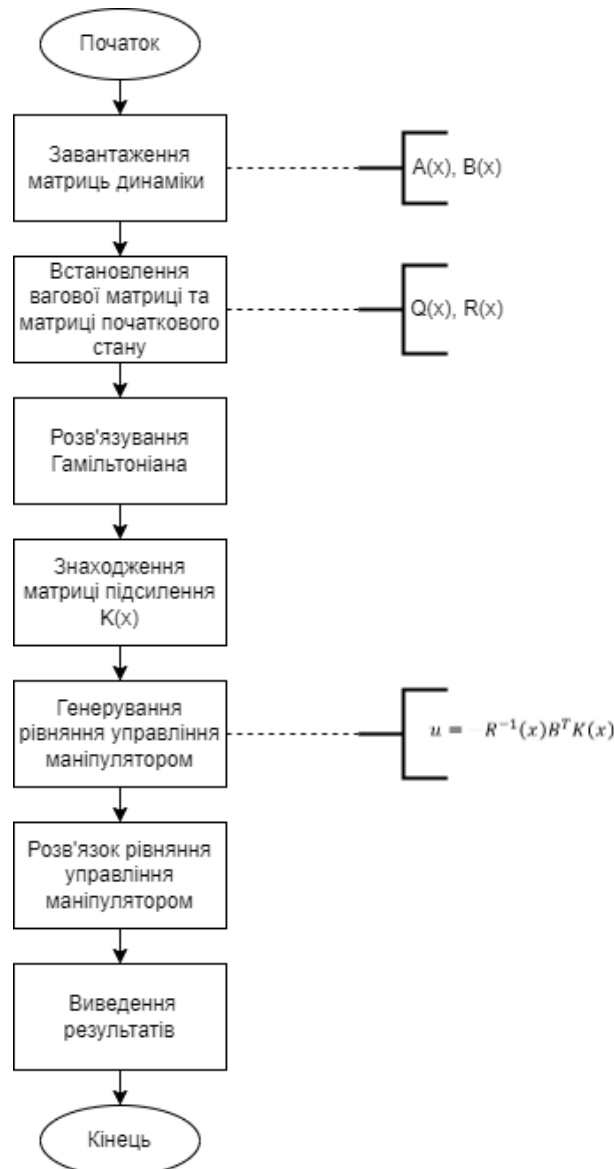


Рисунок 1. Алгоритм управління промисловим маніпулятором на базі модифікованого методу Ріккати

Даний алгоритм функціонує наступним чином.

- 1) Завантаження вхідних матриць динаміки $A(x)$ – матриця стану системи та $B(x)$ – вхідна матриця;
- 2) Встановлення вагової матриці $Q(x)$ та матриці початкового стану $R(x)$;
- 3) Розв'язання Гамільтоніана, який буде використовуватися в подальших

- розрахунках;
- 4) Знаходження матриці підсилення $K(x)$, яка є однією із основ для формування рівняння управління маніпулятором;
 - 5) Генерація рівняння управління маніпулятором;
 - 6) Розв'язок виведеного матричного рівняння;
 - 7) Виведення результатів.

Рівняння управління маніпулятором має вигляд:

$$u = -R^{-1}(x)B^T(x)K(x), \quad (1)$$

де $B(x)$ – транспонована вхідна матриця, $R(x)$ – обернена матриця початкового стану та $K(x)$ – матриці підсилення.

ВИСНОВКИ

В даній роботі розглянуто та проаналізовано основні відомі методи управління промисловими роботами маніпуляторами, а також представлено розроблений алгоритм управління промисловим роботом маніпулятором на базі модифікованого методу Ріккаті та наведено його детальний опис.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Qiu, C., & Huang, Y. (2015). The Design of Fuzzy Adaptive PID Controller of Two-Wheeled SelfBalancing Robot. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 5(3), 193. -3
- [2] Khairudin, M., Mohamed, Z., & Husain, A. R. (2013). Dynamic model and robust control of flexible link robot manipulator. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 9(2), 279-286. -4
- [3] Control Systems in Robotics: A Review / I. Anood et al. *International Journal of Engineering Inventions*. 2016. Volume 5, Issue 5. P. 29–38.

Наук. керівник – к.т.н. доцент Стельмах Н.В.

УДК 681.518.5

А.В. Турбал, студент гр. ПБ-11мп, д.т.н. професор Антонюк В.С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СПЕЦІАЛЬНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Анотація. В даній роботі розглянуто актуальність автоматизації та систем автоматизованого управління мікрокліматом. Визначена структура автоматизованої системи управління мікрокліматом спеціальних виробничих приміщень. Підібрані технічні засоби автоматизації для забезпечення роботи системи в регламентному режимі. За допомогою програмного пакету «Matlab» змодельована поведінка перехідного процесу контролю температури та розраховано параметри для PID регулятора.

Ключові слова: мікроклімат, система вентиляції, автоматизована система керування.

ВСТУП

Сучасний розвиток приладобудування потребує високої надійності, швидкодії та точності функціонування систем контролю стану технологічного середовища. Сприятливі мікрокліматичні умови в виробничих приміщеннях є одним з факторів підвищення продуктивності праці. Система управління мікроклімату виробничих приміщень – це створення необхідних або визначених конкретними нормами умов, які є необхідними для комфортного перебування персоналу та протікання технологічних процесів [1].

Для підвищення надійності продукції приладобудування підприємства потребують сучасних ефективних промислових систем припливно-витяжної вентиляції та кондиціонування [2, 3].

Автоматизовані системи управління мікрокліматом спеціальних виробничих приміщень повинні функціонувати як єдиний механізм, що гарантується за рахунок застосування системи керування кліматом (так звані системи клімат-контролю) в рамках автоматизованого комплексу керування всіма видами опалення, кондиціонування, вентиляції, зволоження тощо [4, 5].

Метою роботи є створення автоматизованої системи управління мікрокліматом спеціальних виробничих приміщень.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

В даній роботі розглянуто автоматизована система управління мікрокліматом виробничого приміщення, яка базується на аналізі даних про температурно-кліматичні умови та характеристики повітря в приміщенні, аналізі отриманих даних та подальше керування приточно-витяжною системою.

При здійсненні процесу контролю параметрів об'єктом регулювання є приміщення, що обслуговується, в якому відбувається зміна контролюємих параметрів повітря через вплив приточного повітря та внутрішніх параметрів. Задачею є підтримка даних параметрів мікроклімату приміщення.

Для моделювання температурного режиму в автоматизованій системі регулювання повітря побудована автоматична система регулювання [6]. Структурна алгоритмічна схема являється графічним відображенням динамічних властивостей функціональних елементів системи, що описує математичну модель керування [7].

На рисунку 1 зображено функціонально-структурну схему САК по каналу регулювання температури в спеціальному виробничому приміщенні.

Запропонована система автоматичного регулювання температури повітря забезпечує постійний моніторинг та контроль процесу вентиляції і складається з: об'єкту керування (ОК) (приміщення) та датчика температури (ДТ), який контролює температуру в приміщенні та перетворює її значення в електричний сигнал.

На вході в систему електричний сигнал зіставляється з заданою установкою. В ході зіставлення сигнал неузгодженості підходить до регулятора (PID), який регулює його по напрузі та потужності, далі до виконавчого пристрою (Д) (двигун), який впливає на показник температури в приміщенні, змінюючи кількість повітря, що надходить. Регулюючий орган (З) (заслонка) змінює витрати повітря при повороті.

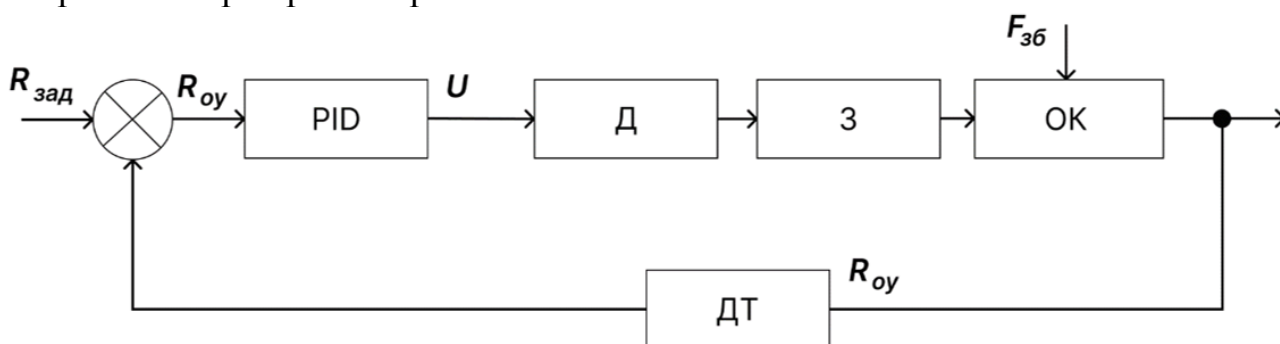


Рисунок 1. Функціонально-структурна схема САК по каналу регулювання температури: PID – регулятор; Д – виконавчий механізм (двигун); З – регулюючий орган (заслонка); ОК – об'єкт керування (виробниче приміщення); ДТ – температурний датчик; $R_{зад}$ – задана температура; $R_{оу}$ – температура в приміщенні; $F_{зб}$ – збурення на ОК; U – напруга керування

Передаточна функція датчика температури повітря в приміщенні буде мати вигляд:

$$W_{TE} = \frac{k}{T_p + 1} \quad (1)$$

де k – температурний коефіцієнт спротиву датчику,
 T_p – постійна часу

В контурі регулювання температури теплоносія маємо такі передаточні функції виконавчого механізму (двигун):

$$W_{BM} = \frac{k}{T_{BM} + 1} \quad (2)$$

де k - температурний коефіцієнт спротиву теплоносія,
 T_p – постійна часу.

Передаточна функція регулюючого органу (заслонка):

$$W_{PO} = \frac{k_{PO}}{T_{PO} + 1} \quad (3)$$

де k_{PO} – коефіцієнт чутливості регулюючого клапана,
 T_{PO} – постійна часу.

Побудовано функціонально-структурну схему системи автоматизованого керування по каналу регулювання температури, розраховано передаточні функції датчика температури, виконавчого механізму та регулюючого органу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведено автоматичний розрахунок параметрів PID регулятора за допомогою пакета MatLAB Simulink за допомогою вбудованої функції автоналаштування регуляторів “Tune”. Отримані параметри налагодження PID регулятора представлено у таблиці 1:

Таблиця 1. Параметри PID регулятора

<i>Параметр</i>	<i>Значення</i>
Пропорційна складова коефіцієнту підсилення	0.20456
Інтегральна складова коефіцієнту підсилення	0.044256
Диференційна складова коефіцієнту підсилення	0.23427
Час наростання	3.63, с
Час встановлення	10.6, с
Пікова характеристика	1.04

На основі вирахованих передаточних функцій побудовано модель регулювання температури у приміщенні та побудовано графік перехідної характеристики, що зображено на рисунку 2:

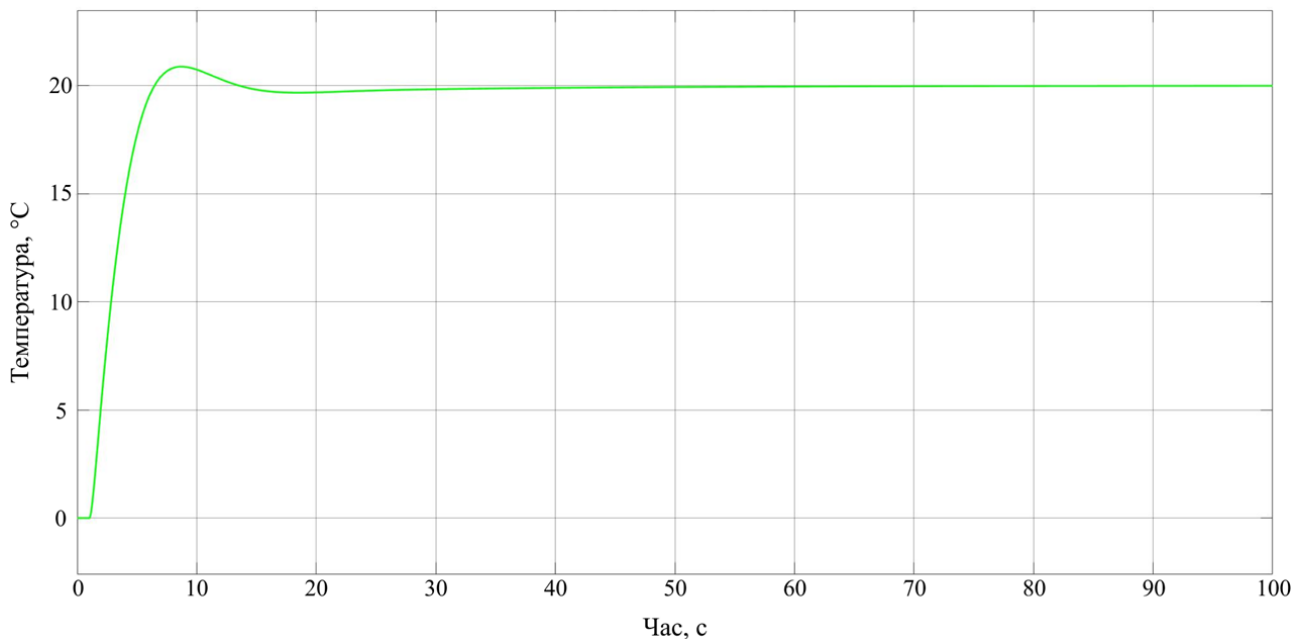


Рисунок 2. Перехідний процес керування температурою

Проаналізовано перехідний процес керування температурою показаний на рисунку 2 час регулювання системи становить $t_p = 80$ с. (рисунок 2)

Величина перерегулювання вхідного сигналу: $\delta = 4.42\%$, що не виходить за межі 20%, а отже повністю задовільняє технологічним вимогам.

Отримано модель регулювання температури приміщення, використовуючи PID регулятор, що дає змогу керувати системою більш точно та зменшити загальний час регулювання.

ВИСНОВКИ

Запропонована автоматизована система управління мікрокліматом спеціальних виробничих приміщень дозволить забезпечити параметри мікроклімату спеціальних виробничих приміщень. Виконано дослідження перехідного процесу керування температури в приміщенні, підібрано параметри PID регулятора, що дозволяє керувати системою більш точно та зменшити час регулювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Гончар В.Ф. Електрообладнання і автоматизація с.-г. агрегатів і установок. – К.: Вища школа, 1985. – 208 с.
- [2] Автоматизація систем теплопостачання і вентиляції [Текст] : методичні вказівки/ С.М. Нубарян – Харків: ХНАМГ, 2009. – 9 с.
- [3] Санітарні норми мікроклімату [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> – Дата звернення 17.10.2022 р.
- [4] Мережаний Ю.Г. Автоматизована вентиляційно-опалювальна система для малих виробничих приміщень прецизійного приладобудування / Ю.Г. Мережаний, В.С. Антонюк // Нові технології. - Кременчук: 2011. - №1(31). - с. 35-38.
- [5] Голінко, І.М. Моделювання та оптимізація систем керування: монографія / І.М. Голінко, А.І. Кубрак. – Кам'янець–Подільський: ПП Буйницький, 2012. – 262 с. http://conislab.net/files/modeling/golinko_2012_262.pdf
- [6] Merezhanу Y. Automotive indoor climate control for the precision instrument assembly workrooms. / Y. Merezhanу, V. Antonyuk // Nauka і studia (Poland). - Przemysl: Sp-ka z o.o. "Nauka і studia", 2011. - NR 14(45). - с. 57-63.
- [7] Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: [Текст] : навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с. [0]

Наук. керівник – д.т.н., проф. Антонюк В.С.

УДК 004.946:681.2

О.В. Чигрін, студент гр. ПБ-11мп, к.т.н., доц. Барандич К.С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ДОДАНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ПРИ СКЛАДАННІ ЦИКЛОЇДАЛЬНОГО РЕДУКТОРА

Анотація. Маючи на меті зменшення часу на виконання складальних операцій, доцільним є розробити застосунок для підготовки до виконання складальних операцій. Для реалізації такої задачі використано технології доданої реальності. У статті описано застосунок для відображення цифрових інструкцій при складанні. Представлено розроблену високорівневу та низькорівневу архітектуру класів і методів, відповідно до яких розроблено застосунок. З метою практичного використання результатів досліджень створено методіку використання застосунку працівниками при виконанні складальних робіт.

Ключові слова: складання, циклоїдальний редуктор, додана реальність.

ВСТУП

Зменшення часу на виконання складальних операцій є одним з шляхів до зменшення собівартості кінцевого виробу. Сьогодні, на виробництвах, задачами технолога є написання технологічних карт і розробка оснастки для полегшення і пришвидшення виконання усіх змінних завдань працівників. Для вирішення такої задачі запропоновано використати додану реальність (ДР), як джерело цифрових інструкцій, розширення можливостей стандартного 2D креслення. Оскільки отримуючи підказки у вигляді візуальної, цифрової інформації, працівнику не потрібно чергувати увагу між кресленням та об'єктом роботи. Це дозволяє зменшити час на підготовку до виконання операції. На базі стартап проекту LineBar розглянуто циклоїдальний редуктор та можливість зменшення часу його складання за допомогою використання цифрових інструкцій.

Таким чином, метою даної роботи є розробка застосунку, що дозволяє відображати 3D моделі і виконувати їх анімацію, має функціонал анотації 3D об'єктів і, як результат, дозволяє зменшити підготовчо-заклучний час на виконання складальних операцій.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

На сьогодні вже існують подібні рішення, які використовуються працівниками під час виконання складальних робіт. В державному інституті Iowa, США, розроблено систему для відстеження перебігу процесу складання [1], система використовує камери з інфрачервоними датчиками, що дозволяє відстежувати об'єкти у просторі. Компанія Boeing використовує ДР у складальних операціях для виконання задач з прокладання кабелів [2], робітник використовує дисплей-окуляри для отримання цифрових вказівок. У Німеччині, в університеті Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV, інженерами створено застосунок для відображення цифрової інформації про складальні процеси «MA2RA» [3]. Ця розробка полягає в тому, що на робочому місці робітника розміщуються штрих-коди, які дозволяють застосунку вказувати на місця, де розташовані необхідні працівникові складальні одиниці.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Запропонований застосунок розроблено на базі середовища розробки мобільних додатків Unity. Функціонал цієї програми надає можливості розробнику реалізувати анімацію 3D об'єктів, а об'єктно орієнтовні принципи програмування мови C#, що використовується в Unity, дають можливості керувати зв'язками між створеними об'єктами.

Архітектура застосунка складається із двох структур: загальної або високорівневої архітектури та атомарної структури, що описує класи і методи на рівні складальних одиниць циклоїдального редуктора.

На найвищому рівні архітектура поділяється на 4 класи (рис. 1): «ARCamera», «Image Target», «Canvas» та «Event System». Усі вони наслідують клас «GearBox Assembler», що є спільним класом усього застосунку. Компонент «Canvas» представляє абстрактний простір, у якому розміщується та відображається інтерфейс користувача. Усі елементи інтерфейсу користувача є дочірніми до компоненту «Canvas». Описаний раніше клас «Image Target» містить у собі методи «Image Target Behavior» та «Image Target Preview», які є імпортованими скриптами проекту із «SDK Vuforia».

Клас «ARCamera» відповідає за відображення камери користувача. Поля, які створені в цьому класі автоматично отримують інформацію під час роботи застосунку, а саме візуальне зображення надходить до «Camera» та звуковий ряд до «Audio Listener». Поле «Tag» містить інформацію про тег камери, що використовується методами, які імплементуються в класі «ARCamera».

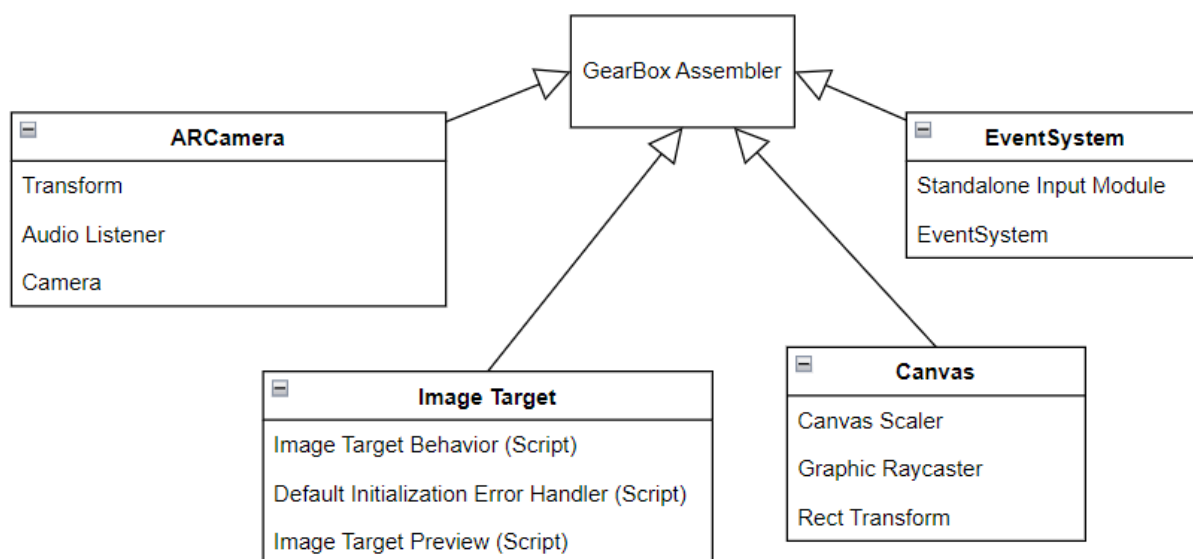


Рис.1. Найвищий рівень архітектури застосунку

Друга частина архітектури – це структура класу «GearBox» (рис. 2). За замовчуванням клас містить лише об'єкти згідно специфікації, проте реалізація функціоналу анотування об'єктів вимагає розширення класу. Усі 3D об'єкти в застосунку, які повинні взаємодіяти з користувачем, мають поля «Transform» – для задання координат, кутів повороту та масштабу об'єкту; «VoxCollider», «MeshRenderer» та «MeshCollider» – для взаємодій з іншими об'єктами.

На схемі виокремлено клас 3D моделі «Вал перехідний» на його прикладі представлено структуру кожного класу 3D моделі, в якому реалізовано

функціонал анотування 3D моделей. Усі моделі, які підлягають анотуванню імплементують скрипт «InfoBehavior». Клас «Вал перехідний» містить об'єкти, що функціонують як 3D об'єкти анотації.

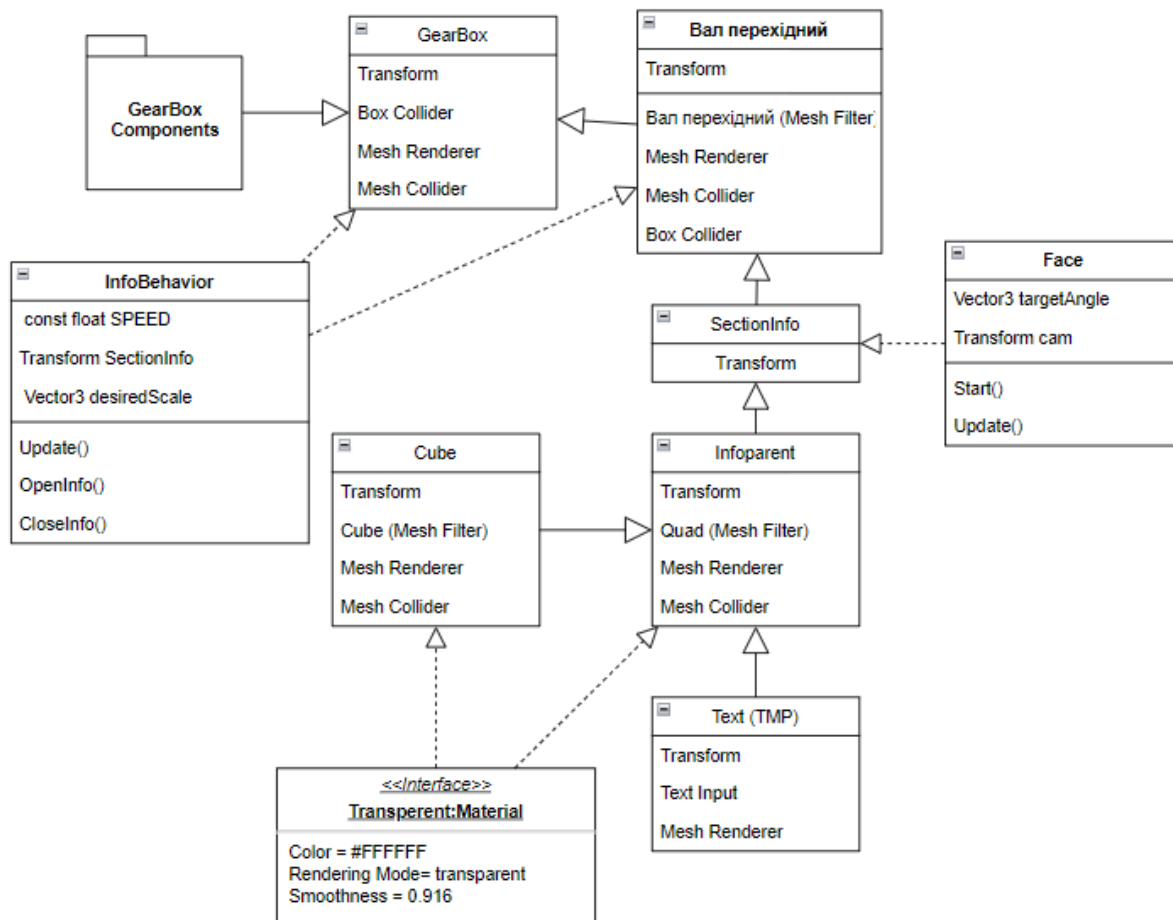


Рис. 2. Структура класу GearBox

Розроблений застосунок здатний розпізнати креслення, що слугує маркером для відображення 3D моделі об'єкту. Функціонал дозволяє користувачеві розібрати та зібрати 3D модель складальної одиниці натисканням однієї кнопки, або покроково – для перегляду кожного етапу зборки. Застосунок відображає анотації 3D моделей складальних одиниць по наведенню на них центру екрану.

Робота застосунку розпочинається з розпізнавання камерою маркера, на якому необхідно розмістити 3D модель циклоїдального редуктора. У випадку, якщо маркер вдалось розпізнати, розпочинається рендеринг моделі та відображення на маркері циклоїдального редуктора. У випадку, якщо маркер розпізнано і натиснута кнопка «Анімація», викликається інструмент «Animator», який розпочинає анімацію зборки або розборки. Для більш детального перегляду етапів складання циклоїдального редуктору створено окремі кнопки для керування поетапною анімацією складання і розборки 3D моделі.

Алгоритм відображення анотацій 3D моделей складається з перевірки, чи розміщена деталь по центру екрану. У випадку, якщо деталь розміщено по центру, відображається анотація, що відповідає 3D моделі. У всіх інших випадках, усі анотації закриваються. У кожному кадрі застосунок перевіряє розташування відображеної анотації відносно камери користувача. У випадку

зміни положення камери застосунок має розвернути 3D об'єкти анотацій в сторону камери. Після компіляції проекту, файл додатку можна встановити на телефон з операційною системою Android (рис. 3).

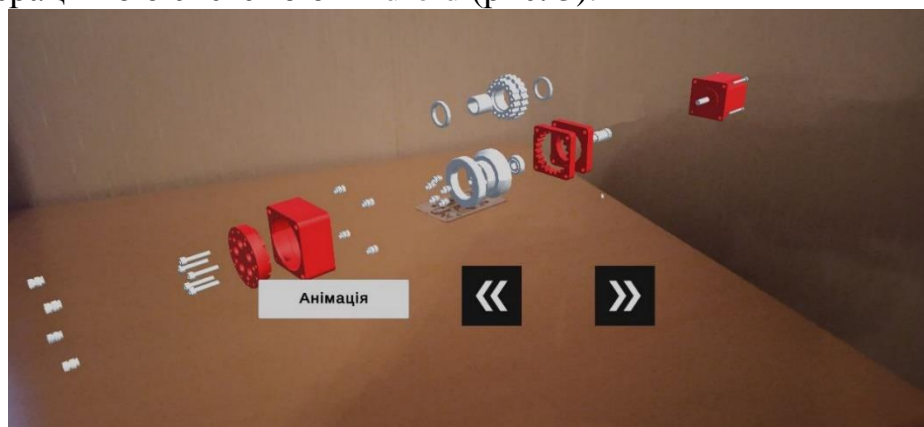


Рис.3. Загальний вигляд інтерфейсу застосунку на мобільному пристрої

МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБКИ

Описаний застосунок може використовуватися робітником під час виконання завдання на складання. Розмістивши роздруковане креслення на столі, працівник відкриває застосунок, переглядає доступні анімації складального процесу. За необхідності, працівник може переглянути додаткову інформацію про деталі у їх анотації. Використання застосунку в реальних виробничих умовах зменшило час складання циклоїдального редуктора на 30%.

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано існуючі рішення використання ДР під час виконання складальних робіт. Запропоновано розробити застосунок для відображення цифрових інструкцій до виконання складальної операції. Описано високорівневу архітектуру створеного застосунку, а саме класи ARCamera, Image Target, Canvas та Event System, методи, які вони імплементують, та класи, які їх наслідують. У якості низькорівневої архітектури описано класи складальних одиниць, що входять до загального класу GearBox, що є нащадком Image Target. Розглянуто розроблені класи та методи для реалізації функціоналу анотації 3D моделей. Розроблений застосунок та методика його використання, дозволили зменшити час складання циклоїдального редуктора на 30%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Boeing Tests Augmented Reality in the Factory — Режим доступу: [www.URL:https://www.boeing.com/features/2018/01/augmented-reality-01-18.page](https://www.boeing.com/features/2018/01/augmented-reality-01-18.page)— 19.01.2018 р.
- [2] Radkowski, R. Object tracking with a range camera for augmented reality assembly assistance. J. Comput. Inf. Sci. Eng. 2016, 16, 011004
- [3] M. König et al., "MA2RA - Manual Assembly Augmented Reality Assistant," 2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2019, pp. 501-505, doi: 10.1109/IEEM44572.2019.8978844.

Наук. керівник – к.т.н., доц. К.С. Барандич

УДК 621.757

В.І. Юрковець, аспірант гр. ПБ-01ф, доц. Вислоух С.П.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Анотація. В роботі представлено основні закономірності процесу поєднання вісесиметричних деталей із використанням вертикальної схеми складання, при якій втулка закріплена, а вал переміщується опираючись на кромку деталі. Визначено траєкторії і швидкості точок, розташованих на поверхні рухомої деталі. Запропонована методика розрахунку мінімальних значень складальних зусиль, що забезпечує поєднання деталей і сил взаємодії в точках контакту. Отримані результати дозволяють коригувати процес складання виробів, на основі чого з'являється можливість відстежувати силові параметри та контролювати процес поєднання деталей.

Ключові слова: математичне моделювання, вісесиметричні деталі, автоматизація складання, траєкторія руху деталі, складальні зусилля.

ВСТУП

Надійність автоматизованого складання вісесиметричних деталей, як і будь яких інших деталей, що реалізується їх механічним переміщенням, забезпечується рухом складального механізму, який обумовлений особливостями відносного розташування деталей [1].

Метою даної роботи є створення кінематичної моделі автоматизованого поєднання вісесиметричних деталей для вертикального типу «вал-втулка» [2] шляхом аналізу сил взаємодії в точках їх контакту.

В процесі роботизованого складання, коли деталі подаються на позицію складання, проявляються осьові та кутові зміщення деталей [3]. Причиною цих зміщень може бути похибки траєкторії робота-маніпулятора, геометричні похибки деталей і недостатня повторюваність їх позиціонування [4]. Точний рух приєднувальної деталі може бути забезпечений з використанням методів адаптації (активної та пасивної) [5]. За останній час виконано аналіз і моделювання процесу роботизованого складання деталей циліндричних з'єднань. Для цього створена динамічна модель складання «вал-втулка» і представлена стратегія складання, що базується на корегуванні сил і моментів [6]. Крім того, встановлено геометричні та динамічні умови складання циліндричних деталей типу «вал-втулка» [7].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для реалізації поставленої мети приведено опис результатів аналізу процесу складання вісесиметричних деталей з малим гарантійним зазором, при якому втулка закріплюється у вертикальному положенні, а вал – переміщується на втулку зверху, опираючись на три точки кромки закріпленої деталі.

Розташування точок приєднувальної деталі визначається відносно нерухомої системи координат, що пов'язана з центром з'єднувального торця нерухомої деталі. Створена система координат Oxy , початок якої вибирається в центрі приєднувальної деталі. На рисунку 1 показані геометричні параметри процесу поєднання деталей.

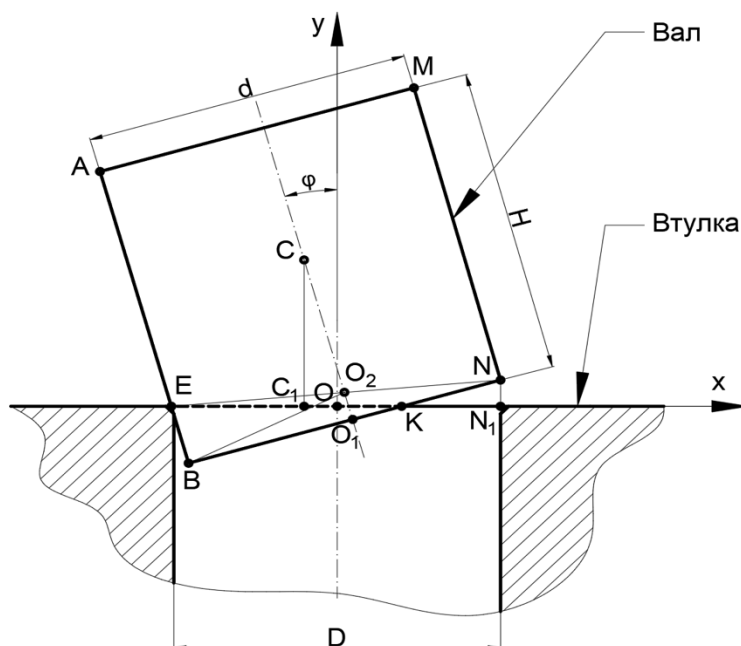


Рисунок 1. Геометричні параметри процесу поєднання

В процесі поєднання кут нахилу між деталями φ зменшується, а симетричні точки контакту зближуються і при умові $\varphi = \arccos \frac{d}{D}$ та поєднуються в одну. Розташування симетричних точок контакту характеризується відстанню $S = OK$ – відрізком, який з'єднує точки контакту, до центра O :

$$S = OK = \frac{D(1 + \cos^2 \varphi) - 2d \cos \varphi}{2 \sin^2 \varphi} \quad (1)$$

Координати центра мас C рухомої деталі в указаних системах координат визначається як:

$$\begin{aligned} y_c &= 0,5H \sin \varphi - OO_2 \sin \varphi \\ x_c &= 0,5H \cos \varphi - S \sin \varphi \end{aligned} \quad (2)$$

Таким чином, розташування рухомої деталі в процесі поєднання визначається кутом нахилу між осями, тобто рухома деталь має одну степінь свободи, а кут φ – спільний. Для поєднання деталей, необхідно, щоб траєкторія приєднувальної деталі, відповідала траєкторії закріпленої кромки. Складання у вертикальному положенні при зусиллі F , яке діє в точці M втулки, можливе при встановленні втулки на позицію складання під кутом, не більше зазначеної величини.

$$\begin{aligned} y_M &= 0,5D - H \sin \varphi \\ x_M &= H \sin \varphi + OO_2 \sin \varphi \end{aligned} \quad (3)$$

Траєкторія точки M , що побудована відповідно з цими рівняннями має точку перетину, розташування якої залежить від кута φ . Кут, що відповідає найвищому положенню точки M , визначається графіком залежності координати x_M від кута між осями деталей φ .

Координати точки N , що рухається по прямій NN_1 і є продовженням поверхні валу, яка знаходиться в площині симетрії. При досягненні кута між осями значень $\varphi \leq \arccos D/d$ точка N плавно переходить на внутрішню поверхню втулки, тобто точка N не змінюється протягом всього процесу поєднання.

Особливості руху точки N дозволяють встановити напрямок швидкостей всіх точок вала для будь якого значення кута φ (рис.2) за допомогою миттєвого центра швидкостей L , який знаходиться в точці перетину перпендикулярів, проведених від точок N і E . При трьох точковому контакті швидкість точки K , яка лежить в площині симетрії деталей, буде направлена перпендикулярно відрізьку KL , а швидкість точки M – буде направлена перпендикулярно відрізьку LM .

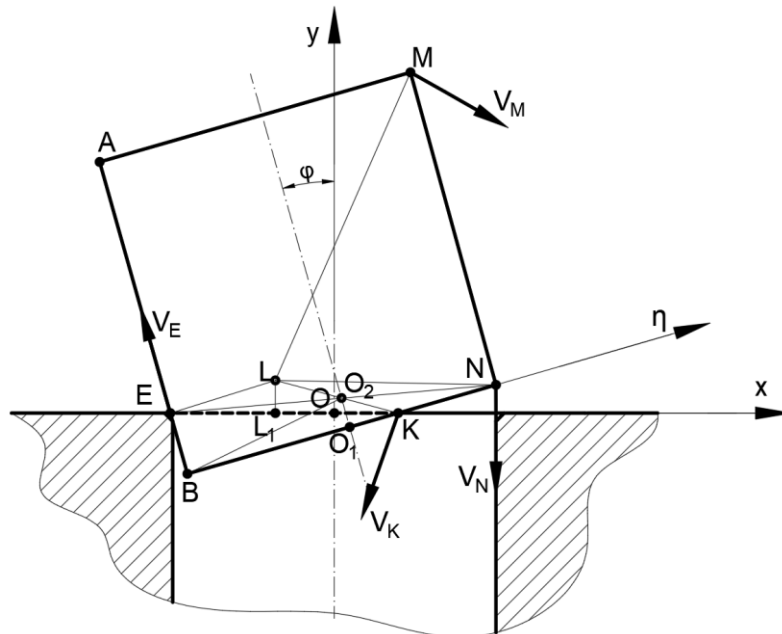


Рисунок 2. Розподіл швидкостей при контакті деталей у трьох точках

Координати миттєвого центра швидкостей L , при контакті деталей в трьох точках мають такі значення:

$$\begin{aligned} x_L &= -S = -\frac{d(1+\cos^2\varphi)-2D\cos\varphi}{2\sin^2\varphi} \\ y_L &= 2O_2O = \frac{d-D\cos\varphi}{\sin\varphi} \\ \eta_L &= -\frac{d(1+\cos^2\varphi)-2D\cos\varphi}{2\sin^2\varphi} \end{aligned} \quad (4)$$

В момент, коли точка N перетинає внутрішню площину кромки, швидкість точки E V_E дорівнює 0, тобто при умові $\varphi = \arccos D/d$ миттєвий центр швидкостей знаходиться в точці E . Швидкість точки E при кутах $\varphi < \arccos D/d$ змінює свій напрям на протилежний. Швидкість точки N , в якій співпадуть дві симетричні точки контакту, направлена по утворюючій внутрішній поверхні кромки. Миттєвий центр швидкостей L_1 в цьому випадку виходить за межі перетину вала, але його координати в нерухомій і рухомій системах координат після перетворень не змінюються.

Сили взаємодії в точках контакту складаються з сили реакції опори і тертя. Нормальна реакція опори, що діє на деталь в симетричних точках контакту, має прилягати одночасно в двох площинах, одна з яких проходить через вісь вала, а інша – через вісь втулки. Відповідно, сили які діють на деталь в точках K і E , будуть направленні по лінії перетину точки контакту с точкой O_2 перетину осі вала і втулки. При плоскопаралельному русі нормальна реакція опори N_K і N_E в

симетричних точках контакту K і E однакова по модулю, а їх рівнодійна – направлена по прямій (рис.3).

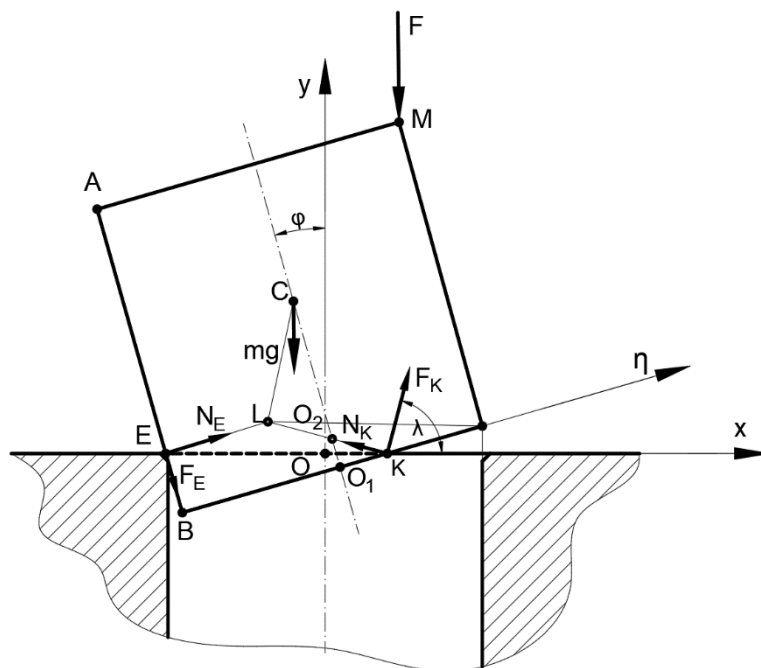


Рисунок 3. Розподіл сил діючих на вал в точках контакту деталей

Сили тертя F_K і F_E в симетричних точках контакту направлені протилежно швидкостям в цих точках і приводяться до рівнодійної сили $F_K = 2fN_K$, прикладеної до точки K і до точки E , $F_E = 2fN_E$. При плоскопаралельному русі всі сили, що діють на рухому деталь в точках контакту, утворюють систему сил, яка розділена в площині симетрії деталей. Відповідно, результуюча дія складального пристрою також має приводитись до плоскої системи сил.

Рух деталі, яка опирається на три точки і має одну степінь свободи, розпочинається в тому випадку коли загальна сила P_φ відповідає певному значенню кута φ між осями деталей, стає менше нуля. Вираз для загальної сили, отриманий після відповідних перетворень, дорівнює сумі моментів, що прикладені до деталей відносно миттєвого центра швидкостей. Враховуючи, що сума моментів m_L всіх нормальних реакцій дорівнює нулю, оскільки і їх лінії дії проходять через миттєвий центр швидкостей, отримуємо що загальна сила дорівнює сумі моментів сил складання, сил тяжіння, сил тертя в точках контакту:

$$P_\varphi = m_L(F) + m_L(mg) + m_L(F_E) + m_L(F_K) \quad (5)$$

Таким чином, процес поєднання виконується при умові, якщо моменти складальних зусиль і сил тяжіння перебільшують сумму моментів сил тертя відносно миттєвого центра швидкостей:

$$m_L(F) + m_L(mg) > m_L(F_E) + m_L(F_K) \quad (6)$$

При вертикальному складанні сили тяжіння рухомої деталі може сприяти зміщенню або перешкоджати йому в залежності від величини кута φ . В процесі поєднання існує кут φ_0 , при якому лінія дії сил тяжіння дорівнює нулю. Для того щоб визначити значення φ_0 достатньо прирівняти до нуля – плече сили тяжіння.

Існують методи складання вісесиметричних деталей [5], що описують штучне зміщення центра тяжіння вала, в цьому випадку моменти сили тяжіння перевищують сумму моментів сил тертя і забезпечують процес поєднання.

При вертикальному складанні область мінімальних значення складальних зусиль, що забезпечують процес поєднання, визначають з того, що в процес зміщення деталей можна представити як квазистатичний, тобто розглядати його як сукупність покрокових переміщень деталі зі стану рівноваги до руху. В цьому випадку кожен крок може бути описаний рівнянням рівноваги, що відповідає малим переміщенням, швидкостям і прискоренням, які характеризують процес поєднання і мінімальним значенням складальних зусиль.

При рівновазі деталі, незалежно від схеми складання сума моментів всіх діючих на неї сил відносно центра швидкостей L дорівнює нулю:

$$m_L(F) + m_L(mg) + m_L(F_E) + m_L(F_K) = 0 \quad (7)$$

Це рівняння доповнюється рівняннями проекцій всіх сил на осі координат x і y (рис. 3):

$$\begin{aligned} \sum F_x &= N_E \cos \varphi + F_E \sin \varphi - N_K \sin \lambda + F_K \cos \lambda = 0; \\ \sum F_y &= -mg + N_E \sin \varphi - N_E \cos \varphi + N_K \cos \lambda + F_K \sin \lambda = 0; \end{aligned} \quad (8)$$

Розв'язання даних рівнянь дозволяє визначити мінімальні значення складальних зусиль, необхідних для забезпечення процесу поєднання для конкретної схеми складання, а також визначити значення сил в точках контакту деталей між собою.

Аналіз отриманих рівнянь показав, що при взаємодії на деталь складальним зусиллям в точках контакту виникають сили взаємодії між деталями, які збільшуються при зменшенні кута φ .

Для складання деталей, в яких процес поєднання забезпечується крутним моментом, що прикладений до вала зі сторони складального пристрою (маніпулятором), визначають мінімальні значення складальних зусиль і сил взаємодії.

$$\begin{aligned} N_E(\cos \varphi + f \sin \varphi) - 2N_K(\sin \lambda - f \cos \lambda) &= 0; \\ N_E(\sin \varphi - f \cos \varphi) + 2N_K(\cos \lambda + f \sin \lambda) - mg &= 0; \end{aligned} \quad (9)$$

Аналіз таких методів складання деталей показав, що сили взаємодії в цьому випадку за степенем приближення кута між осями до значення $\varphi < \arccos D/d$. Найменші значення сил взаємодії виникають при складанні деталей пристроями зі зміщеним центром тяжіння, оскільки вони будуть визначатись силою тяжіння вала. Відповідно, складання легко пошкоджуваних

деталей рекомендується виконувати пристроями, що задають крутний момент на вал.

ВИСНОВКИ

Отримана кінематична модель процесу поєднання деталей при три-точковому контакті між ними під час вертикального плоско-паралельного руху типу «вал-втулка». Це дозволяє визначити значення сил в точках контакту і встановити степінь їх впливу на процес складання. Перспективним напрямком використання розробленої моделі може бути синтез системи, що забезпечує необхідні характеристики процесу складання а також комп'ютерне моделювання процесу складання вісесиметричних деталей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Юрковець В.І., Вислоух С.П. Підвищення надійності автоматизованого складання виробів / Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 18-19 травня 2021р. —К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – С. 179-183.
- [2] Юрковець В.І, Вислоух С.П., Антонюк В.С. Моделювання послідовності складання вісесиметричних деталей // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. Ун-т «Харків. політехн. ін-т».–Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – № 2 (6) 2022. – С. 110–116. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2022.2(6).
- [3] Liu, Y. Optimal design of remote center compliance devices of rotational symmetry / Y. Liu, M.Y. Wang // Precision Assembly Technologies and Systems: 7th IFIP WG 5.5 International Precision Assembly Seminar, IPAS 2014. – 2014. – Vol. 435, ChamoniX. – P. 161–169.
- [4] Liu, Z. Screw Insertion Method in Peg-in-Hole Assembly for Axial Friction Reduction / Z. Liu, L. Song, Z. Hou, K. Chen, S. Liu and J. Xu // in IEEE Access. – 2019. – Vol. 7. – P. 148313–148325. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2946406.
- [5] Z. Hou, M. Philipp, K. Zhang, Y. Guan, K. Chen, and J. Xu, “The learningbased optimization algorithm for robotic dual peg-in-hole assembly,” Assembly Automation, vol. 38, no. 4, pp. 369–375, 2018.
- [6] K. Zhang, J. Xu, H. Chen, J. Zhao, and K. Chen, “Jamming analysis and force control for flexible dual peg-in-hole assembly,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 66, no. 3, pp. 1930–1939, March 2019.
- [7] B. Baksys, J. Baskutiene, and S. Baskutis, “The vibratory alignment of the parts in robotic assembly,” Industrial Robot: An International Journal, vol. 44, no. 6, pp. 720–729, 2017.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Вислоух С.П.

Секція 4.

Ефективність інформаційних технологій при проектуванні систем вимірювання механічних величин. Техніко-економічні характеристики мікро- і нанопристроїв

УДК 621.317

Я.Є. Морозов, студент гр. ПМ-11мп, к.т.н., асис. Котляр С.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАННЯ КУТА НАХИЛУ

Анотація. В статті приведено огляд і узагальнено відомості про використання інклінометрів в системах моніторингу і представлено області застосування таких систем. Приведено описи принципів дії інклінометрів на основі кварцового і МЕМС-датчиків. Дано оцінку використання інклінометрів.

Ключові слова: автоматизація вимірювання, датчик кута нахилу, системи моніторингу.

ВСТУП

Системи автоматичного керування та автоматичного регулювання стали невід'ємною частиною сучасного високотехнологічного виробництва. Вони все частіше використовуються в сучасній промисловій і побутовій техніці. Датчик фізичного значення є важливим компонентом будь-якої схеми керування, надаючи сигнали зворотного зв'язку електроніці, яка керує приводом.

З часом розвивалися нові технології, інклінометри стали дуже поширеними в будівництві для визначення відхилень від рівня різних об'єктів. Наші провідні приладобудівні підприємства та їхні науково-технічні досягнення показали, що на основі власних розробок вони можуть виготовляти цифрові інклінометри, конкурентоспроможні на світовому ринку за вартістю та технічними характеристиками. Завдання полягало в мінімізації розмірів обладнання для зручності використання та ергономіки. Перераховані завдання потребують додаткового дослідження та вивчення.

Це означає, що всі зусилля, спрямовані на виготовлення та вдосконалення інклінометричних систем, є своєчасними та актуальними.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

У літературі [1-5] відсутні загальні дані щодо використання інклінометрів як компонентів системи моніторингу стану складних об'єктів технічної інфраструктури, лише приклади використання в окремих галузях промисловості. Тому наведемо такий аналіз.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Системи для вимірювання прискорення та кутів нахилу включають датчики лінійного прискорення та широко використовуються з цією можливістю для вимірювання кутів нахилу, інерційних сил, ударних навантажень та вібрації об'єктів. Вони широко використовуються на транспорті, медицині, промислових системах вимірювання та керування, інерціальних навігаційних системах. Промисловість випускає кілька типів акселерометрів з різними принципами дії, діапазонами вимірювання прискорення, якістю, розмірами та ціною.

Сфери застосування акселерометрів визначаються їх основними параметрами та їх співвідношеннями. Найважливішими параметрами акселерометра є діапазон, у якому він вимірює прискорення, чутливість (зазвичай виражається як відношення сигналу до прискорення у вольтах), нелінійність у відсотках повної шкали, шум, дрейф нульової температури (зсув)

і чутливість. У багатьох випадках основною характеристикою є власна частота ω_0 або резонансна частота f_0 коливань датчика, яка визначає діапазон робочих частот датчика. У більшості застосувань важливий діапазон температур і максимально допустиме перевантаження - ці характеристики пов'язані з умовами роботи датчика. До параметрів визначення, що впливають на точність визначення прискорення, відносяться дрейф нуля і чутливість (переважно температурна), а також шум датчика, який обмежує поріг роздільної здатності пристрою. Чутливість датчика залежить від резонансної частоти механічної підсистеми, а також від якості електронного перетворювача.

Зміна чутливості з температурою в основному зумовлена зміною модуля пружності. Дрейф нульової температури спричинений зміною коефіцієнта пружності, теплового розширення та технічними помилками у виробництві датчика. Зазвичай під впливом температури параметри електроніки датчика змінюються набагато менше.

Компоненти MEMS — це крихітні датчики, електричні приводи, тонкі плівки, які сприймають і випромінюють вібрацію, та інші подібні компоненти, виготовлені на звичайних кремнієвих підкладках за допомогою процесу «мікромашинної обробки» — набору методів, що використовуються для створення напівпровідникових структур, які забезпечують мікрочіткий рельєф. На підкладці (кремнієвій основі) формується структура з досить великою глибиною.

Мікросистеми обробки даних зазвичай являють собою функціонально-орієнтовані аналогові або змішані (аналогові та цифрові) пристрої спеціального призначення, призначені для попередньої обробки інформації та оптимального взаємодії з компонентами MEMS. Як правило, мікросистеми обробки даних виготовляються з використанням стандартної технології інтеграції, такої як біполярна, CMOS або BiCMOS. Використання технології MEMS дозволяє абсолютно по-новому уявити практично кожен клас мікроелектроніки, відомий сьогодні. Кожен продукт MEMS має спеціальну мікросистему обробки даних, яка об'єднує вхідний мікромеханічний датчик або вихідний мікромеханічний пристрій. Іншими словами, високоінтелектуальні вхідні датчики або вихідні приводи можуть бути створені за допомогою пристроїв MEMS. Такі пристрої здатні «самостійно» (тобто без залучення передової електроніки) відстежувати інформацію про все навколишнє середовище та зміни його механічного, теплового, біологічного, хімічного, оптичного чи магнітного складу. Інформація, отримана від вбудованих мікромеханічних датчиків, обробляється спеціалізованими мікросистемами обробки даних на достатньо високому обчислювальному рівні, що дозволяє приймати необхідні рішення безпосередньо в MEMS-пристрої, щоб можна було виконувати необхідні дії щодо середовища шляхом інтеграції в те ж саме Мікромеханічний актуатор у пристрої, наприклад, змінює положення вхідного датчика, вмикає мікропривід, який працює, переміщує або встановлює інші датчики у визначеному місці.

ВИСНОВКИ

1. Датчик фізичної величини є необхідною складовою будь-якого контуру

керування, забезпечуючи сигналом зворотного зв'язку електроніку, що керує виконуючим пристроєм.

2. Тенденції розвитку систем автоматизованого керування наступні:
 - збільшення точності вимірювань;
 - зменшення дрейфу характеристик під дією зовнішніх змін напруги та температури;
 - збільшення інтеграції пристроїв, включення в структуру систем калібрування та інтерфейсів для з'єднання зі стандартними пристроями автоматики та вимірювання;
 - зменшення напруг та струмів живлення, що має першочергове значення для мобільних застосувань;
 - вдосконалення технології виготовлення з метою зменшення вартості.
3. Використання технологій MEMS дозволяє по-новому уявити практично всі відомі на сьогоднішній день категорії виробів мікроелектроніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- [1] Безвесільна О.М. Наукові дослідження в галузі вимірювання механічних величин: підручник / О.М. Безвесільна, Ю.О. Подчашинський, Г.С. Тимчик // – Житомир: ЖДТУ. – 2011. – С.876.
- [2] Джексон Р.Г. Новейшие датчики / Джексон Р.Г. М.: Техносфера, 2007. – 384 с. ISBN 978-5-94836-111-6.
- [3] Вавилов В.Д. Микросистемные датчики физических величин: монография в двух частях / В.Д. Вавилов, С.П. Тимошенко, А.С. Тимошенко. М.: Техносфера, 2018. 549 с. ISBN 9785948364988.
- [4] Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях / А.Ф. Котюк. М.: Радио и связь, Горячая линия – Телеком, 2006. – 96 с. ISBN 5-256-01782-6.

Наук. керівник – д.т.н., асис. Котляр С.С.

УДК 62.529

Д.О. Хавець, студент гр. ПМ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА НАВІГАЦІЇ МОБІЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Анотація. Приведена актуальність створення та використання автономних систем управління роботами. Розглянуто основні задачі навігації мобільних роботів та основні проблеми, що виникають при їх рішенні. Проаналізовано існуючі методи та алгоритми вирішення задач навігації мобільних роботів. Запропоновано використання мобільних роботів з метою створення безпечних умов праці під час огляду важкодоступних та небезпечних об'єктів.

Ключові слова: мобільні роботи, навігація, автоматизація, робототехніка.

ВСТУП

У сучасному світі люди міцно пов'язали себе з механічними помічниками, роботу для яких можна знайти в різних сферах повсякденного людського життя. Багато заводів використовують робототехніку для автоматизації процесу, але на цьому технічний прогрес не зупинився. Мобільні роботи - нова віха, вельми зручна для виконання деяких категорій завдань [1].

Варто відзначити триваючі розробки в цьому напрямі, не тільки заради задоволення попиту широкого споживача, а й для поліпшення працездатності вже наявних напрацювань і нових можливостей.

Так, сучасні мобільні роботи самостійно переміщуються в навколишньому середовищі та мають маніпулятори, завдяки яким робот здатен виконувати різні дії. Подібних роботів оснащують системою технічного зору і цілим набором інформаційних датчиків, завдяки яким машина здатна сформувати комплексне розуміння поточної ситуації. Таким чином, за наявності гідної бази даних, робот може самостійно ухвалювати рішення щодо необхідних дій для вирішення поставленого завдання, стаючи до певної міри автономним, але багато надважливих (сумісних із ризиками для життя людей) завдань досі вирішуються під наглядом оператора.

МЕТА РОБОТИ

Наразі актуальним завданням є створення комбінованих систем, у яких разом з оператором використовуються рішення, що дають змогу системі в автономному режимі виконувати деякі прості операції або взагалі продовжити роботу у разі втрати зв'язку з оператором. Особливо важливим таке застосування стає під час роботи в різноманітних нетермінованих умовах, або в умовах з ризиком для життя людини, наприклад у зонах з високим рівнем радіоактивного випромінювання. Тому рухомий апарат робота має бути здатний виконати поставлене перед ним завдання та самостійно вийти в задану безпечну точку для евакуації. Для цього необхідно, щоб робот міг в автономному режимі вирішувати завдання автономної розвідки та навігації.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Основні завдання навігації можна поділити на декілька етапів: складання карти середовища, що базується на основі візуальної інформації, що

отримується з камер; планування маршруту (вибір оптимального шляху, що веде до заданої цілі); корекція траєкторії руху робота (за допомогою списування помилок руху і корекції траєкторії). Алгоритмічне розв'язання цих завдань має спиратися на інформацію про рельєф поверхні, яка може бути відома заздалегідь або доповнюватися в процесі переміщення робота [2]. Для прокладання маршруту використовується глобальна інформація про район переміщення, наприклад, у вигляді матриці рельєфу, кожен елемент якої відповідає певній ділянці поверхні. Індекси окремого елемента матриці визначають лінійні координати ділянки місцевості, а значення елемента - відносну висоту цієї ділянки. Управління локальними переміщеннями за відомим маршрутом здійснюється на підставі інформації про характер поверхні в ближній околиці робота [3].

Існують різноманітні методи та алгоритми для вирішення задач навігації. Розпізнавання за допомогою камер візуальних орієнтирів допомагають встановити істинні координати та планувати рух МР не лише по метричній карті, а й по топологічному образу навколишнього середовища. Такі орієнтири класифікують на штучно створені та природні. До найбільш зручних у розпізнаванні штучних орієнтирів відносять чорно-білі об'єкти-еталони простої форми. В роботі [4] приведено приклад навігації групи МР з використанням кубічних об'єктів з нанесеними QR-кодами. При рішенні навігаційних задач, в неструктурованому зовнішньому середовищі, в яких використання штучних, заздалегідь визначених орієнтирів неможлива – застосовують підхід до виявлення природних візуальних орієнтирів. Метод MonoSLAM реалізується за допомогою порівняння та оцінки зміщення особливих точок у кадрі монокулярної камери з використанням розширеного фільтра Калмана. Для вирішення проблем обчислювальної потужності, розробники PTAM (Parallel Tracking and Mapping) [5] запропонували розділити картографування та відслідковування візуальних орієнтирів в різні обчислювальні потоки багатоядерного процесора – в результаті обчислювальні навантаження не впливають один на одного, що дозволяє використовувати алгоритм в реальному часі. В методі DTAM (Dense Tracking and Mapping) застосовується послідовність RGB-зображень для відтворення середовища та оцінки поточного положення камери. Метод DVO (Dense Visual Odometry) заснований на обчислювальній матриці між двома сусідніми кадрами RGB-D (Red, Green, Blue, Depth) з урахуванням схожості значень кольору та глибини у створених 3D-точках. Найперспективніша на даний час ідея – зберігання повної карти місцевості в пам'яті самого робота. Тривимірні карти дають найкращий результат, але їх зберігання та обробка бортовою системою управління роботом потребують величезних обчислювальних ресурсів.

Щоб мати можливість оцінювати стан зовнішнього середовища і положення в ньому цільових об'єктів, МР необхідно оснастити системами технічного зору (візуальні, акустичні, тактильні сенсори), різними датчиками, що сприймають параметри навколишнього середовища; для виявлення перешкод на ближній дистанції використовують невеликих датчиків огляду місцевості, що ведуть спостереження в декількох напрямках від робота, для великих дистанцій -

датчики реєстрації профілів місцевості; для визначення місцезнаходження та орієнтації МР найчастіше обирають гіроскопічні датчики та датчики визначення положення; якщо є необхідність в отриманні зображення, розрахунку нерівності місцевості – застосовують стереокамери; для вирішення актуальної на сьогодні задачі – побудовою карт місцевості – все більшої популярності набувають лазерні далекоміри LIDAR (Light Detection and Ranging), що можуть бути як дво- так і трьох-вимірними.

МР має забезпечувати роботу у двох режимах: автономному та за командами оператора і виконувати наступні базові операції автономно: опрацювання сенсорних даних; складання карти місцевості та її уточнення; планування траєкторії для максимально точного і швидкого виконання завдання; обхід перешкод, що виявляються під час руху; проникнення у важкодоступні зони тощо.

ВИСНОВКИ

Розроблення мобільних роботів для різноманітних виробничих і дослідницьких цілей є досить важливим і актуальним завданням. Застосування МР дає змогу виключити загрозу здоров'ю і життю людини-оператора. Таким чином, актуальною є проблема створення мобільних роботів, що володіють здібностями до самостійного пересування й автоматичного виконання поставлених завдань. Важливу роль при цьому відіграє створення системи навігації, що дає змогу скласти карту середовища, у якому функціонує МР, планувати маршрут, що веде до мети, і обхід перешкод, які зустрічаються на шляху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Войтович, И. Д., Корсунский В. М. Интеллектуальные сенсоры : учеб. пособие. М. : Бином. Лаборатория знаний, 2009, С. 51–53.
- [2] Носков В.П., Рубцов В.И., Рубцов И.В. Математические модели движения и системы технического зрения мобильных робототехнических комплексов. М., Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015.
- [3] Минин А. А. Навигация и управление мобильным роботом, оснащенным лазерным дальномером: диссертация кандидата технических наук: 50.02.05, Москва, 2008.
- [4] Яковлев К. С., Хитыков В. В., Логинов М. И., Петров А. В. Система навигации группы БЛА на основе маркеров // Роботехника и техническая кибернетика. 2015. 5, №4. С. 44-48.
- [5] Klein G., Murray D. Parallel tracking and mapping for small AR workspaces // Proc. of the 6th IEEE and ACM Intern. Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2007). Nara, Japan. 13-16 Nov., 2007. P. 225-234.

Наук. керівник – д.т.н., доц., професор Киричук Ю.В.

УДК 681.5, 159.944

О.С. Ярошевська, студентка гр. ПМ-11мп, доц. Нечай С.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК З ВИКОРИСТАННЯМ МІНІ ВІДЕОКАМЕРИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПАМ'ЯТОВУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Анотація. В даній статті описано принцип роботи міні-відеокамери, розпізнавання тексту на зображенні, створення кривої забування Еббінгауза. Також запропоновано на основі використання відеодатчика, створити мобільний додаток для зручного повторення інформації з паперових носіїв.

Ключові слова: крива забування Еббінгауза, відеодатчик, сенсор, додаток.

ВСТУП

Ще у 1879 році німецький психолог Герман Еббінгауз поставив експеримент щодо принципу забування інформації та запропонував свої методи запам'ятовування. Пізніше вони були удосконалені іншими психологами. Але для того, щоб отриману інформацію перевести у довгострокову пам'ять, потрібно періодично її повторювати. Для цього можна, наприклад, перечитати свій конспект або книгу. Проте не завжди зручно повертатись до пройдених матеріалів, якщо вони у паперовому вигляді.

Тому у цій статті запропоновано використовувати відеодатчик для збору інформації, її перетворення у текст для подальшого редагування та більш зручного повторення.

МЕТА РОБОТИ

Головною метою статті є розробка та опис системи датчиків для збору та перетворення інформації. Також поєднання роботи цієї системи з методами запам'ятовування важливого матеріалу.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У роботі пропонується використовувати безкорпусну міні камеру, яку можна вконструювати, наприклад, в окуляри або прикріпити на одяг. Бездротові міні камери працюють через мережу Wifi або 3G. Пропонується взяти цифрову чорно-білу камеру так, як вона забезпечить більш чітку картинку і має підвищену чутливість, а також потребує менший обсяг пам'яті для запису. Характеристики наведені у табл.1.

Таблиця 1. Характеристики міні-відеокамер

<i>Назва параметру</i>	<i>Значення</i>
Роздільна здатність відео	1280x960 пікселів
Розмір діагонали матриці об'єктива	від 4 мм
Зображення	кольорове / чорно-біле
Частота запису відео	30 кадрів/сек
Запис звуку	від 128 кбіт/сек
Час безперервної роботи	2 години
Розмір вбудованої пам'яті	від 1 Гб

Незважаючи на розміри, міні-камера не відрізняється конструкцією від звичайної камери. Вона складається з:

- матриці;
- відеопроцесора;
- об'єктива;
- інфрачервоної підсвітки, джерела автономного живлення, слота для карти, пам'яті, пристрою для передачі інформації по радіоканалу або Wifi.

Принцип роботи відеокамери полягає у тому, що вона отримує візуальну інформацію та перетворює її у електронний сигнал. Цифрові камери схожі за принципом роботи з аналоговими, проте у них є додатковий елемент, який перетворює інформацію у байти даних. Замість запису відеосигналу як безперервної послідовності магнітних імпульсів, він зберігається як нулі та одиниці. Сенсор реєструє світло за допомогою матриці із багатьох маленьких фотодіодів. Кожен з них вимірює кількість фотонів, що потрапляють в певну точку, і перетворює їх на електрони: чим вище заряд, тим яскравіше зображення. Вимір світлового потоку дає лише чорно-біле зображення. [1]

Для того, щоб було зручніше використовувати отриману з датчика інформацію, потрібно її перетворити у текст. На теперішній час є багато методів та, безпосередньо, сайтів, на яких можна розпізнати текст на фотографії. Найпростіший метод полягає в наступному. На вхід модуля сегментації надходить растрове зображення сторінки документа. Завданням цього модуля є виявлення структурних одиниць тексту – рядків, слів та символів. Виділення фрагментів високих рівнів, таких як рядки та слова, може бути здійснено на основі аналізу проміжків між темними областями. Алгоритм розпізнавання тексту наведено на рис.1. [2]



Рисунок 1. Алгоритм розпізнавання тексту на зображенні. [2]

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕББІНГАУЗА

Одним із найважливіших досягнень Г. Еббінгауза було відкриття закону забування. Основне значення має вибір матеріалу для запам'ятовування. З різних

міркувань Еббінгауз використовував безглуздий матеріал. Еббінгауз склав 2300 слів з трьох літер, що складаються з двох приголосних, між якими стояла голосна і не тільки не несуть смислового навантаження, але і не викликають ніяких смислових асоціацій. Під час дослідів учений випробував і прорахував час і обсяг їх заучування, знайшов закономірності забування. Крива забування, виведена ним з урахуванням цих дослідів, одна із основоположних елементів психології пам'яті (рис. 2).

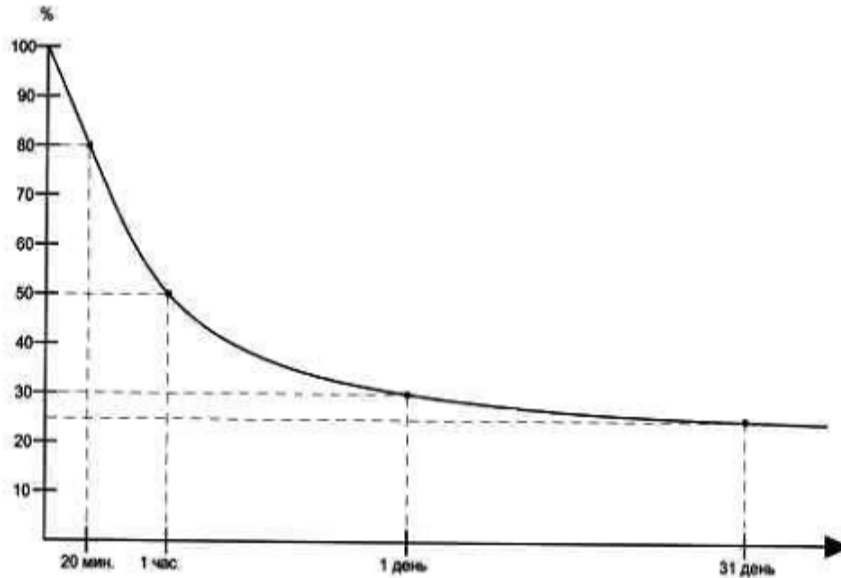


Рисунок 2. Крива забування Еббінгауза. [3]

Для того, щоб переносити інформацію у довгострокову пам'ять, психолог пропонує наступну криву (рис. 3), де перша точка – нова інформація, а подальші – повторення матеріалу. [3]

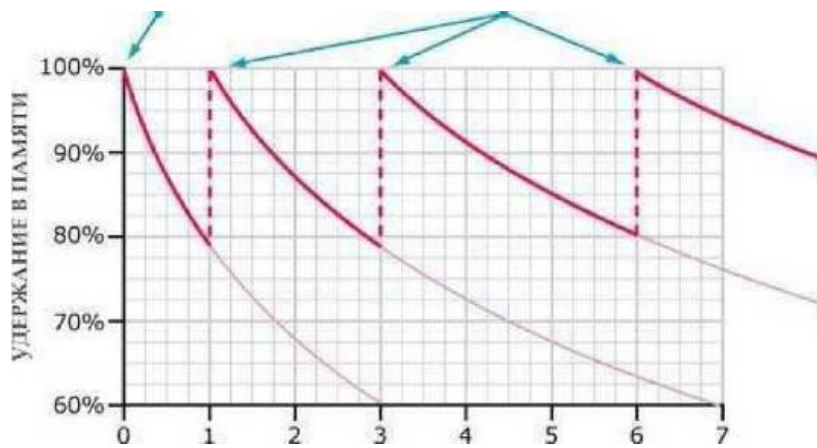


Рисунок 3. Крива повторень матеріалу.

Основна ідея даної роботи полягає у створенні додатку на телефон, задача якого у допомозі людині якісно запам'ятовувати потрібну інформацію.

Принцип роботи

На датчик-відеокамеру потрапляє певна інформація, наприклад, декілька сторінок паперової книги. Камера перетворює сигнал у електронний і на виході ми маємо чорно-біле зображення. Відео або записується на карту пам'яті, або за допомогою Wifi одразу потрапляє на телефон. Далі у додатку це відео

розбивається на кадри і залишаються лише по одному фото кожної сторінки найкращої якості. Після цього програма розпізнає текст і записує у окремий документ. І кадри, і текстовий документ зберігаються у форматі PDF. Все записується у спеціальну папку з назвою сьогоднішньої дати. Надалі на телефон надходить нагадування у вигляді СМС з текстом про те, що час повторювати інформацію із певної папки. Після повторення матеріалу програма пропонує пройти невеликий тест. Результати записуються у таблицю і кожна точка отриманого балу відзначається на персональному графіку ефективності запам'ятовування інформації. Приклад такого графіку можна побачити на рис. 3.

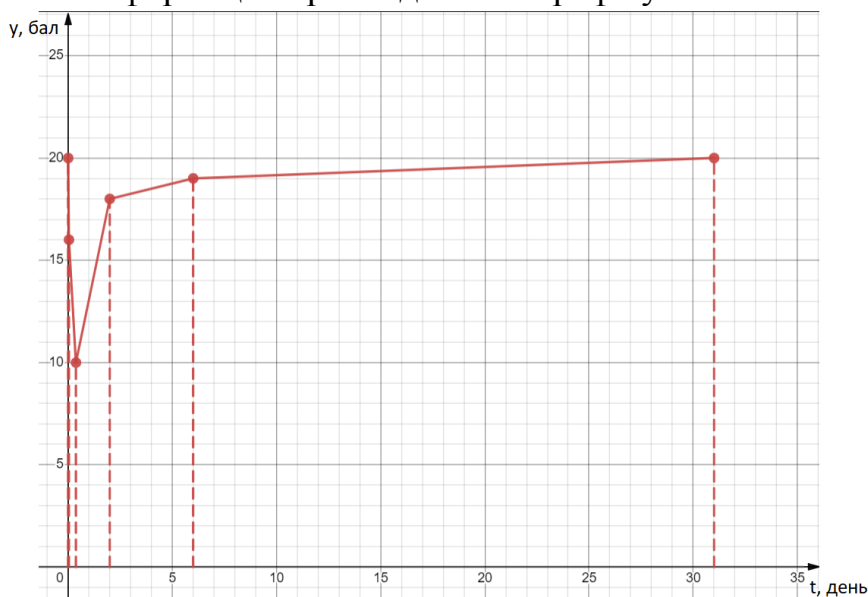


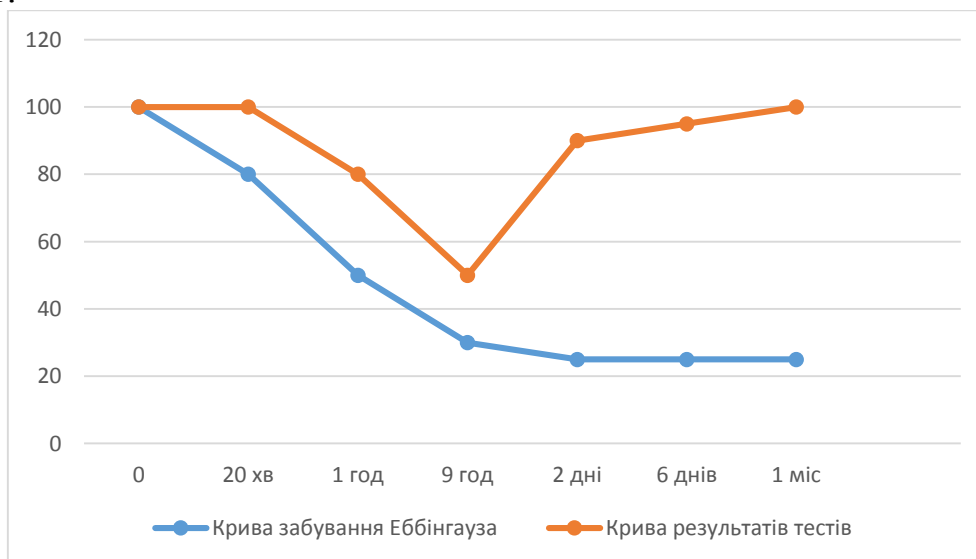
Рисунок 3. Крива результатів тестів за один місяць.

Бали переводяться у відсоток повної інформації за допомогою формули (1):

$$x = \frac{y \cdot 100}{20} \quad (1)$$

де x – шуканий процент інформації; 20 – кількість всього балів; y – кількість отриманих балів.

Порівняння даної кривої з кривою забування Еббінгауза можна побачити на графіку 1.



Графік 1. Порівняння отриманих результатів з кривою забування Еббінгауза

ВИСНОВОК

Отже, для зручного запам'ятовування інформації з паперових носіїв, був запропонований міні-відеодатчик для зчитування інформації, а також додаток на телефон, який буде приймати, перетворювати, зберігати цю інформацію і в певний час нагадувати людині про повторення матеріалу.

В подальшому інформацію можна подавати за допомогою різних методів запам'ятовування. А за допомогою отриманих результатів і порівняння з кривою забування Еббінгауза можна змінити метод запам'ятовування для більшої ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ярышев С.Н. Системы записи и воспроизведения видеoinформации – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 46 с.
- [2] Арлазаров В.Л., Куратов П.А., Славин О.А. Распознавание строк печатных текстов // Сб. трудов ИСА РАН «Методы и средства работы с документами». — М.: Эдиториал УРСС, 2000. — С. 31-51. Справочник по радиолокации. Под ред. М. Сколника. Нью-Йорк, 1970: Пер с англ. (в четырех томах) / Под общей ред. К.Н. Трофимова; Том 3. Радиолокационные устройства и системы / Под ред. А.С. Винницкого. – М.: Сов. Радио, 1978. – 528 с.
- [3] Эббингауз, Г. Смена душевных образований. // Хрестоматия по психологии памяти / под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер и В.Я. Романова. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – С. 435
- [4] Ebbinghaus Hermann, Memory; a contribution to experimental psychology. – New York city, Teachers college, Columbia university, 1913. – С. 22-54

Наук. керівник – к.т.н., доц. Нечай С.О.

Секція 5.

Ефективні інженерні рішення у інформаційно-вимірювальних технологіях. Технології аналітичного та екологічного приладобудування

УДК 536.532:681.5.015

*В. Р. Береза, студент гр. ПІ-11мп, к.т.н. Козир О.В. к.т.н., доц. Шумков Ю.С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ВІРТУАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СПЕКТРУ ТЕРМОПАР

Анотація. В статті описано віртуальний пристрій, який розроблений на базі платформи LabVIEW, який використовується у складі системи ідентифікації динамічної характеристики термопари. Даний пристрій є універсальним та дозволяє працювати із різними пристроями збору та генерації даних, які підтримують драйвери DAQmx. У роботі наведено опис елементів лицьової панелі віртуального пристрою та складових елементів блок-діаграми, яка описує налаштування та керування обладнанням та обробкою вимірюваного сигналу.

Ключові слова: ідентифікація динамічних характеристик, термопара, LabVIEW.

ВСТУП

Вимірювання динамічної температури, час зміни якої перевищує час встановлення номінальних показів термопари є важливим завданням у сучасних умовах виробництва та науково-дослідної діяльності [1]. Вимірювання температури коротких теплових імпульсів [2], які створюються вибухами різного робу або процесами горіння, ставить жорсткі умови на вибір вимірювальних давачів. Вимірювання температури коротких теплових імпульсів, що протікають у процесах горіння та детонації, виконуються в умовах реактивного середовища, яке супроводжуються значними величинами температури та тиску [3]. Тому, на даний момент основним засобом вимірювання високих температур в жорстких умовах є термопара.

Термопари мають значку теплову інерційність, не врахування якої призводить до методичної похибки вимірювання температури. Щоб компенсувати цю похибку потрібно знати динамічну характеристику термопари [4]. Існує невелика кількість методів ідентифікації динамічних характеристик термопар. Найперспективнішим серед них є метод ідентифікації динамічних характеристик термопар, шляхом отримання амплітудно-частотної характеристики термопари. Дана динамічна характеристика отримується за рахунок розігріву термопари синусоїдальним струмом інфранизької частоти [5].

У роботі представлено опис віртуального пристрою, який розроблено на платформі LabVIEW для автоматизації отримання частотної характеристики термопари за рахунок використання апаратного забезпечення компанії National Instruments.

ОГЛЯД ВІРТУАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Платформа LabVIEW дозволяє розробляти віртуальні пристрої для реалізації завдань вимірювання та генерації сигналів. Віртуальний пристрій складається із лицьової панелі (рис. 1) та блок-діаграми (рис. 2). Лицьова панель призначена для створення елементів керування системою збору та генерації даних та виводу необхідної інформації. Блок-діаграма реалізує логіку процесу створення сигналу, вимірювального процесу, процесу обробки та збереження вимірювального сигналу.

Розроблений віртуальний пристрій (ВП) використовується для отримання частотної реакції термопари на синусоїдальний сигнал інфранизьких частот від

0.01 до 1 Гц. Лицьова панель ВП (рис. 1) містить елементи вводу параметрів генератора синусоїдального сигналу та вимірювального каналу (блок 1).

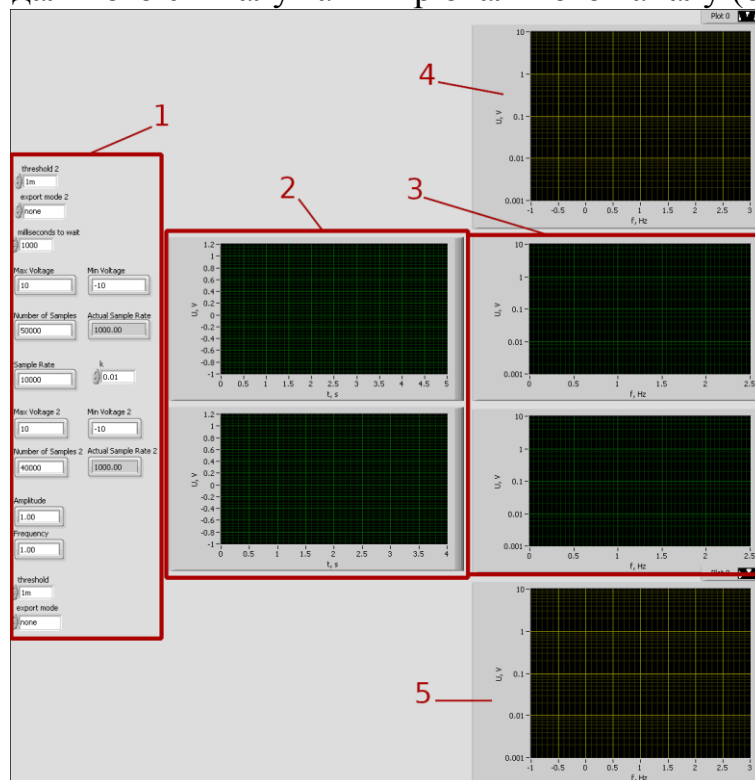


Рисунок 1. Лицьова панель ВП

Наступний блок 2 містить графіки для поточного виведення вимірних даних (верхній графік) та форми сигналу, що генерується (нижній графік). Блок 3 містить графіки спектрів виміряного сигналу (верхній графік) та згенерованого сигналу (нижній графік). Графік 4 відображає знайдені за допомогою алгоритму частотні гармоніки виміряного сигналу, а графік 5 — гармоніки згенерованого сигналу.

Частини блок-діаграми, яка реалізує логіку процесу вимірювання спектру сигналу термомпари зображено на рис. 2 — рис. 6.

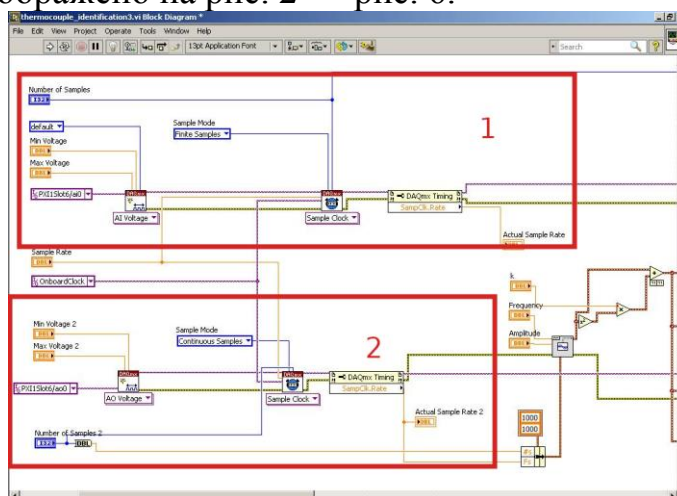


Рисунок 2. Блок-діаграма налаштування вхідного та вихідного каналів

ВП містить два канали (рис. 2): перший канал вимірювальний, другий — канал генерування сигналу. На рис. 2 зображено елементи налаштування

тактової частоти каналів “Sample Rate”, розміру вибірки “Number of Samples” та режиму генерації та вимірювання, та діапазони сигналів.

Цифровий синтез сигналу зображено на рис. 3. Блок 1 — це стандартний блок створення вибірки синусоїдального сигналу. Блок 2 визначає спектр згенерованого сигналу, що виводиться на графік лицьовій панелі (рис. 1, блок 3, нижній графік). Блок 3 записує створену вибірку у внутрішню пам’ять пристрою генерації сигналів. Блоки 4-6 аналізують гармоніки створеного сигналу та виводять їх на графік (рис. 1, графік 5).

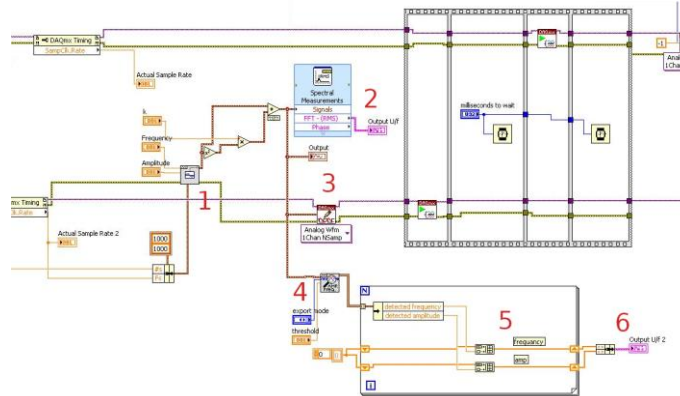


Рисунок 3. Блок-діаграма цифрового синтезу сигналів

Після цифрового синтезу сигналу та запису його до пам’яті генератора (блок 1), відбувається запуск системи (рис. 4). Спочатку запускається генератор (блок 2), щоб позбутись перехідних процесів. Для цього виконується затримка запуску вимірювальної вибірки (блок 4) до початку (блок 3) та після запуску (блок 5). Блок 6 отримує вибірку вимірюваного сигналу із внутрішньої пам’яті пристрою збору даних.

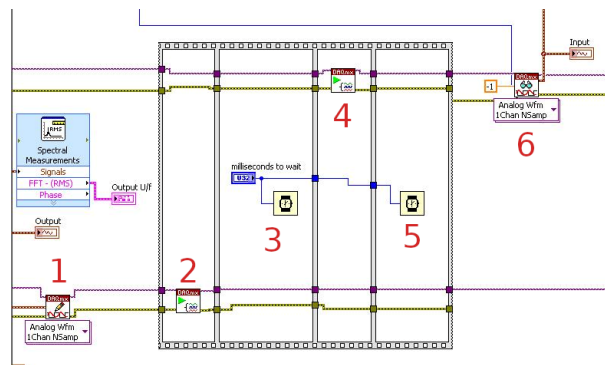


Рисунок 4. запуску вимірювального процесу

Виміряна інформація аналізується за допомогою блоків зображених на рис. 5. Блок 1 робить вибірку та передає до блоку 2, який визначає спектр сигналу та зображує його на графіку (рис. 1, блок 3, верхній графік). Паралельно дані передаються до блоку 3, який аналізує гармоніки сигналу, та зображує їх за допомогою блоків 4-5 на графіку (рис. 1, графік 4).

Таким чином, розроблений віртуальний пристрій автоматизує процес ідентифікації динамічної характеристики термомпари.

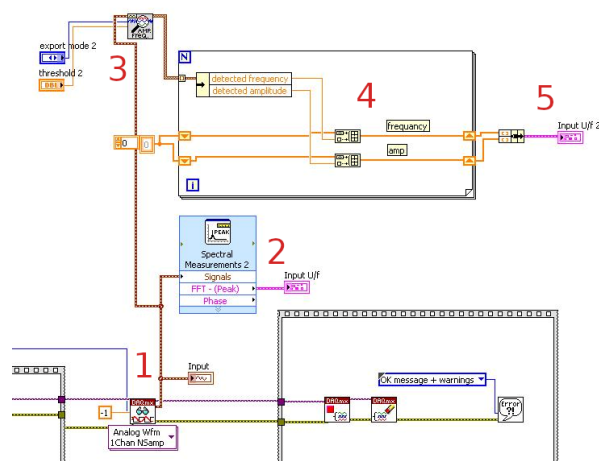


Рисунок 5. Блок-діаграма визначення спектру виміряного сигналу

ВИСНОВКИ

Розроблений віртуальний пристрій дозволяє автоматизувати процес ідентифікації динамічної характеристики термопари. Даний віртуальний пристрій є універсальним та дозволяє керувати будь-якими пристроями збору та генерації даних, які підтримують драйвера DAQmx, компанії National Instruments. Модульні пристрої збору та генерації дозволяють реалізувати систему ідентифікації динамічних характеристик термопар із мінімальною кількістю елементів апаратного забезпечення. Реалізований віртуальний пристрій дозволяє отримати як спектр виміряного сигналу так і спектр згенерованого щоб можна було проводити подальші порівняння. Також реалізована можливість автоматичного виявлення гармонік виміряного та згенерованого сигналів для побудови амплітудно-частотної характеристики термопари.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Столярчук В.П. Ідентифікація статичних та динамічних характеристик термоперетворювачів: автореф. дис.. канд. Техн. наук. Львів, 2012. 19 с.
- [2] Туз Ю.М. Особливості вимірювання температури коротких теплових імпульсів / Ю.М. Туз, О.В. Козир, Ю.М. Самарцев // Український метрологічний журнал. – № 1, 2021. – С. 46-52 <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2021.228237>.
- [3] Луцик Я.Т., Гук О.П., Лах О.І., Стадник Б.І. Вимірювання температури: теорія і практика. Львів: БескидБіт, 2006. 560 с.
- [4] Полярус О.В., Поляков Є.О. Наближене розв'язання оберненої задачі вимірювань та його метрологічне забезпечення: монографія. Харків: Лідер, 2014. 120 с.
- [5] Tuz Y. Voltage spectral structure of the thermocouple with temperature dependent wires / Y. Tuz, O. Kozyr. // Ukrainian Metrological Journal. – 2021. – №2. – С. 73–76. DOI: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.2.2021.236102>

Наук. керівник – к.т.н., Козир О.В.

УДК 533.951

М.О. Григорчук, студентка гр. ПІ-12мп, PhD, ас. Дорожинська Г.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ НАНОРОЗМІРНИХ ПЛІВОК ФОТОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Анотація. Вплив конструкторсько-технологічних факторів, зокрема, відхилення товщини нанорозмірного плазмоносійного шару від номінального значення, вносить невизначеність у вимірювання методом поверхневого плазмонного резонансу. Проведено експериментальне дослідження фотометричним методом спектрів пропускання, виміряні характеристики відбиття золотих плівок різної товщини методом поверхневого плазмонного резонансу та встановлено узгодженість з теоретичними розрахунками.

Ключові слова: поверхневий плазмонний резонанс, товщина нанорозмірних плівок.

ВСТУП

Нанотехнології перебувають на передньому краю наукового розвитку. Останні застосування наноматеріалів включають ряд біомедичних застосувань, таких як тканинна інженерія, доставка ліків, антибактеріальні засоби та біосенсори. Перспективним аналітичним методом, що використовує дослідження в нанорозмірному масштабі фізико-хімічних та біохімічних реакцій у рідких та газоподібних середовищах є метод на основі явища поверхневого плазмонного резонансу (ППР). Сенсори на основі явища ППР (ППР-сенсори) складаються з чутливого елемента та фізичного перетворювача. Чутливий елемент реагує на зміну оптичних параметрів досліджуваної речовини, внаслідок зміни концентрації певної її складової або товщини адсорбованого на його поверхню нанорозмірного шару. Основною складовою чутливого елемента ППР-сенсорів є металева нанорозмірна плазмоносійна плівка. Існує певна оптимальна товщина металевого шару для кожної довжини хвилі випромінювання, яке використовується для виникнення поверхневих плазмонів на металі. Вплив товщини на оптичні константи нанорозмірних плівок обумовлено ефектами розсіювання вільних електронів, що складає значну долю оптичних втрат [1]. У зв'язку з цим актуальною задачею є контроль та оптимізація товщини плівки стосовно зниження оптичних втрат. Необхідно обґрунтувати використання простого фотометричного методу визначення товщини нанорозмірних плівок, нанесених на прозору діелектричну підкладку ППР-сенсорів, з метою експресного контролю параметрів плівки та врахування їх з метою зменшення невизначеності вимірювання методом поверхневого плазмонного резонансу.

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ

Для теоретичного обґрунтування впливу товщини нанорозмірних плазмоносійних плівок ППР-сенсорів на характеристики відбиття, з яких визначається кут, при якому реєструється мінімум інтенсивності відбитого світла, було побудовано теоретичні характеристики відбиття. Використовуючи формули Френеля і математичний формалізм матриць розсіювання Джонса [2] за методикою [3], проаналізовано систему з багатошарової структури, яка входить в ППР-сенсори, а саме: «призма – нанорозмірна плівка золота – досліджуване середовище» при використанні р-поляризованого монохроматичного випромінювання з довжиною хвилі 650 нм для виникнення поверхневих

плазмонів. Товщину плівки золота варіювали від 30 нм до 60 нм з кроком 5 нм. Для кожної товщини було побудовано теоретичні характеристики відбиття та спектри пропускання за оптичними константами з джерела [4] (рис. 1).

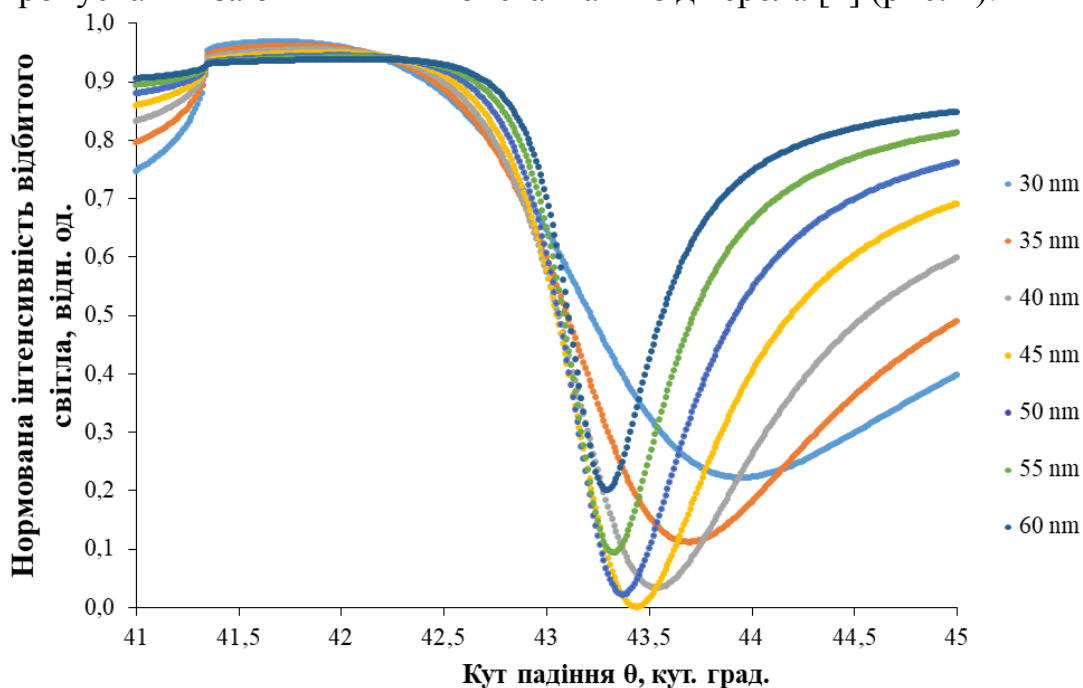


Рисунок 1. Характеристики відбиття для різних товщин металевих шару ППР-сенсора

В результаті чисельного моделювання характеристик відбиття показано, що товщина нанорозмірного металевих шару суттєво впливає на форму характеристики відбиття, що проявляється як зміна півширини та інтенсивності відбитого світла в мінімумі характеристики відбиття, а це в свою чергу впливає на точність визначення кутового положення мінімуму інтенсивності.

Також були побудовані спектри пропускання для різних товщин та вибрано джерело випромінювання з довжиною 532 нм з огляду на максимальну різницю у пропусканні. Результати моделювання спектрів показані на рисунку 2.

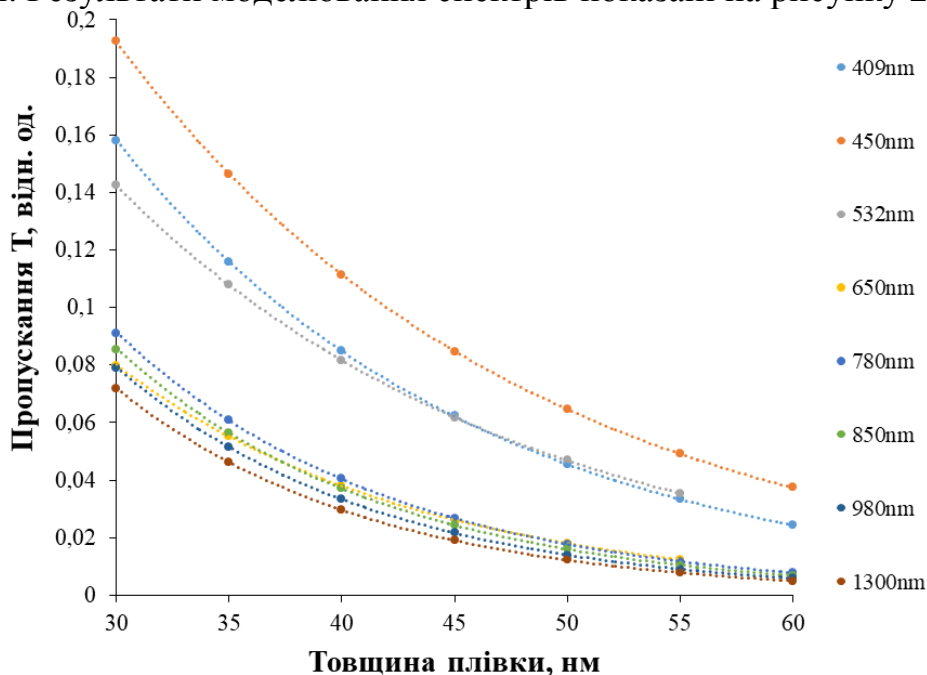


Рисунок 2. Розраховані залежності коефіцієнта пропускання плівки золота від її товщини

Коефіцієнт кореляції між товщиною досліджуваних зразків та відповідними коефіцієнтами пропускання на довжині хвилі 532 нм $r = -0,973$.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для експериментального дослідження було обрано чутливі елементи з товщиною металевого шару в межах від 350 до 650 Å. Для вимірювання характеристик відбиття застосовували ППР-прилад «Плазмон-6», розроблений в Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, оптична схема якого заснована на геометрії Кречмана.

Для вимірювання спектрів пропускання застосовували комерційний спектрофотометр MAPADA_UV-1600 з робочим діапазоном довжин хвиль випромінювання від 190 до 1100 нм та кроком сканування $\rho=0,2$ нм.

Виміряні та пронормовані характеристики відбиття для досліджуваних зразків наведено на рисунку 3 (а).

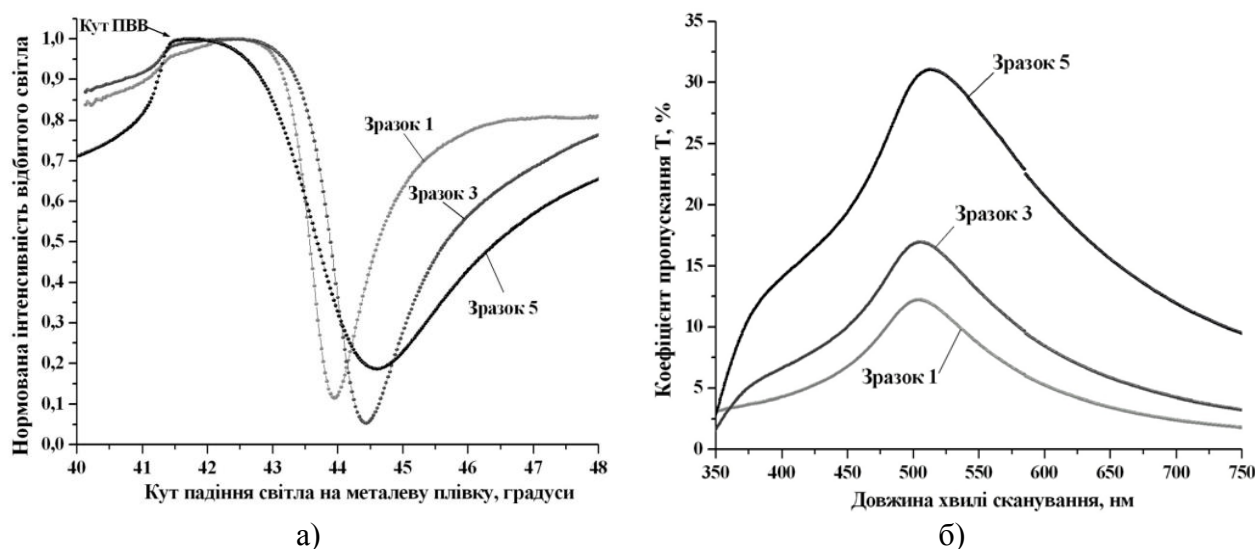


Рисунок 3. Виміряні характеристики відбиття (а) та спектри пропускання досліджуваних зразків у видимому діапазоні довжин хвиль (б) для деяких із досліджуваних зразків чутливих елементів: товщиною 501 Å (Зразок 1), 445 Å (Зразок 3) та 349 Å (Зразок 5)

Виміряні спектри пропускання досліджуваних зразків у видимому діапазоні довжин хвиль 350...750 нм наведено на рисунку 3 (б). Особливістю виміряних спектрів нанорозмірних золотих плівок була наявність характерного піку $T_{\text{макс}}$ на графіках спектрів в залежності від абсолютної величини максимуму пропускання. Коефіцієнт пропускання можна використовувати як інформативний параметр для оцінки товщини нанорозмірних плівок золота ППР-сенсорів.

Між товщиною досліджуваних зразків та відповідними коефіцієнтами пропускання є кореляція, між ними є лінійна функціональна залежність, графік якої наведено на рисунку 4.

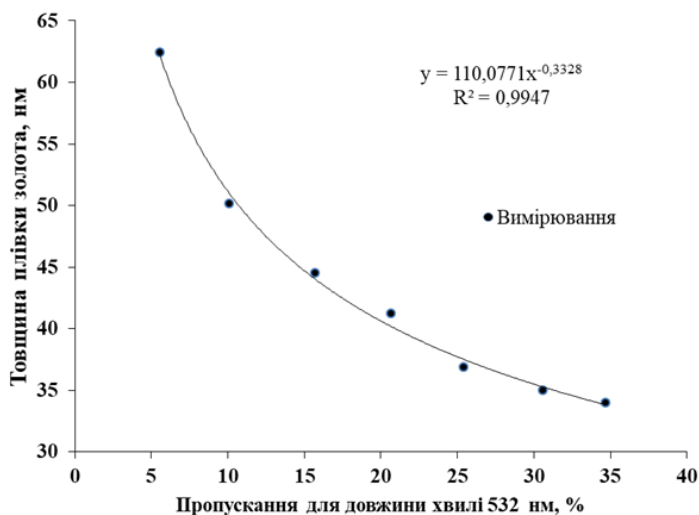


Рисунок 4. Залежність товщини плівки золота від коефіцієнту пропускання плівки на довжині хвилі 532 нм

Залежність розрахованих значень товщини золота від коефіцієнта пропускання для відповідних зразків на довжині хвилі 532 нм добре апроксимується степеневою функцією $d=1100,7712 \cdot T^{-0,3328}$ з коефіцієнтом узгодження $R^2 = 0,9947$.

ВИСНОВКИ

Встановлено залежність максимуму спектру пропускання $T_{\lambda_{\max}}$ нанорозмірних золотих плівок від товщини цих плівок. Встановлено емпіричну залежність $d=1100,7712 \cdot T^{-0,3328}$ з високим ступенем кореляції ($r = -0,943$) між товщиною та відповідними коефіцієнтами пропускання золотих плівок для $\lambda=532$ нм. Дані дослідження показують перспективність використання монохроматичного фотометричного методу для визначення товщини нанорозмірних плазмоносійних шарів ППР-сенсорів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Zhang S., Pei Y., Liu L. Dielectric function of polycrystalline gold films: Effects of grain boundary and temperature. J. Appl. Phys. 2018. Vol. 124. P. 165301.
- [2] Azzam R. M. A., Bashara N. M. Ellipsometry and Polarized Light. North-Holland Publishing Company, 1977.
- [3] Chegel V. I., Shirshov Yu. M., Kostyukevich S. O. [et al.] Experimental investigations and computer modelling of the photochemical processes in Ag-As₂S₃ structure using surface plasmon resonance spectroscopy. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. 2001. 4, No 4. P. 301–306.
- [4] Yakubovsky D. I., Arsenin A. V., Stebunov Yu. V. [et al.] Optical constants and structural properties of thin gold films. Opt. Express. 2017. Vol. 25 (21). P. 25574-25587.

Наук. керівник – доктор філософії, ас. Дорожнинська Г.В.

УДК 621.317.4

В.Я. Лікаренко, студент гр. ПІ-11мп, к.т.н., Козир О.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЗАСОБИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ МАГНІТНИХ АНОМАЛІЙ

Анотація. В статті висвітлено засоби та методи локалізації феромагнітних та електропровідних об'єктів. Наведено сучасні засоби локалізації та приклади застосування. Найперспективнішими із наявних методів локалізації є пасивні методи. Перевагами пасивних методів є відсутність джерела сигналу, застосування якого неможливо у певних сферах. Серед пасивних методів найпоширенішим є метод локалізації магнітних аномалій. Перевагами цього методу є вимірювання збурення або аномалії магнітного поля Землі, яке викликано власним магнітним полем феромагнітного об'єкту.

Ключові слова: локалізація, магнітні аномалії, магнітометри

ВСТУП

В цей складний час, важливим напрямом наукових досліджень є пошук та розробка методів ефективного виявлення феромагнітних та електропровідних об'єктів для практичного застосування у геологорозвідці, у сфері безпеки, для гуманітарних цілей розмінування тощо. У якості прикладів застосування методів виявлення феромагнітних об'єктів можна навести: заходи безпеки на пунктах пропуску, портах, пошук феромагнітних об'єктів для захисту конвеєрних стрічок в вугільних розрізах, а також дослідження значних площ земної поверхні або глибин водних просторів.

Дані дослідження супроводжуються вимірюваннями електромагнітних величин на фоні значних шумів та завад. Це спонукає до застосування багатодатчикових систем [1] та складних алгоритмів обробки вимірювальної інформації. Актуальним є аналіз електромагнітних методів пошуку феромагнітних об'єктів, які набули широкого застосування у практичних та наукових завданнях. Аналіз відомих методів та засобів пошуку феромагнітних об'єктів електромагнітними методами за типами використовуваних датчиків та методів.

ОГЛЯД ЗАСОБІВ ЛОКАЛІЗАЦІЇ

Будь-який металічний об'єкт намагнічується магнітним полем Землі, створюючи збурення у цьому полі. Існує великий вибір датчиків для вимірювання зміни магнітного поля Землі. До них можна віднести:

- квантові і надпровідні магнітометри;
- магніто-оптичні перетворювачі;
- датчики Холла;
- протонні магнітометри;
- ферозондові магнітометри;
- магніторезистивні датчики.

Магніторезистивні датчики використовуються там, де потрібна висока чутливість у вузькому діапазоні вимірювання. Принцип роботи магніторезистивних датчиків полягає у зміні напрямку намагніченості внутрішніх складових кристалічної решітки (доменів) пермалоевої плівки.

Магнітні датчики на основі ефекту Холла є найбільш розповсюдженими. Вони найчастіше використовуються у системах лінійного та кутового позиціонування, вимірювання швидкості та струму.

Найбільш поширеними неконтактними електромагнітними методами пошуку малорозмірних об'єктів на глибинах до 10 м в даний час є магнітометричний, індукційний і радіолокаційний. Індукційний і радіолокаційний методи є активними. Індукційний метод дозволяє виявити об'єкти, виконані з будь-якого металу (як феромагнітного, так і діамагнітного), а також ті, що містять в конструкції металеві елементи. Радіолокаційний метод застосовується для пошуку як металевих так і неметалевих об'єктів.

Виявлення магнітних аномалій (англ. magnetic anomaly detection (MAD)) — це пасивний метод пошуку прихованих феромагнітних об'єктів шляхом виявлення аномалій у земному магнітному полі [1]. Магнітне поле феромагнітного об'єкту називають магнітною аномалією, через те, що воно змінює розподіл магнітного поля Землі. Використання цього методу базується на виділенні магнітного сигналу магнітної аномалії на фоні магнітного поля Землі та присутності завад.

Даний метод базується на вирішенні оберненої задачі вимірювання, тобто за виміряними показниками магнітного поля встановлюється положення та магнітні властивості аномалії. Для цього застосовують методи глобальної оптимізації. Ці методи застосовують для знаходження глобального мінімуму функції мінімізації похибки апроксимації виміряного магнітного поля, масивом дачів, моделлю магнітної аномалії у заданих границях за наявності значної кількості локальних мінімумів. Рішення оберненої задачі магнітометрії — один із основних методів локалізації заритих металевих об'єктів, мін, невибухнувших боєприпасів, металевої військово-морської техніки.

Метод MAD знайшов широке застосування у цивільних та військових сферах. У військовій сфері цей метод застосовують для:

- пошук нерозірваних боєприпасів [2];
- пошук підводних об'єктів тощо.

Підводні човни створюють магнітне поле за яким можна установити їх тип та просторове положення. Унікальне магнітне поле човна створюється намагніченими феромагнітними матеріалами корпусу або електричним струмом живлення корабля. Феромагнітні матеріали корабля намагнічуються магнітним полем Землі. Через значну інтенсивність цього магнітного поля та велику кількість феромагнітного матеріалу корабля, магнітне поле корабля може бути детектоване магнітними перетворювачами для локалізації корабля.

Магнітне поле постійно оточує корабель, перебуває він у русі чи не рухається. У нерухомому положенні корабель створює постійне та індуковане магнітне поле. Під час руху магнітне поле корабля має складну структуру та викликано різними джерелами:

- електрохімічні реакції корабля та води навколо;
- електромагнітна індукція корабля, яка викликана:
 - рухом магнітного корпусу корабля;
 - рухом металевих корпусу корабля;

- морськими хвилями, які створює корабель на воді;
 - електромагнітним випромінюванням та струмом витoku корабля.
- У цивільній сфері MAD застосовують для:
- виявлення підводних кабелів та трубопроводів [3];
 - спостереження за дорожнім рухом [4];
 - у медицині [5] тощо.

Серед наявних методів опрацювання даних магнітних давачів для виявлення магнітних аномалій можна виділити метод розкладу сигналу магнітного діполя за ортонормованим базисом [6]. Даний метод широко застосовується для виявлення підводних об'єктів.

Недоліком MAD методу є затухання магнітного сигналу із збільшенням відстані. Тому на даний момент ідуть розробки методів збільшення ймовірності виявлення магнітних аномалій за слабким сигналом.

Одним із найбільш поширених застосувань MAD є пошук нерозірваних боєприпасів (англ. unexploded ordnance (UXO)). Нерозірвані боєприпаси містять небезпечні вибухові, горючі чи отруйні хімічні речовини. До нерозірваних боєприпасів відносять ті, що розроблені для тривалого знаходження у середовищі, так і ті, що не розірвались через збій у роботі. Розміри боєприпасів становлять від кількох міліметрів, для пістолетних боєприпасів, до декількох метрів, для ракет, снарядів та бомб. UXO становлять значну загрозу та повинні бути виявлені та знешкодовані із місці військових дій та полів бою.

UXO часто знаходяться на глибинах недосяжних для часто вживаних промислових активних металошукачів. Глибина занурення UXO може складати до 3 м. До таких UXO належать мінометні та артилерійські снаряди та авіаційні бомби. Відсоток нерозірваних боєприпасів може складати 15 %. Чутливість активних металодетекторів падає експоненціально за віддалення від об'єкту котушки детектора. Робочій діапазон сучасних активних міношукачів не перевищує 20 см. Для виявлення UXO на глибині застосовують методи глибокого пошуку, як активні так і пасивні. Активні методи застосовують детекторні котушки до 1 м, що збільшує глибину проникнення сигналу до 3 м. Проте використання великих котушок зменшує горизонтальну роздільну здатність та чутливість до малих об'єктів. Перевагою активних методів є можливість виявлення усіх металевих та інших провідних об'єктів. Недоліком є те, що активні методи можуть викликати детонацію UXO.

Пасивні методи виявлення боєприпасів застосовують наступні типи магнітометрів:

- скалярні магнітометри:
 - протонні;
 - на основі парів цезію;
 - Оверхаузера;
- векторні магнітометри — ферозондові (fluxgate);
- SQUID магнітометри. Найчастіше застосовуються в лабораторіях.

Залишкова намагніченість боєприпасів звичайно невелика. Так, авіаційні бомби можуть розмагнічуватись через удар об землю. Розподіл магнітного поля

(магнітна сигнатура; англ. magnetic signature) значною мірою залежить від об'єму, товщини оболонки, відносної магнітної проникності, відношення довжини до діаметру та орієнтації у геомагнітному полі. Цей розподіл мало залежить від маси металу у боєзапасі.

На практиці поріг чутливості магнітної сигнатури складає 1 нТл. Бомби довжиною в 2,4 м можна виявити з відстані 6 м, в той час, як великокаліберні набої із відстані менше 20 см.

До пасивних методів виявлення боєприпасів можна віднести:

- інверсія магнітних вимірювань скалярним магнітометром;
- використання векторних або тензорних градіометрів. Проте даний метод вимагає калібрування через нестабільність датчиків;
- використання повного градієнту магнітного поля використовуючи замкнутий математичний вираз.

ВИСНОВКИ

Методи та засоби ефективного виявлення феромагнітних та електропровідних об'єктів представлені широким набором різноманітних давачів, вимірювальних пристроїв на їх основі та методів їх використання. Перспективними методами виявлення є методи локалізації магнітних аномалій. Це пасивні методи виявлення феромагнітних об'єктів шляхом розпізнання аномалій у земному магнітному полі. Відсутність додаткових джерел сигналів робить їх ефективними для віддаленого неконтактного виявлення вибухонебезпечних об'єктів, а також у задачах таємного виявлення магнітних аномалій у земній поверхні або на глибині.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] R. J. Kozick and B. M. Sadler, "Algorithms for tracking with an array of magnetic sensors," in Proc. 5th IEEE SAM Signal Process. Workshop, 2008, pp. 423–427.
- [2] Z. Zalevsky, Y. Bregman, N. Salomonski, and H. Zafrir, "Resolution enhanced magnetic sensing system for wide coverage real time UXO detection," J. Appl. Geophys., vol. 84, pp. 70–76, Sep. 2012.
- [3] X. Xiang, C. Yu, Z. Niu, and Q. Zhang, "Subsea cable tracking by autonomous underwater vehicle with magnetic sensing guidance," Sensors, vol. 16, no. 8, p. 1335, Aug. 2016.
- [4] D. Liu et al., "Direction identification of a moving ferromagnetic object by magnetic anomaly," Sens. Actuators A, Phys., vol. 229, pp. 147–153, Jun. 2015.
- [5] J. E. McGary, "Real-time tumor tracking for four-dimensional computed tomography using squid magnetometers," IEEE Transactions on Magnetics, vol. 45, no. 9, pp. 3351–3361, 2009.
- [6] L. Yang et al., "Magnetic anomaly signal space analysis and its application in noise suppression," IEEE Geosci. Remote Sens. Lett., vol. 16, no. 1, pp. 130–134, Jan. 2019.

Наук. керівник – к.т.н., Козир О.В.

УДК 681.1

Д.В. Мальцев, студент гр. ПІ-11мп, к.т.н., доц. Богомазов С.А.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗБОРУ ДАНИХ

Анотація. У статті наведено аналіз особливостей організації програмного забезпечення системи дистанційного збору даних на основі асинхронних програмних технологій. Програмне забезпечення системи розроблено мовою програмування Java з використанням фреймворку Spring WebFlux. Апаратна частина система реалізована на базі платформи ElectricImp. Для розробки програмного забезпечення для модулю imp001 використано скриптову мову Squirrel.

Ключові слова: IoT, SpringWebFlux, ElectricImp, дистанційний збір даних, Squirrel, асинхронне програмне забезпечення.

ВСТУП

В зв'язку зі швидкими темпами технічного розвитку стає актуальним питання повної автоматизації виробничих процесів. На будь-якому промисловому виробництві, фермі, вимірювальній лабораторії, тощо потрібно постійно контролювати і підтримувати певні умови оточуючого середовища.

Цю функцію зазвичай виконують системи дистанційного моніторингу параметрів оточуючого середовища. Для таких систем важливою характеристикою є здатність програмного забезпечення швидко обробляти великі об'єми даних.

Тому було прийнято рішення провести аналіз особливостей організації програмного забезпечення таких систем для виявлення кращого рішення.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Апаратну частину демонстраційної системи було реалізовано на базі платформи ElectricImp. Це платформа, яка дозволяє швидко підключати велику кількість датчиків до системи інтернету речей. Вона складається з декількох основних частин:

- апаратна частина;
- хмарне середовище impCloud.

Апаратна частина складається з модуля imp001 та платформи impExplorer (рисунок 1).



Рисунок 1. Апаратна частина системи дистанційного збору вимірювальної інформації

Imp001 – це мікроконтролерна система на базі Cortex M3, яка оформлена у вигляді SD картки. Вона має вбудований модуль WiFi та підтримку протоколу I2C для сполучення з периферійними пристроями.

Модуль imp001 підключений до плати impExplorer, яка містить датчики температури, вологості та атмосферного тиску і світлодіод, який використовується для зворотного зв'язку. Для підключення периферійних пристроїв на платі розташовано чотири роз'єми типу GroveSystem, два з яких використовуються для підключення за протоколом I2C, а два інших для аналогових і цифрових пристроїв.

Imp001 зчитує інформацію датчиків і відправляє її в хмарне середовище impCloud, з якого вона потрапляє на сервер для обробки даних. Програмне забезпечення системи дистанційного збору даних, побудованої на базі платформи Electric Imp, складається з програмного забезпечення модуля imp та програмного забезпечення агента пристрою, розташованого в хмарі impCloud. Агент пристрою пов'язаний з пристроєм за допомогою унікального ідентифікатора. Зв'язок між пристроєм та агентом відбувається за протоколом HTTP, що полегшує написання програмного забезпечення. Для розробки програмного забезпечення модуля imp та агента використовується мова програмування Squirrel. Squirrel – це об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня, яка розроблена в якості мови для написання скриптів для додатків, які працюють в режимі, наближеному до реального часу. Синтаксис Squirrel подібний до синтаксису JavaScript.

Код модуля imp можна умовно поділити на три основні частини: ініціалізація; отримання даних; відправка даних агенту. Код агента пристрою виконує зчитування даних з пристрою; запуск веб-інтерфейсу; відправку вимірювальних даних на асинхронний сервіс обробки.

В більшості подібних систем серверне програмне забезпечення реалізовано з використанням блокуючих веб-фреймворків. Основною проблемою таких веб-фреймворків є використання блокуючих викликів. При цьому потік, який зробив такий виклик, призупиняється до завершення операції. Найбільш помітно цей недолік проявляється при виконанні довготривалих операцій, таких як введення/виведення або робота з базою даних. Тому в процесі дослідження був проведений порівняльний аналіз продуктивності систем, реалізованих з використанням блокуючих фреймворків та асинхронних веб-фреймворків. Для цього було реалізовано дві аналогічні системи з використанням Java-фреймворків Spring MVC і Spring WebFlux.

WebFlux – це мікрофреймворк, який реалізує повністю асинхронний і неблокуючий веб-стек. В Spring WebFlux, на відміну від Spring MVC, за замовчуванням використовується асинхронний веб-сервер Netty. На вході в Netty в нескінченному циклі (EventLoop) виконується один потік. Він делегує запит асинхронному пулу потоків і реєструє функцію зворотнього виклику (callback), яка буде викликана, коли запит завершить своє виконання. Функція зворотнього виклику використовується для відправки відповіді на запит. Перевагою такого підходу є обробка інформації з використанням невеликої кількості потоків [1].

Для проведення порівняльного аналізу систем було використано наступні інструменти:

- VisualVM – це інструмент, що надає візуальний інтерфейс для відображення детальної інформації про стан програм Java під час роботи в віртуальній машині JVM [2].
- Apache JMeter – це програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, призначений для завантаження тестів функціональної поведінки та вимірювання продуктивності [3].

В середовищі Apache JMeter був описаний тестовий план, в якому 1000 користувачів одночасно виконують POST-запити на сервер, передаючи туди вимірювальну інформацію. Кожен користувач виконує по 100 запитів, що в сумі дає 100 тис. запитів. Тестування показало, що сервіс з використанням Spring MVC виконав обробку всіх запитів за 48 секунд (рисунок 2).

Label	# Samples	Average	Median	90% Line	95% Line	99% Line	Min	Maximum	Error %	Throughput	Received KB/sec	Sent KB/sec
Post (Create)	100000	48	50	89	105	157	0	334	0.21709	2067.4/sec	1476.99	0.00
TOTAL	100000	48	50	89	105	157	0	334	21.71%	2067.4/sec	1476.99	0.00

Рисунок 2. Результати тестування сервісу з використанням SpringMVC

При цьому кількість помилок склала близько 20%, що призвело до втрати значної частини вимірювальної інформації. Швидкість обробки запитів склала майже 2000 запитів за секунду. При такому навантаженні сервіс збільшив кількість використаних потоків майже в 10 разів (рисунок 3).

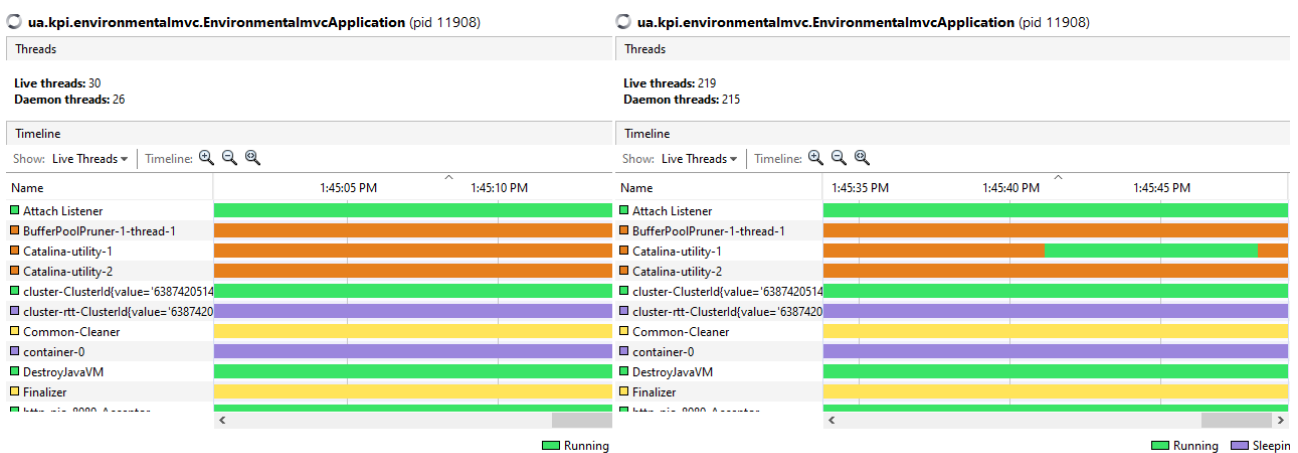


Рисунок 3. Порівняння кількості потоків до навантаження і під час навантаження для сервісу на базі Spring MVC

Згідно результатів аналізу, сервіс з використанням Spring WebFlux виконав обробку дещо повільніше, але всі запити завершилися без помилок, що є суттєвою перевагою для систем, де потрібна висока надійність і стабільність роботи (рисунок 4).

Label	# Samples	Average	Median	90% Line	95% Line	99% Line	Min	Maximum	Error %	Throughput	Received KB/sec	Sent KB/sec
Post (Create)	100000	646	675	830	901	1080	6	1313	0.00%	1038.9/sec	247.25	0.00
TOTAL	100000	646	675	830	901	1080	6	1313	0.00%	1038.9/sec	247.25	0.00

Рисунок 4. Результати тестування сервісу з використанням Spring WebFlux

Якщо прийняти до уваги той факт, що на запити, які завершуються помилкою, майже не витрачається час, то можна зробити висновок, що перевага в продуктивності Spring MVC досить незначна або взагалі відсутня.

Кількість потоків, які були використані для обробки фреймворком Spring MVC значно збільшилась, що є суттєвим недоліком при використанні сервера з невеликою кількістю процесорних ядер.

Для фреймворку Spring WebFlux кількість потоків під час навантаження збільшилась набагато менше. Без навантаження кількість потоків для обробки запитів від користувача склала близько 20, а під час навантаження зросла до 29 (рисунок 5)..

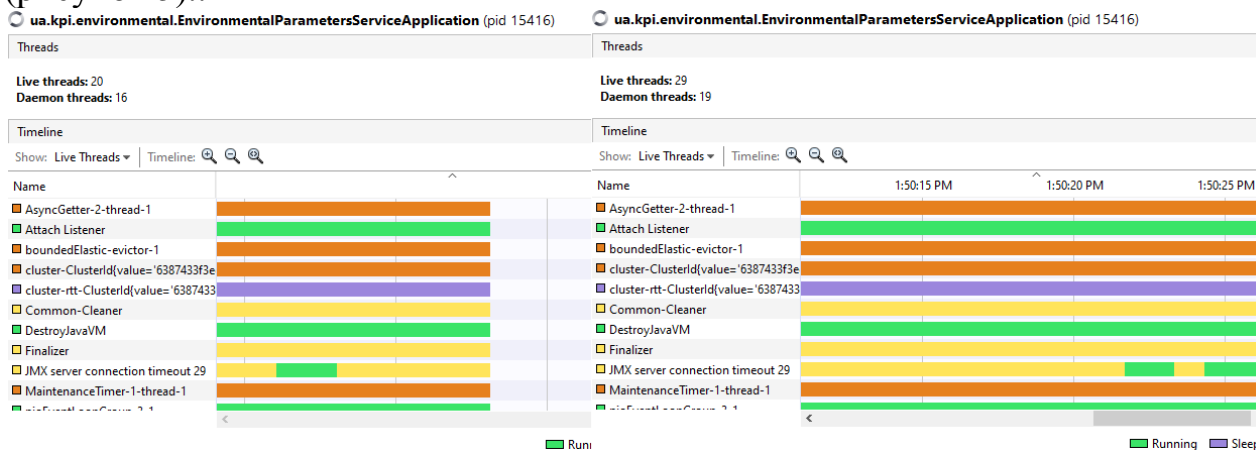


Рисунок 5. Порівняння кількості потоків до навантаження і під час навантаження для сервісу на базі Spring WebFlux

ВИСНОВОК

В процесі проведення аналізу була розроблена демонстраційна модель системи дистанційного збору даних. Для обробки вимірювальних даних було розроблено два аналогічних веб-сервіси з використання блокуючого Spring MVC і асинхронного Spring WebFlux. В результаті порівняльного аналізу продуктивності систем було виявлено, що фреймворк з використанням Spring WebFlux працює дещо повільніше в порівнянні з блокуючим Spring MVC, але кількість збоїв при обробці даних суттєво менша. Тому для подальшої розробки системи дистанційного збору даних було вирішено використовувати саме його.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Мальцев Д.В., Богомазов С.А. Використання асинхронних Java-технологій в системі Інтернету речей // Збірник матеріалів XXI Міжнародної науково-технічної конференції “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”, ПФФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 17 – 18 травня 2022р., Київ, Україна, 2022.– С.253-254.
- [2] VisualVM [Online]. Режим доступу: [www.URL:https://en.wikipedia.org/wiki/VisualVM](https://en.wikipedia.org/wiki/VisualVM) — 30.11.2022 р.
- [3] Apache JMeter[Online]. Режим доступу: [www.URL: https://jmeter.apache.org/](https://jmeter.apache.org/) — 30.11.2022 р.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Богомазов С.А.

УДК 16.12-073

Л.П. Мацько, студентка гр. ПІ-з21мп, к.т.н., доц. Мокійчук В.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОНІТОРИ ПАЦІЄНТА ЯК ОБ'ЄКТ ПОВІРКИ

Анотація. Розглянуті питання повірки моніторів пацієнта. Метою даної роботи є дослідження ефективних інженерних рішень задля оптимізації роботи сучасних метрологічних лабораторій.

Ключові слова: повірка, метрологічний нагляд, монітор пацієнта, інженерні рішення.

ВСТУП

Монітор пацієнта є приладом призначеним для постійного контролю параметрів життєдіяльності оперованих або тяжкохворих пацієнтів. Завдяки такому приладу значно полегшується спостереження за хворими, що знаходяться на операційному столі, в реанімації або палаті інтенсивної терапії. Монітор пацієнта відноситься до групи медичної техніки, що володіє широкими функціональними можливостями. Вони застосовуються для відстеження стану пацієнтів будь-якого віку – дітей, дорослих, новонароджених і літніх. Існує кілька видів моніторів, які класифікуються по ряду певних параметрів. Однак у всіх є спільні основні частини (Рис.1):

- кольоровий рідкокристалічний екран (варіативно сенсорний);
- ручки або кнопки для виставлення налаштувань;
- модуль для зберігання інформації (карта пам'яті);
- інвазивні і неінвазивні зчитувальні датчики;
- модулі бездротового зв'язку WLAN або Internet (в залежності від моделі);
- вбудоване джерело живлення, що автоматично включається при відключенні електрики;
- роз'єми для підключення зовнішніх датчиків і з'єднання декількох елементів в мережу;
- динаміки тривожної сигналізації (звукові сигнали, що привертають увагу медичного персоналу, пролунають, коли параметри досягли критичних або близьких до них показників).



Рисунок 1. Монітор пацієнта; роз'єми для підключення зовнішніх датчиків; зчитувальні датчики.

Існує стандартний набір показників, які є в кожному пристрої:

- електрокардіограма (ECG), що знімається по одному або декількох каналах;
- показники артеріального тиску NIBP, отримані неінвазивним способом (сistolічний, діастолічний, середній);

- температура тіла TEMP (може відображатися в градусах за Цельсієм або Фаренгейтом - для вимірювання необхідна попереднє налаштування);
- концентрація кисню в крові SpO2 (сатурація), куди входять насичення киснем, частота пульсу, пульсова хвиля;
- дихання Resp, куди входять частота дихання, дихальна хвиля.

Достовірність усіх перелічених даних – найважливіший параметр, оскільки від нього може залежати життя пацієнта.

МЕТА

Монітори пацієнта входять до переліку законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки [1], що підлягають періодичній повірці, згідно [2] на повірку одного монітору необхідно витратити 8,7 людино-годин! (згідно розділу ЕД (експлуатаційної документації)). Усі канали монітора пацієнта (ECG, NIBP; TEMP; SpO2; Resp) повіряються за окремими методиками. Отже, метою цієї роботи є:

- аналіз методик та засобів (робочі еталони та допоміжне обладнання) повірки моніторів,
- оцінка можливостей проведення робіт в лабораторії та на виїзді (на території замовника), оскільки ці прилади вкрай необхідні цілодобово!
- пошук оптимального рішення за критерієм час/кількість задіяного устаткування.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Відповідно [2] на повірку каналу «ECG» - 4,0 людино-годин; «NIBP» - 0,4 людино-годин; «TEMP» - 3,2 людино-годин; «SpO2» - 5,4 людино-годин. Всього 13,0 людино-годин.

Лабораторії, що проводять повірку повинні мати методики повірки, власні еталони та допоміжне обладнання для задоволення вимог цих методик.

На Рис.2 схематично зображено прилади, які об'єднані в моніторі, фізичні величини, що вимірюються та методики за якими окремо повіряються вимірювальні канали.

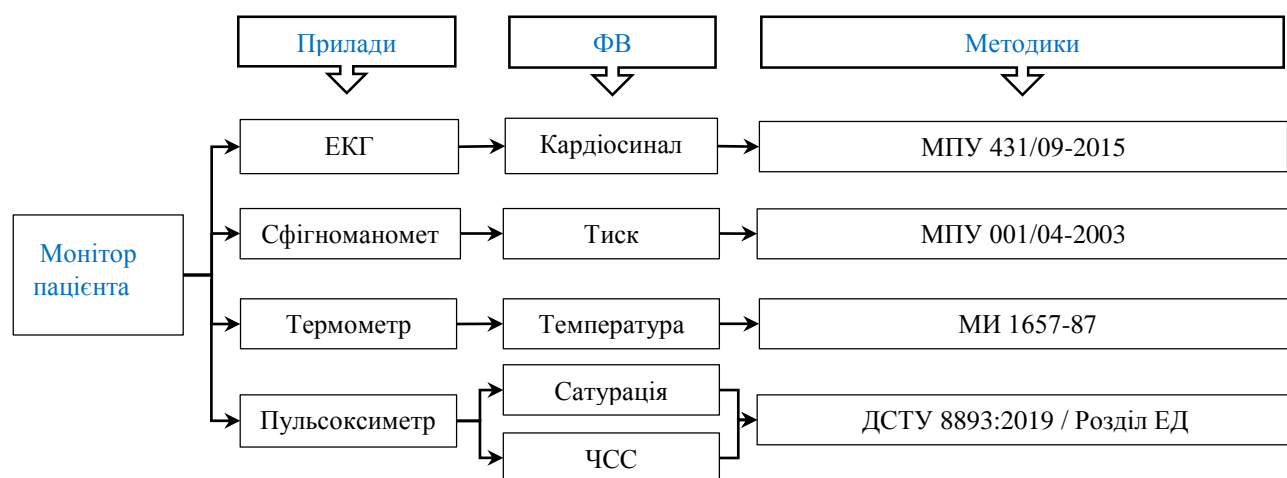


Рисунок 2. Аналіз еталонів та методик повірки

Розглянувши таблицю 1. стає зрозуміло, що для проведення повірки з собою, до замовника потрібно привезти значну кількість робочих еталонів та вимірювачі параметрів навколишнього середовища. Однак, сучасні інженерні рішення дають змогу зменшити кількість еталонів об'єднавши в одному приладі усе, що потрібно. Оптимальним прикладом є генератор сигналів пацієнта FLUKE ProSim 8. Прилад розроблений американською компанією FLUKE Biomedical яка є світовим лідером в розробці виробів біомедичних досліджень. Якість приладів компанії відповідає стандартам Міжнародної Організації по Стандартизації ISO 9001:2000[7]; ISO 13485:2003[8]; ISO 17025:2005[9].

Таблиця 1. Аналіз методик та еталонів

<i>Методики</i>	<i>Еталони</i>	<i>Сучасні інженерні рішення</i>
1. МПУ431/09-2015 Електрокардіографи. Методика повірки.	1.Установка УП ЕКГ 01 2.Генератор функціональний ГФ-07 3.Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-118 4.Частотомір електронно-лічильний ЧЗ-63 5.Вольтметр електронний В7-27	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"> <p>Генератор сигналів пацієнта FLUKE ProSim 8</p> </div>
2. МПУ 001/04-2003 Вимірювачі та монітори артеріального тиску. Методика повірки.	1.Поршневий манометр МП-0,4 2.Тестер ВР PUMP 3.Механічний секундомір СОПр-2а 4.Скляний рідинний термометр 5.Пристрій для створення тиску 6.Циліндри	
3. МИ 1657-87 Термометри термоелектричні цифрові. Методика повірки.	1.Сухоблочний термостат типу КТ-500 або аналогічний	
4. ДСТУ 8893:2019 Пульсоксиметри. Методика повірки.	1.Міра для повірки пульсоксиметрів МППО	

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши методики повірки, еталони (вказані в методиках) дійшли висновку, що здійснювати повірку моніторів пацієнта на виїзді великою кількістю устаткування не зручно та займає багато часу та ресурсів (доставити обладнання, підключати його по черзі до монітора).

Для оптимізації часу та кількості обладнання знайдено ідеальне рішення - симулятор показників життєдіяльності FLUKE ProSim 8, він є повнофункціональним, компактним, портативним симулятором для швидкого і простого всебічного тестування монітору пацієнта, він один імітує усі потрібні показники: ECG; NIBP; IBP; Resp; TEMP; SpO2. Приклад відтворення заданих показників та приєднання монітора пацієнта до симулятора наведено на Рисунку 3.



Рисунок 3. Приєднання монітора до симулятора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці» від 4 червня 2015 р. № 374.
- [2] Наказ Міністерства Економічного Розвитку і Торгівлі України № 1719 від 21.12.2015р. «Про затвердження Норм часу, необхідного для проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації»
- [3] МПУ431/09-2015 Електрокардіографи. Методика повірки.
- [4] МПУ 001/04-2003 Вимірювачі та монітори артеріального тиску. Методика повірки.
- [5] МИ 1657-87 Термометри термоелектричні цифрові. Методика повірки.
- [6] ДСТУ 8893:2019 Пульсоксиметри. Методика повірки.
- [7] ISO 9001:2000 Міжнародний стандарт ISO 9001:2000 спрямований на використання «процесного підходу» при розробці, введенні та вдосконаленні результативності системи менеджменту якості з метою підвищення задоволеності споживачів шляхом виконання їхніх вимог.
- [8] ISO 13485:2003 «Вироби медичні. Системи менеджменту якості. Вимоги для цілей регулювання» є міжнародним стандартом, який встановлює вимоги до системи управління якістю характерним для індустрії медичних виробів.
- [9] ISO 17025:2005 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
- [10] FLUKE Biomedical [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.promprylad.com.ua/#fluke> [0]

Науковий керівник - к.т.н., доцент Мокійчук В.М.

УДК 543.421/423

М.В. Петров, студент гр. ПН-п01, ст. викл. Таранов В.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОНІТОРИНГ НІТРАТІВ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В УМОВАХ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ПРОЗОРОСТІ

Анотація. Підвищення контролю якості питної води як стратегічного інструменту впливу на стабільність функціонування об'єктів критичної інфраструктури регіонів (в умовах сучасного воєнного стану) за допомоги сучасних вітчизняних наукових технологій експрес-аналізу водного середовища забезпечить постійний моніторинг, що постачається за показниками якості (визначення нітратів) в режимі реального часу.

Ключові слова: моніторинг, аналіз, визначення нітратів, зміна температури, зміна прозорості.

ВСТУП

Стурбованість з приводу зміни клімату постійно зростає, тому все більше світових компаній та урядів намагаються знизити рівень забруднень навколишнього середовища шляхом зменшення викидів парникових газів. 6 листопада 2022 року в місті Шарм-ель-Шейх, Єгипет стартувала 27-я сесія Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (КС-27 РКЗК ООН) [1], основною метою якої є забезпечення людських потреб у вигляді центру глобальних зусиль щодо вирішення проблеми зміни клімату. Основне зосередження уваги було викладено на ключові елементи основних потреб, зокрема доступ до водних ресурсів в умовах їх забруднення, зокрема й нітратами. Значна кількість водоносних горизонтів сьогодні вже забруднена різними шкідливими для організму людини сполуками. На особливу увагу серед них заслуговують нітрати, які є постійними складовими природних вод, коли їх кількість перевищує норму, через їх вплив навіть на генну структуру людини [2].

В умовах швидкого розвитку технологій збору, обробки даних, інтерактивний доступ до результатів метрологічних вимірювань суттєво покращує якість прийняття рішень. Автоматизувати їх шляхом глибокої інтеграції гарантовано релевантних показників безпосередньо в середовище реагування. Розробка методичних підходів та створення епідеміологічної системи охорони здоров'я населення України від негативного впливу нітратів у водах централізованих джерел водопостачання дозволить надати змогу створити важливий в сучасних умовах інструментарій для стабілізації та контролю водних ресурсів з метою забезпечення здоров'я населення. Сучасні екологічні вимоги до води [3] потребують удосконалення приладів оптичного контролю, своєчасної передачі інформації про фізико-хімічний стан. Сьогодні системи контролю визначаються в основному інструментальним оснащенням аналітичних лабораторій, що, в більшості випадків, потребує великих фінансових витрат, а також наявності висококваліфікованого обслуговуючого персоналу та постачання витратних матеріалів для аналізу. Це, насамперед, апаратура, яка використовує хроматографічні методи аналізу: хромато-мас-спектрометрію, атомно-абсорбційну та ІЧ-спектрометрію [4]. Застосування цих методів сьогодні можливе лише у великих фармацевтичних підприємствах та ліцензійних лабораторіях.

Практична ж цінність розробки таких методичних підходів полягає у впровадженні розробленого як програмного, так й апаратного комплексу для

безперервного контролю кількісних параметрів нітратів в водних розчинах в реальному часі на виробничих об'єктах. На основі цього розроблено дослідний зразок багатоканального вимірювача, а також програмного забезпечення для визначення кількісного складу нітратів в водних розчинах в реальному часі.

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАНЬ

Зразок переміщується через кювету. Включаються з стабілізованою довжиною хвилі та потужності ультрафіолетові світлодіоди з дистанційно керованим блоком живлення. Промінь світлодіодів послідовно проходить через дослідне середовище, попадаючи на фотоприймачі. Електронний сигнал від фотоприймачів передається на блок виміру, де обробляються дані. Отримані дані поступають до системи програмного забезпечення. На основі аналізу отриманих даних будуються графіки відносної зміни концентрації речовини. Перед вимірюванням об'єкта проводиться визначення фонового сигналу саме того середовища, де відбуватимуться вимірювання (рідина чи повітря), а далі сигналу досліджуваного розсіювального середовища.

Структурна схема представлена на рисунку 1.

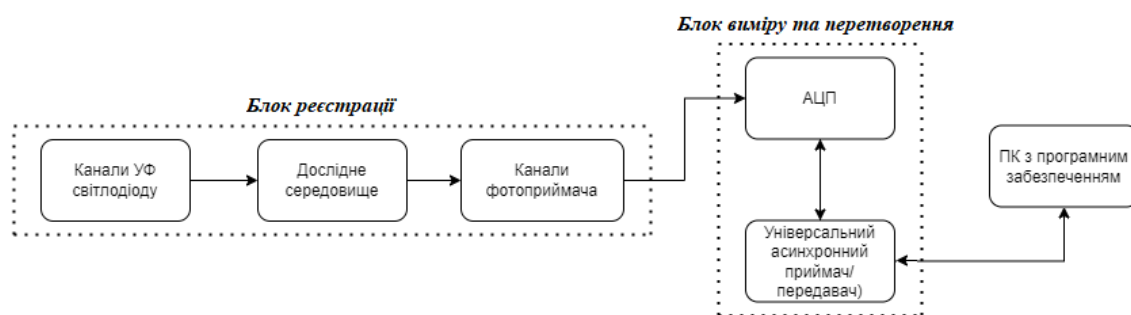


Рисунок 1. Структурна схема багатоканального вимірювача

Модуль реєстрації складається з ультрафіолетового джерела випромінювання зі стабілізацією його потужності та довжини хвилі випромінювання [5], а також приймачем для фіксації проходження вимірюваного середовища. Блок виміру перетворює отримане значення у цифрове і через асинхронний передавач відправляє дані на ПК з встановленим програмним забезпеченням.

Результат вимірювання отримується через декілька хвилин, в залежності від стану досліджуваного середовища. Програмне забезпечення відображає результати вимірювань у вигляді графіка з наведенням основних параметрів вимірюваного середовища. Вся отримана інформація виводиться і, отже, обробляється на ПК, тобто є можливість передавати результати у віддалений інформаційний пункт. Вже за час, не більш як 2 с, можлива реєстрація домішок нітратів у водних середовищах від 5 до 400 мг/л.

Окремим пунктом стоїть розробка системи автономного живлення на основі сонячних елементів, для постійного використання вимірювальної системи в умовах її знаходження як на об'єктах промисловості та цивільної інфраструктури з обмеженим або відсутнім електропостачанням, так й в межах природних середовищ, де виміри є не менш актуальними.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для проведення експериментальних робіт з вимірювання об'ємних концентрацій нітратів зібрано установку на основі багатоканального вимірювача та циклічної системи перекачки водного середовища на відцентровому насосі. Вимірювання об'єму водного розчину, що перекачується здійснюється витратним лічильником. Реєстрація здійснюється з частотою до 50 Гц, час обробки трохи більше двох хвилин. Як фоновий (нульовий розмір) використана очищена дистильована вода. Попередні результати роботи для кількісного аналізу нітратів наведені в роботах [6,7].

Саме в цьому напрямку проведені виміри забруднення води з різних джерел. Можливо простежити історію забруднення в часі, тобто якість та кількість забруднюючих речовин в акваторії за певний період, що виникли у воді. Контроль є шляхом до підтримки середовища у нормальному стані. Наведені результати (рисунок 2) модельного вимірювання при послідовній зміні кількості NaNO_3 у воді в реальному часі протягом кількох годин.

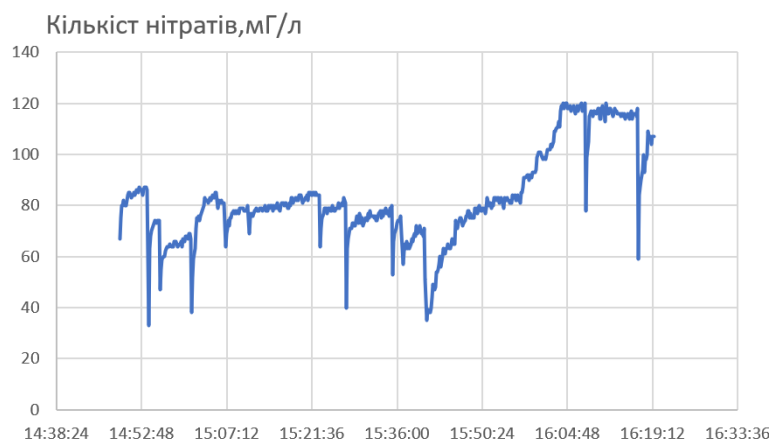


Рисунок 2. Зміни стану водного середовища на наявність NaNO_3 в реальному часі

Перешкодою під час вимірювання стають саме неселективні домішки, які забруднюють фотометричний канал вимірювання та змінюють результати. Наглядно показано, що навіть після 10 спроб додавання домішок прилад не змінив чутливості, що видно після вирівнювання графіку у спадах, до синхронізації. Останні показання графіку, що пов'язані з ростом показань, пов'язані з спробою дослідити можливість втрачання чутливості. Показання говорять про те, що навіть після багатогодинного вимірювання прилад не втрачає чутливості.

Одним з показників надійності показань дослідного зразка є експериментальна робота з визначення залежності зміни вимірювання кількості нітратів від властивостей (прозорості) вимірювального середовища, з використанням неселективних забруднень.

Перед вимірюванням об'єкта проводились визначення фонового сигналу водного середовища, де відбувались вимірювання, з попередньо отриманим результатом концентрації нітратів 84 мг/л. Ламінарне проходження рідини через оптичний канал за рахунок конструкції кювети дозволяє без перешкод проводити вимірювання на різних довжинах хвилі. В розчин з відносно чистою водою вносили мулове забруднення, яке зменшувало прозорість

фотометричних каналів, При тривалому вимірі – понад 90 хвилин, отримані результати (рисунок 3) виходили на середній досить стабільний рівень, показуючи результати в реальному масштабі часу на екрані монітора, тим самим показавши незалежність виміру кількості нітратів від стану середовища, де проводились вимірювання, де за рахунок саме програмної обробки одночасно усіх фотометричних каналів досягнуто компенсацію неселективного забруднення до домішок. Під час досліду відносна прозорість водного середовища змінилась у 5 разів.

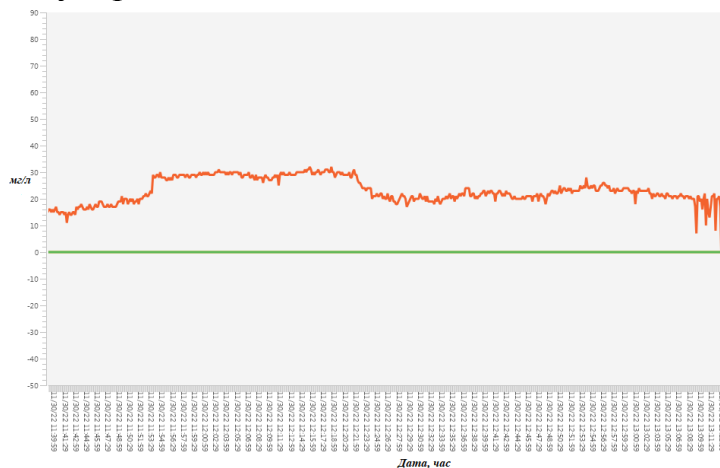


Рисунок 3. Відносні вимірювання концентрації нітратів в часі у водному середовищі зі зміною прозорості

Збільшення показника концентрації на окремій ділянці графіка пов'язано з експериментальними умовами (зміною прозорості середовища), після стабілізації проходження рідини через кювету, графік показує постійні значення концентрації. Різка зміна даних в кінці графіку пов'язана з зупинкою експерименту (заміну досліджуваного середовища).

Також, окрім стандартних визначень концентрації нітратів, в одній з експериментальних робіт досліджено залежність зміни кількості нітратів, у якості можливого апаратного недоліку, від температури середовища вимірювання. У якості середовища вимірювань використовувався сніг, з його подальшим переходом у рідкий стан. Перед вимірюванням об'єкта проводились визначення фонових сигналів водного середовища, де відбувались вимірювання, з попередньо отриманим результатом концентрації нітратів 84 мг/л. Температура вимірювального середовища на протязі часу поступово збільшувалась за допомоги інфрачервоного джерела потужністю 2 кВт. Отриманий графік (рисунок 4) показує незмінність вимірювальної кількості нітратів у середовищі забруднення на протязі 90 хвилин при зміні температури понад 23 градусів Цельсія від початкової, що дає змогу сказати про відсутність кількісної зміни забруднюючої речовини (нітратів) від температури. Незначна зміна від 2 до 4 одиниць пов'язана з апаратною похибкою, а також перехідними процесами під час суміші більш теплої водної суміші у кюветі від навколишнього середовища до вже охолодженої.

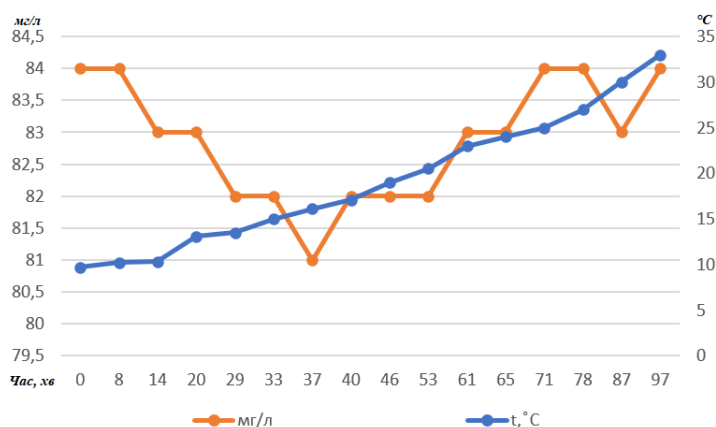


Рисунок 4. Залежності зміни концентрації нітратів від температури вимірювального середовища (хв)

Отже, вплив температури та допоміжної домішки, як у певному діапазоні не впливає на суттєве збільшення, і становить 2-4 мг/л, що є 10% від гранично допустимої дози.

ВИСНОВКИ

Результатом роботи є: досліджено вплив температури на відхилення концентрації нітратів у водному середовищі (2-4 мг/л); домішки показали вплив відхилення близько 5 мг/л, але в результаті подальшого перемішування водного середовища домішки не змінювали фактичного значення нітратів у воді. Запропонована система задовольняє потребам моніторингу водного середовища малих річок та дозволяє проводити спостереження в реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] COP27 Reaches Breakthrough Agreement on New “Loss and Damage” Fund for Vulnerable Countries — Режим доступа: <https://unfccc.int/news/cop27-reaches-breakthrough-agreement-on-new-loss-and-damage-fund-for-vulnerable-countries> — [01.12.2022]
- [2] Гончарук В.В. Наука о воде /В.В. Гончарук.—К.: Наукова думка, 2010. — 512 с.
- [3] ДСТУ 4078-2001 (ISO 7890-3:1998, MOD). Якість води. Визначання нітрату. Ч. 3.Спектрометричний метод із застосуванням сульфосаліцилової кислоти, 1998. — 12 с. — Введ. 01.01.2003.
- [4] Hach Company Portable, Laboratory and UV-VIS Spectrophotometers — Режим доступа: <https://www.hach.com/products/instrument-type/spectrophotometer> — [01.12.2022]
- [5] Пристрій для фотометричного визначення нітратів у водних розчинах. Таранов В.В., Курлянцева А.Ю.Гончарук В.В. пат. № 116728: Україна. Опубл. бюл. № 11, 2017 р.
- [6] Таранов В.В. Розмірний спектр мікрогених структур як фізико-хімічний стан рідинної системи. *ВІСНИК ХНТУ №3 (66)* . Вип 2,Херсон. 2018 г. С.93-101
- [7] Бойчун С.О.1, Мельніченко Д.С.2, Таранов В.В. Моніторинг відносного вмісту нітратів у водах Екологічні науки № 4(43), С 32-39

Наук. керівник – ст. викладач каф. ІВТ, Таранов В.В.

УДК 004.032

А.Ю. Романенко, студентка гр. ПІ-21мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ В РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Анотація. У даній статті розглянуто архітектури як традиційних процесорних систем, так і нейропроцесорів, а також їх вплив на швидкість і точність отримання результатів діагностики в роботизованих системах неруйнівного контролю. Також у роботі було запропоновано варіант застосування нейропроцесорів у таких завданнях як розпізнавання образів та прогнозування, використовуючи машинне навчання в тепловому, ультразвуковому, рентгенівському та інших методах неруйнівного контролю.

Ключові слова: нейропроцесор, нейронна мережа, машинне навчання, неруйнівний контроль, роботизовані системи.

ВСТУП

В сучасних умовах, під час обробки сигналів неруйнівного контролю, існує потреба в автоматизованому розпізнаванні різноманітних зображень, прихованих залежностей між інформативними параметрами, виділень корисного сигналу на фоні завад тощо. Технологією, яка набула широкого застосування в сучасних приладах та системах неруйнівного контролю – є машинне навчання, адже воно має величезні переваги: дозволяє автоматизувати деякі процеси, які раніше потребували втручання людини; система з легкістю здатна перевершити людину у достовірності контролю, маючи достатню кількість навчальних даних. Також нейронні мережі допомагають вирішувати певні задачі, в яких мова йде не тільки про математичні обчислення.

Проте існує і проблема, з якою зустрічається даний підхід. Проблема полягає у порівняно низькій швидкодії нейронних мереж у зв'язку з архітектурою центральних процесорів, які використовуються у сучасних комп'ютеризованих системах. В даній роботі розглянуто метод, який дозволить проводити швидкий автоматизований контроль: перспективний підхід використання нейропроцесорів у роботизованих системах неруйнівного контролю.

МЕТА РОБОТИ

Головна мета даної роботи – це проведення аналізу порівняльного характеру традиційних процесорних архітектур та нейропроцесорів, а також визначення області застосування нейропроцесорних систем в завданнях неруйнівного контролю.

АРХІТЕКТУРИ ПРОЦЕСОРІВ ТА ЇХ ПОРІВНЯННЯ

Традиційні процесорні системи, такі як мікроконтролери (МК), процесори (ЦП), цифрові сигнальні процесори (ЦСП), графічні процесори (ДП) тощо, дещо відрізняються від нейропроцесорів. Їх головною відмінністю є саме архітектура. Тож, для початку, розглянемо будову традиційних процесорів. Якщо дуже коротко, традиційні процесорні системи складаються з відокремлених блоків, які можуть виконувати різні функції: обчислювальні і периферійні блоки, а також пам'ять. Тепер щодо нейропроцесорів: вони мають більш, скажімо так, однорідну

структуру, яка включає безліч нейронів – однакових і відносно простих обчислювальних осередків з вбудованою пам'яттю. Нижче прикріплено рисунки структур традиційного процесора (рисунок 1) та нейропроцесора (рисунок 2), на яких добре видно їх відмінність.

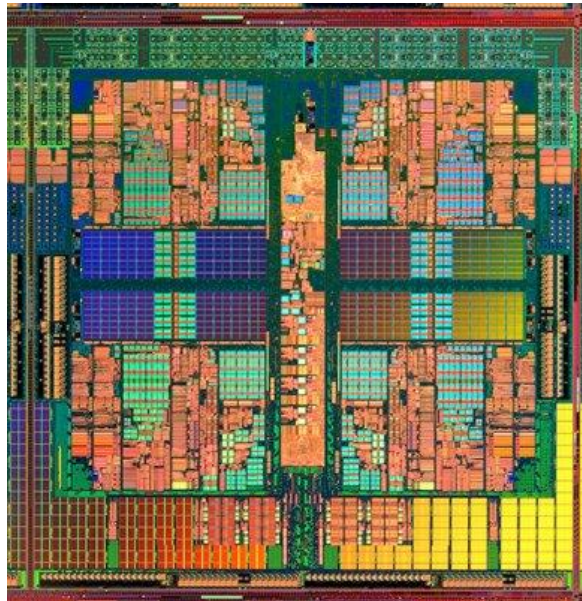


Рисунок 1. Структура традиційного процесора



Рисунок 2. Структура нейропроцесора

Звернемося до визначення архітектури нейропроцесора. Оскільки кожен нейрон є самостійним обчислювальним ядром, можемо зробити висновок, що архітектура нейропроцесора є багатоядерною. І як результат використання такої системи, багато операцій, таких як розпізнавання зображень, фільтрація, класифікація та інші, виконуються вкрай швидко. Так, стандартні, але у той же час більш сучасні, процесори так само можуть мати багатоядерну структуру. Проте процес вирішення неформалізованих завдань для них як і раніше є ускладненим. [1-5]

Окрім різної архітектури, можливості традиційних процесорних систем та нейропроцесорів мають ще деякі ключові відмінності. Тож проведемо порівняння за кількома ознаками:

Таблиця 1. Порівняння традиційних процесорів та нейропроцесорів

Ознака порівняння	МК/ ЦП/ ЦСП/ ГП	Нейропроцесори
Обробка даних	Паралельна обробка в багатопроцесорних системах	Паралельна обробка за визначенням
Вирішення задач	Рішення логічних/послідовних/лінійних задач; декомпозиція завдань і використання об'єктивних оцінок	Рішення нестандартних/паралельних/нелінійних задач; рішення завдання цілком, з урахуванням попереднього досвіду і постійним самонавчанням
Наявність детермінації	Жорстка детермінація за часом, математичного апарату, типу даних	Немає жорсткого детермінізму при вирішенні задач
Оптимальність	Оптимальні для роботи з чітко структурованими масивами даних	Оптимальні для роботи з неструктурованими і нестандартними масивами даних
Здатність масштабування	Складність масштабування	Відносна простота масштабування

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ НА АРХІТЕКТУРІ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ

Існує два основних режими, в яких здатні працювати більшість нейропроцесорів – це режими навчання та розпізнавання. Що цікаво, мова може йти про абсолютно різні за своєю природою дані: тексти, зображення, звукові сигнали, відео і таке інше. Перебуваючи у режимі навчання, процесор накопичує дані, а під час операцій розпізнавання – процесор використовує накопичені дані та виконує відповідну команду згідно з результатом розпізнавання. Зовнішній керуючий процесор відповідальний за формування потоку даних, а нейрони – за проведення обробки.

Абсолютно кожен нейрон має власну програмовану пам'ять: основну, контекст, категорію. Для класифікації об'єктів використовується категорія, а для поділу нейронів на підмережі – контекст. Програмування традиційних процесорів дещо відрізняється від програмування пам'яті нейронів. Коли у звичайному процесорі запис програми відбувається перед початком роботи, у той час як у більшості нейропроцесорів програмування може здійснюватися прямо під час роботи і називається навчання.

Нейрони використовуються для розпізнавання різних властивостей об'єкта (це можуть бути його форма, колір тощо). Тоді архітектура може дозволити розділити нейрони на окремі підмережі за допомогою поля контексту. Після чого, у процесі розпізнавання, залишаються активними тільки ті нейрони, контекст яких збігається з глобальним контекстом, що задається керуючим

процесором. Отже, саме таким чином можна підвищити енергоефективність системи. [2-3]

ОБЛАСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ У НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

Буває, що результати теплового неруйнівного контролю – неоднозначні, так як на них впливає велика кількість факторів, пов'язаних між собою доволі складно. Технології глибинного навчання використовують для автоматизації обробки термограм. Тож тепер розглянемо, що дозволяє застосування нейронних мереж. Завдяки нейронним мережам з'являється можливість автоматизовано визначати тип дефекту, глибину залягання та інші його характеристики. Проте проведення згаданого аналізу, як правило, пов'язане саме з необхідністю обробки великих масивів даних. Для того, щоб оптимізувати цей процес, використовують нейропроцесори.

Якщо застосувати нейронні мережі в системі ультразвукового неруйнівного контролю – це буде так само актуально. Для того, щоб отримати аналіз дефектограми, оператори проводять їх візуалізацію. На таких дефектограмах, на основі конкретних патернів, які включають амплітуди луна-сигналів у різних точках і їх взаємне розташування, можуть бути виявлені дефекти. Для автоматизації виявлення і аналізу патернів можна застосувати штучні нейронні мережі. Щоб підвищити ефективність обробки даних у n-ну кількість разів, при використанні згаданих вище технологій, найоптимальнішим варіантом буде застосування саме нейропроцесорної архітектури.

Також не треба забувати, що сьогодні так само стрімко розвиваються системи радіаційного контролю, які виділяються візуальним відображенням результатів вимірювання. Та технічна дефектоскопія – не єдина галузь, в якій вони використовуються. Системи радіаційного контролю також широко використовують і при огляді в аеропортах, залізничних станціях тощо з метою забезпечення безпеки. У даних системах розпізнавання елементів внутрішньої структури просвічуваного об'єкта традиційно зводиться до візуального розпізнавання зображення людиною-оператором. Такі спеціалізовані методи автоматичного розпізнавання зображень дозволятимуть значно підвищити достовірність контролю. Одні з таких алгоритмів – штучні нейронні мережі. Використовуючи ці технології саме на архітектурі нейронних мереж, можна досягти оптимізації процесів розпізнавання, а також підвищення надійності і достовірності отриманих результатів. [3-4]

ВИСНОВОК

У даній роботі проведено порівняльний аналіз традиційних процесорних архітектур та нейропроцесорів, а також визначено області застосування нейропроцесорних систем у завданнях неруйнівного контролю. В результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що нейропроцесори, на відміну від традиційних процесорів, забезпечують високу продуктивність системи і її енергоефективність під час виконання складних неформалізованих задач. Нейропроцесори можна використовувати достатньо в широкому спектрі галузей

неруйнівного контролю для автоматизованого виявлення дефектів або класифікації матеріалів. Також, при застосуванні оптимізованих процесорів для нейронних мереж та машинного навчання, можна значно підвищити як швидкість, так і точність роботизованих систем неруйнівного контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] В. А. Романчук Оцінка результатів моделювання обчислювальних систем на основі нейропроцесрів / В. А. Романчук. – 2013.
- [2] Guskov G. Применение искусственных нейронных сетей в задачах ультразвукового неразрушающего контроля / Gleb Guskov / Ulyanovsk State Technical University. – 2012.
- [3] Momot, A. Defect classification in active thermal testing with the use of neural networks / A. Momot // Матеріали III науково-технічної конференції «Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі» з міжнародною участю – NDT – UA 2019, 17-19 вересня 2019 року, м. Київ, Україна. – Київ : УТ НКТД, 2019. – С. 16-18
- [4] Назаренко С. Ю. Применение искусственных нейронных сетей в радиационном неразрушающем контроле / С. Ю. Назаренко, В. А. Удод. – 2019.
- [5] В. Н. Ручкин Алгоритмы анализа вычислительных структур на базе нейропроцессоров / В. Н. Ручкин, В. А. Романчук. – 2012.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Здоренко В.Г.

УДК 543.55

*Д.С. Сопружинський, студент гр. ПІ-21м, К.В. Єфременюк, студентка
гр. ПН-91, к.т.н., ас. Івасенко В.М.*

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИМІРЮВАННЯ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ ВИКИДІВ NOX

Анотація. Розглянуто принципи єдності вимірювання, що включають в себе подання результатів вимірювання в стандартних одиницях (ppm, мг/м³). Наведено перерахунок з об'ємної концентрації (ppm) в масову (мг/м³). А також необхідність вимірювання вмісту кисню у відхідних димових газах при перерахунку значень концентрацій з «ppm» в «мг/м³», для паливовикористовуючого обладнання. Досліджено утворення концентрації оксидів азоту, в перерахунку на діоксид азоту в залежності від навантаження при різних значеннях теплопродуктивності котла, що працює на природному газу.

Ключові слова: діоксид азоту, концентрація, вимірювання, надлишок кисню, газоаналізатор.

ВСТУП

Однією з основних цілей охорони навколишнього середовища є усунення шкідливих викидів або їхнє максимальне скорочення. Окреме місце серед джерел забруднення міста займають енергетичні установки, а саме котельні. У більшості розвинених міст контроль викидів відбувається з використанням інструментального контролю (автоматичні газоаналізатори) [1,2].

ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТА ЇЇ ПЕРЕРАХУНОК

Сучасні методи вимірювання NO та NO₂ базуються на визначенні об'ємної частки NO та NO₂ у відхідних димових газах, та подальшому перерахунку в масову концентрацію. Для цього отримане значення в об'ємних одиницях (ppm) множиться на коефіцієнт 2,05, щоб отримати масову концентрацію (мг/м³). При цьому отримують значення, які не залежать від температури та тиску, і приведені до нормальних умов (тиск 760 мм.рт.ст. та температура 0°C).

$$C_{NOx} = 2,05 \cdot (M_{NO} + M_{NO2}) \quad (1)$$

де C_{NOx} – масова концентрація оксидів азоту, в перерахунку на діоксид азоту, мг/м³; M_{NO} – об'ємна концентрація оксиду азоту, ppm; M_{NO2} – об'ємна концентрація діоксиду азоту, ppm.

Крім цього для паливовикористовуючого обладнання результати вимірювань масових концентрацій перераховуються на сухий газ та стандартний вміст кисню.

Приведення масової концентрації до стандартного вмісту кисню у сухих відхідних газах виконується за формулою:

$$C_{н.у.(O2)} = C_{н.у.} \cdot (21 - O_{2CT}) / (21 - O_{2B}) \quad (2)$$

Де $C_{н.у.(O2)}$ – приведена масова концентрація забруднюючої речовини у сухих відхідних газах, мг/м³; $C_{н.у.}$ – масова концентрація забруднюючої речовини у сухих відхідних газах, мг/м³; O_{2CT} – стандартний вміст кисню у сухих відхідних газах, %; O_{2B} – вимірний вміст кисню у сухих відхідних газах, %.

Отримання масової концентрації у сухих відхідних газах досягається шляхом використання газоаналізаторів, обладнаних системою підготовки проби (осушування та конденсації або конденсатозбірником). Таким чином вдається

зберегти цілість проби, оскільки при утворенні конденсату, частина NO₂ може розчинитися в ньому і тим самим зменшувати виміряне значення. Використання системи підготовки проби забезпечує високу точність вимірювання NO та NO₂ і репрезентативність викидів NO_x, що утворюються в процесі згорання. Також у випадку використання системою підготовки проби перерахунок масової концентрації на сухий газ не здійснюється.

Важливо відзначити, що при вимірюванні, сумісну концентрацію NO і NO₂ приймають як концентрацію NO₂. Відповідно часто зустрічається формулювання «концентрація оксидів азоту, в перерахунку на діоксин азоту», або позначення NO_x [3].

НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ NO_x

Похибка вимірювання NO_x залежить від багатьох факторів. Серед них, місце та спосіб відбору проб, а також точність самого методу вимірювання. Крім того повітряні газові суміші готуються з галузевою стандартною точність ± 1 ppm.

ВИМІРЮВАННЯ ВИКИДІВ NO_x

Залежність утворення NO_x від температури та надлишку повітря була проведена при різних навантаженнях на газовому котлі Viessmann Vitomax 200-LW M64B02. На рис. 2,3 наведені результати вимірювання NO_x в димовій трубі в залежності від температури димових газів та навантаження при спалюванні природного газу.

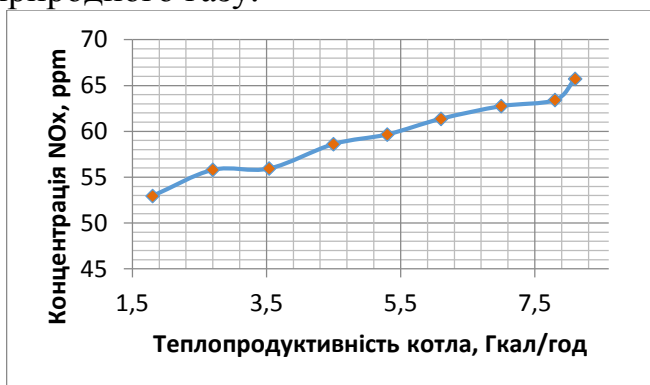


Рисунок 1. Залежність викидів NO_x від навантаження

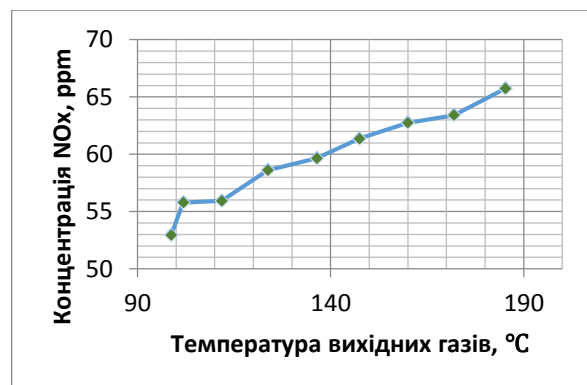


Рисунок 2. Залежність викидів NO_x від температури

Найбільший вплив на викиди NO_x становить підвищення температури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Моніторинг якості атмосферного повітря: український та міжнародний досвід. [Аналітична записка] / Кольцов М., Шевченко Л. – Київ: ГО «Фундація «Відкрите Суспільство», 2018. – 13 с.
- [2] Приміський В.П. Методика проектування і дослідження хемілюмінесцентних газоаналізаторів / В.П. Приміський, В.М. Івасенко // Вост.-Европ. журн. передових технологій. - 2012. - № 2/6. –С. 9 – 12.
- [3] Ткаченко, С. Й. Екологічні аспекти виробництва енергії / С. Й. Ткаченко, Л. А. Боднар. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 83 с.

УДК 53.08

Н.С. Харчук, студент гр. ПІ-11мп, к.т.н., доц. Шведова В.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОЦІНЮВАННЯ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ОБ'ЄКТІВ КРУГЛОЇ ФОРМИ

Анотація: В роботі досліджено вплив кількості вимірювань діаметра деталі круглої форми на методичну похибку, що виникає при розрахунку площі деталі за рівняння круга. Визначено необхідну кількість вимірювань діаметра деталі круглої форми, яка забезпечує знижено малу методичну похибку вимірювання

Ключові слова: похибка вимірювання, методична похибка, модель об'єкта

ВСТУП

Методична похибка є похибкою, що виникає при відхиленні реального об'єкта вимірювання, який підлягає дослідженню від моделі, яка використовується для його опису.

В нашому експерименті *досліджується* деталь «круглої» форми.

В експерименті визначається площа перерізу деталі за результатом вимірювання діаметра деталі. При цьому метою є визначення необхідної кількості вимірювань діаметра деталі, щоб методична похибка була мінімізована.

Виходячи з геометричної форми і невеликого розміру для проведення вимірювання діаметра деталі обрано, цифровий штангенциркуль. Проаналізувавши ринок у співвідношенні ціна-якість-доступність, було прийнято рішення використовувати електронний штангенциркуль 150мм, арт. MLTOOL-210407.

ПЛАНУВАННЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для дослідження об'єктів круглої форми ми обираємо монету номіналом 2 копійки у якої ми будемо вимірювати діаметр штангельциркулем, та розраховувати площу монети за допомогою формули, що визначає площу об'єкта, який можна ототожнити з моделлю – круг

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (1)$$

де S – це площа кола, а d – це діаметр.

Мета дослідження полягає в тому, щоб встановити яким чином впливає кількість вимірювань діаметра, а також скільки разів і в яких положеннях потрібно виміряти їх діаметр, щоб мінімізувати цю методичну похибку. Для встановлення методичної похибки, мені потрібно обрати метод, що перевищує штангенциркуль по точності, щонайменше у 2 рази. Для досліду з монетою, ми можемо знайти її точний діаметр. Методичну похибку ми будемо оцінювати шляхом порівняння вимірювань і певного еталонного методу. У нашому випадку еталонний розмір монети ми дізнались на сайті національного банку України. Методична похибка буде визначатися як:

абсолютна методична похибка

$$\Delta_M = S_B - S_{\text{ет}} \quad (2)$$

де S_B – це площа деталі отримана в результаті експерименту, а $S_{\text{ет}}$ – це еталонне значення площі, отримане за інформацією відкритих джерел.

відносна методична похибка

$$\delta_M = \frac{\Delta_M}{S_{\text{ет}}} = \frac{S_B - S_{\text{ет}}}{S_{\text{ет}}} = \frac{S_B}{S_{\text{ет}}} - 1 \quad (3)$$

ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДУ ТА ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Наш експеримент складається з 5 етапів: одноразове, дворазове, триразове чотириразове вимірювання діаметру «круга» та порівняння його з еталонним значенням. Для кожного з дослідів проводимо виміри діаметру та рахуємо їх середнє значення

$$d_{\text{сеп}} = \frac{\sum d_n}{n} \quad (3)$$

Таблиця 1. Розрахунок середнього діаметру

	<i>1-разове</i>	<i>2-разове</i>	<i>3-разове</i>		<i>4-разове</i>	<i>еталон</i>
d1	17,31 мм	17,31 мм	17,31 мм		17,31 мм	17,3 мм
d2	-	17,3 мм	17,3 мм		17,3 мм	17,3 мм
d3	-	-	17,3 мм		17,3 мм	17,3 мм
d4	-	-	-		17,29 мм	17,3 мм
dсеп	17,3 мм	17,305 мм	17,3034 мм		17,3 мм	17,3 мм

Далі потрібно дізнатись площу перерізу за формулою(1)

Таблиця 2. Розрахунок площі перерізу

	<i>1-разове</i>	<i>2-разове</i>	<i>3-разове</i>	<i>4-разове</i>	<i>еталон</i>
dсеп	17,3 мм	17,305 мм	17,3034 мм	17,3 мм	17,3 мм
S	235,21 мм	235,08 мм	235,03 мм	234,94 мм	234,94 мм

Виходячи з цих даних ми зможемо розрахувати інструментальну складову похибки вимірювання площини перерізу за формулою(4):

$$\Delta S = \pm \frac{\pi}{2} d \cdot \Delta d \quad (4)$$

де Δd – це точність приладу. $\Delta d = \pm 0,02$ – при вимірюванні до 100 мм та $\Delta d = \pm 0,03$ – при вимірюванні від 100 мм до 200 мм

Таблиця 3. Розрахунок інструментальної складової похибки вимірювання

	<i>1-разове</i>	<i>2-разове</i>	<i>3-разове</i>	<i>4-разове</i>	<i>еталон</i>
$d_{сер}$	17,3 мм	17,305 мм	17,3034 мм	17,3 мм	17,3 мм
ΔS	$\pm 0,54$ мм	$\pm 0,54$ мм	$\pm 0,54$ мм	$\pm 0,54$ мм	$\pm 0,54$ мм

Маючи інструментальну складову похибку вимірювання площі, ми розраховуємо інструментальну складову невизначеності вимірювання за формулою(5):

$$u_{інстр} = \frac{\Delta S}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

Таблиця 4. Інструментальна складова невизначеності вимірювання

	<i>1-разове</i>	<i>2-разове</i>	<i>3-разове</i>	<i>4-разове</i>	<i>еталон</i>
ΔS	17,3 мм	17,305 мм	17,3034 мм	17,3 мм	17,3 мм
$u_{інстр}$	$\pm 0,312$ мм	$\pm 0,312$ мм	$\pm 0,312$ мм	$\pm 0,312$ мм	$\pm 0,312$ мм

Далі нам розраховуємо вибіркове стандартне відхилення при багаторазовому вимірюванні за формулою 6.

$$S_B = \left(1 + \frac{1}{4(n-1)}\right) \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n-1}} \quad (6)$$

Таблиця 5. Вибіркове стандартне відхилення при багаторазовому вимірюванні

	<i>2-разове</i>	<i>3-разове</i>	<i>4-разове</i>
S_B	0,009 мм	0,0057 мм	0,011 мм

З цими даними нам потрібно розрахувати випадкову складову (обумовлену нестабільністю показів стандартної) невизначеності за формулою(7):

$$u_B = \frac{S_B}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

Таблиця 6. Випадкова складова невизначеності

	<i>2-разове</i>	<i>3-разове</i>	<i>4-разове</i>
u_B	0,0064	0,00327	0,0058

І провівши всі ці розрахунки, ми можемо знайти значення стандартної невизначеності вимірювання площі S за формулою(8):

$$u = \sqrt{u_{інстр}^2 + u_B^2} \quad (8)$$

Таблиця 7. Стандартна невизначеність вимірювання площі

	<i>2-разове</i>	<i>3-разове</i>	<i>4-разове</i>
u	0,312	0,312	0,312

Далі розрахуємо абсолютну та відносну методичні похибки для дослідів 1-4 за відповідними формулами(2 та 3):

Таблиця 8. Абсолютна та відносна методичні похибки

	<i>1-разове</i>	<i>2-разове</i>	<i>3-разове</i>	<i>4-разове</i>
Δm	0,27 мм	0,14 мм	0,09 мм	0
$\Delta \delta$	0,115%	0,059%	0,038%	0%

Провівши всі заміри та підрахувавши всі значення, можемо побачити (таблиця 8), що при збільшенні кількості замірів зменшується похибка вимірювання і провівши чотириразове вимірювання, ми змогли досягти результату коли методична похибка стає знищено мала.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ціделко В.Д., Яремчук Н.А., Затока С.А., Бурченков Г.К., Шведова В.В., Стасевич В.А. Основи метрології та вимірювальної техніки [Текст] : у 2 т.: навч. посіб. / В.Д. Ціделко, Н.А. Яремчук, С.А. Затока та ін. – К. : НТУУ «КПІ», 2013. – 1 т. – 236 с. – Бібліогр.: С. 234-235. – 200 пр.
- [2] В.Д. Ціделко, Н.А. Яремчук. Невизначеність вимірювання. Обробка даних і подання результату вимірювання. – Київ: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2002 – 176 с.
- [3] Дорожовець М. та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: У 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик; За ред. Б. Стадника. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005. - Т. 1. Основи метрології. – 532 с.
- [4] Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях. Учебн. пособие: - Харьков, Консум, 2002 – 256 с.

УДК 621.325; 621.335

М.О. Цаприка, маг., К.Я. Мушкет, асп., к.т.н., доц. Божко К.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОГО АЛГОРИТМУ МАМДАНІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЖЕРЕЛ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ

Анотація. Для оцінювання якості форми вихідного сигналу та швидкодії джерела резервного живлення запропонована нечітка модель із трьома входами і 100-бальною шкалою. Найменші значення шкали відповідають найвищій ступені відповідності форми реального сигналу до бажаної ідеальної форми синусоїди, а також мінімальній часовій затримці при переходу до автономного режиму роботи. Обрано три рівнозначні параметри моделі: коефіцієнт гармонік, коефіцієнт симетричності і часову затримку. В результаті споживачі зможуть на основі використання даної моделі, яка по суті є експертною системою з оцінювання якості, здійснювати оптимальний вибір джерела резервного живлення відповідно до своїх вимог.

Ключові слова: нечітка модель, джерело резервного живлення.

ВСТУП

Джерела резервного живлення (або джерела безперебійного живлення) є важливою складовою комп'ютерних систем, оскільки забезпечують тривалий час (як правило, десятки хвилин) автономної роботи споживача електричної енергії. Крім того, вони забезпечують прохідний (байпасний) режим роботи від мережі 220 В, 50 Гц, за наявності напруги в діапазоні, який є прийнятним для блоку живлення комп'ютера. Для оцінювання експлуатаційної якості джерела резервного живлення за його головними параметрами запропонована нечітка модель. Модель розроблена в середовищі MATLAB (модуль Fuzzy Logic Tool Box).

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є створення експертної системи на основі нечіткої моделі, яка має оцінювати якість роботи джерела резервного живлення за аналізом форми вихідного сигналу і швидкодією. В бібліографії джерел наразі можна зустріти лише декілька публікацій з нечіткого моделювання форми електричних сигналів [1], що доводить необхідність поширення застосування алгоритмів нечіткого моделювання на електричні апарати різного призначення, а також свідчить про новизну предмету дослідження.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження обрано експлуатаційні параметри джерел резервного живлення. Проаналізовано зразки в сегменті потужності до 1,8 кВт [2,3].

В нечіткій моделі нульова оцінка вхідного параметру свідчить про його найвищу якість. Аналіз описів та інструкцій з експлуатації виявив лише узагальнені характеристики щодо форми вихідного сигналу, наприклад «якісна синусоїда». Додатковий аналіз літературних джерел дозволив зробити висновок, що «якісна» або «правильна» синусоїда має відношення до симетричного сигналу із коефіцієнтом гармонік 5-8%. Приймаємо в моделі для «правильної синусоїди» найвищі оцінки: 5% для коефіцієнту гармонік і 0% для коефіцієнту симетрії. Нульовий коефіцієнт симетрії свідчить про відсутність постійної складової у вихідному сигналі.

Коефіцієнт гармонік має діапазон від 0% до 43% (останнє значення є ознакою прямокутного сигналу типу меандр). Коефіцієнт симетрії знаходиться в межах від 0% до 10%. Часова затримка має діапазон від 0 до 20 мс. Коли в описі фігурує термін «миттєве переключення», то це означає затримку в межах від 0,1 до 1 мс.

В рамках дослідження була розроблена нечітка модель із трьома рівнозначними входами і одним виходом. Надаємо їй коротку характеристику.

Середовищем розробки нечіткої моделі є програма MATLAB, модуль Fuzzy Logic Tool Box. Тип алгоритму – Мамдані. Усі три входи мають по три нечіткі функції належності гаусової форми. Вихід також має три функції належності, проте їх форма є трикутною. Кількість правил нечіткого виведення – 27. Вихідна шкала має 100-бальний розмір і на границях вхідних функцій надає значення в 14 і 85 балів. Тобто в рамках моделі неможливо отримати ідеально високу або низьку оцінку (0 балів або 100 балів). Така особливість моделі дозволяє уникнути претензій на виключно високу або безнадійно низьку оцінку і заохочує до здорової конкуренції виробників.

У вікні View, опція Surface, за результатами моделювання була отримана поверхня рішень для коефіцієнту якості джерела безперебійного (резервного) живлення – КЯкості ДБЖ в координатах КГ (коефіцієнт гармонік) та КСим (коефіцієнт симетрії). Поверхня має симетричну опуклу форму (Рис. 1), що свідчить про рівнозначність входів моделі.

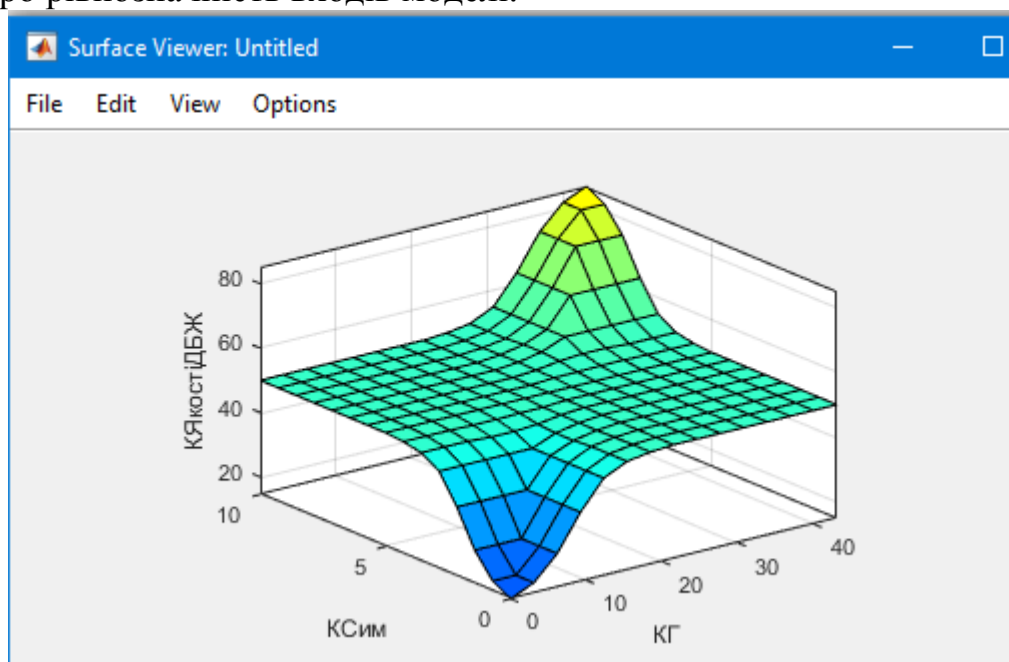


Рис. 1 Поверхня рішень для координат КГ і КСим

Поверхні рішень для інших пар вхідних координат мають аналогічну до Рис. 1 форму.

Для отримання експертної оцінки якості джерела резервного живлення необхідно використати опцію Rules меню View. Результат оцінювання наведено на рисунку 2 для джерела із такими параметрами:

- коефіцієнт гармонік – 5%;
- коефіцієнт симетрії – 0%;

- часова затримка – 0,1 мс.

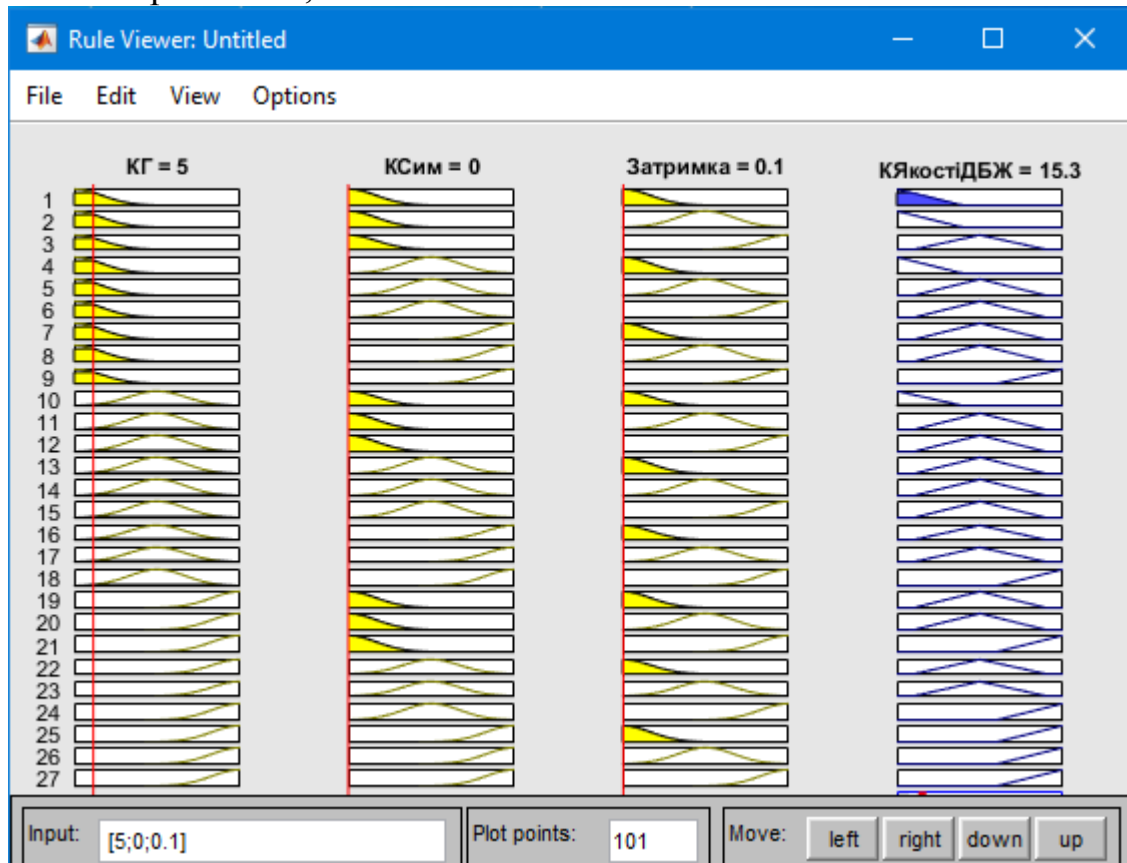


Рис. 2 Моделювання якості джерела резервного живлення: КЯкостіДБЖ=15,3

ВИСНОВКИ

Результатом роботи є розробка експертної системи на основі нечіткої моделі для комплексного оцінювання якості джерела резервного живлення за відхиленням форми його вихідного сигналу від синусоїди і часовою затримкою при переході до автономного режиму роботи від власної акумуляторної батареї. Практична цінність такого оцінювання полягає у можливості оптимального вибору моделі джерела резервного живлення за його експлуатаційними параметрами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Chandrashekar M. Damage assessment of structures with uncertainty by using mode-shape curvatures and fuzzy logic. /M. Chandrashekar M., Ranjan Ganguli // Journal of Sound and Vibration. Vol. 326. – 2009. – Pp. 939-957.
- [2] <https://prel.prom.ua/p15542620-dzherelo-rezervnogo-zhivlennya.html> [01.12.2022]
- [3] <https://electro100.com.ua/dzherala-bezperebiinogo-zhivlennia/page-all> [01.12.2022]
- [4] Godfrey H. Fuzzy Logic with MATLAB. – Great Space Independent Publishing Platform. – North Charleston, SC, USA. – 2016. – 328p. Available from: <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/3126444>

Наук. керівник – к.т.н., доцент каф. ІВТ Божко К.М.

УДК 621.325; 621.335

М.О. Цаприка, маг., І.В. Морозова, асп., к.т.н., доц. Божко К.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВДОСКОНАЛЕНА НЕЧІТКА МОДЕЛЬ МАМДАНІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

Анотація. Для оцінювання сумарних викидів в атмосферу розроблена і апробована нечітка модель на основі алгоритму Мамдані. Вхідними даними тут є концентрація чотирьох чинників забруднення атмосферного повітря: твердих часток, діоксиду сірки, діоксиду азоту та чадного газу. Базова модель має 200-бальну вихідну шкалу, яка узгоджена на границях із шкалою індексу якості повітря AQI. Шкали усіх вхідних функцій є лінійними. Вдосконалена модель має дві лінійні вхідні шкали – для концентрацій твердих часток PM2.5 та чадного газу CO, а також дві логарифмічні шкали – для концентрацій діоксиду сірки і діоксиду азоту. Вдосконалена модель має краще узгодження в середині вихідної шкали із AQI у порівнянні із базовою моделлю.

Ключові слова: нечітка модель, AQI, PM2.5.

ВСТУП

Забруднення атмосферного повітря відбувається завдяки різним викидам, які мають певний вплив на загальний екологічний стан. Існує два основних методи оцінювання якості повітря. По-перше, розглядають тільки один чинник, а саме концентрацію твердих часток PM2.5 – із характерним розміром до 2,5 мікрон. За шкалою, що має форму кускової лінійної функції, у балах оцінюють так званий коефіцієнт якості повітря – Air Quality Index, який позначають як AQI2.5. По-друге, коефіцієнт AQI визначають за найгіршим балом від кількох незалежних один від одного чинників забруднення [1]. Обмеження, які накладає сам принцип кускової лінійної апроксимації, і безапеляційність оцінювання за одним найгіршим значенням із кількох спонукає до пошуку інших, більш гнучких систем оцінки. Альтернативою до існуючих підходів є модель на основі нечіткої логіки. Розгляду особливостей такої моделі присвячена дана робота.

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є вдосконалення базової нечіткої моделі оцінювання сумарного забруднення атмосфери шляхом введення логарифмічної шкали для оцінки двох із чотирьох видів викидів – концентрації двоокису азоту та двоокису сірки. При цьому для двох інших чинників – концентрації твердих часток та чадного газу збережено лінійну шкалу. Для переходу від одиниць вимірювання у ppb (або ppm) до мікрограм на кубічний метр (або міліграм на кубічний метр) використано коефіцієнти відповідно до [2].

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вихідні дані для дослідження були отримані від станцій екологічного моніторингу в місті Києві на ресурсах [3,4].

Базова нечітка модель має такі характеристики:

- тип алгоритму – Мамдані;
- кількість входів – чотири: PM2.5, SO₂, NO₂, CO;
- кількість виходів – один, який має назву «КВикидів» - коефіцієнт викидів;
- кількість нечітких функцій належності – три для кожного із входів та виходу;

- форма перетворення для вхідних функцій належності – гаусова;
- форма перетворення для вихідних функцій належності – трикутна;
- кількість правил нечіткого виведення – 81;
- перевагу в загальному оцінюванні має перший вхід (для концентрації твердих часток PM2.5), всі інші мають рівний між собою зменшений вплив на вихідну оцінку;
- розмір вихідної шкали – 200 балів;
- у кінцевих точках шкала узгоджена із шкалою AQI;
- шкала для вхідних даних обмежена діапазоном, що відповідає характерному для Києва помірному забрудненню (зелена, жовта і червоні зони без заходу до зон небезпеки - пурпурної і бордової);
- середовище розробки – модуль Fuzzy Logic Tool Box у MATLAB [5].

Для переходу до логарифмічного масштабу концентрацій діоксиду сірки і діоксиду азоту визначили їх значення, які відповідають 200-бальній оцінці AQI[1]:

- для SO₂ – 304 ppb;
- для NO₂ – 649 ppb.

Наступною дією є переведення до масової концентрації за [2]:

- для SO₂ – 811 мкг/куб.м;
- для NO₂ – 1243 мкг/куб.м.

При утворенні логарифмічної шкали за основою 10 нульовий рівень призначимо для концентрації в 1мкг/куб.м для обох чинників, що відповідає значенню AQI, яке є меншим за один бал, тобто наближене до нижньої границі шкали. Для зручності збільшимо масштаб і результат отримаємо у децибелах, точніше, децибелах на мікрограм в одному кубометрі – дВμ. Нова верхня границя для забруднювачів буде дорівнювати:

- для SO₂ – 29,09 дВμ;
- для NO₂ – 30,95 дВμ.

Поверхня рішень в цих координатах має симетричний вигляд (Рис. 1).

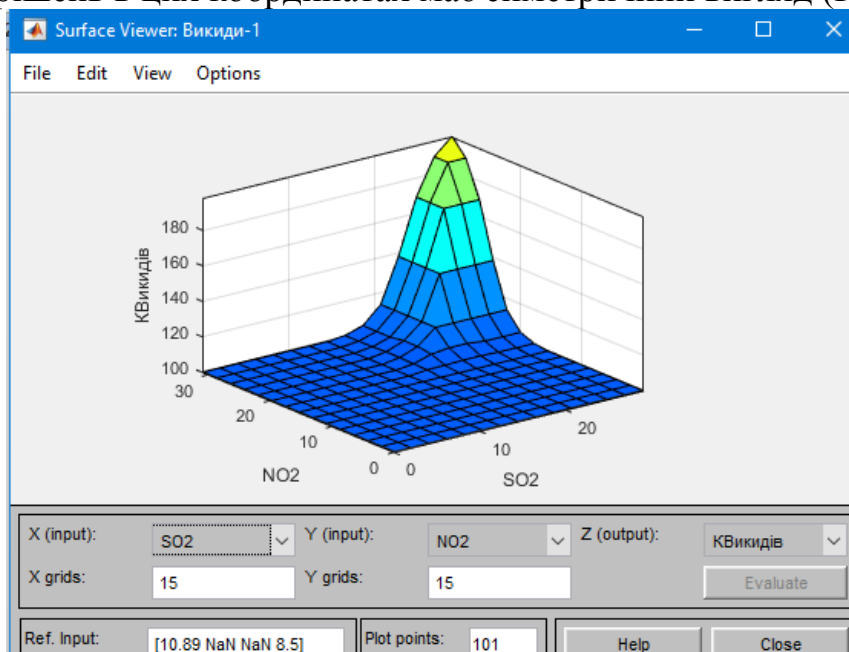


Рис.1 – Поверхня рішень для коефіцієнту викидів в координатах SO₂, NO₂

Діоксид сірки і діоксид азоту є чинниками малого впливу і їх внесок у загальне оцінювання кількості викидів є суттєвим лише при наближенні до верхньої границі шкали, яка складає 200 балів. Головний чинник забруднення – тверді частки, разом із чинником малого впливу утворює поверхню рішень, ознакою якої є повний діапазон шкали коефіцієнту викидів (Рис. 2).

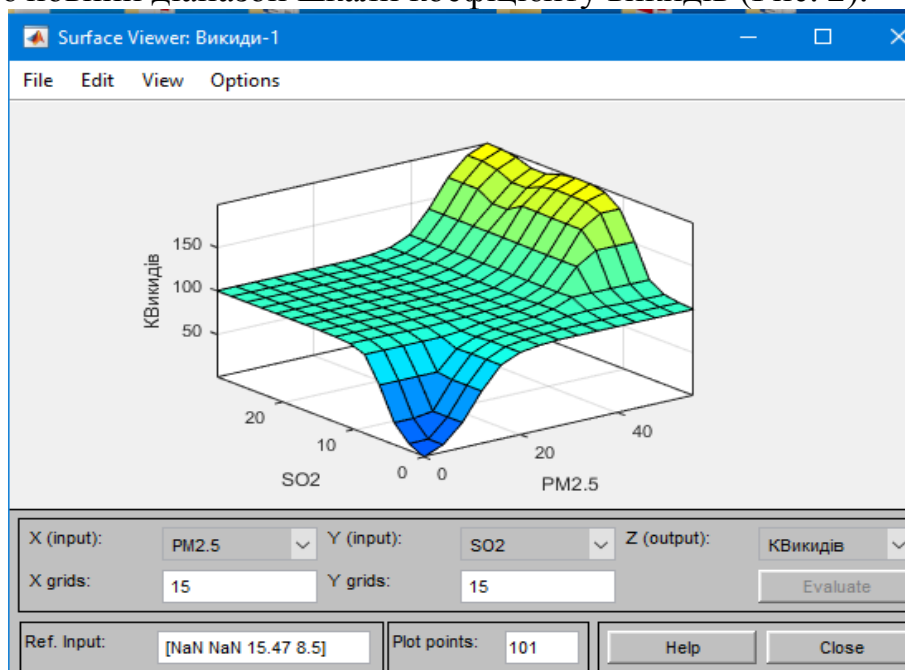


Рис. 2 - Поверхня рішень для коефіцієнту викидів в координатах PM2.5 та SO2

На Рис. 3 наведено результат моделювання для даних по місту Києву [4].

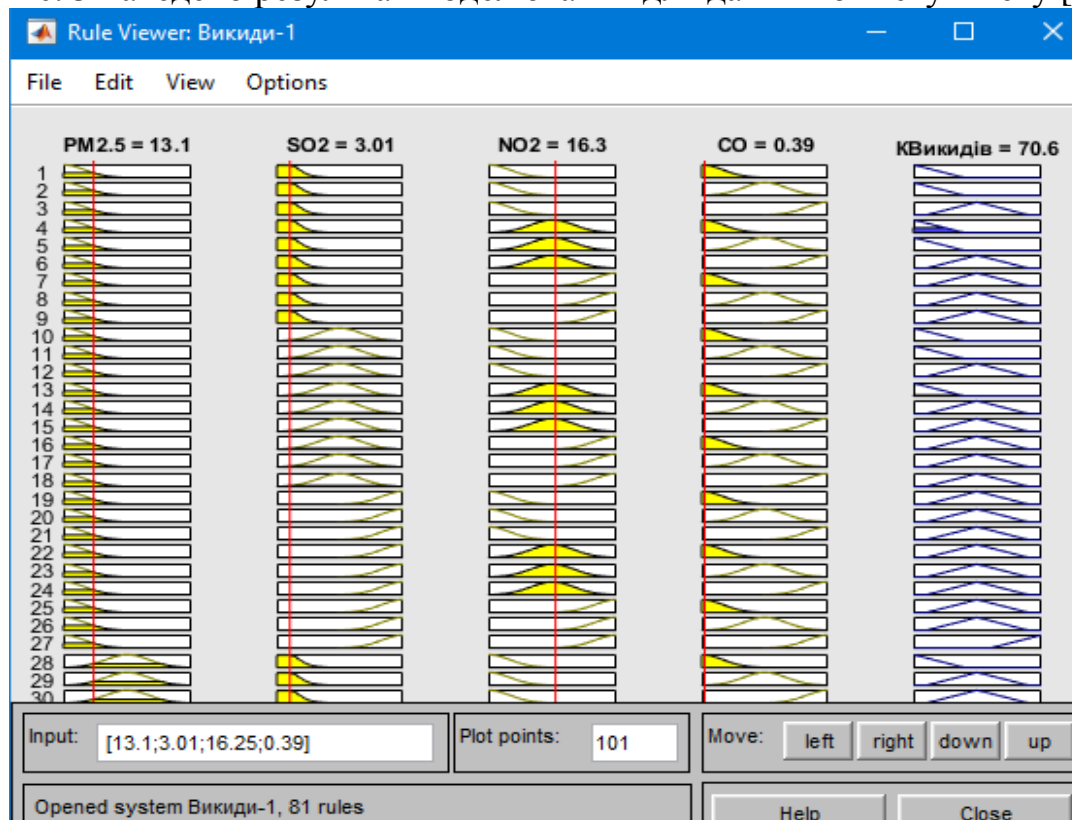


Рис.3 – Коефіцієнт викидів: Київ, 01 грудня 2022 р., 10:00; PM2.5 – 13,1 мкг/куб.м; NO2 – 42,2 мкг/куб.м або 16,3 дБм; SO2 – 2 мкг/куб.м або 3,01 дБм; CO – 0,39 мг/куб.м; KВикидів = 70,6 бала

При порівнянні коефіцієнту викидів із індексом AQI маємо деяке перевищення першого над другим, що обумовлено врахуванням чинників малого впливу – діоксиду сірки, діоксиду азоту та чадного газу. Для отриманого за результатами нечіткого моделювання (Рис. 3) значення КВикидів у 70,6 балів аналогом AQI є величина 58,7 балів, яку обчислили за концентрацією твердих часток PM2.5, що становила 13,1 мкг/куб.м.

Вдосконалена нечітка модель коефіцієнту викидів із логарифмічною шкалою для діоксиду сірки і діоксиду азоту має краще узгодження в середині шкали у порівнянні із базовою моделлю, в якій шкали для цих забруднювачів є лінійними. Базова модель зменшує оцінку викидів в середині шкали у порівнянні із індексом AQI. Для даних (Рис.3) базова модель надає коефіцієнт викидів лише у 17 балів.

ВИСНОВКИ

Наявність різних моделей оцінювання екологічного стану для різних наборів джерел викидів додає гнучкості і оперативності при створенні і експлуатації експертної системи з якості атмосферного повітря в умовах мегаполісу. В Києві розгорнута мережа із 409 станцій моніторингу [3], проте масиви даних від них не є уніфікованими за видами джерел забруднення, а їх робочі і сплячі режими не синхронізовані. Тому вибір моделі оцінювання відповідно до набору діючих вимірювальних приладів стає нагальною задачею. Нечітке моделювання надає можливість порівнювати оцінки, які були отримані від різних наборів датчиків, між собою за умови їх узгодження на границях вихідної шкали. Застосування в нечіткій моделі логарифмічної шкали для чинників малого впливу, якими є концентрації діоксиду сірки та діоксиду азоту, наблизило нечітке оцінювання до оцінок AQI в середній частині шкали.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Sharma Sh. What is the Air Quality Index (AQI)? /Shikha Sharma [Electronic resource] Available:
- [2]<https://www.pranaair.com/blog/what-is-air-quality-index-aqi-and-its-calculation/> [01.12.2022]
- [3] Conversion Factors Between ppb and $\mu\text{g m}^{-3}$ and ppm and mgm^{-3} . - UK Air Quality Archive. [Electronic resource] Available: https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat06/0502160851_Conversion_Factors_Between_ppb_and.pdf [01.12.2022]
- [4]<https://www.saveecobot.com/maps#12/50.4576/30.5274/aqi>
- [5]<https://www.iqair.com/ukraine/kyiv/kyiv-c>
- [6]Godfrey H. Fuzzy Logic with MATLAB. – Great Space Independent Publishing Platform. – North Charleston, SC, USA. – 2016. – 328p. Available from: <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/3126444> [0]

Наук. керівник – к.т.н., доцент каф. ІВТ Божко К.М.

УДК 351.821, 536.51.083

О.А. Шестак, студентка гр. ПІ-21мп, к.т.н., доц. Шведова В.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРОЦЕДУРА ЗВІРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ТЕРМОМЕТРІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РЕПЕРНОЇ ТОЧКИ

Анотація. Дана робота присвячена дослідженню можливості звірення електронних термометрів із застосування реперної точки. Звірення є одним із способів контролю метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки. Перевагою звірень є можливість оцінювання характеристик похибок засобів вимірювань у тих випадках, коли не створено стандартного зразка або зразкового засобу вимірювальної техніки, що забезпечують їх перевірку з необхідною точністю. В нашому випадку в якості еталонної величини обрано реперну точку – температуру кипіння води.

Ключові слова: звірення, вимірювання температури, метрологічні характеристики термометра, реперна точка.

ВСТУП

Метою дослідження є визначення метрологічних характеристик: систематичної складової похибки та стандартного відхилення випадкової похибки для сукупності однотипних термометрів.

Для дослідження нашого досліду я пропоную взяти чотири електронні термометри BZTM210701-7.

Технічні характеристики термометрів:

Живлення	Батарейка CR2032 1.5V
Робочий діапазон вимірювання	-50 ⁰ C до +300 ⁰ C
Ціна поділки	0,1 ⁰ C
Межі допустимої похибки	± 1 ⁰ C для діапазону -20 ⁰ C до 80 ⁰ C
	± 5 ⁰ C для іншої частини діапазону
Габаритні розміри	18 x 183 мм
Розмір екрану	20 x 9 мм
Довжина голки	105мм
Індикатор заряду батареї	присутній

Для цього ми пропонуємо реалізувати процедуру звірення термометрів із застосуванням порівняння з еталонною величиною, як це запропоновано в [1]. Особливістю дослідження є те, що еталонна величина створюється за принципом реперної точки.

ПОСТАНОВКА ДОСЛІДУ

Відтворюється реперна точка шляхом кип'ятіння води. По досягненні процесу кипіння, спираючись на відомі закони фізики вода досягає температури 100 градусів.

Беремо ємкість і нагріваємо воду до кипіння, беремо за основу що температура кипіння дорівнює 100⁰C. Після цього беремо чотири датчики (термометри) і по опускаємо у ємкість з кип'ятком і починаємо бачити яку температуру показують кожен із датчиків і записуємо результати. Після цього виймаємо на 2 хвилини, щоб датчики стабілізувались і повторюємо цей дослід 9 разів. Після виконання досліду починаємо зрівнювати значення які вийшли.

Результати дослідження наведені в таблиці.

Таблиця 1.

№	1 термометр, °C	2 термометр, °C	3 термометр, °C	4 термометр, °C
1	93,4	94,8	95,6	94,6
2	92,8	94,3	93,7	95,9
3	93,4	94,2	93,9	95,6
4	93,9	95,2	94,6	95,9
5	94,3	94,9	95,3	95,2
6	97,5	96,5	96,5	96,2
7	96,5	96,6	95,9	97,9
8	96,6	97,5	95,7	97,5
9	97,5	97,5	97,9	98,2

Опрацьовуємо результати вимірювання наступним чином.

Розраховуємо:

Середнє – формула

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (1)$$

Вибіркове СКВ:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n}} \quad (2)$$

СКВ результату:

$$S_{\text{рез.}} = \frac{S}{\sqrt{9}} \quad (3)$$

Систематична похибка:

$$\eta = X - 100 \quad (4)$$

Результати розрахунку наведені в таблиці 2.

Таблиця 2.

	1 термометр, °C	2 термометр, °C	3 термометр, °C	4 термометр, °C
середнє	95,1	95,72	95,46	96,33
Вибіркове СКВ	1,791	1,240	1,229	1,179
СКВ результату	0,597	0,413	0,410	0,393
Систематична похибка	-4,90	-4,28	-4,54	-3,67

Похибку термометра можна розрахувати як:

Нижня границя похибки з ймовірністю P=0,95.

$$\Delta(P = 0,95) = \eta - 2 * \sigma \quad (5)$$

Верхня границя похибки з ймовірністю P=0,95.

$$\Delta(P = 0,95) = \eta + 2 * \sigma \quad (6)$$

Похибка термометра – максимум з попередніх

$$\Delta_t = \max \Delta \quad (7)$$

Результати визначення похибки кожного термометра наведено в таблиці 3.

Таблиця 3.

	<i>1 термометр, °C</i>	<i>2 термометр, °C</i>	<i>3 термометр, °C</i>	<i>4 термометр, °C</i>
Похибка термометра	±1,32	±1,80	±2,09	±1,31

ВИСНОВКИ

Процедура звірення електронних термометрів із застосуванням реперної точки дала можливість досить легко оцінити індивідуальні точнісні характеристики (похибку) групи термометрів на основі застосування реперної точки – температури кипіння води.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] МИ 1832-88, Издательство Стандартов, 1989 Методические указания государственная система обеспечения единства измерений сличение групп средств поверки одинакового уровня точности основные правила
- [2] Шведова В.В., Руденко Н.О. Оцінювання результатів між лабораторних звірень за умов наявності систематичної похибки вимірювання // Тезиси доклада XXI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційний потенціал української науки – XXI век», 13-18 травня 2013, м. Запоріжжя. - С. 54 – 56.
- [3] В.В. Шведова, Руденко Н.О. Опрацювання результатів вимірювань при проведенні між лабораторних звірень за умов наявності систематичної похибки вимірювань // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2013. – 5/2. – с. 23-28. [0]

Науковий керівник - к.т.н., доцент Шведова В.В.

Секція 6.

Новітні технології у проектуванні роботизованих систем в неруйнівному контролі, технічній та медичній діагностиці

UDC 004.032.26

M.V. Nakonechnyi, student gr. PK-11mp
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF AUTOMATED MATERIAL TYPE CLASSIFICATION METHODS

Annotation. Methods of automated types of material determination are considered in the work. Several approaches are considered that use different methods, in particular, contact and non-contact. An algorithm of a system capable of classifying objects by different types of materials in real time using laser thermography and a classifier based on machine learning is proposed.

Keywords: material classification, machine learning, neural networks.

INTRODUCTION

Robots find their applying in various areas of the real world, such as construction, manufacturing, human interaction, and other civil or military fields. Naturally, there is a growing demand for physical interaction with an unknown environment. In a typical manipulation task, the robot must develop a grasping algorithm based on the object's parameters and properties. Before establishing any physical contact with the object, it is preferable to gauge the proper gripping power for effective manipulation. Insufficient force may cause the thing to slip, whilst excessive force may break the object. One of the persistent problems arising from the lack of data on the types of materials in the environment is the lack of real-time information about the weight and toughness of unknown objects without physical contact with them, or direct attempts to lift [1]. Therefore, the urgent task is to find a method that will allow the most efficient determination of the type of material in an automated mode.

OVERVIEW OF EXISTING MATERIAL CLASSIFICATION METHODS

Audiovisual classification. The authors of the paper [2] developed a method for determining the coefficient of surface friction in various environments to improve the performance of a biped robot in motion planning tasks. The paper proposes to estimate surface friction based on visual input data from the camera, performing surface material classification in each pixel of the image and predicting probability distributions of friction coefficient values for each material. Material classification was performed using convolutional neural networks.

Despite the fact that modern cameras allow obtaining high-quality and detailed information for recognizing materials with their surfaces, the method of visual identification of the material has a number of limitations, which are mainly related to the variety of the appearance of each of the materials (for example, a plastic wall might look the same as the one made out of wood).

Contact-based classification. Direct physical contact between the measuring device and the object under study can provide important information about the properties of the material. A number of sensory properties such as vibration, counterforces and heat transfer are used to classify the material. [3] proposed a system with piezoelectric ceramic transducers placed on the surface of a semi-elliptical structure resembling a human finger that serve as a multifunctional tactile sensor for assessing material hardness.

Touch sensors allow to get various and quite accurate data about the characteristics and properties of certain materials. But the bulkiness and complexity of constructions, limitations on non-contact measurements and high cost do not allow us to talk about the development of a mobile and simple contact-based device.

Classification based on the thermal method. Thermographic data also have the ability to provide information about material properties of the studied object. This can be achieved by studying how the temperature gradient across an object's surface changes over time and space. The material's coefficient of heat conductivity (the ratio of its thermal conductivity to its volumetric heat capacity) is represented by this constant and refers to the material's ability to conduct heat compared to its ability to store it.

Laser flash analysis, which measures the temperature's half-rise time at the sample's side while a laser source instantly energizes opposite side of the sample, is a common technique for determining through-plane diffusivity [4]. This method has the drawbacks of requiring direct physical contact with the samples and having bulky measurement equipment that makes it impractical to utilize in situations requiring a transportable setup.

AUTOMATION OF THE MATERIAL CLASSIFICATION PROCESS

It is promising to use materials classification methods that do not require physical contact with the object and are simple to implement. Existing audiovisual methods for determining the physical properties of materials are limited in application and accuracy due to the fact that the visual properties are fundamentally unrelated to the underlying physical properties of the object. In turn, the contact-based approach is both cumbersome and time-consuming, and may not be practical for most applications. Instead, the thermal approach currently focuses on the qualitative assessment of the type of material.

The automation of the non-contact thermal method of determining the type of material can be implemented according to the following algorithm. The object is heated using a laser source. The process of heating and cooling the surface of the object is recorded by a thermal imager. The time-ordered sequence of thermograms forms a set of data, on the basis of which the necessary temperature profiles are selected and submitted to the software subsystem for determining the material. The output data of such a subsystem are object class labels, that is, its classification by specific types of materials.

However, the temperature profiles of different materials can be similar or overlap in certain areas, so the use of classic classification algorithms significantly reduces the reliability of result. In this regard, machine learning methods should be used for automatic classification of temperature profiles. The most promising means are neural network technologies, which are widely used in intelligent data analysis [5]. The goal is to create a model that predicts the value of a target variable (object class label) based on a set of input variables (temperature profiles).

The main advantages of neural networks over traditional algorithms are the availability of a learning and operation speed, due to which neural networks are able to adapt to various changes. It is also possible to note the universality of neural

networks, their ease of use, immunity to interference, the efficiency of work in nonlinear conditions, the ability to automatically identify diagnostic signs in the learning process [6]. Therefore, taking into account the above advantages, it is possible to automatically perform a reliable classification of temperature profiles, even if they are obtained under different conditions, contain noise or are incomplete.

CONCLUSIONS

Taking into account the shortcomings of the currently existing methods of determining the type of material, it is advisable to use laser thermography technologies. The thermal method makes it possible to simplify the classification process, reduce time spent on it and increase the overall efficiency of measurements. Since the cooling pattern of the material forms a unique temperature profile, characteristic only for a certain type of material, it can serve as a reliable indicator for classification. Due to a number of advantages, it is proposed to use neural networks to automate the classification of thermal profiles.

The use of neural networks will allow automating the process of classifying materials and increasing its efficiency compared to traditional algorithms. The proposed method can be used as part of robotic systems to solve the problems of determining the type of materials in various industries. The actual task at this stage is the search for an architecture and the selection of network parameters that will achieve the highest reliability of material classification under various conditions.

REFERENCES

- [1] Chitta, S.; Sturm, J.; Piccoli, M.; Burgard, W. Tactile sensing for mobile manipulation. *IEEE Trans. Robot.* 2011, 27, 558–568.
- [2] Brandao M. Material recognition CNNs and hierarchical planning for biped robot locomotion on slippery terrain / M. Brandao, Y. Shiguematsu, K. Hashimoto // Cancun. – 2016. – С. 81-88.
- [3] Liu H. Surface material recognition through haptic exploration using an intelligent contact sensing finger / H. Liu, X. Song, J. Bimbo // Vilamoura. – 2012. – С. 52–57.
- [4] Aujeszky T. Thermography-based material classification using machine learning / T. Aujeszky, G. Korres, M. Eid // *IEEE International Symposium on Haptic Audio-Visual Environments and Games – Abu Dhabi.* – 2017. – С. 1-6.
- [5] Momot A. Automation of ultrasound breast cancer images classification using deep neural networks / A. Momot, R. Galagan, M. Zabolueva // *Sciences of Europe.* – 2022. – №96. – pp. 38–41.
- [6] Momot A. Deep Learning Automated System for Thermal Defectometry of Multilayer Materials / A. Momot, R. Galagan, V. Gluhovskii. // *Devices and Methods of Measurements.* – 2021. – №12. – pp. 98–107.

Наук. керівник – доктор філософії, ст. викл. Momot A.С.

УДК 621

Д. В. Бердичевський, студент гр. ПК-11мп, к.т.н., Богдан Г.А.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

УЛЬТРАЗВУКОВА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕМЕНТІВ ТРУБОПРОВОДУ

Анотація. В даній статті ми розглядаємо ультразвукову систему автоматизованого контролю елементів трубопроводу.

Ключові слова: ультразвук, неруйнівний контроль, безшовні труби, дефектоскопія.

ВСТУП

Безшовні труби, виготовлені з легованої та вуглецевої сталі загального призначення, методом прокатки в гарячому стані, мають досить значну сферу застосування. Це пов'язано з такими їх властивостями, як пружна деформація та міцність. Крім того, відсутність швів в трубах дозволяє рівномірно розподіляти навантаження і робить їх незамінними та надійними. До переваг безшовних труб, слід віднести і, привабливий зовнішній вигляд; можливість виготовлення з різними по товщині стінками; герметичність, стійкість до температур і тиску; переносимість впливу агресивних середовищ; безпека і надійність.

Параметри та розміри труб, області застосування, технічні вимоги, методи випробувань на території України регламентуються ДСТУ 8938:2019. [1].

З причини високої міцності готових труб, вони використовуються в тих галузях, де до трубопровідної арматури висуваються дуже високі вимоги. Це і харчова та хімічна промисловість, нафтовидобувна, вугільна, важка промисловість, авіаційна, космічна та оборонна сфера; суднобудування, авто і тракторобудування, а також ряд інших напрямків, де аварія може призвести не просто до серйозних збитків, а й зашкодити життю та здоров'ю людей, а також стати причиною забруднення навколишнього середовища. Слід зазначити, що гарячим безшовним трубам властиві насамперед дефекти металургійного походження, що утворилися ще в заготовці з якою виготовляється труба. Крім того, можуть виникати і додаткові дефекти, пов'язані, наприклад, з недостатнім чи нерівномірним нагріванням під час прокатки або протяжки.

Тому, розроблення сучасних технічних засобів оцінювання ризику руйнування та залишкового ресурсу дефектних елементів трубопроводів, є актуальною проблемою для вітчизняної інженерної практики.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

При контролі труб, з товщиною стінки 0,05-0,1 діаметра, перспективним є реалізація систем автоматизованого контролю на основі ультразвукових методів неруйнівного контролю. Такі методи, дозволяють визначати дефекти як на внутрішній та зовнішній поверхнях, так і всередині стінки труби [2-3]. До їх переваг слід віднести високу точність, мобільність, швидкодію та можливість автоматизації.

З позицій ультразвукового контролю треба розрізняти труби великого діаметра, тобто діаметра, за якого не можна провести контроль по всьому колу труби з однієї установки перетворювача і які потребують введення у склад

системи блока сканування. Це діаметр приблизно від 400 мм. Далі йдуть труби діаметром приблизно від 20 до 400 мм. У цьому випадку можна впевнено приймати імпульс, що оминає весь периметр труби. При контролі труб діаметром менше 20 мм, тобто. із зовнішнім периметром менше 60-65 мм, більше ефективним стає контроль променем, що розповсюджується вздовж труби по спіралі.

Розроблена ультразвукова система автоматизованого контролю елементів трубопроводу орієнтована на контроль труб великого діаметру, тому включає в себе блок діагностування дефектів і систему для його переміщення по трубі.

На Рис. 1. Представлено структурну схему блоку знаходження дефектів автоматизованої системи.

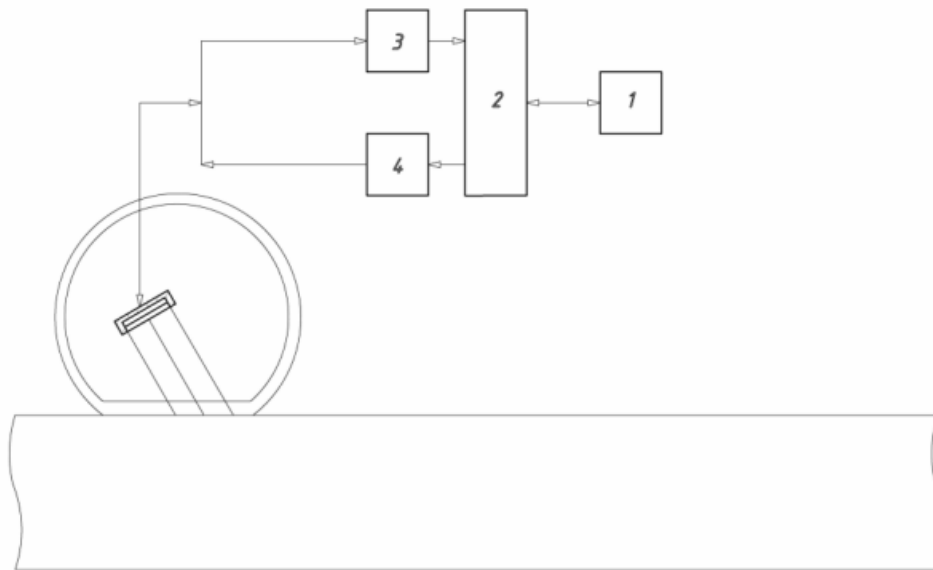


Рисунок 1. Структурна схема блоку знаходження дефектів ультразвукової системи: 1. 1 – інтерфейс, 2 – блок обробки і управління; 3 – блок підсилювання прийнятого ультразвукового сигналу; 4 – випромінювач ультразвукового сигналу.

Випромінювач ультразвукового сигналу включає в себе електронний ключ, генератор коливань і підсилювальний вихідний каскад, з виходу якого видається напруга необхідна для збудження п'єзокерамічного елемента.

Блок підсилювання прийнятого ультразвукового сигналу складається з обмежувача, підсилювача з регульованим коефіцієнтом посилення, селективного підсилювача, вихідного підсилювального каскаду і компаратора. Така схема, дозволяє працювати з сигналами в діапазоні від декількох мікрвольт до декількох вольт. Селективний підсилювач дозволяє відфільтрувати випадкові (паразитні, побічні) ультразвукові сигнали і пропускати до подальшої обробки тільки корисний сигнал.

Блок обробки і управління. Реалізовано на мікропроцесорній схемі, завдяки чому алгоритм обробки прийнятих сигналів гнучким і реалізований у вигляді програми. До функцій, які виконує даний блок відносять: генерування тактової частоти, управління тривалістю випромінюваного імпульсу, визначення часу

поширення відбитого сигналу, розпізнавання корисних сигналів на фоні завад, управління вихідним каскадом і самодіагностика.

Дана система дозволяє реалізувати луно імпульсний метод ультразвукового контролю. Призначена для виявлення площинних дефектів типу розшарування та поздовжньо-орієнтованих тріщин у труб різного діаметру. При контролі труб діаметром більше 400 мм необхідно використовувати блок сканування, який дозволяє переміщувати систему вздовж труби по заданій траєкторії.

ВИСНОВКИ

Розроблена автоматизована ультразвукова система дозволяє проводити дефектоскопію елементів трубопроводів. З її допомогою можна значно полегшити процес контролю та збільшити його вірогідність. Система орієнтована на контроль безшовних труб гарячого прокату з діаметром більшим за 400 мм

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Труби сталеві безшовні гарячедеформовані. Технічні умови ДСТУ 8938:2019 — [Введ. в дію 01.01.2021]. — К. : Держстандарт України, 2021. — 53 с. — (Національний стандарт України)
- [2] Майоров А.Л. Ультразвуковой контроль бесшовных труб в условиях производства / А.Л. Майоров, П.П. Прохоренко // *Литье и металлургия*. . — 2007. — №2. — С. 88-93.
- [3] Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 263 с.

Наук. керівник – к.т.н. Богдан Г.А.

УДК 681.5

А.Р. Ванджура, студент гр. ПК-11мп, доцент, к.т.н. Лисенко Ю.Ю.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗОВАНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВИЙ КОНТРОЛЬ РЕЙОК

Анотація: Стаття присвячена огляду останніх досягнень у використанні сучасних ультразвукових систем автоматизованого контролю рейок залізничних колій. Наведено огляд новітніх ультразвукових систем, а також тенденції та напрямки розвитку ультразвукової дефектоскопії з точки зору можливостей автоматизації рутинного інспектування об'єктів та прийняття рішень після нього.

Ключові слова: ультразвуковий неруйнівний контроль, система автоматизованого контролю.

ВСТУП

Ультразвуковий неруйнівний контроль рейок залізничних колій зазвичай виконується починаючи з верхньої частини головки рейки за умови використання луно-імпульсного методу. Такий контроль дозволяє використання різних ультразвукових перетворювачів для різних видів дефектів та їх орієнтації в об'єктах. Ручний ультразвуковий контроль здійснюється за допомогою переносних рейкових дефектоскопів або переносних установок для контролю рейок, в яких застосовуються роликові пошукові установки чи ковзні перетворювачі, що пересуваються по залізничній колії. Ручні перевірки займають набагато більше часу в порівнянні з автоматизованими, і, як правило, проводяться в обмежений період часу через графік руху залізничних поїздів. Тому автоматизовані перевірки є необхідними замінами ручним вимірюванням. Автоматизований контроль колії може здійснюватися шляхом інтеграції ультразвукового модуля з високошвидкісним транспортним засобом, візком, який прикріплений до транспортного засобу або інспекційного потяга.

НЕРУЙНІВНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ РЕЙОК

Найбільш ефективним способом, що дозволяє максимально достовірно визначити наявність і виявити приховані дефекти, є ультразвукова дефектоскопія рейок. Проводиться вона перед введенням рейкового полотна в експлуатацію. Джерелом ультразвукових коливань служать п'єзоелектричні випромінювачі. Сучасна ультразвукова дефектоскопія ґрунтується на відбитті ультразвукових хвиль від дефектів, що містяться в матеріалі, і прийманні таких відбитих хвиль з послідуочим спеціальним підсиленням сигналу. Відомо, що стандартні ультразвукові перетворювачі мають погану здатність до виявлення поверхневих дефектів. Тому необхідно використовувати декілька типів перетворювачів, що дозволяють введення хвиль в об'єкт під різними кутами, для виявлення поверхневих і підповерхневих дефектів, як показано на рис. 1.

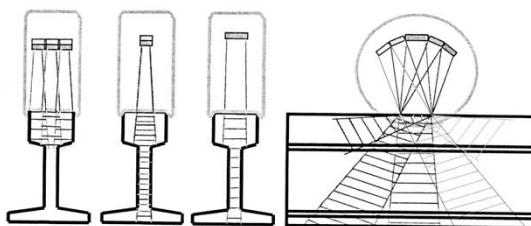


Рис. 1. Декілька ультразвукових перетворювачів, розташованих під різними кутами

Однією з успішних розробок, що реалізують автоматизований контроль, є високошвидкісний ультразвуковий випробувальний потяг Scanmaster SFB-100, що використовується ізраїльською залізницею. Такий потяг може проводити перевірку рейок на швидкості до 100 км/год на відстані довжиною 250 км. Scanmaster SFB-100 забезпечує автоматизовану оцінку виявлених дефектів з роздільною здатністю 6 мм на швидкості 90 км/год та використовує шість ультразвукових перетворювачів на кожен рейку. Перетворювачі в системі орієнтовані під 4-ма основними кутами: 0° , $\pm 35^\circ$, $\pm 70^\circ$ і 90° [1, 2].

Іншим прикладом реалізації ультразвукового автоматизованого неруйнівного контролю є розробка японської залізниці, яка використовує вагони внутрішньої дефектоскопії Tokimes, які виявляють дефекти рейок під час руху по колії. За допомогою системи вимірювання відстані ця система здатна забезпечити точне місцезнаходження дефектів на колії. Крім дефектоскопії, система-вагон також включає в себе секційне вимірювання зносу з використанням технології обробки зображень та вимірювання гофрування рейок за допомогою лазерів. Система здатна проводити перевірку на швидкості до 40 км/год. Результати сканування представляються у форматі В-скану разом з інформацією про тип дефекту, його класифікацію та дані про місцезнаходження. Зберігання та відтворення даних дозволяє оцінити та відрізнити дійсні дефекти від елементів таких як отвори від болтів, які система може помилково сприйняти за дефекти [1].

В даний час, а ймовірно і в подальшому майбутньому, неруйнівний контроль залізничної колії комбінується з різними вимірювальними системами, що містять різні методи вимірювання, та які доповнюють отриману інформацію про дефекти і підвищують ймовірність виявлення дефектів. Загалом засоби контролю залізничної колії можуть включати в себе багато методів контролю, наприклад, методи ультразвукового, магнітного, вихрострумowego неруйнівного контролю та/або технологій обробки зображень для візуального контролю секційного зносу та вимірювання гофрування рейок за допомогою лазерів. Прикладом одного з таких проектів є розробка вимірювальної системи, що поєднує ультразвук, вимірювання поля змінного струму (ACFM) та застосування засобів штучного зору [3].

Останнім часом в Німеччині, Нідерландах та інших країнах для високошвидкісного контролю залізничних колій впроваджуються гібридні системи контролю, в основі яких одночасне використання імпульсних вихрострумowych перетворювачів та звичайних ультразвукових. Імпульсні вихрострумowych перетворювачі мають кращі характеристики в порівнянні з ультразвуковими в процесі перевірки на наявність підповерхневих або поверхневих дефектів, таких як контактна втома від кочення, відколи та опіки коліс. Також вихрострумowych перетворювачі можуть працювати на значно вищих швидкостях (можлива швидкість перевірки до 100 км/год) [4].

РОЗВИТОК МЕТОДІВ ІНСПЕКТУВАННЯ

Дослідження з використання ультразвукових фазованих решіток з метою обстеження залізничної колії в даний час ведуться в різних університетах [5].

Ультразвуковий метод з фазованими решітками використовує матрицю перетворювачів, що працюють з різною синхронізацією для генерації фронту ультразвукової хвилі. В порівнянні з одноелементним перетворювачем фазована решітка дозволяє проводити багато обстежень одного місця без зміни кута або переміщення вимірювальної системи. Основними перевагами використання фазованої решітки є секторальне сканування, що показує розриви під відповідними кутами, і збільшена ділянка, що контролюється, для підвищення ймовірності виявлення дефектів.

Проте, на сьогоднішній день ще не розроблено практичних систем, що використовують метод ультразвукової фазованої решітки для автоматизованого контролю високошвидкісних залізниць, через труднощі, що виникають у зв'язку з великою кількістю даних, які потребують аналізу. Адже кількість отримуваної інформації одночасно з матриці перетворювачів потребує швидкого опрацювання, яке накладає суттєві вимоги до обчислювальних засобів [6]. Останні дослідження показують, що максимальна швидкість інспекції, яку вдалося досягти за допомогою методу ультразвукової фазованої решітки, становить приблизно 5 км/год [3].

Наступним кроком в обстеженні за допомогою фазованих решіток є метод ультразвукової томографії. Автоматизована 3D візуалізація дефектів рейок була досліджена групою науковців під керівництвом Філіпса [7]. Метою застосування такої візуалізації було отримання більш точної інформації про розмір, форму та орієнтацію дефекту в об'єкті. У методі ультразвукової томографії кілька ультразвукових елементів перетворювача передають сигнал розбіжними пучками, тоді як у методі фазованої решітки всі елементи фазованої решітки передають із затримкою в часі. Розбіжні промені збільшують об'єм обстеження порівняно з технікою фазованої решітки.

Також деякі дослідники припускають можливість використання ультразвуку дальнього радіусу дії (керовані хвилі) для інспекції рейок [3], але на сьогодні такий підхід не має перспектив застосування в залізничній галузі. Ультразвукові методи дальнього радіусу дії спочатку були розроблені для виявлення корозії та великих тріщин на довгих (до 100м) ділянках труб. Принцип дії цієї методики заснований на виявленні відбитих хвиль. Чутливість ультразвукових систем дальнього радіусу дії невисока, оскільки вони можуть виявляти лише відносно великі поперечні дефекти. Хоча в даний час проводяться значні дослідження в області керованих хвиль, дослідницькі зусилля в основному зосереджені на застосуванні цього методу для інспекції труб, опорних конструкцій та вітрових турбін.

ВИСНОВКИ

Індустрія діагностики рейок залізничних колій знаходиться в постійному пошуку нових та удосконалення існуючих методів та технологій, що дозволять підвищити надійність виявлення дефектів та перевірки стану рейок в цілому. При розробці та проектуванні ультразвукових засобів діагностики, основна увага приділяється питанням розповсюдження хвиль та їх взаємодії з дефектами, що відображається у параметрах відбитого сигналу.

Грунтовний аналіз сигналу перетворювачів дозволить отримати розширені результати контролю таких як розташування тріщини, глибина, тип тощо.

На сьогодні основні дослідження та розробки зосереджені в сфері вдосконалених автоматизованих методів контролю рейок та, в основному, в галузі застосування ультразвукових технологій. Розробка нових алгоритмів обробки (наприклад, розпізнавання образів/сигнатур) для виявлення дефектів є перспективним напрямком у галузі неруйнівного контролю. Багато науково-дослідних закладів працюють над швидким та надійним виявленням дефектів, що має на меті збільшити безпеку переведень залізничним транспортом та продовжити експлуатацію елементів, що не вичерпали свій ресурс.

Комбінування ультразвукових та вихрострумових перетворювачів в одній системі контролю рейок має великі переваги та перспективи в застосуванні. Це, як мінімум, дозволить підвищити надійність виявлення дефектів, що в свою чергу покращить експлуатацію залізничної мережі та гарантує безпечний проїзд транспортних засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Report. Rail Inspection Technologies [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.charmec.chalmers.se/innotrack/deliverables/sp4/d441-f3p-rail_inspection_technologies.pdf
- [2] Р. М. Галаган, Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.
- [3] Automated Ultrasound-based Inspection of Rails. Review: IJR International Journal of Railway – Vol. 10, No. 2 / December 2017, pp. 21-29
- [4] Heckel, T., Thomas, H.M., Kreuzbruck, M., Ruhe, S. (2009). High speed non-destructive rail testing with advanced ultrasound and eddy-current testing techniques, Indian National Seminar & Exhibition on Non-destructive Evaluation, NDE 2009, December 10-12 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/228901588_High_Speed_Non-Destructive_Rail_Testing_with_Advanced_Ultrasound_and_Eddy-Current_Testing_Techniques
- [5] Final technical activity report. Non-contact Ultrasonic System for Rail Track Inspection, Project no, 507622, [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://cordis.europa.eu/publication/rcn/13149_en.html, 19.4.2016.
- [6] Новітні системи та технології: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко, А.С. Момот; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 123 с.
- [7] Ultrasonic Tomography for rail flaw imaging [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.engineering.pitt.edu/globalassets/departments/civil-and-environmental/docs/rizzo_cv.pdf [0]

Науковий керівник – доцент, к.т.н. Лисенко Ю.Ю.

УДК 000.00

*М.Ю. Заболуєва, студентка гр. ПК-21мп, доктор філософії Момот А. С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖІ U-NET ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ЗНІМКІВ

Анотація. У статті розглядаються шляхи вирішення задач сегментації ультразвукових знімків. Розглянуто архітектури згорткових нейронних мереж. Проаналізовано ефективність даних моделей та запропоновано перспективну модель для якісної обробки ультразвукових зображень. Проведено аналіз результатів сегментації з використанням мережі U-Net в задачі опрацювання медичних знімків.

Ключові слова: нейронні мережі, сегментація, ультразвук, медична діагностика, згорткові нейронні мережі, глибинне навчання.

ВСТУП

У сучасному світі спостерігається широке використання комп'ютерних технологій в медицині. Застосування штучного інтелекту є перспективною областю і сприяє прискореному розвитку медицини. Актуальність використання нейронних мереж пояснюється їх зручністю, адаптивністю та практичністю.

На сьогоднішній день, ультразвукова діагностика (УЗД) є невід'ємним інструментом практично у всіх сферах медицини. З метою автоматизації, збільшення ефективності та покращення точності даного методу діагностики перспективно використовувати згорткові нейронні мережі [1]. Перспективним завданням виглядає вирішення задач сегментації шляхом створення алгоритму для автоматизованого знаходження і виокремлення аномалій на ультразвуковому (УЗ) зображенні.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Зображення є необхідними у медичній діагностиці та лікуванні, оскільки дозволяють лікарям ефективніше поставити правильний діагноз. Важливою частиною обробки медичних зображень є сегментація.

Сегментація зображень – це процес поділу зображення на складові частини або об'єкти у зображенні, тобто набори пікселів. Щоб знайти та ідентифікувати межі об'єктів у зображенні, пікселі оцінюються за деякими однорідними критеріями (колір, інтенсивність або текстура) [2].

Прискорений розвиток в галузі обробки медичних зображень пов'язаний головним чином із застосуванням технологій глибинного навчання [3], які дозволяють ефективно вивчати особливості об'єктів безпосередньо з даних візуалізації. У завданнях медичної діагностики нейронні мережі дають можливість значно підвищити точність поставлення діагнозу та витратити менше часу на аналіз. Сервіси, створені на основі нейронних мереж, розробляються по всьому світу і допомагають лікарям виявляти різні патології і захворювання, в тому числі онкологію.

Сегментація зображень на основі технологій машинного навчання вже міцно закріпилася як надійний інструмент для аналізу медичних зображень. Проте, автоматизована сегментація медичних зображень є складним завданням через наявність низки проблем, таких як велике різноманіття форм та розмірів

анатомії між пацієнтами, низька контрастність з навколишніми тканинами, відсутність великої кількості цифрових медичних даних у вільному доступі [4].

Для покращення достовірності ультразвукового методу діагностики пропонується розробити алгоритм сегментації УЗ знімків на основі нейронної мережі. За допомогою цього буде можливим підвищення ефективності раннього виявлення захворювань шляхом виокремлення на зображенні аномалій.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення задач сегментації зображень актуальним і важливим завданням є визначення архітектури нейронної мережі, яка дозволить з найбільшою ефективністю відокремлювати об'єкти, що допоможе виявляти захворювання. Для цих цілей найбільше значення мають точність та повнота (recall) алгоритмів. В задачах розпізнавання образів та обробки зображень використовується широкий спектр архітектур нейронних мереж, кожна з яких мають свої переваги та недоліки.

Одна з найпростіших і найпопулярніших архітектур, що використовуються для сегментації, це повнозгортова мережа FCN (Fully Convolutional Network) [5]. У даній архітектурі спочатку виконується перетворення вхідного зображення до меншого розміру через серію згорток (кодувальник). Потім вихід декодується через білінійну інтерполяцію чи серію транспонованих згорток (декодер). Така базова архітектура, попри її ефективність, має низку недоліків. Один з яких – наявність артефактів, розташованих у шаховому порядку, пов'язаних із нерівномірним перекриттям виходів в операції транспонованої згортки. Інший недолік пов'язаний з низькою роздільною здатністю по краях через втрати інформації в процесі кодування.

Модель Tiramisu – заснована на DenseNet, моделі для класифікації зображень, в якій всі шари взаємопов'язані. Ця архітектура поєднує у собі використання архітектури класифікації, передискретизації та додавання пропускових з'єднань для оптимізації. Недоліком такого методу є низька ефективність роботи з пам'яттю, тому для роботи з такою архітектурою потрібні потужні графічні карти.

Однією з найкращих моделей, успішно застосованих в задачах сегментації медичних зображень, є мережа архітектури U-Net [6]. Це згортова мережа, що була розроблена з урахуванням обробки медичних зображень. Вона досягає високої точності, використовуючи невеликий набір даних.

Архітектура U-Net (рис.1) містить дві частини: звужуюча (енкодер) і розширююча (декодер). Енкодер поступово зменшує просторовий вимір за допомогою об'єднання шарів, а декодер поступово відновлює деталі об'єкта та просторовий вимір. В звужуючій (вхідній) частині структури зображення, які надходять на вхід, проходять серію шарів: шари згортки і шари субдискретизації (пулінгу).

Мережа не має повнозв'язних прошарків і використовує лише дійсну частину кожної згортки, тобто карта сегментації містить лише пікселі, для яких повний контекст доступний у вхідному зображенні. Для якісної сегментації U-Net збільшує кількість даних шляхом деформації наявних зображень.

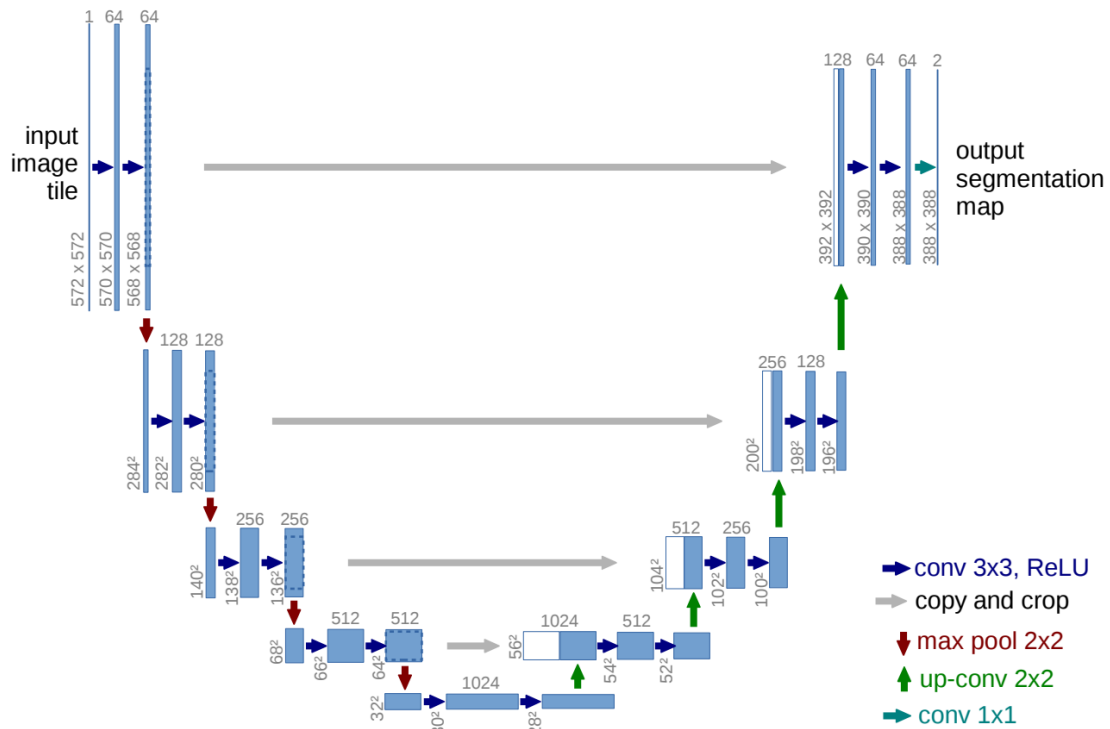


Рисунок 1. Схема зорової нейронної мережі архітектури U-Net

Авторами роботи [7], були розроблені алгоритми сегментації УЗ знімків легень різними нейронними мережами: FCN, Tiramisu та U-Net. З метою навчання нейронної мережі використовується відкритий набір даних «Breast ultrasound images». Цей набір даних включає в себе ультразвукові знімки МЗ у 600 жінок у віці від 25 до 75 років та складається з 780 знімків. Вони поділяються на три групи: нормальні, доброякісні та злоякісні пухлини.

На рис. 2 показані результати сегментації – відокремлення новоутворення у легнях. Порівнюючи зображення, можна зробити висновок, що найбільш якісно задачу виконала нейромережа U-Net, точно передавши форму і розмір об'єкту. В результаті навчання мережа показала долю правильних відповідей на рівні 84,6% на тестових даних, що виявився найкращим результатом. Такий рівень достовірності не може бути прийнятним для постановки остаточного діагнозу. Тому запропонована нейромережева модель може використовуватись лише в якості системи підтримки прийняття рішень. Остаточний діагноз має бути встановлено кваліфікованим спеціалістом на основі результатів комплексного дослідження стану здоров'я пацієнта.

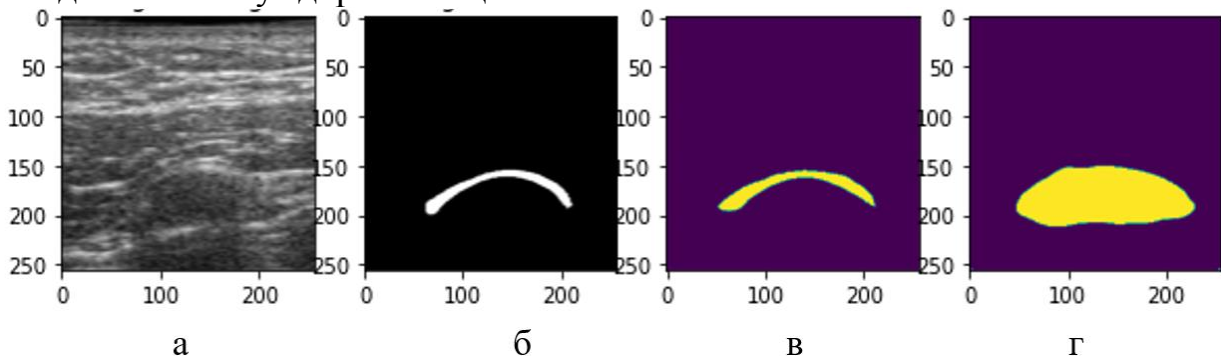


Рисунок 2. Результат сегментації реального ультразвукового зображення легень: а – вихідне зображення, б – сегментація нейромережею FCN, в – Tiramisu, г – U-Net

ВИСНОВКИ

Використання у медицині нейронних мереж має великий потенціал. Запровадження автоматизованої системи для сегментування ультразвукових знімків може спростити працю лікарів та збільшити точність у постановці діагнозу. Розглянута модель нейромережі U-Net успішно застосовується для сегментації зображень. Проаналізувавши результати, U-Net виявилась найкращою моделлю для вирішення задач сегментації у медицині. Основним завданням для подальших досліджень є розроблення алгоритму сегментації ультразвукових зображень із використанням обраної моделі в якості ядра автоматизованої системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Momot A. Automation of ultrasound breast cancer images classification using deep neural networks / A. Momot, R. Galagan, M. Zaboluiieva // Sciences of Europe. — 2022. — №96. — pp. 38–41.
- [2] Alireza Norouzi, Mohd Shafry Mohd Rahim, Ayman Altameem, Tanzila Saba, Abdolvahab Ehsani Rad, Amjad Rehman & Mueen Uddin // Medical Image Segmentation Methods, Algorithms, and Applications, IETE Technical Review — 2014. — pp. 199–213.
- [3] Momot A. Deep Learning Automated System for Thermal Defectometry of Multilayer Materials / A. Momot, R. Galagan, V. Gluhovskii. // Devices and Methods of Measurements. — 2021. — №12. — pp. 98–107.
- [4] Xie X. et al. Breast ultrasound image classification and segmentation using convolutional neural networks // Pacific rim conference on multimedia. — Springer, Cham. — 2018. — pp. 200–211.
- [5] Al-Dhabyani W, Goma M, Khaled H, Fahmy A. Dataset of breast ultrasound images. Data in Brief. 2020 Feb; 28:104863.
- [6] Zhou, Xiangrong, et al. // Deep learning of the sectional appearances of 3D CT images for anatomical structure segmentation based on an FCN voting method // Medical physics, — 2017. — pp. 5221-5233.
- [7] Ronneberger, Olaf, Philipp Fischer, and Thomas Brox. // U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation // International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. — Springer, Cham, — 2015. — pp. 155–170. [0]

Наук. керівник – доктор філософії, ст.викл. Момот А.С

УДК 621.19

В.П. Малько, студент гр. ПК-11мн
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВНОЇ ФАЗИ СИГНАЛУ ПРИ ДВОКООРДИНАТНІЙ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Анотація. Розглянуто підсистему координатної реєстрації положення датчиків в системах автоматизованого неруйнівного контролю, яка реалізує акустичний фазовий метод вимірювання відстаней. Досліджено процес відновлення повної фази сигналу, який поширюється вздовж вимірюваної відстані, що ґрунтується на багаточастотному фазовому методі та представленні результатів фазових вимірювань в числовій системі залишкових класів. Проведено моделювання процесу відновлення повної фази сигналу та координат датчика.

Ключові слова: визначення координат, фазовий метод, система залишкових класів, автоматизовані системи НК.

ВСТУП

На сьогодні в різних технічних застосунках актуальним є питання визначення координат об'єктів. Задача координатної реєстрації положення датчиків є актуальною і в системах автоматизованого неруйнівного контролю. Використання такої інформації дає змогу будувати В-скани та підвищувати об'єктивність контролю.

Для визначення координат в технічних системах широко використовують фазовий метод вимірювання. Він полягає в поширенні гармонічного сигналу з довжиною хвилі λ вздовж відстані D та вимірюванні фазового зсуву між випроміненим та прийнятим сигналами.

$$\begin{aligned} u_1(t) &= U_1 \sin(\omega t), t \in [0, T], \\ u_2(t, x) &= U_2 \sin\left[\omega t - 2\pi \frac{D}{\lambda}\right], t \in [0, T], \end{aligned} \quad (1)$$

де U_1, U_2 – амплітуди сигналів, ω – кругова частота, T – час спостереження сигналів (значно більший за період сигналу).

Використання цього методу в широкому динамічному діапазоні зміни відстаней зумовлює вихід значень фазових зсувів сигналів виду за інтервал їх однозначного визначення $[0, 2\pi)$. Тому з'являється необхідність розв'язання задачі багатозначності результатів фазових вимірювань за допомогою спеціальних багаточастотних методів.

В роботі [1] запропоновано використання числової системи залишкових класів (СЗК) для усунення багатозначності для методу багаточастотних фазових вимірювань. Сутність СЗК полягає у представленні цілих чисел з певного інтервалу множиною невід'ємних лишків від ділення цих чисел на раніше обрані модулі системи. Модулі представляють собою групу взаємпростих чисел, їх кількість та номінали вибираються в залежності від максимального перетворюваного цілого числа.

Мета даної роботи полягає у поширенні методу усунення багатозначності фазових вимірювань на основі СЗК на випадок двокоординатної реєстрації положення датчиків в системах автоматизованого НК.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

На сьогоднішній день існує багато методів визначення координат

перетворювачів.

В роботі [2], автором були наведені декілька способів визначення координат: механічний, ультразвуковий, електромагнітний та світловий.

Механічний спосіб визначення координат забезпечує можливість визначення декартових координат. Для визначення координат великогабаритних об'єктів використовують дві рулетки, закріплені на відомій відстані, до кінців мірних стрічок рулеток приєднаний перетворювач. За визначеними трьома довжинами стрічок визначаються координати перетворювача. Точність виміру координат становить ± 15 мм та залежить від похибки виміру довжин стрічок та точності встановлення бази вимірювань.

Наведені ультразвукові, електромагнітні та світлові методи відносяться до безконтактних методів визначення координат та дають змогу визначати як декартові так і полярні координати. Загальні схеми для безконтактних методів подібні, але відрізняється типом датчиків та випромінювачів відповідного типу випромінювання. Точність визначення координат складає $\pm 5 \pm 5$ мм, яка забезпечує можливість їх використання в системах координатної реєстрації систем НК.

Отже, використання безконтактних методів дають змогу визначати положення датчика з більшою точністю ніж існуючі механічні методи, тому використання безконтактних методів координатної реєстрації в систем НК є актуальною науковою задачею.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ідея використання СЗК для усунення багатозначності фазових вимірювань в двокоординатній системі реєстрації інформації викладено в роботі [3]. Нижче виконано моделювання процесу відновлення повної фази з метою підтвердження працездатності розглянутого в цій роботі алгоритму.

Вихідні дані: моделювання проводилось для площини квадратної форми розмірами 1x1 м. Гратка координат задається в межах квадрату з дискретним кроком 1 мм. Значення бази b (відстані між приймачами, рис.1.) дорівнює 1 м. Передбачається, що на кінцях бази встановлено два ультразвукові приймачі, а випромінювач встановлено на первинному перетворювачі в точці C_1 (рис.1.), координати якого необхідно визначити. Метод визначення координат – багаточастотний акустичний фазовий метод. Кількість робочих частот – три. Метод усунення неоднозначності фазових вимірювань – метод на основі СЗК.

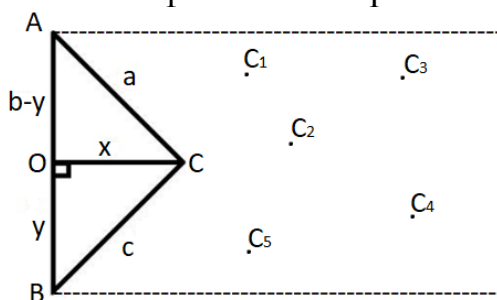


Рисунок 1. Визначення координат $t.C(x,y)$ через трикутник

Необхідно за результатами оцінених фазових зсувів сигналів в межах інтервалу $[0, 2\pi)$ відновити повну фазу сигналу, що утворюється при його поширенні на дистанції від випромінювача до приймача та оцінити похибку його відновлення.

На етапі підготовки експерименту були розраховані такі необхідні дані:

Модулі системи СЗК: $m_1 = 11, m_2 = 13, m_3 = 15$;

Ортонормовані базиси B_i : $B_1 = 1365, B_2 = 495, B_3 = 286$;

Робочі частоти f_i : $f_1 = 30$ кГц, $f_2 = 25.5$ кГц, $f_3 = 22$ кГц;

Дискрети визначення фазових зсувів на частотах f_i :

$$\Delta\varphi_1 = 0.571 \text{ рад}, \Delta\varphi_2 = 0.483 \text{ рад}, \Delta\varphi_3 = 0.419 \text{ рад} = 0.483 \text{ рад},$$

$$\Delta\varphi_3 = 0.419 \text{ рад} = 0.419 \text{ рад};$$

Використовуючи теорему Піфагора отримаємо рівняння для сторін a та c , рис. 1.:

$$a = \sqrt{x^2 + (B - y)^2}; c = \sqrt{x^2 + y^2}; \quad (2)$$

Використовуючи вхідні параметри отримаємо рівняння для повного та доступного вимірюванню фазових зсувів сигналів:

$$\Phi_a = \frac{\omega \cdot a}{v}; \Phi_c = \frac{\omega \cdot c}{v}; \varphi_{a,c} = \Phi_{a,c} \text{ mod } 2\pi; \quad (3)$$

На рис.2 наведено блок-схему процесу відновлення повної фази сигналу та координат перетворювача.

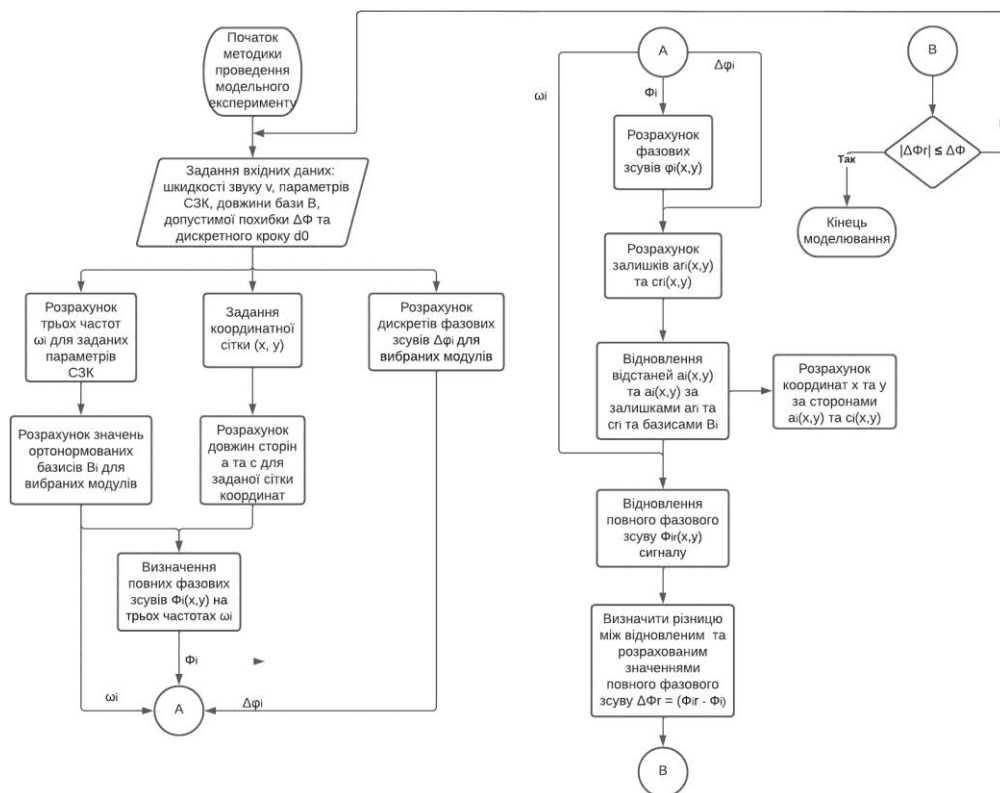


Рисунок 2. Блок-схема алгоритму відновлення повної фази сигналу

В результаті проведення моделювання були отримані тривимірні графіки похибок розрахованих та відтворених значень фазових зсувів сигналів для кожної сторони (рис.3).

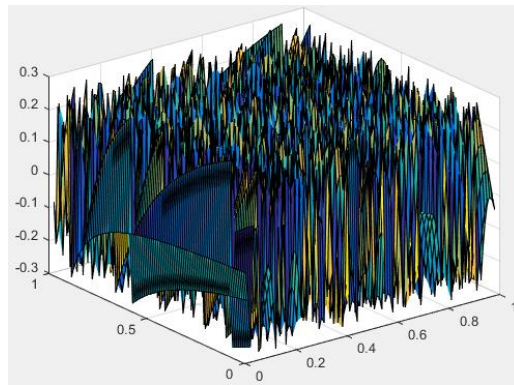


Рисунок 3. Похибки відтворення повної фази сигналу для сторін А та С

З графіків видно, що отримані значення відновленого та розрахованого фазового зсуву відрізняються не більше, ніж на ± 0.3 рад, що відповідають 17.2° 17.2° , тобто знаходяться в межах дискретів вимірювання фазових зсувів. Грубі помилки відновлення великих фазових зсувів відсутні. Виконане моделювання підтвердило коректність алгоритму відновлення повної фази сигналу і визначення координат датчика та його програмної реалізації і може бути використано в системах НК для координатної реєстрації інформації.

ВИСНОВКИ

Проаналізована можливість відновлення повної фази сигналу за допомогою системи залишкових класів. Наведена блок-схема алгоритму реалізації моделювання відновлення повної фази за допомогою СЗК. Проаналізувавши графіки моделювання була визначена похибка відтворення повної фази, яка становить ± 0.3 рад. В реальних системах НК на визначення координат впливають шуми, тому необхідно провести модельні експерименти відновлення повної фази за їх наявності. Для гарантування розрізнення кожної з точок C_i необхідно визначити мертві зони, в яких неможливо розрізнити координати двох сусідніх точок. Також з метою підвищення точності визначення координат необхідно виконувати калібрування системи по швидкості ультразвуку, яка є функцією від метеопараметрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Куц Ю. В. Застосування модулярної арифметики у багатошкільних фазових вимірюваннях / Ю. В. Куц. // *Метрологія та прилади*. – 2017. – №5. – С. 98–105.
- [2] Маєвський С.М. Координатна реєстрація в дефектоскопії / С.М. Маєвський, К.М. Серий. – Львів: *ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України*, 2011. – 116с
- [3] Малько, В. П. Координатна реєстрація в системах автоматизованої дефектоскопії / В. П. Малько // *XVII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні», 07-08 грудня 2021 р, м. Київ, Україна : збірник праць конференції*. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С. 264–267. – Бібліогр.: 4 назви.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Куц Ю.В

УДК 620.179.17

Ю.М. Нижник, студентка гр. ПК-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ ВИТОКУ РІДИН В ТРУБОПРОВОДІ

Анотація. Стаття присвячена аналізу використання фізичного явища акустичної емісії для контролю магістральних трубопроводів. У роботі виконано порівняльний аналіз двох найпоширеніших методів контролю існуючих магістральних трубопроводів, показані їх основні переваги та недоліки, а також перспектива застосування одного виду контролю в порівнянні з іншим. Наведені зображення пристроїв для проведення контролю магістральних трубопроводів кожним з методів.

Ключові слова: акустична емісія, магістральні трубопроводи, метод спрямованих хвиль, довгохвильовий метод.

ВСТУП

Сучасні водопроводи та каналізаційні мережі доставляють в наші будинки, підприємства й офіси чисту воду і відводять стоки. Без таких найскладніших транспортних систем наше життя і весь наш світ були б зовсім іншими - без води, тепла, світла, комфорту, і зрештою цивілізації.

Зараз проведення повного технічного обстеження трубопроводів неруйнівними методами - це багатоетапний комплекс технологічних заходів, що часто включає процедури зливу вмісту, зачистки від залишків, видалення вибухонебезпечних газів, що потребує чимало фінансових, часових та людських ресурсів. Для оптимізації зазначених витрат активно використовуються діагностичні системи на основі акустичної емісії та ультразвуку.

За дослідженням [1], очікується, що ринок акустичного обладнання буде зростати через розвиток інфраструктури та обладнання в країнах, що розвиваються, і їх старіння в розвинених країн. Крім того, технологічний прогрес в апаратному і програмному забезпеченні обладнання для акустичної емісії та поява нових технічних можливостей, наприклад, використання смартфона для обробки результатів контролю (за допомогою автоматичної аналітики великих об'ємів даних на базі штучного інтелекту), а також передачі їх безпосередньо до центру обробки інформації, що володіє потужним обладнанням, або у хмарне сховище, що дозволить отримувати доступ до оперативної інформації для її вивчення та обробки будь-якому спеціалісту з будь-якої точки світу [2] значно розширити функціональні можливості таких систем.

ПОРІВНЯННЯ НЕРУЙНІВНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ

Тривала експлуатація трубопроводів з прихованими дефектами викликає розвиток пошкоджень матеріалу у вигляді розривів та корозійних дефектів і як наслідок витоків в трубопроводі. Відповідно, в промисловості шукають нові рішення в області діагностичних досліджень, які дозволяють точно оцінити технічний стан підземних трубопроводів, що працюють протягом тривалого часу, щоб підвищити їх надійність і безпеку експлуатації.

Варто зазначити, що у випадку протяжних підземних трубопроводів не ефективним є використання стандартних методів неруйнівного контролю (НК), таких як візуальний або радіографічний контроль, оскільки їх впровадження вимагає доступу до всієї поверхні трубопроводу. З іншого боку в даній сфері

знайшли застосування акустико-емісійний та метод спрямованих ультразвукових хвиль (довгохвильовий метод).

У довгохвильовому методі використовуються спрямовані хвилі (Ultrasonic Guided Wave Testing). Випробування проводять шляхом генерування спрямованих (торсійних) хвиль у стінці труби (рис. 1), які поширюються на максимальну відстань приблизно 200 м в залежності від матеріалу труби та умов експлуатації, а виявлення та локалізація пошкодження можливі шляхом розрахунку часу проходження віддзеркаленої від пошкодження хвилі [3].

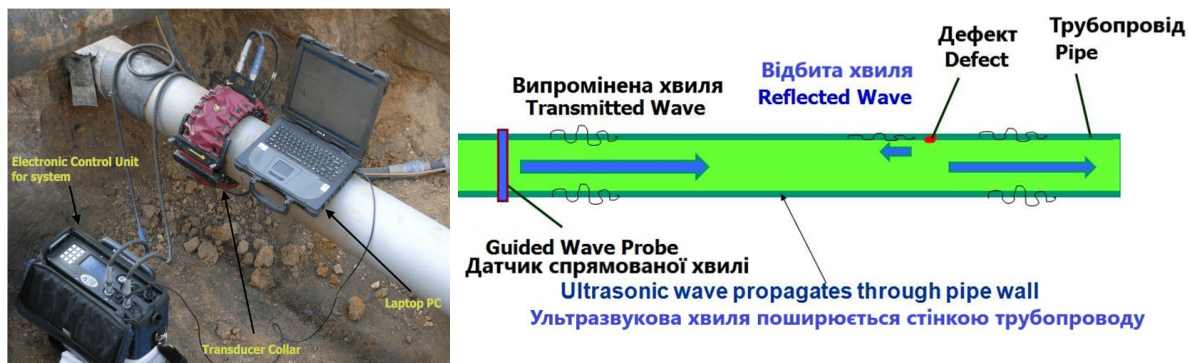


Рисунок 1. а – контроль підземного трубопроводу методом спрямованих ультразвукових хвиль; б – схема проведення контролю [4]

Недоліком цього методу є значне зниження енергії хвиль, що поширюються на зварних швах, що з'єднують окремі елементи трубопроводу, а також внаслідок деградації матеріалу, особливо корозійного пошкодження (один з основних дефектів трубопроводу), що призводить до зменшення випробувальної відстані до 8-10 м.

Іншим сучасним методом НК, який також використовується при випробуванні трубопроводів, є метод акустичної емісії (АЕ). Його основне призначення – це перевірка герметичності (випробування на витік) трубопроводу. Процес генерації і виявлення АЕ наведений на рисунку 2. Раптове зростання джерела емісії (дефектів) стає причиною появи пружних хвиль, які поширюються в матеріалі та досягають перетворювача [5].

До мінусів АЕ методу можна віднести необхідність залучення до роботи з обладнанням кваліфікованих спеціалістів, а також потребу навантаження об'єкта в процесі проведення контрольних заходів.

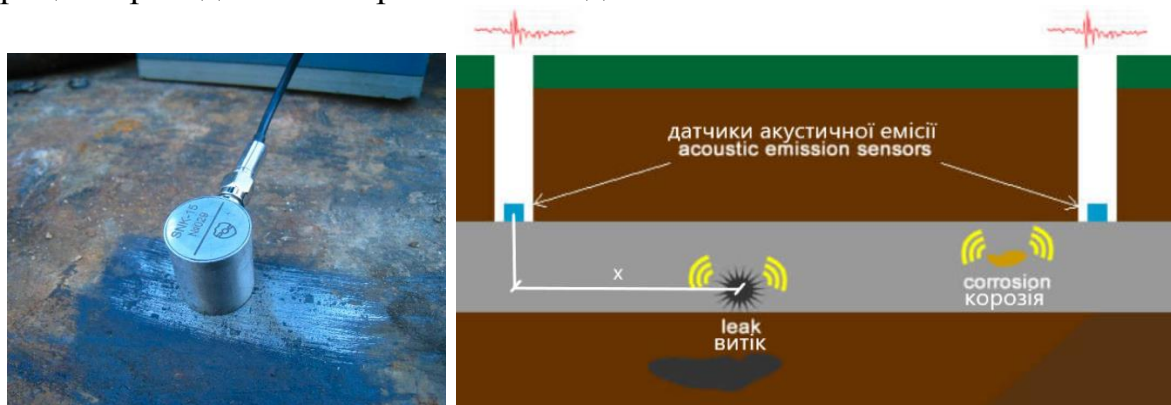


Рисунок 2. а – контроль підземного трубопроводу акустико-емісійним методом (датчик); б – схема проведення контролю [6].

Використання довгохвильового методу можливе тільки для періодичних перевірок оскільки в трубу випромінюється спрямований ультразвук, що небезпечно для тривалого використання, в той час як акустико-емісійна система дозволяє впровадити постійну систему моніторингу протяжного трубопроводу по всій довжині.

Також, як видно з рисунків 1 та 2, для проведення акустико-емісійного контролю потрібно значно менший односторонній доступ до труби, а метод спрямованих ультразвукових хвиль можливий тільки при доступі до всього діаметра об'єкта контролю (ОК).

Отже, використання акустико-емісійного методу є найперспективнішим для контролю протяжних підземних трубопроводів на предмет дефектів у вигляді тріщин, що розвиваються, та корозії.

МЕТОДИКА АКУСТИКО-ЕМІСІЙНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ

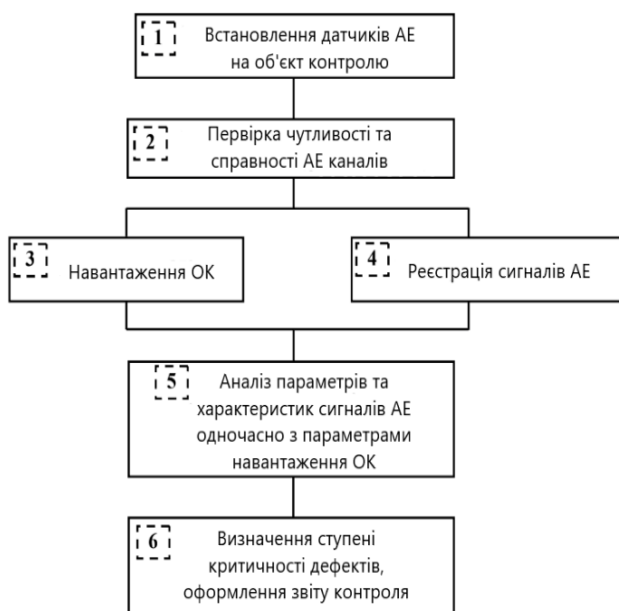


Рисунок 3. Алгоритм проведення акустико-емісійного контролю [7]

Одним з найпоширеніших напрямків застосування акустико-емісійного методу пошуку витоків є контроль трубопроводів, оскільки АЕ системи дозволяють використовувати дистанційний режим контролю за об'єктом значних розмірів та довжини. На рисунку 3 наведений загальний алгоритм описаних нижче кроків проведення акустико-емісійного контролю.

Для визначення місця витоків рідини на підземних трубопроводах прокладають шурфи (локальні доступи до трубопроводу приблизно 15x15 см для встановлення датчиків акустичної емісії) з інтервалом 100 ... 300 м [8]. На розкритих ділянках зі стінки труби

знімають ізоляцію і через шар контактної мастила за допомогою магнітного тримача встановлюють перетворювач АЕ. Для контролю у трубопроводі також створюється надлишковий тиск.

Пошук витoku ведеться у дві стадії: на першій визначають ділянку з витокom, на другій встановлюють її місцезнаходження. Найбільш ефективним і точним методом визначення місця витoku на заглибленому трубопроводі є лінійна локація (друга стадія виявлення витoku). Для цього методу потрібні два датчики АЕ, розташовані по обидва боки від витoku. Якщо подія АЕ відбувається на відстані «х» від першого датчика (рис. 2), то $x = (L - V\Delta t)/2$, де «L» — відома відстань між двома датчиками, «V» — (відома або виміряна) швидкість хвилі АЕ, а Δt — різниця часу приходу хвилі на два датчики, виміряна системою збору даних.

Знаходження приблизного місця розташування дефекту дозволяє провести локальну розкопку та за допомогою стандартних методів НК (візуальний, магнітопорошковий, вихрострумний) визначити, класифікувати та за необхідності усунути дефекти.

ВИСНОВКИ

Зараз загальна протяжність українських водопровідних мереж становить більше 104 тисяч кілометрів, більше третини з яких знаходяться в аварійному стані [9]. Герметичність трубопроводу є важливою громадською проблемою, яку можна вирішити за допомогою неруйнівних методів контролю, в тому числі за допомогою акустико-емісійного методу.

Витоки з трубопроводу зазвичай стають очевидними, тільки коли тиск падає без інших очевидних причин, або коли втрачається цінний продукт. На визначення факту витоку та пошуку розташування витрачають критично важливий час для запобігання поширенню наслідків. Однак навіть у найкращому випадку, коли оператори можуть одразу ізолювати конкретні ділянки трубопроводу, які підозрюють у витоку, складно визначити точне місцезнаходження дефекту, щоб одразу вжити заходів щодо усунення.

Акустична емісія є практичним інструментом для виявлення та локалізації витоків у заглиблених та наземних трубопроводах. Доступ до трубопроводу потрібен тільки локально для монтажу датчиків АЕ, при постійному моніторингу є можливість максимально швидко реагувати на виявлений критичний дефект та досить точно визначити місце розташування витоку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Humbare R. Acoustic Emission Equipment Market by Product Type. Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2019–2027 [Електронний ресурс] / R. Humbare, V. Kumar // *Electronic Systems and Devices*. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alliedmarketresearch.com/acoustic-emission-equipment-market-A06648>.
- [2] Petryk, V. E. Smartphone-Based Automated Non-Destructive Testing Devices = Автоматизированные приборы неразрушающего контроля на базе смартфона / V. E. Petryk, A. G. Protasov, R. M. Galagan, A. V. Muraviov, I. I. Lysenko, [et al.] // *Приборы и методы измерений : научно-технический журнал*. – 2020. – Т. 11, № 4. – С. 272-278
- [3] Baran I. Acoustic emission testing of underground pipelines of crude oil of fuel storage depots [Електронний ресурс] / I. Baran, I. Lyasota, K. Skrok // *32nd European Conference on Acoustic Emission Testing*. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://www.ndt.net/article/ewgae2016/papers/15_paper.pdf.
- [4] Advantage of Guided Wave Testing [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://guidedwavetesting.com/guided_wave_testing.html.
- [5] Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.

- [6] How to Inspect a Structure Using Acoustic Emission Testing? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://theconstructor.org/practical-guide/155456/#Continuous_Acoustic_Emission_Test.
- [7] Основи неруйнівного контролю методом акустичної емісії: навч. посібник / С. А. Бехер, А. Л. Бобров. - Новосибірськ: Вид-во СГУПС, 2013. - 145 с.
- [8] Неруйнівний контроль: Довідник: 7 т. За заг. ред. В.В. Ключова. Т. 7: У 2 кн. Кн. 1: В.І. Іванов, І.Е. Власів. Метод акустичної емісії/Кн. 2: Ф.Я. Балицький, А.В. Барков, Н.А. Баркова та ін. Вібродіагностика. М.: Машинобудування, 2005. - 829 с.: Іл. ISBN 5-217-03298-7 (Т. 7. кн. 1, кн. 2) ISBN 5-217-03185-9
- [9] Трубопроводи [Електронний ресурс] // Метінвест. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://metinvestholding.com/ua/media/news/truboprovodi-evolyuciya-transportirovki-zhidkostej-i-gazov>. [0]

Наук. керівник – д.т.н., доц. Галаган Р.М.

УДК 62-26, 62-293

І.О. Пітух, студент гр. ПК-91, д.т.н., доц. Галаган Р.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ МАНІПУЛЯТОРІВ В УЛЬТРАЗВУКОВОМУ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

Анотація. Стаття присвячена аналізу використання маніпуляторів в ультразвуковому неруйнівному контролі. Розглянуто такі теми як: що таке маніпулятор, чому їх варто використовувати в неруйнівному контролі, їх переваги та майбутні перспективи.

Ключові слова: неруйнівний контроль, маніпулятор, ультразвук

ВСТУП

В наші дні спостерігається постійний ріст вимог до проведення неруйнівного контролю (НК) всіх областей. Серед цих вимог можна виділити підвищення надійності та більш високу швидкість контролю. Впоратись із цими вимогами цілком можуть роботи-маніпулятори, крім того вони дозволяють проводити контроль у важкодоступних для людей місцях і виключити роботу людей із потенційно небезпечного середовища. [1]

Однак складність і висока вартість обмежують впровадження маніпуляторів у всі сфери НК. В результаті весь потенціал, який може бути отриманий, ще не повністю вивчений. Але останні досягнення в галузі електроніки, робототехніки, бездротових технологій та сенсорних технологій відкривають шлях для нових розробок у галузі автоматизованого неруйнівного контролю [2].

У статті проведено аналіз використання маніпуляторів саме для ультразвукового неруйнівного контролю, який вже використовується у багатьох сферах нашого життя та є перспективним.

МАНІПУЛЯТОРИ

Маніпулятор – це пристрій, який використовують для маніпулювання матеріалами без прямого фізичного контакту оператора (людини). Але в даному випадку ми розглядаємо використання в ультразвуковому неруйнівному контролі саме роботизованих маніпуляторів.

Роботизований маніпулятор – це програмований багатофункціональний механічний пристрій, який відповідає за переміщення матеріалів, деталей, об'єктів або інструментів за допомогою запрограмованих рухів для виконання різних задач. Роботизований маніпулятор здатний автоматично переміщувати або обробляти об'єкти залежно від заданої кількості ступенів свободи, також відомі як осі. Більшість таких маніпуляторів, що використовуються в промисловості мають від чотирьох до шести осей. Ці механічні пристрої складаються з низки сполучених сегментів, які утворюють маніпулятор, схожий на руку [3].

ВАЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАНІПУЛЯТОРІВ В НК

Обґрунтування важливості використання маніпуляторів в неруйнівному контролі буде виконане на прикладах реального застосування без технічних подробиць кожного з прикладів, адже це виходить за рамки теми, але більшість прикладів буде основана на використанні маніпуляторів та технології виявлення дефектів за допомогою ультразвукової спрямованої хвилі.

В наш час роботизовані маніпулятори широко використовуються для ультразвукового контролю деталей із складною криволінійною поверхнею виконаних із композитних матеріалів. Загальновідомо, що композиційні матеріали використовуються в різних галузях промисловості, особливо в авіаційній та аерокосмічній промисловості, тому якість цих матеріалів має вирішальне рішення для безпеки життя. [4]

Раніше для цих деталей зазвичай використовувався трудомісткий ручний метод випробувань, що не давав достатньої надійності та точності контролю, це стало мотивом розробки автоматизованого обладнання для неруйнівного контролю цих компонентів.

Наступним прикладом є ультразвуковий неруйнівний контроль алюмінієвих пластин, які використовуються в різних галузях промисловості, завдяки їхній легкій вазі, гарній технологічності та високій корозійній стійкості. Однак при довгій експлуатації легко з'являються дефекти, які впливають на міцність конструкції. Тому необхідно проводити автоматизований неруйнівний контроль таких пластин [5].

У порівнянні з ручним контролем, автоматичне виявлення за допомогою маніпуляторів має багато переваг, таких як висока ефективність виявлення дефектів, висока гнучкість та низька трудомісткість.

Для проведення неруйнівного контролю виробів із складною геометрією також використовуються маніпулятори, що дозволяє не тільки в рази спростити процес контролю, а й забезпечити його автономність [6].

Є багато прикладів використання маніпуляторів в НК нафтогазової та енергетичної промисловості. Дуже цікавим є приклад використання повітряних роботів-маніпуляторів для контактного контролю поверхонь в нафтогазовій промисловості. В цій галузі часто доводиться проводити інспекції на висоті, тому використання такого маніпулятора дає не тільки високу швидкість, надійність та автономність контролю, а і гарантує безпеку життя людей, які мали проводити такі інспекції вручну [7].

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ МАНІПУЛЯТОРІВ

Перевагами використання маніпуляторів є:

- висока швидкість;
- надійність результатів контролю;
- можливість проводити контроль у важкодоступних, та небезпечних для людини місцях;
- безпека життя людини як під час контролю так і після;
- низька трудомісткість;
- гнучкість;
- часткова або повна автономність контролю;

До недоліків можна віднести:

- висока вартість;
- складність проектування;

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МАНІПУЛЯТОРІВ

Якщо людство зацікавлено в проведенні ефективного контролю якості та діагностики в сферах промисловості, які безпосередньо межують з нашим життям, перспективи розвитку маніпуляторів і використання їх в неруйнівному контролі забезпечено. Адже потрібно пам'ятати, що використання таких

технологій, не тільки спрощує роботу операторам контролю, але і забезпечує надійність результатів, відповідно гарантує безпеку життя як і операторам контролю так і звичайним користувачам продукції.

ВИСНОВКИ

Хоча в наші дні спостерігається постійний ріст вимог до проведення неруйнівного контролю, використання маніпуляторів цілком їх покриває. Вони забезпечують високу швидкість контролю та надійність результатів, в результаті чого гарантують безпеку життя операторів контролю та споживачів продукції. Адже контроль в потенційно небезпечних та важкодоступних місцях може проводитись не людиною, а механізмом.

Варто зазначити, що маніпулятори вже активно використовуються в неруйнівному контролі різних сфер промисловості і показали свою ефективність. В деяких випадках використання маніпуляторів дозволило проведення контролю якості деталей, які вручну робити було дуже складно і не ефективно.

Провівши певний аналіз, можна дійти висновку, що переваг застосування маніпуляторів, значно більше ніж недоліків, та цей напрямок є перспективним для використання у неруйнівному контролі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Robotic Non-Destructive Testing by Carmelo Mineo and Yashar Javadi. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/19/7654>.
- [2] Petryk V.F., Protasov A.G., Galagan R.M., Muraviov A.V., Lysenko I.I. Smartphone-Based Automated Non-Destructive Testing Devices. Devices and Methods of Measurements. 2020; Vol. 11(4): pp. 272-278.
- [3] What is a Robotic Manipulator? - Robots Done Right [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://robotsdoneright.com/Articles/what-is-a-robotic-manipulator.html>.
- [4] Ultrasonic Non-Destructive Testing System of Semi-Enclosed Workpiece with Dual-Robot Testing System by Canzhi Guo, Chunguang Xu, Juan Hao, Dingguo Xiao and Wanxin Yang. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/15/3359>.
- [5] Non-destructive Testing Assisted by Six-Axis Manipulator Based on POE Formula. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1820/1/012085/pdf>.
- [6] Долиненко В.В. Роботизована система неруйнівного вихрострумового контролю виробів зі складною геометрією / В.В. Долиненко, Є.В. Шаповалов, Т.Г. Скуба, В.О. Коляда, Ю.В. Куц, Р.М. Галаган, В.В. Карпінський // Автоматическая сварка. – Київ. – 2017. - № 5-6 (764). – С. 60-67
- [7] Novel Aerial Manipulator for Accurate and Robust Industrial NDT Contact Inspection: A New Tool for the Oil and Gas Inspection Industry [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6470491/>.

Наук. керівник – д.т.н., доц. Галаган Р.М.

УДК 004.032.2

*І.О. Складчиков, студент гр. ПК-11мп, доктор філософії Момот А. С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ТЕРМОГРАМАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ YOLOX

Анотація. В роботі розглянуто перспективний підхід до підвищення ефективності автоматизованих систем теплового відеонагляду. В якості методу автоматизації процесу детектування об'єктів на термограмах запропоновано використовувати глибинне навчання. Описано сучасну модель для детектування об'єктів YOLOX. Вказану модель реалізовано із використанням фреймворку Tensorflow та навчено на наборі інфрачервоних зображень від компанії FLIR. За результатами навчання моделі для розпізнавання 4 класів об'єктів на термограмах отримано значення mAP на рівні 55%. Проаналізовано переваги та недоліки даної розробки. Визначено шляхи подальшого вдосконалення запропонованого методу.

Ключові слова: тепловізійний відеонагляд, глибинне навчання, детектування об'єктів.

ВСТУП

На сьогоднішній день, технології відеоспостереження в тій чи іншій формі використовуються майже всюди. Особливо широке застосування вони знаходять в області контролю безпеки, оскільки система людського зору має обмеження щодо кількості інформації, яку вона може сприймати [1]. Окрім того, людині складно забезпечити якісний безперервний цілодобовий нагляд за об'єктом. Тому все більш актуальним стає завдання автоматизації аналізу даних тепловізійних систем.

Протягом останніх десятиліть методи штучного інтелекту міцно зарекомендували себе в якості можливих альтернативних математичних інструментів для вирішення неформалізованих задач. Особливу увагу потрібно приділити методам глибинного навчання, які є найбільш ефективними в обробці сигналів та аналізі зображень. Саме тому використання штучного інтелекту викликає значний інтерес в якості засобу автоматизації детектування об'єктів на теплових зображеннях. Передбачається, що використання глибинного навчання дозволить знизити частоту хибних тривог та підвищити загальну достовірність і ефективність систем теплового контролю безпеки, мінімізуючи роль людини в процесі прийняття рішень.

ОГЛЯД СТАНУ ПРОБЛЕМИ

Інфрачервоні камери надійно працюють в місцях із недостатньою освітленістю та поганою видимістю. Ще однією перевагою тепловізійного спостереження є здатність ігнорувати більшу частину візуальних завад, таких як щільна рослинність або погані погодні умови. Крім того, інфрачервоні камери можна оснастити інтелектуальними датчиками та передовими технологіями аналізу даних, що допоможе зменшити кількість помилкових тривог.

Авторами роботи [2] було отримано інфрачервоні знімки теплового поля об'єкта з метою автоматизації виявлення дефектів. Використання нейронних мереж для аналізу даних теплового поля показало вищу ефективність порівняно з традиційними статистичними та математичними методами. Експериментально доведено ефективність використання глибинного навчання.

В статті [3] розглянуто шляхи розвитку та підвищення ефективності тепловізійних систем контролю безпеки. На ряду з удосконаленням технічних

параметрів теплотехнічного обладнання перспективним напрямком є автоматизація процесу аналізу термограм. В якості методу автоматизації запропоновано використання згорткових нейронних мереж. Описаний авторами підхід дозволив автоматично виявляти і розпізнавати клас об'єкту на теплових зображеннях із долею правильних відповідей 97,92%. Водночас, описана система дозволяє детектувати лише один об'єкт на зображенні, в той час як у системах тепловізійного відеонагляду в полі зору може знаходитись одразу кілька об'єктів.

Як відомо, існує велика кількість моделей глибинного навчання для детектування об'єктів. В роботі [4] описано варіанти ефективних архітектур нейронних мереж для детектування об'єктів, що отримали назву EfficientNet. Остання модифікація під назвою EfficientDet складається з EfficientNet як бази, до якої додається функціональний пірамідальний блок виявлення ознак. Для оцінки якості моделей детектування об'єктів використовується метрика mAP – показник середньої коректності розпізнавання різних класів об'єктів. Мережа EfficientDet показує mAP на рівні до 46% за швидкості обробки даних близько 35 кадрів в секунду на наборі MS COCO. Недоліком даної модифікації є велика кількість функціональних блоків, що відповідно призводить до підвищення кількості параметрів та значних обчислювальних витрат.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Проаналізувавши розглянуті вище дослідження встановлено, що на сьогоднішній день існує проблема у виборі ефективного методу автоматизації процесу аналізу теплових зображень, а особливо детектування об'єктів на термограмах. Метою даної роботи є вибір та реалізація моделі глибинного навчання з високими показниками достовірності та швидкодії. Щоб зменшити відсоток хибних спрацювань у системах контролю безпеки, така система повинна мати значну завадостійкість. Це вимагає пошуку сучасної моделі глибинного навчання та тестування її роботи на репрезентативному наборі навчальних даних.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

для детектування об'єктів на зображеннях. Головна особливість таких мереж – це розпізнавання за один прохід даних. Архітектура YOLO не містить в собі явних циклів, що підвищує її швидкодію. YOLO використовує сітку попередньо визначених вікон – областей, в яких відбувається класифікація виявлених об'єкти.

Дана архітектура має багато різних модифікацій, описаних в роботі [5]. На основі розгляду даної роботи, було обрано модель YOLOX, яка вважається збалансованою за показниками правильності розпізнавання, швидкодією та кількістю параметрів мережі. Детектор YOLOX використовує підхід без застосування прив'язок, що відрізняється від попередніх мереж YOLO. На наборі даних MS COCO показник mAP базової архітектури YOLOX дорівнює 46.4%.

Аналізуючи архітектуру голови YOLOX можна побачити, що спочатку використовується повнозв'язна згортка, щоб зменшити ширину каналу на основі

піраміди виділення ознак до 256, а потім додається дві паралельні гілки з двома повнозв'язними згортками для вирішення завдань класифікації та регресії у вигляді прогнозування обмежуючих рамок навколо об'єктів відповідно. Гілка IoU (Intersection-Over-Union) додається до регресії і використовується для оцінки наявності об'єкта у прогнозованій рамці. Одноименний параметр IoU є показником, який застосовується для оцінки достовірності прогнозування рамок навколо об'єктів.

Обрану модель YOLOX реалізовано із використанням фреймворку Tensorflow. Для даної моделі експериментальним шляхом було підбрано значення ширини 0.75 та глибини 0.67, за яких було досягнуто найбільш оптимальні результати за значенням загального критерію якості. Розмір батчу під час навчання встановлено на рівні 64 об'єкти. Навчання проходило на одній графічній карті протягом 50 епох. В даній розробці була використана активаційна функція "SiLU". В реалізованій моделі застосовано методику аугментації даних для покращення результатів навчання. За допомогою аугментації кожне навчальне зображення випадковим чином модифікувалось з метою збільшення репрезентативності набору даних [6]. Для навчання нейромережевої моделі використовується набір даних Thermal Starter від компанії FLIR.

В результаті навчання, значення mAP на валідаційній вибірці досягає 0.55 при IoU 50%. Швидкість обробки одного зображення склала 45 кадрів за секунду. Приклад роботи моделі приведено на рисунку 1.



Рис.1. Розпізнавання об'єктів мережею YOLOX на валідаційних даних

Дана модель показала кращий результат розпізнавання класів об'єктів, ніж YOLOX, яка представлено в роботі [5]. У згаданому дослідженні було використано набір зображень видимого спектру. Для порівняння, значення mAP у авторів зазначеної роботи складає 0.46 при IoU = 0.5, тоді як для теплових зображень цей показник складає 0.55. Як висновок, використання теплових зображень для детектування об'єктів на вулицях міста є більш ефективним.

ВИСНОВКИ

Для покращення ефективності детектування об'єктів серед існуючих моделей глибинного навчання обрано новітню архітектуру YOLOX. Дана модель має високу швидкодію (до 45 кадрів/секунду) та значення mAP на рівні 0.55 при IoU = 0.5 на валідаційних даних. У порівнянні з аналогічними моделями, які працюють із зображеннями у видимому спектрі, запропонована архітектура показала доцільність використання автоматизованого аналізу теплових зображень для підвищення достовірності детектування об'єктів в системах інфрачервоного контролю безпеки.

Недоліком даної системи є довге навчання або донавчання нейронної мережі під визначення нових класів об'єктів, що потребує великих обчислювальних ресурсів. Велика вага моделі не дозволяє використовувати її безпосередньо на базі самого тепловізора. Це призводить до необхідності введення хмарних обчислень або передачі даних на окремий обчислювальний пристрій для подальшого опрацювання. У майбутньому також можливе використання більш об'ємної бази навчальних даних для отримання кращих показників якості системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Wong L. An effective surveillance system using thermal camera / L. Wong, K. Wai. // IEEE. – 2019. – С. 1–13.
- [2] Galagan R. Analysis of application of neural networks to improve the reliability of active thermal NDT / R. Galagan, A. Momot. // Scientific information KPI. – 2019. – №1. – С. 7–14.
- [3] Skladchykov I. Deep learning automated data analysis of security infrared cameras / I. Skladchykov, A. Momot. // Computer science. – 2021. – С. 13–16.
- [4] Mingxing T. EfficientDet: Scalable and Efficient Object Detection / T. Mingxing, P. Ruoming. // IEEE Xplore. – 2021. – С. 10781–10790.
- [5] Zheng G. Exceeding YOLO series in 2021 / G. Zheng, L. Songtao. // ArXiv preprint arXiv. – 2021. – №2107.
- [6] Momot A. Deep Learning Automated System for Thermal Defectometry of Multilayer Materials / A. Momot, R. Galagan. // Devices and Methods of Measurements. – 2021. – №12. – С. 98–107.
- [7] Cao. No-reference image quality assessment by using convolutional neural networks via object detection / Cao, Jingchao. // International Journal of Machine Learning and Cybernetics. – 2022. – С. 1–12.

Наук. керівник – доктор філософії, ст.викл. Momot A.S.

УДК 004.89

*Я.В. Стешенко, студент гр. ПК-11мн, доктор філософії Момот А. С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ОГЛЯД ЕФЕКТИВНОСТІ АРХІТЕКТУР НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Анотація. Проведено огляд різних архітектур нейронних мереж для сегментації зображень. Проаналізовано переваги і недоліки різні моделей для задач сегментації. Розглянуто переваги використання архітектури DoubleU-Net. Запропоновано використання архітектури DoubleU-Net в задачах сегментації зображень, як найкращу за показниками ефективності на сьогоднішній день.

Ключові слова: сегментація, згорткові мережі, глибинне навчання.

ВСТУП

Сегментація зображень — це завдання позначення кожного пікселя досліджуваного об'єкта на зображеннях. Сегментація зображень допомагає зосередитися на певній області та отримати детальну інформацію для більш точного аналізу. Основними проблемами, пов'язаними з сегментацією зображень, є відсутність великої кількості високоякісних зображень для навчання, відсутність стандартного протоколу сегментації та великі варіації зображень.

Згорткові нейронні мережі (CNN) показали найвищу продуктивність для автоматизованої сегментації зображень [1]. Для завдань сегментації однією з початкових архітектур глибинного навчання, навчених для попиксельного прогнозування, є повністю згорткова мережа (FCN).

Узагальнення, тобто здатність моделі працювати в незалежному наборі даних, і стійкість, тобто здатність моделі працювати на складних зображеннях, є ключовими в системах штучного інтелекту. Тому важливо обрати потужну архітектуру, яка є надійною та узагальненою для різних застосувань. Попередньо підготовлені моделі, навчені на наборі даних ImageNet, значно покращили ефективність архітектур CNN [2]. Це дозволяє розробити нові мережі для сегментації та порівняти їх результативність.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

У статті [3] адаптовано та протестовано архітектуру Mask R-CNN за допомогою трьох попередньо навчених нейромереж: Resnet50, Resnet101 і Inception Resnet (v2). Хоч більш глибинна мережа має підвищувати ефективність сегментації в області природних зображень, але Resnet50 зміг перевершити Resnet101 і Inception Resnet (v2) в умовах обмеженої кількості навчальних даних. Після покращення репрезентативності навчальної вибірки, всі три моделі підвищили ефективність сегментації. Результати підтверджують, що з кращим набором навчальних даних Mask R-CNN є доволі перспективною моделлю.

Мережа U-Net [4] — ще одна популярна архітектура для сегментації зображень. Архітектура U-Net складається з двох частин, а саме шляху аналізу та шляху синтезу. На шляху аналізу вивчаються глибокі ознаки, а на шляху синтезу виконується сегментація на основі вивчених ознак. Крім того, U-Net використовує операцію skip-connections. Skip-connections дозволяє проходити вхідному сигналу через мережу, минаючи нелінійні перетворення шарів. Таким

чином, просторова інформація застосовується до глибшого шару, що значно дає точнішу вихідну карту сегментації. Таким чином, додавання більшої кількості рівнів до U-Net дозволяє мережі дізнатися більше репрезентативних подань даних, що призводить до кращих вихідних масок.

У статті [5] автори провели ретельний аналіз архітектури U-Net з надією знайти потенційні можливості для вдосконалення. Вони запропонували ввести короткі шляхи Res, які вводять деяку додаткову обробку, щоб зробити карти ознак більш однорідними. Крім того, щоб доповнити U-Net можливістю аналізу з різною роздільною здатністю, вони запропонували блоки MultiRes. Автори черпали натхнення з блоків Inception і створили компактну аналогічну структуру, яка є легкою та потребує менше пам'яті. Використовуючи ці модифікації, вони розробили нову архітектуру MultiResUNet.

Авторами статті [6] представлено архітектуру під назвою U-Net++ для більш точної сегментації зображень. Продуктивність U-Net++ пояснюється його вкладеною структурою та переробленими skip-connections, які спрямовані на вирішення двох ключових проблем U-Net: 1) невідома глибина оптимальної архітектури та 2) надмірно обмежувальний дизайн skip-connections. Автори оцінили U-Net++, використовуючи шість різних програм для отримання зображень, і продемонстрували постійне підвищення продуктивності в порівнянні з іншими основними моделями для сегментації.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДИФІКАЦІЙ U-NET

Мережа U-Net все ще вважається основною для різноманітних завдань сегментації зображень. Однак вона має ряд сучасних модифікацій. Наприклад, відома архітектура під назвою DoubleU-Net порівнюється з U-Net у роботах, які використовували той самий набір даних для навчання, щоб продемонструвати її ефективність [7].

Архітектура мережі DoubleU-Net, наведена авторами роботи [7], показана на рис. 1. Результати досліджень показують, що DoubleU-Net досягає значення 0.92 для коефіцієнта Сьоренсена – Дайса (DSC), що вище на 3.91% і mIoU (метрика оцінки якості сегментації) на рівні 0.8611, що вище на 1.14% у порівнянні з базовою моделлю. Ретельний візуальний аналіз результату показує, що DoubleU-Net створює кращі маски сегментації порівняно з початковою мережею.

Модель, яка використовує попередньо навчену мережу ImageNet (наприклад, Resnet101 або VGG-16) як основу, досягає вищого результату при порівнянні з моделлю навчання мережі з нуля. DoubleU-Net досягає DSC на рівні 0.8962 і mIoU на рівні 0.8212 на іншому наборі даних. У порівнянні з U-Net, DoubleU-Net демонструє кращі результати на 5.7% за показником mIoU.

Іншою модифікацією початкової моделі є вже згадана U-Net++. Вона що використовує мережу Resnet101 як базову архітектуру. Однак, архітектура DoubleU-Net має DSC на 1.59% вище, ніж зазначена мережа U-Net++. В той же час, мережа U-Net++ демонструє помітно кращі результати у порівнянні з початковою моделлю U-Net.

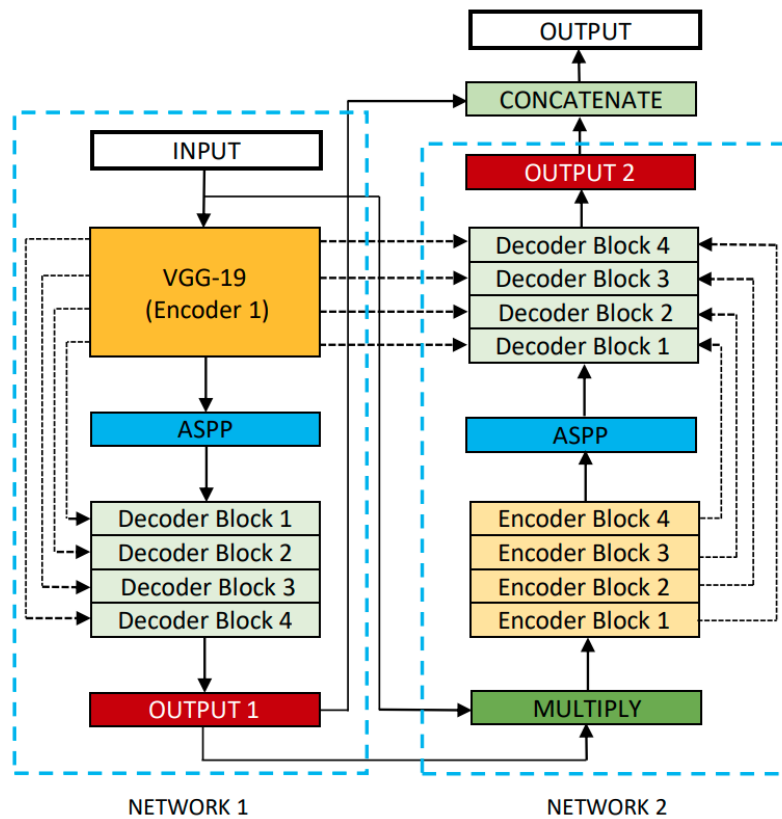


Рис. 1. Архітектура мережі DoubleU-Net

Повні результати порівняння описаних архітектур на наборі даних 2018 Data Science Bowl Challenge наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Оцінка результатів сегментації на наборі даних 2018 Data Science Bowl Challenge для різних архітектур

Архітектура	Перенесення навчання	DSC	mIoU
U-Net	Resnet101	0.7573	0.9103
U-Net++	Resnet101	0.8974	0.9255
DoubleU-Net	VGG-19	0.9133	0.8407

З результатів оцінки якості різних архітектур видно, що DoubleU-Net здатна створити кращу маску сегментації навіть для складних зображень. Загальний результат оцінки ефективності показує, що архітектура добре працює для різних наборів даних сегментації зображень. Таким чином, наведені вище результати свідчать про надійність запропонованої моделі. Перенесення навчання з попередньо навченої на наборі ImageNet мережі значно покращує результати кожної розглянутої архітектури, що компенсує відсутність достатньої кількості навчальних даних для інших завдань.

Таким чином, DoubleU-Net являє собою нову основну модель для вирішення завдання сегментації зображення. DoubleU-Net є більш узагальненим і може використовуватися у різних галузях.

ВИСНОВКИ

У цій статті оглянуто декілька архітектур та запропоновано використання архітектури CNN під назвою DoubleU-Net, як найкращу серед описаних. Продуктивність DoubleU-Net значно краща порівняно з початковою моделлю U-Net на різних тестових наборах даних, що підтверджує її універсальність.

Крім того, розглянута архітектура DoubleU-Net є гнучкою, що дає можливість легко інтегрувати до неї інші блоки. Результати сегментації можна покращити шляхом подальшої інтеграції різних відомих блоків CNN та використання методів постобробки результатів, таких як умовне випадкове поле та поріг Оцу.

Актуальним завданням для майбутніх досліджень є створення ефективної моделі для завдань сегментації зображень з дефектами. Пропонується зосередитися на спрощенні архітектури, зберігаючи її здатність створювати якісні маски сегментації. Обмеженням DoubleU-Net є те, що вона використовує більше параметрів порівняно з U-Net, що призводить до збільшення часу навчання. У майбутньому дослідження мають більше зосереджуватися на розробці спрощених архітектур із меншою кількістю параметрів, зберігаючи при цьому свої можливості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Momot A. Deep learning automated data analysis of security infrared cameras / A. Momot, I. Skladchikov // Slovak international scientific journal. – 2021. – №52. – pp. 13–16.
- [2] Momot A. Automation of ultrasound breast cancer images classification using deep neural networks / A. Momot, R. Galagan, M. Zaboluiieva // Sciences of Europe. – 2022. – №96. – pp. 38–41.
- [3] A survey on deep learning in medical image analysis / [G. Litjens, T. Kooi, B. Bejnordi та ін.]. // Medical image analysis (MedIA). – 2017. – №42. – С. 60–88.
- [4] Ronneberger O. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox. // In Proceedings of International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention (MICCAI). – 2015. – С. 234–241.
- [5] A Polyp detection and segmentation using mask r-cnn: Does a deeper feature extractor cnn always perform better? / [H. Qadir, Y. Shin, J. Solhusvik та ін.]. // In Proceeding of International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT). – 2019. – С. 1–6.
- [6] Unet++: Redesigning skip connections to exploit multiscale features in image segmentation / Z.Zhou, M. Siddiquee, N. Tajbakhsh, J. Liang. // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2019.
- [7] Ibtehaz N. Multiresunet: Rethinking the u-net architecture for multimodal biomedical image segmentation / N. Ibtehaz, M. Rahman. // Neural Networks. – 2020. – №121. – С. 74–87.

Наук. керівник – доктор філософії, ст.викл. Momot A.C.

Секція 7.

Економічна ефективність використання систем біомедичного приладобудування та технологій

UDC 57.087.2

Y.A. Yukhymenko, student gr. PB-21mp, PhD, Assoc. Prof. Stelmakh N. V.
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

PRACTICAL TESTING OF VENTILATION DUCT MUFFLER ACCORDING TO THE DEVELOPED ALGORITHM

Abstract The work describes the testing of various models of the designed mufflers of the ventilation channels of the artificial lung ventilation device according to the developed algorithm, the generalized test results are presented and described. Based on the results of the testing, one prototype was selected, which was sent to serial production with subsequent installation in the test batch of ventilators..

Key words : ventilator, fluoroplastic, muffler, ventilation channel

INTRODUCTION

The article describes the algorithm and process of testing mufflers of the ventilation channel of the ventilator (artificial lung ventilation), and also presents the generalized test results. The test was conducted according to the described algorithm for selection [1].

DESCRIPTION OF THE DEVELOPED ALGORITHM

Based on the technical requirements for the functioning of mufflers, the following algorithm for their compliance testing was developed.

First of all, it is necessary to check the noise of the air flow. To do this, it is necessary to gradually open the air supply valve with a certain step during a certain time, and also take data from the flow sensor. Since there are different flow sensors, the test must be repeated on the TSI sensor as well as on the Sensirion sensor in order to exclude the possible influence of sensor error on the measurement results.

Also, the acoustic noise of the tract with various muffler prototypes was separately measured using a microphone [2].

TEST RESULTS

For clarity of the results, each of the manufactured models of silencers was assigned a conventional designation. These designations are indicated in fig. 1

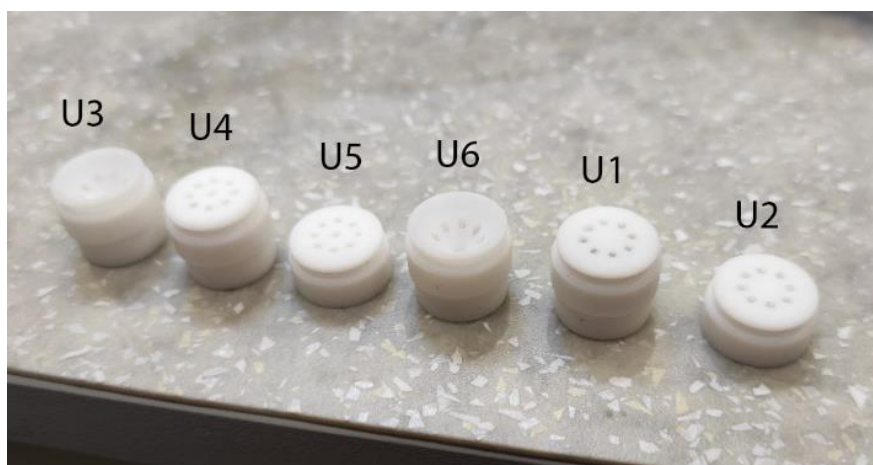


Fig. 1 Designations

All studied samples showed similar quantitative characteristics, both in terms of sound noise in the O₂ pneumatic tract, and the impact on the accuracy of the subsequent

XVIII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні», 06-07 грудня 2022 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

measurement by the TSI and Sensirion sensors: all mufflers approximately equally reduced the sound effects and increased the measurement accuracy compared to the condition without a muffler. Moreover, according to the data presented below, it is possible to single out the best characteristics of the muffler with the conventional designation U5 (Fig. 1-6).

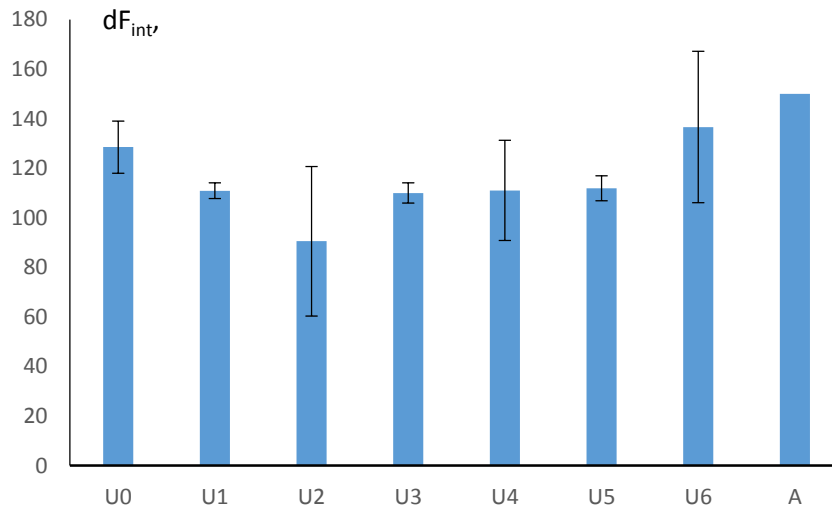


Fig. 2. The integral of the absolute error of the flow measurement in the range 0-100 liters per minute

$$dF_{\text{int}} = \int_0^{100} |\Delta F| df, \text{ where } df - \text{increase in flow of the control sensor, } \Delta F - \text{absolute error of flow measurement}$$

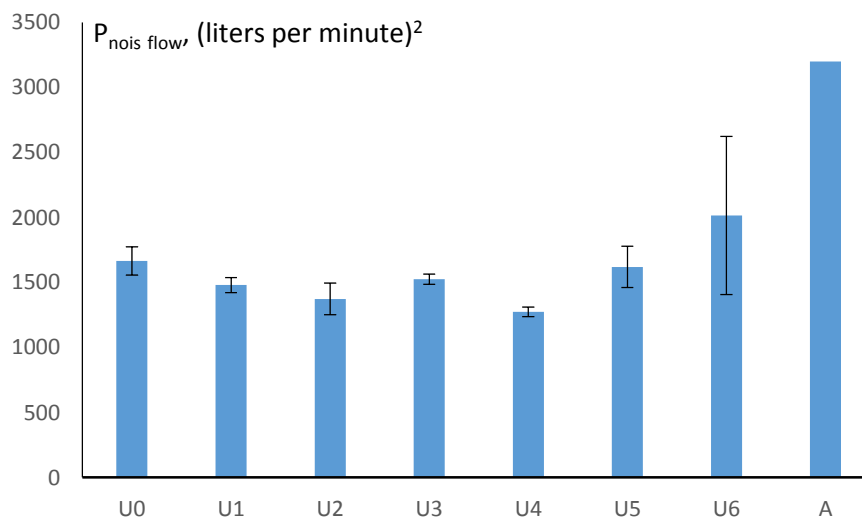


Fig. 3. Integral of the flow noise power (95% of the power is concentrated in the range of 0-100 Hz)

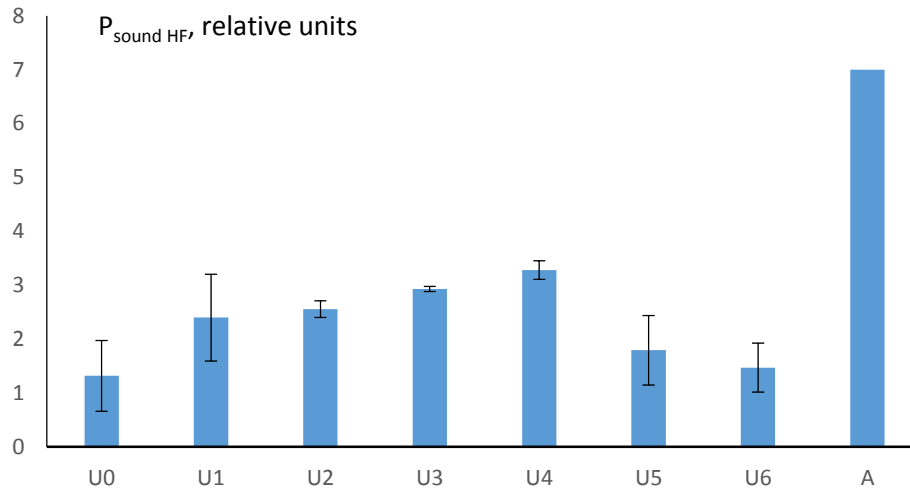


Fig. 4. Integral of acoustic noise power at frequencies from 500 to 20,000 Hz at a flow of 100 liters per minute

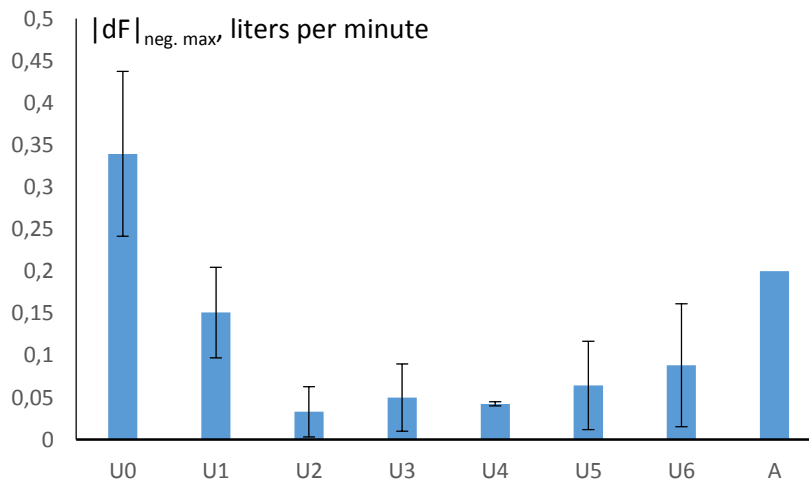


Fig. 5. The maximum absolute error of the flow measurement in the direction of underestimation of the values for the Sensirion sensor (observed in the range of 0-40 l/min, on average 20-40 l/min). For the TSI sensor, these errors are usually twice as high

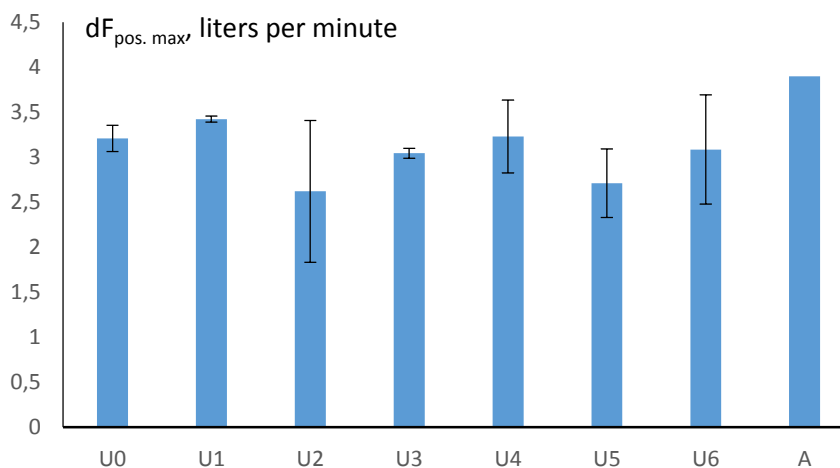


Fig. 6. The maximum absolute error of the flow measurement in the direction of overestimation of the values for the Sensirion sensor (observed in the range of 60-100 l/min, on average 80-90 l/min). For the TSI sensor, the data are almost identical

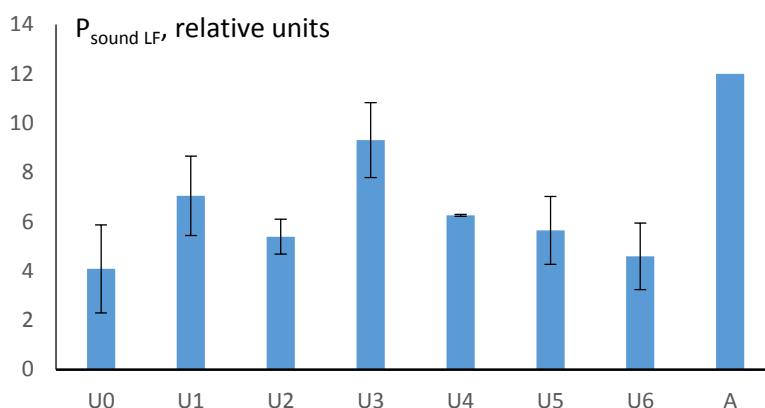


Fig. 7. Integral of acoustic noise power at frequencies from 0 to 500 Hz at a flow value of 100 l/min

CONCLUSIONS

As a result of the research, a change in the design of the angle duct in the oxygen tract was revealed in comparison with the test samples. Changing the angle guide to the old version did not significantly affect anything, but both angle guides have different pneumatic features. A more in-depth study of various structures and their influence on the operation of the ventilator is planned[3].

In addition, a significant effect on the accuracy and repeatability of measurements was observed at the junction of the flow straightener tube with the flow sensor.

All mufflers have roughly the same performance compared to the current stock variant as well as measurements without a muffler. But the muffler of the U5 variant is characterized by the smallest dependence on the position of installation in the oxygen tract, as well as the smallest flow measurement error.

REFERENCES

- [1] Y.A. Yukhymenko, N. V. Stelmakh. Simulation of air flow in vent channels of medical equipment. // XVII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні», 07-08 грудня 2021 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, С. 330-333.
- [2] Невідкладна хірургія. Підручник для студентів VI курсів медичних факультетів медичних вузів: / Авт. кол.: В.В. Бойко, В.М. Лісовий, В.А. Капустник, Л.Й. Гончаренко, І.А. Тарабан, В.В. Макаров та ін.; під ред. чл.-кор. НАМНУ, проф. В.В.Бойка; чл.-кор. НАМНУ, проф. В.М. Лісового – Харків., «НТМТ», видавництво, 2019. - 514 с. ISBN 978-617-578-116-6
- [3] Велигоцький, Д.В. Апаратно-програмний комплекс для неінвазивного діагностування карбоксигемоглобіну в потоках крові [Текст] / Д.В. Велигоцький, Н.В. Стельмах, С.О. Мамілов, С.С. Єсьман // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2012. – 1/1 (72). – С. 71-74.

Supervisor - PhD, Assoc. Prof. Stelmakh N. V.

УДК 615.47

Б.О. Баталія, студент гр. ПБ-21мп, к.т.н., доцент Терещенко М.Ф.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЛАЗЕРО-ХІРУРГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Анотація. У наш час в медичній практиці стало дуже розповсюджено використання методів та систем лазерної хірургії. За допомогою апаратів, та лазерохірургічних комплексів (ЛХК) можливе більш якісне видалення різних видів новоутворень, корекція зору, вплив на артерії, та багато інших застосувань. При проведенні операцій та терапій за допомогою лазерного випромінювання необхідне повне залучення лікаря у процес роботи апарату. Можливість створення повністю автоматизованої лазерохірургічної системи - одна з проблем цього напрямлення, рішення якої значно полегшить роботу лікарям та зменшить ризики пошкодження біологічної тканини пацієнтів.

Ключові слова: лазерохірургічний комплекс, біологічна тканина, лазер, алгоритм керування, автоматизація.

ВСТУП

Лазерна хірургія - сучасний метод проведення хірургічних операцій шляхом впливу на біологічну тканину лазерним випромінюванням. Дана методика застосовується для лікування великої кількості хвороб: корекція зору, стоматологія, видалення великої кількості різноманітних новоутворень, енергетичний та тепловий вплив на судини, що протидіє їх закупорюванню, а також загальний вплив теплового характеру, який сприяє стимулюванню і покращенню стану організму в цілому [1].

Сучасні лазерні хірургічні системи мають велику кількість недоліків, серед яких найбільш значущим є неможливість використовувати лазерний хірургічний апарат в автоматичному режимі через неспроможність оцінки градієнта температури біологічної області, на яку виконується вплив лазером, і через це загроза пошкодження та доведення до меж граничних температур зон впливу біологічних тканин пацієнта [2].

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЛАЗЕРНИХ ХІРУРГІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ

У даній статті було проведено аналіз роботи сучасних лазерохірургічних систем з незначним рівнем автоматизації, а також розгляд їх алгоритмів керування. Результатом став об'єднаний, на їх основі, алгоритм позиційного керування більшості сучасних лазерних комплексів, який зображений на рис.1.

Алгоритм позиційного керування виконується наступним чином.

Після виконання базових підготовчих стадій, та побудови шляху дії лазерного випромінювання, на основі отриманих прицільних зображень оброблюваної області, переходимо до початку наступних операції. Виконується позиціонування лазера по 3-ох декартових координатах: X,Y,Z, далі відбувається точковий вплив лазерного випромінювання, перевірка на перевищення допустимих меж енергетичних параметрів, аварійність, та перехід до наступної ділянки, якщо це необхідно і вся область біологічної тканини не оброблена [3].

Зазначений алгоритм має низку недоліків, основним з яких є небезпека того, що біологічна тканина нагріється до критичної температури, що призведе до її пошкодження, або взагалі відмирання, через те, що інтенсивність лазерного променя контролюється лікарем, без можливості автоматичної корекції [4].

Після аналізу систем керування сучасних лазерних хірургічних комплексів, на основі структурного позиціонування та практики роботи алгоритму керування окремими апаратами та системами було запропоновано узагальнений алгоритм керування автоматизованих ЛХК, що приведений на рис. 2.

Узагальнений алгоритм керування автоматизованими лазерохірургічними системами та комплексами реалізується в наступній послідовності.

Алгоритм діє подібним образом з описаним вище по рис.1: підготовчі дії, аналіз зображення з подальшою побудовою шляху лазерного променя, але перед початком процедури, відбувається збір даних: температура поверхні та визначення типу шкіри чи стану судини, на основі отриманих даних відбувається налаштування та корекція параметрів лазерного променя [5]. Далі починається процедура, позиціонування лазера по 3-ох координатах та операційний вплив. Після кожної дії лазерного випромінювання відбувається повторний збір даних та налаштування параметрів лазерного променя, перевірка на перевищення допустимих меж, як по температурі так і по параметрам лазерного променя, що дозволяє автоматизувати проведення скануючої процедури.

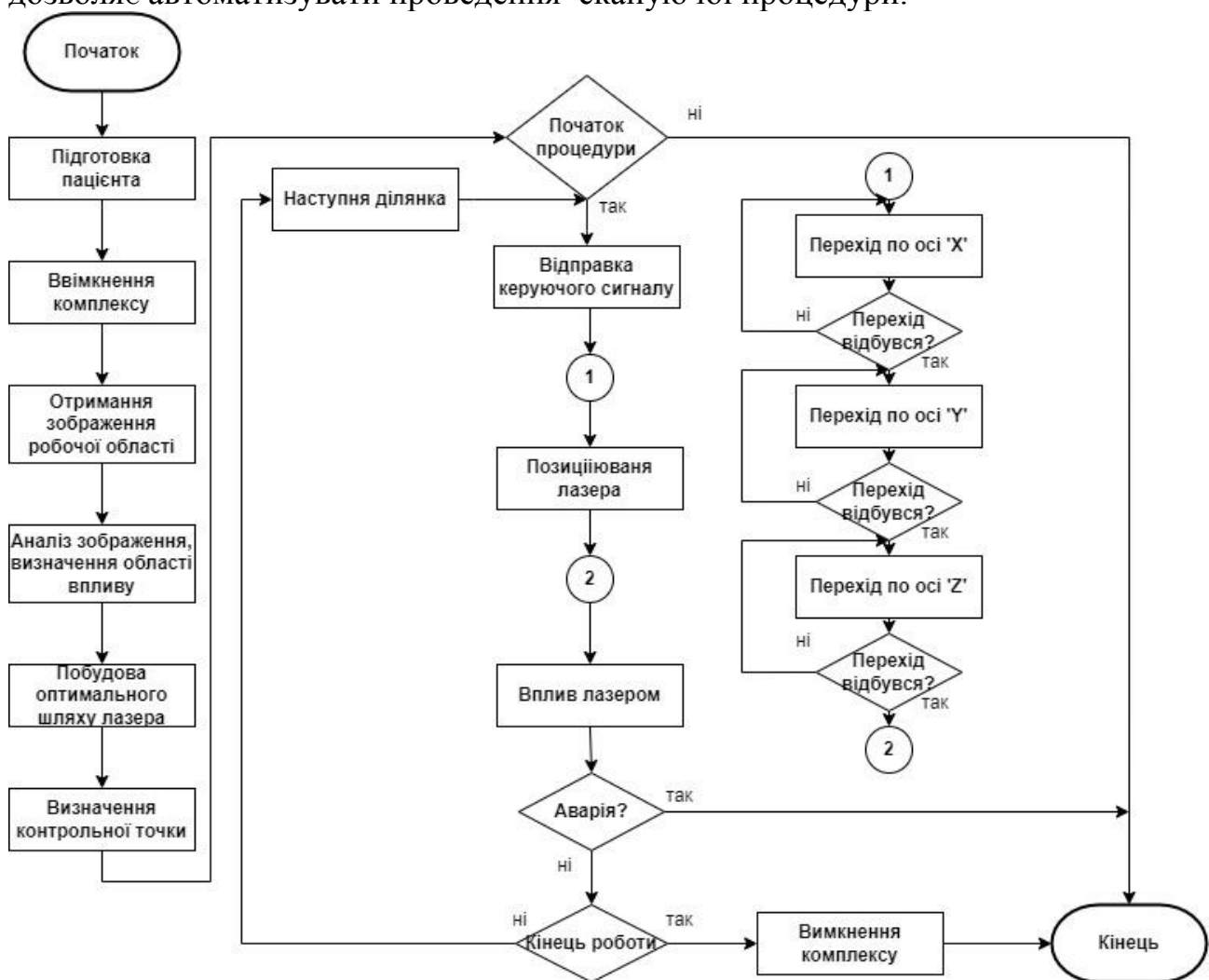


Рисунок 1. Алгоритм позиційного керування лазерних хірургічних комплексів

Так узагальнений алгоритм керування автоматизованим лазерохірургічним комплексом відрізняється додаванням в цикл роботи трьох нових стадій: вимірювання та обробки значень робочої температури біологічного середовища,

визначення типу шкіри пацієнта, при поверхневих втручаннях, а при судинних операціях визначення об'єму залишкових холестеринних відкладень, а також автоматичне налаштування енергетичних параметрів лазера. Завдяки ним при кожному переході лазерного променя на нову позицію відбувається його налаштування в залежності від заданих вхідних параметрів, які згадані в етапах, за допомогою чого під час проведення операції виключається можливість завдання шкоди та доведення до критичної температури оброблюваної біологічної поверхні [6].

Таким чином з'являється можливість створення повністю автоматизованого лазерного хірургічного комплексу, при роботі з яким контроль лікаря не є обов'язковим, а лиш контролюючим. Застосування автоматизованого комплексу дозволяє розробити автоматичну систему керування, яка, маючи дані про параметри використовуваного лазера, дані про тип тканини, що обробляється, та температурний градієнт, а також наміри хірурга, коригуватиме відстань від межі оптичного волокна до тканини пацієнта, та мінімізуватиме розмір лазерної плями, яка діє на біологічну тканину, а також балансуватиме її вплив на оброблювану ділянку [7].

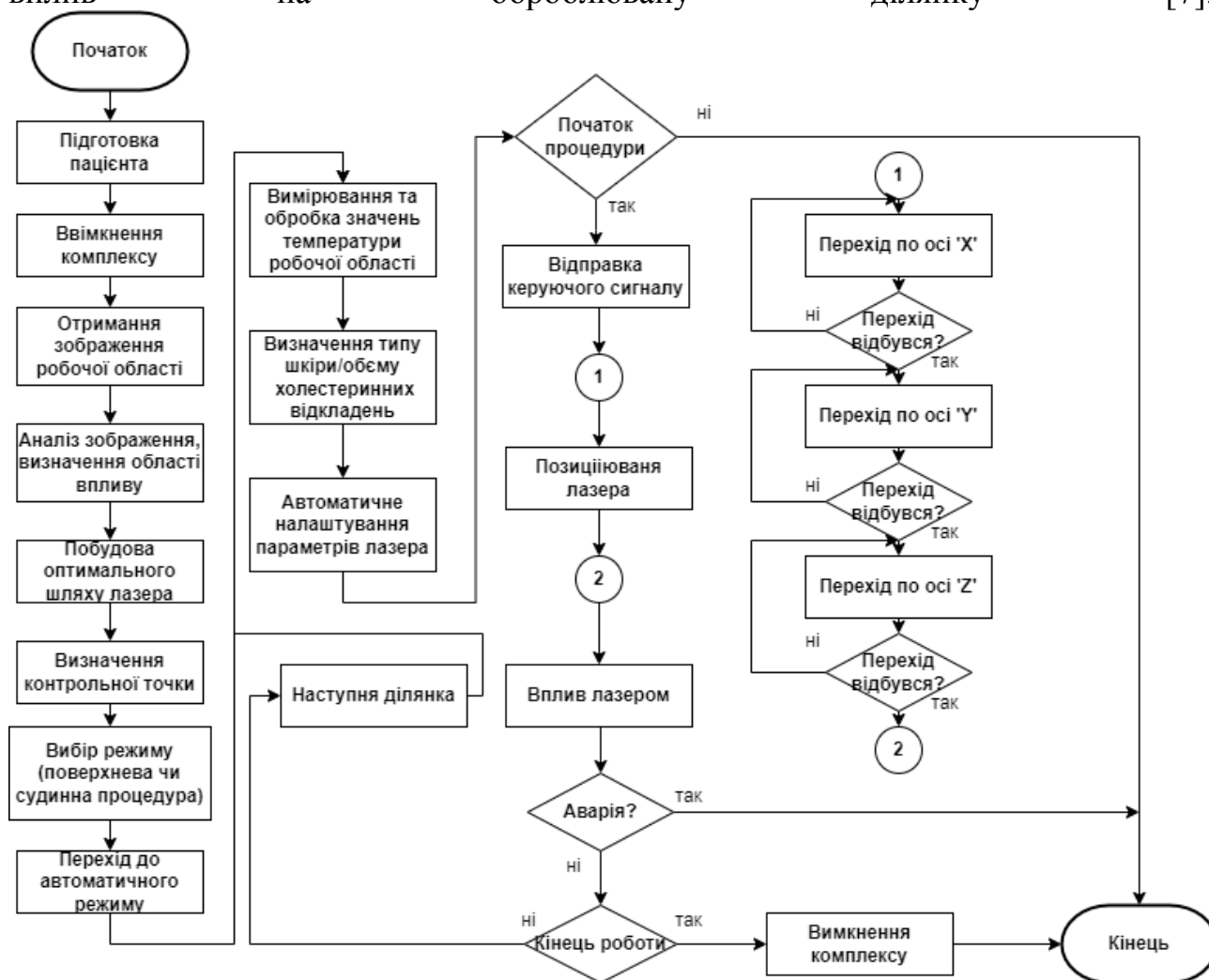


Рисунок 2. Узагальнений алгоритм керування автоматизованими лазерохірургічними системами та комплексами

ВИСНОВКИ

В ході виконання досліджень було виконано аналіз роботи існуючих лазерних хірургічних комплексів, та пошук шляхів вирішення процесів автоматизації. Результатом аналізу стало розробка вдосконаленого узагальненого алгоритму керування лазерним хірургічним комплексом, завдяки якому можна формалізувати та автоматизувати процеси роботи та налаштування параметрів лазерної системи позиціонування та контролю температурних і енергетичних параметрів випромінювання у процесі проведення операційних втручень. В подальшому планується продовжувати роботу над алгоритмізацією процесів автоматизації лазеро-хірургічних систем та комплексів, та втіленні даних вдосконалень у житті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Волоконно-оптичний малоінвазивний дифузний розсіювач на оптичному волокні для внутрішньотканинного лазерного впливу / О. Комарова, В. Холін, М. Терещенко та ін. // Оптоелектронні інформаційно-енергетичні технології. – 2021. – № 1. – С. 39-46. <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/35507>
- [2] Терещенко М. Ф. Оцінка та контроль ефективності впливу на біологічний об'єкт лазерним випромінюванням / М. Ф. Терещенко, С. П. Якубовський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування.–2012. – Вип. 44. – С. 90 – 97
- [3] G. Tymchik, M. Tereshchenko, O. Lyashenko, O. Gnateyko, "Research of the influence of laser radiation on temperature processes in biological tissues" // Bulletin of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute ", Series: Instrumentation. - 2015. - Issue 49. pp. 153-158.
- [4] Aleksandr S. Sannikov. Laser Instrument Correction System for Robotic Surgery [Електронний ресурс] / Aleksandr S. Sannikov // Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies. – 12. – Режим доступу до ресурсу: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8928421>.
- [5] Benov L. Photodynamic therapy: Current status and future direction. Med. Princ. Pract. 2016;24(1):14-28.
- [6] W. Wójcik, S. Pavlov, M. Kalimoldayev. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>.
- [7] В. П. Минаев. Лазерные медицинские системы и медицинские технологии на их основе: Учебное пособие / В. П. Минаев. – Москва: Издательский дом "Интеллект", 2020. – 360 с. [0]

Наук. керівник – доц. Терещенко М.Ф.

ПРОБЛЕМАТИКА ВИДІЛЕННЯ СИГНАЛУ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАМИ ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ АВТЕНТИФІКАЦІЇ

Анотація Сфера застосування сигналу фотоплетизмограми для біометричної автентифікації є малорозвинутою. Більшість публікацій описують лише теоретичну можливість такого застосування, проте на практиці існує безліч недоліків, які ставлять під сумнів отримані результати з таких приладів та потребують вирішення.

Ключові слова : біометрична автентифікація, фотоплетизмограма, ФПГ-система, стан пацієнта.

ВСТУП

В попередніх публікаціях [3] неодноразово згадувалось про можливість та переваги застосування сигналу фотоплетизмограми (ФПГ) для біометричної системи автентифікації особистості. Існує безліч схем та алгоритмів послідовностей, які описують саме процеси виділення сигналу, його обробку та розпізнавання [1]. Однак, огляд та аналіз літературних джерел показав, що не досить значна увага приділена безпосередньо процесу зчитування сигналу з піддослідного та врахування впливу фізіологічного стану на отримані результати. Саме початковий етап отримання ФПГ містить в собі безліч проблем, які потребують детального аналізу та знаходження шляхів їх вирішення, що забезпечить підвищення достовірності результатів та підтвердить можливість застосування ФПГ для біометричної автентифікації.

В ході проведених в роботі досліджень було виявлено дві основні проблеми, з якими зазвичай стикаються при роботі системи біометричної автентифікації [2]. Нажаль, ФПГ-система не стала винятком. До таких проблем можна віднести фізіологічний стан пацієнта та характер розташування датчику вимірювання, що буде розглянуто далі.

ПРОБЛЕМА СТАНУ ПАЦІЄНТА

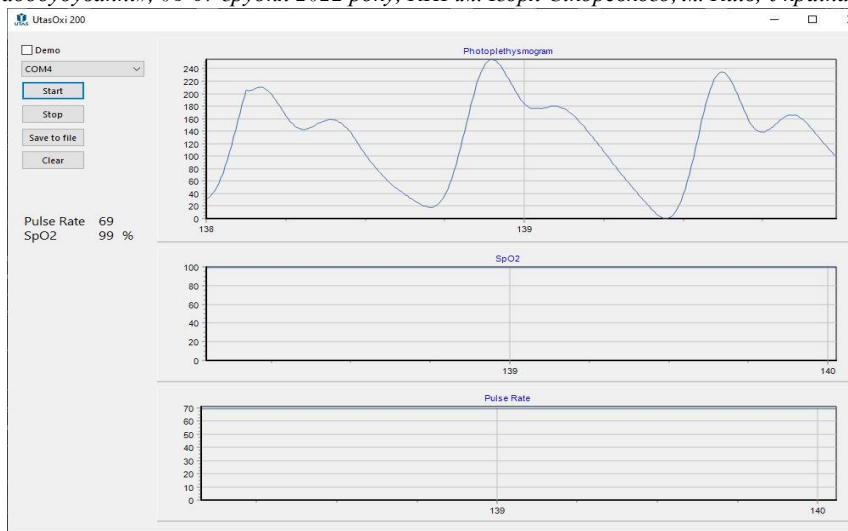
В процесі розробки та тестування модулю зчитування та автоматизованої обробки сигналу ФПГ було виявлено декілька негативних чинників, які впливають на результати отримання сигналу. Дані чинники є чисто технічними та проаналізовані в попередніх роботах [3]. В даному випадку проблема отримання сигналу пов'язана з електронікою та пристроями вимірювання. Вирішення цієї проблеми є досить простим. Негативний вплив можна усунути шляхом внесення відповідних коефіцієнтів, які нівелюють похибки в алгоритмі програми.

Проте більш впливовими та складними з точки зору вирішення є проблеми пов'язані з фізіологічним станом піддослідного, що показали результати досліджень, описані в цій роботі.

Дослідження проводились на приладі UtasOxi200 серійного виробництва компанії Utas Co. Для отримання сигналу з приладу та побудови графіків було використано однойменну програму UtasOxi200. Для більш зручної візуалізації графіки побудовані в Microsoft Excel. Загальний вигляд приладу та інтерфейс програмного забезпечення наведено на рис. 1.



а)



б)

Рис. 1 Процес проведення експериментальних досліджень ФПГ:

а – загальний вигляд UtasOxi200, б – інтерфейс програмного забезпечення UtasOxi200

Сигнал фотоплетизмограми вимірювався протягом 30 секунд та зберігався у вигляді файлу Microsoft Excel з відповідним коментарем щодо температури оточуючого середовища та фізіологічних параметрів стану пацієнта для подальшого аналізу. Виходячи з цього, можна виділити наступні категорії умов проведення вимірювань. Перша – температура оточуючого середовища відповідає кімнатній (близько 20оС), спокійний стан пацієнта, після прийому їжі. Друга – температура оточуючого середовища є прохолодною (близько 15оС), пацієнт знаходиться у спокої, але натщесерце.

При першій умові проведення експерименту зняті показники ФПГ були стабільними без коливань. При другій умові – при проведенні дослідження з інтервалом декілька хвилин значення сигналу відрізнялось на три одиниці. Результат порівняння усереднених значень сигналу, отриманих при двох умовах, показав різницю в 10 одиниць.

На перший погляд може здатися, що такі результати показують недоцільність використання ФПГ сигналу для біометричної системи автентифікації, проте така різниця значень, яка з'явилась за такий короткий час дає змогу застосувати одне з запропонованих нами вирішень такої проблеми, а саме – збільшення допустимої похибки вимірювання. Збільшення похибки дозволить системі та її алгоритму не зупинятись одразу після виявлення такої розбіжності, а продовжувати аналіз далі. Така перевірка є попередньою і повідомляє приладу про те, що вимірювання загалом відбувається правильно і сигнал є реалістичним, проте це тільки початок застосування програмою алгоритму розпізнавання особистості. Такі показники є досить умовними і дають лише загальне уявлення про зміну сигналу завдяки вимірюванню його середнього значення за 4000 ітерацій. Проте у попередній статті [3] було виконано більш детальний розрахунок з безліччю параметрів діастолічних та систолічних зубців, які дають більш детальне уявлення про різницю значень показників. Обрахунок та порівняння саме цих показників буде застосоване програмою для винесення вердикту, що до надання доступу.

ПРОБЛЕМА РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКУ

Датчик фотоплетизмограми може розташовуватись на тілі пацієнта в різних місцях: мочка вуха, палець руки або ноги. Проте, в даному випадку було прийнято рішення скористатися найбільш тривіальним способом та використати той же принцип що і у сканера відбитку пальця. На нашу думку це найбільш вдалий та зручний варіант розташування, що може бути використано для системи біомедичної автентифікації.

Загальна структура та побудова таких пристроїв вже давно відпрацьована, проте незмінними залишаються проблеми, пов'язані з отриманням достовірних результатів. Так, наприклад, сигнал ФПГ так само як і скан відбитку пальця дає різні значення показників при вимірюваннях на різних пальцях. Для вирішення цієї проблеми існує декілька варіантів рішень, розглянутих в роботах [4].

ВИСНОВОК

В даній роботі на основі проведених експериментальних досліджень було показано вплив фізіологічного стану людина та оточуючого середовища на характер ФПГ. А саме вплив температури оточуючого середовища, а також час прийому їжі. Аналіз отриманих даних показав, що температура оточуючого середовища близько 15оС призводить до коливань отриманих значень сигналу ФПГ ± 1.5 одиниці при однаковому фізіологічному стані пацієнта. Крім того, значно впливає на результат низька температура в поєднанні з проведенням дослідження натщесерце пацієнта ± 5 . Авторами запропоновано шляхи вирішення таких проблем при використанні ФПГ для біометричної автентифікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Яковенко, І. О. Biometrical identification on the basis of photoplethysmogram for automated medical systems // Перспективні технології та прилади. – 2019. – No 15. – С. 120–124.
- [2] І.О. Яковенко, К.П. Вонсевич, І.Є. Гребень "Метод виділення ітерацій пульсових хвиль фотоплетизмограми для біометричної ідентифікації", Наукові вісті КПІ : міжнародний науковотехнічний журнал, No 3(2020), С. 73–78, 2020. DOI: 10.20535/kpi-sn.2020.3.209881
- [3] Бурковський Є.О., аналітичний метод розрахунку сигналу фотоплетизмограми для біометричної системи ідентифікації. Є.О. Бурковський-2021 //XVI Міжнародна наукова-технічна конференція «XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність Інженерних рішень у приладобудуванні».-К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021.-С.287-290.
- [4] Samuel Huthart Advancing PPG Signal Quality and Know-How Through Knowledge Translation—From Experts to Student and Researcher // Front. Digit. Health – 2020 [0]

Наук. керівник – доцент, к.т.н. Безугла Н.В.

УДК 535.2:616-7

В. О. Чорний, студент гр. ПБ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТІВ СВІТЛОРозСІЯННЯ ЕПІДЕРМІСОМ ТА ДЕРМОЮ ЛЮДИНИ МЕТОДАМИ ПРОСТОРОВОЇ ФОТОМЕТРІЇ НАЗВА

Анотація. У представленій роботі здійснено порівняльний аналіз світлорозсіяння методами просторової фотометрії різних шарів шкіри людини, зокрема епідермісу та дерми. У результаті проведеного моделювання поширення світла методом Монте-Карло у фотометричній системі з еліпсоїдальними рефлекторами та за методом просторової фотометрії за перетинами отримані фотометричні зображення та індикатриса розсіяння. Представлено й проведені паралелі щодо впливу фактору анізотропії розсіяння різних шарів шкіри людини

Ключові слова: фактор анізотропії розсіяння, еліпсоїдальний рефлектор, просторова фотометрія за перетинами, епідерміс, дерма, фотометричні зображення, індикатриса розсіювання, метод Монте-Карло.

ВСТУП

Отримання нових даних щодо взаємодії лазерного випромінювання з біологічним середовищем дозволяє краще зрозуміти особливості впливу фотонів, які відбиваються, проникають або розсіюються у біологічній структурі шкіри людини. Шкіра – це частково напівпрозоре середовище, що з позицій оптики подібне до різних світлорозсіювальних природних або штучних матеріалів. Вона формує важливу візуальну інформацію при взаємодії зі світлом [1, 2]. Але є складність отримання діагностично-корисної інформації, враховуючи будову, структуру шкіри та її компонентів при точному визначенні оптичних характеристик.

Однією з отриманих просторових візуалізацій світлорозсіяння в біологічних середовищах є фотометричні зображення. Їх можна отримати, використовуючи метод фотометрії еліпсоїдальними рефлекторами; вони характеризують просторовий розподіл дифузних та колімованих світлових потоків. Яскравим зонам фотометричних зображень (зовнішнє та середнє кільце, а також внутрішнє коло) [3] властива своя кількість яскравих пікселів, яку варто враховувати для порівняння зображень, сформованих при різних умовах модельного або реального експериментів.

Рівномірно розподілений в просторі падаючий промінь створює ще одну оптичну характеристику шкіри – індикатрису розсіяння або інша назва розсіяння Релея [4]. Для аналізу при моделюванні проявляється у вигляді так званих відкритих пелюсток розсіяння. Варто зауважити, що Релеївське розсіяння є межею Релея для розсіювання Мі на частинках. На розсіяння Мі впливають довжина падаючого променя, форма (діаметр) та показник заломлення середовища в яке проходить світло [5].

МЕТА РОБОТИ

Метою даного дослідження є здійснення порівняльного аналізу та виявлення особливостей ефектів світлорозсіяння епідермісом та дермою людини для однакових значень фактору анізотропії розсіяння та оптичної товщини зразків в умовах *in silico* використовуючи методи просторової фотометрії за перетинами та фотометрії еліпсоїдальними рефлекторами.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Коректне модельне порівняння ефектів світлорозсіяння, що характеризується набором індивідуальних оптичних властивостей поглинання, розсіяння та рефракції, дозволить на підставі використання методу Монте-Карло поширення оптичного випромінювання в шарах шкіри людини, отримати характерні набори просторових даних у відбитому та пропущеному світлі. З огляду на задачу наглядної візуалізації результатів моделювання було обрано наступні оптичні властивості для значень фактору анізотропії розсіяння $g = 0.79$ та 0.82 епідермісу та дерми, де: показник заломлення – $n = 1.34$ та 1.39 , коефіцієнт поглинання – $\mu_a = 0.15$ та 0.075 (см^{-1}), коефіцієнт розсіяння – $\mu_s = 45$ та 20 (см^{-1}), відповідно, оптична товщина зразків – $d = 0.07$ (см) [5].

Для симуляції в умовах *in silico* було використано програмне забезпечення VT_Mod [3], що дозволяє здійснювати моделювання поширення світла в одно- та багатошарових біологічних тканинах з обумовленим набором оптичних властивостей для різного профілю падаючого лазерного пучка обраної довжини хвилі. Вихідні дані представляють собою набір даних, що містять координати виходу фотонів з верхньої та нижньої межі біологічного середовища, їх направляючі косинуси, а також статистична вага. Ці параметри є початковим масивом даних для симуляції роботи фото-приймальної системи за одним з методів.

На підставі програмної реалізації методом просторової фотометрії за перетинами [3, 6] було отримано усереднені за трьома перетинами індикатриси розсіяння шарів шкіри людини для двох значень величини фактору анізотропії $g = 0.79$ та $g = 0.82$ (рис. 1).

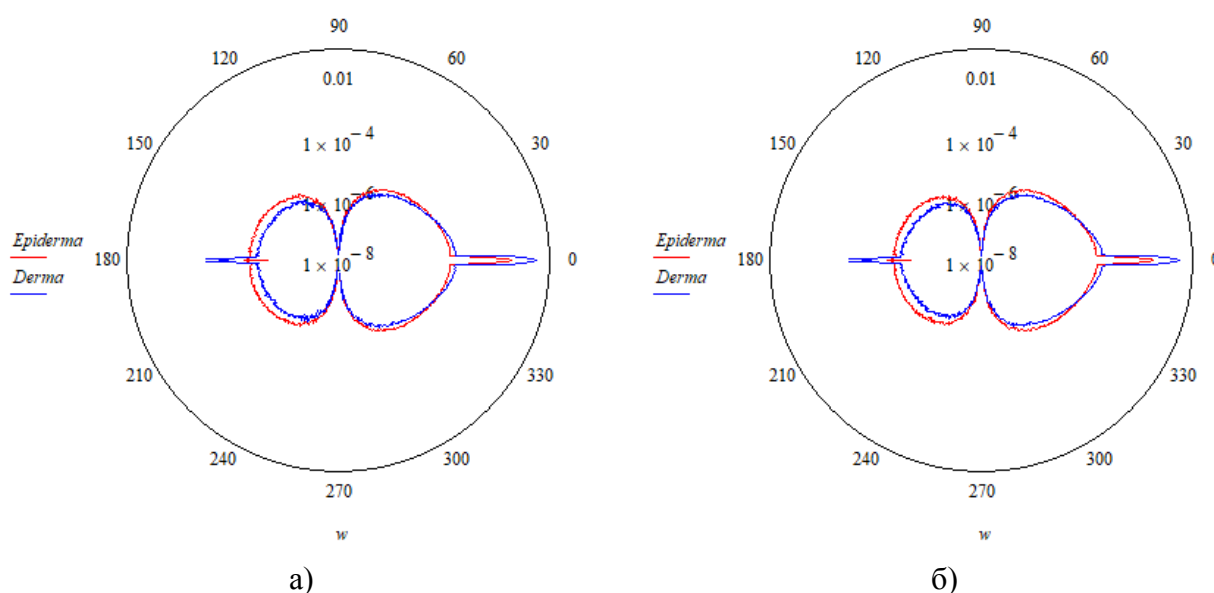


Рисунок 1. Індикатриси розсіяння зразками епідермісу (червона лінія) та дерми (синя лінія) людини товщиною 0.07 см для значень фактору анізотропії 0.79 (а) та 0.82 (б), відповідно

З рис. 1 видно, що характер індикатрис розсіяння епідермісу та дерми однакової товщини проявляється практично однаково для двох значень фактору анізотропії, що підтверджується у роботі авторів [7]. При цьому абсолютні величини дифузного та колімованого відбиття майже однакові, натомість

абсолютні значення і колімованого і дифузного пропускання більші для більшої величини фактору анізотропії розсіювання.

Додаючи у процес моделювання поширення оптичного випромінювання в біологічному середовищі приймально-реєструючу систему, що складається з пари еліпсоїдів обертання, пари узгоджувальних оптичних систем та пари ПЗЗ приймачів [3, 6] отримано серію фотометричних зображень у відбитому та пропущеному світлі, показано на рис.2.

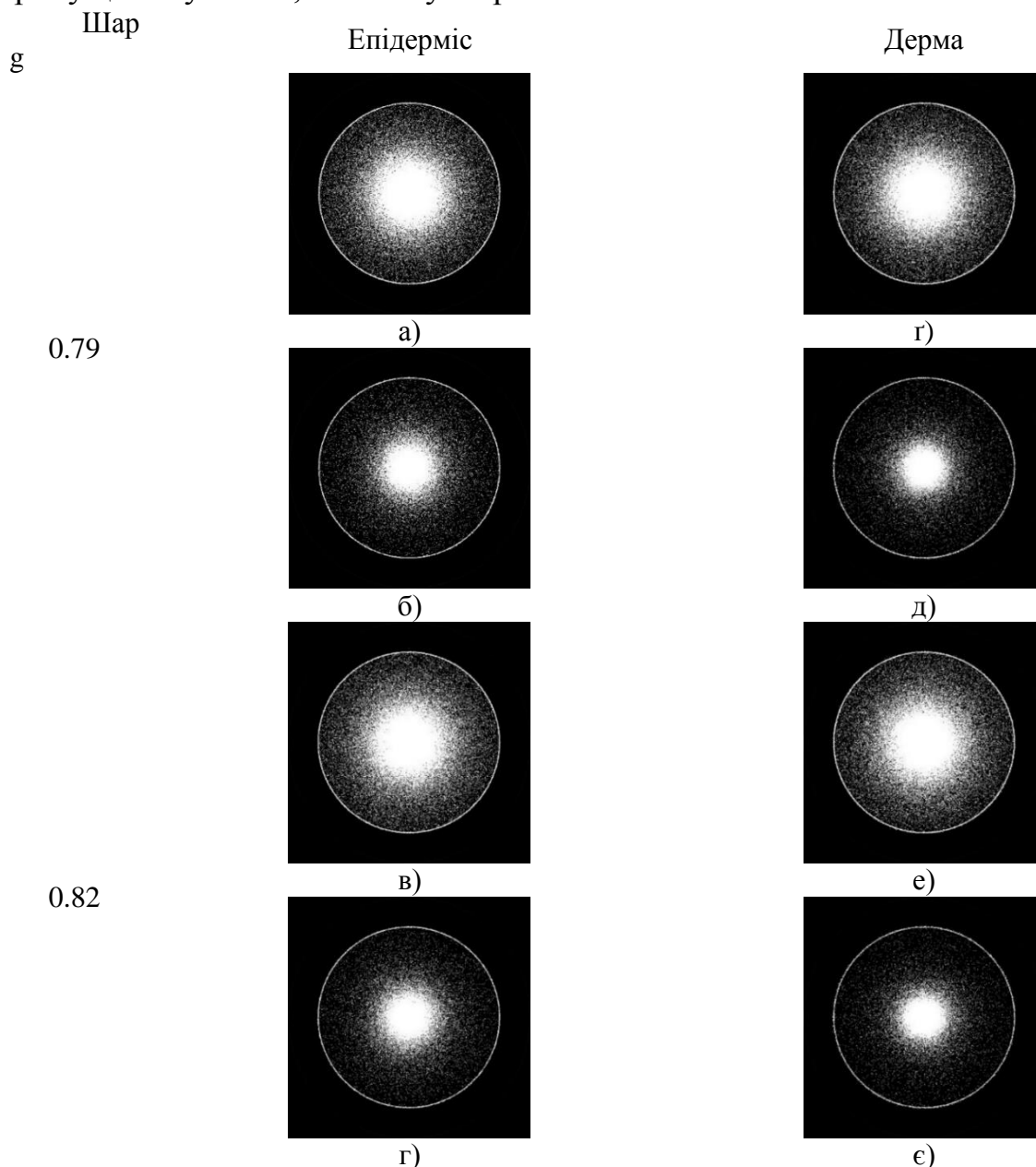


Рисунок 2. Фотометричні зображення світлорозсіювання зразками епідермісу (а – г) та дерми (г – е) людини товщиною 0.07 см для значень фактору анізотропії 0.79 (а, б, г, д) та 0.82 (в, г, е, е), відповідно

Порівнюючи фотометричні зображення світлорозсіювання в фото-приймальних площинах для епідермісу та дерми (рис. 2.а та рис. 2.г), де анізотропія розсіювання рівна 0.79, спостерігаємо, що відмінності в освітленості зовнішнього кільця у шарах не візуалізується. Освітленість середнього кільця для епідермісу має на невелику кількість яскравих пікселів більше ніж у дерми.

Радіус внутрішнього кола, що відповідає колімованому потоку, для епідермісу є більшим ніж у дерми. Аналогічну тенденцію можна спостерігати і у фотометричних зображеннях верхньої та нижньої фокальної площини еліпсоїдальних рефлекторів для фактору анізотропії, рівному 0.82. Варто зауважити, що кількість яскравих пікселів середнього кільця у відбитому світлі для дерми практично в два рази менше ніж у епідермі.

Аналізуючи наведене вище можна відзначити тенденцію більшої освітленості в шарі епідермісу в порівнянні з дермою, що пояснюється більшими значеннями коефіцієнту розсіяння.

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз ефектів світлорозсіяння у різних шарах шкіри людини за допомогою методів просторової фотометрії (фотометрії еліпсоїдальними рефлекторами та просторової фотометрії за перетинами) при Монте-Карло симуляції поширення оптичного випромінювання на довжині хвилі 632.8 нм. Аналіз, здійснений на основі якісної та кількісної оцінки індикатрис розсіяння та фотометричних зображень у розсіяному в прямому та зворотному напрямках світлі, показав особливості та відносний рівень дифузних та колімованих складових для двох величин фактору анізотропії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Zorica Gajinov, Milan Matic, Sonja Prčić and Verica Đuran "Optical properties of the human skin", Serbian Journal of Dermatology and Venerology, volume 17, issue 3, pp. 131-136, 2010.
- [2] Tom Lister, Philip A. Wright, Paul H. Chappell "Optical properties of human skin", Journal of Biomedical Optics, volume 17, issue 9, 2012.
- [3] М. О. Безуглий, Н. В. Безугла, Еліпсоїдальні рефлектори для фотометрії світлорозсіяння біологічними середовищами: монографія. Київ, Україна: Політехніка, 2020.
- [4] R. Rox Anderson and John A. Parrish "The Optics of Human Skin", Journal of Investigative Dermatology, volume 77, issue 1, pp. 13-19, 1981.
- [5] Iyad S. Saidi, Steven L. Jacques and Frank K. Tittel "Mie and Rayleigh modeling of visible-light scattering in neonatal skin", Applied Optics, volume 34, issue 31, pp. 7410, 1995.
- [6] Безугла Н. В., Полуектов С. О., Чорний В. О. та Безуглий М. О. "Монте-Карло симуляція світлорозсіяння шарами шкіри людини методами просторової фотометрії", Вісник КПІ. Серія Приладобудування: збірник наукових праць, Вип. 61(1), с. 91-100, 2021.
- [7] Haponiuk A., Bezugla N., Vonsevych K., Bezuglyi M., Zilgaraeva A., Kisala P., Luganskaya S. and Orazalieva S. "Blood glucose analysis by Raman spectrophotometer with ellipsoidal reflector", Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2021, Poland, Warsaw – 2021.

Наук. керівник – д.т.н., професор Безуглий М.О.

Секція 8.

Міжнародне науково-технічне співробітництво в приладобудуванні в умовах індустрії 4.0

УДК 001.895:621

*С. В. Войтко, завідувач кафедри міжнародної економіки, д.е.н., професор
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

НАУКОМІСТКІСТЬ І ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ПРИЛАДОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА В ІНДУСТРІЇ 4.0

Анотація. Класифіковано ознаки належності галузі до наукомістких. Наведено особливості науково-технічного прогресу у приладобудуванні. Обґрунтовано поняття «інтегральний термін створення наукомісткої продукції». Запропоновано чинники оцінювання рівня наукомісткості галузі приладобудування. Пояснено термін «величина технологічного розриву». Наведено перелік пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки на законодавчому рівні.

Ключові слова: наукомісткість, високо технологічність, приладобудування, Індустрія 4.0.

ВСТУП

До наукомістких належать ті галузі, що характеризуються передовим у науково-технічному відношенні виробництвом технічно передової продукції, високоосвіченим кадровим потенціалом, значними фінансовими витратами на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (НДДКР, англ. R&D – Research and Development). Відповідно, фахівці наукомістких галузей здійснюють розроблення і виготовлення наукомісткої продукції. Зауважимо, що весь спектр продукції та комплектуючих до неї у кожній конкретній галузі повною мірою наукомістким бути не може. Це тому, що будь-який виріб складається з деталей, які виготовляються різними методами, як класичними, так і новітніми. Зазначене повною мірою стосується приладобудування. Основною цією роботи є напрацювання автора для підготовки другого видання підручника [1].

ОСОБЛИВОСТІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПРОГРЕСУ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Характерною рисою наукомістких приладобудівних виробництв є кількісні стрибкоподібні зміни в технології. Це спричиняється стрімким переходом від попереднього до наступних покоління техніки. При цьому залишається тривалим процес створення наукомісткої продукції приладобудування. Стрибкоподібні зміни спостерігалися при переході від аналогового оброблення сигналів до цифрового, а також перехід від локального зберігання даних на пристроях обробки даних до використання хмарних сховищ для цього.

Науково-технічний прогрес – це тривалий процес у часі, результатами якого є низка винаходів, які виникають в окремі моменти та згодом комерціалізуються. До цих моментів часу проводиться тривала наукова та експериментальна робота, під час якої накопичуються знання, критична «маса» яких може призвести до виникнення новітніх технологій. Отже, поняття «інтегрального терміну створення наукомісткої продукції» означає накопичення і наукова обробка існуючих знань, синтез нового знання та його комерціалізація у вигляді наукомісткої продукції. Для прикладу, оптична, лазерна техніка має досить широке застосування у приладобудуванні для передачі значних обсягів даних за допомогою оптоволокна. Для цього використані знання з лазерного випромінювання (винайдено в 1960 році) та оптоволокна, яке для передачі даних було запропоновано у 1963 році.

ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ НАУКОМІСТКОСТІ ГАЛУЗІ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

Рівень наукомісткості галузі визначається здебільш такими чинниками:

- темп розвитку технології галузі;
- обсяги капіталовкладень у R&D у галузі;
- частка працівників галузі з вищою освітою;
- рівень інноваційного розвитку галузі;
- середня тривалість існування технології у галузі.

Зазначимо, що цей рівень можливо визначити лише на конкретний час і тільки відносно рівнів інших наукомістких сфер. Для цього необхідна база порівняння і перелік об'єктивних даних. З плином часу рівень змінюється. Зазвичай, знижуються, адже з'являються нові технології, які потребують значних витрат на наукові дослідження. Окремі положення запропоновані в [2].

Умовне графічне зображення зміни рівня наукомісткості у часі розміщено на рис. 1.

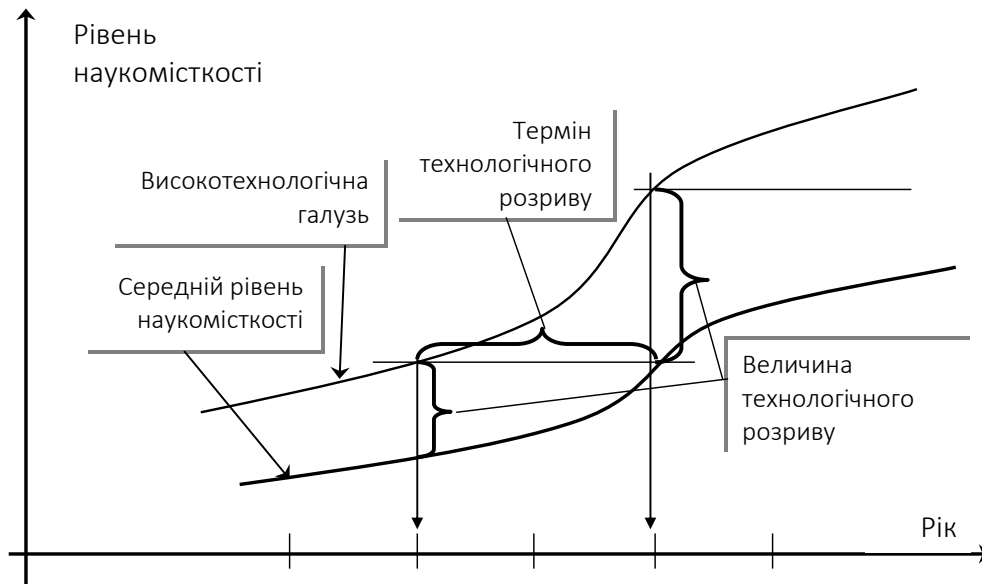


Рис. 1. Варіанти зміни відносного рівня науко місткості

Візуально ми маємо S-подібну форму кривої. Така форма пояснюється таким:

– початок формування нової технології приладобудування характеризується значним рівнем ризику інвестування у новітню ідею і ця технологія повільно розвивається;

– додаткове інвестування венчурного капіталу можливе при позитивних фінансових результатах розвитку технології приладобудування, при успішній комерціалізації, що пришвидшує розвиток (окремі положення запропоновані авторами в [3]);

– отримання значної фінансової вигоди може призупинити інвестування, адже інвесторам необхідно окупити свої витрати, що уповільнює розвиток технології приладобудування.

Якщо значення індексу знаходиться вище кривої середнього рівня наукомісткості, то така технологія вважається наукомісткою. З часом науково-технічний прогрес сприяє зростанню середнього рівня наукомісткості. Можлива

ситуація, при якій рівень наукомісткості технології дорівнює значенню наукомісткості середнього рівня. Цей проміжок часу називається терміном «тривалість технологічного розриву». Тобто, це проміжок часу, який необхідний для того, щоб певна технологія стала пересічною, звичною для суспільства.

Ще одним терміном є «величина технологічного розриву». Ця величина визначається різницею між значенням індексу наукомісткості тієї технології, що розглядається, та значенням середньосвітового рівня цього індексу у конкретний момент часу. Наведений проміжок часу показує те, наскільки технологія випереджає середнє значення індексу наукомісткості на сьогодні.

Приймаючи середній рівень індексу наукомісткості за одиницю та порівнюючи його з індексами сфер діяльності, ми можемо оцінити рівні цих наукомісткості сфер. Розрахунок можна здійснювати як для галузі, так і для конкретного приладобудівного підприємства. До речі, визначення цієї частки доцільно проводити лише за кількістю працівників, які безпосередньо зайняті в основній діяльності. Проте, у якості дискусії, варто зазначити, що рівень корпоративної культури підприємства визначається загальною кількістю фахівців з вищою освітою.

ВИСНОВКИ

Виявлення належності певної сфери діяльності до наукомістких сфер чи високих технологій залежить від багатьох чинників. Серед них є визнання державою на законодавчому рівні технологій наукомісткими чи високо-технологічними. Окремі напрями визначаються на законодавчому рівні. Так, у Законі України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» визначені на період до 2022 року пріоритетними напрями включно такі: 1) фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави; 2) інформаційні та комунікаційні технології; 3) енергетика та енергоефективність; 4) раціональне природокористування; 5) науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань; 6) нові речовини і матеріали.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Войтко С. В. Управління проектами та стартапами в Індустрії 4.0 : підручник / С. В. Войтко. – Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2019. – 200 с.
- [2] Федулова Л. І. Методологічні підходи до оцінки технологічного рівня промислового виробництва / Л. І. Федулова // Наука та інновації. — 2008. — Т. 4, № 4. – С. 65–84.
- [3] Чех Л. М. Комерціалізація продукції наукомістких виробництв України на міжнародних ринках / Л. М. Чех, С. В. Войтко // Економічний аналіз: зб. наук. праць, 2020. – Том 30. – № 4. – С. 101–108.
- [4] Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки : Закон України. Редакція від 08.06.2022р. за № 2623-III

УДК 336.6.:620.91:504.062

О.С. Руш, студентка гр. УС-зІІмп, к.е.н., доцент Глущенко Я.І.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ В ПОСТВОЄННИЙ ПЕРІОД

Анотація. У статті розглянуто особливості розвитку альтернативних джерел енергії в Україні у поствоєнний період. Висвітлено пріоритетні напрями розвитку енергетичного сектору та інфраструктури країни, зокрема у сфері альтернативних джерел енергії. Вказано на основні проблеми розвитку альтернативних джерел енергії на вітчизняному енергетичному ринку та шляхи їх вирішення. Акцентовано увагу на тому, що міжнародне співробітництво України та Євросоюзу у сфері альтернативних джерел енергії є стратегічно важливим напрямом розвитку енергетики для обох сторін.

Ключові слова: альтернативні джерела енергії, залучення інвестицій, енергосистема ЄС, міжнародне співробітництво, поствоєнний період, енергетична безпека.

ВСТУП

В сучасних умовах розвитку світової економіки, альтернативна енергетика дедалі більше набуває ознак однієї із ключових галузей. Ефективне використання відновлюваних джерел енергії є реальною конкурентною перевагою для країн, що розвивають напрям альтернативної енергетики на мікро- та макрорівнях.

Задля збалансованого розвитку ринку альтернативних джерел енергії в Україні, слід визначити пріоритетні напрями розвитку на майбутній період, зокрема трансформування моделі енергетичного ринку, оптимізація структури загального постачання первинної енергії з акцентом на відновлювані джерела енергії та альтернативне паливо, а також нарощування потенціалу ВДЕ, з подальшою модернізацією основних виробничих потужностей. Не менш важливим напрямом розвитку ВДЕ в Україні є інтеграція вітчизняної енергосистеми із енергосистемою Європейського Союзу ENTSO-E.

Таким чином, виникає потреба у розробці стратегії поствоєнного відновлення країни, зокрема відновлення енергетичного сектору із збільшенням частки ВДЕ у загальному первинному постачанні енергоресурсів.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Дослідження питань розвитку альтернативних джерел енергії є особливо актуальним для України, що пов'язано з високою енергетичною залежністю, у порівнянні з розвиненими країнами, а в контексті післявоєнної відбудови країни, є ключовим гарантом національної безпеки у сфері енергетики. Україна активно розвиває та налагоджує міжнародне співробітництво у сферах енергоефективності та розвитку альтернативних джерел енергії, а нині й гостро постає питання відновлення енергетичної системи країни у поствоєнний період.

МЕТОДОЛОГІЯ

Для проведення дослідження використано такі методи: аналіз, синтез, спостереження, пояснення та узагальнення.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Прогнози подальшого розвитку енергетичного сектору України, які описані в енергетичній стратегії України до 2035 року [1], передбачають нарощування частки виробництва електроенергії з використанням всіх видів ВДЕ, що має стати одним із головних гарантів енергетичної та екологічної безпеки країни.

За оцінками уряду, витрати на відновлення зруйнованих міст та досягнення економічних цілей до 2032 року становитимуть 750 млрд. дол. США, а за останніми оцінками Світового банку [2] та Європейської комісії [3], вартість реконструкції становитиме близько 350 млрд. дол. США. Стратегічно важливою складовою відновлення країни у поствоєнний період є енергетичний сектор та інфраструктура України.

Прямі атаки на енергетичну інфраструктуру України та скорочення поставок газу до ЄС, лише підкреслюють необхідність створення стійкої енергетичної інфраструктури, безпечного енергопостачання та налагодження міжнародного співробітництва – як у Європі, так і в Україні. Розвиток міжнародного співробітництва України у сферах енергоефективності та розвитку альтернативних джерел енергії є шляхом до забезпечення енергетичної незалежності країни та більшої інтеграції з ЄС.

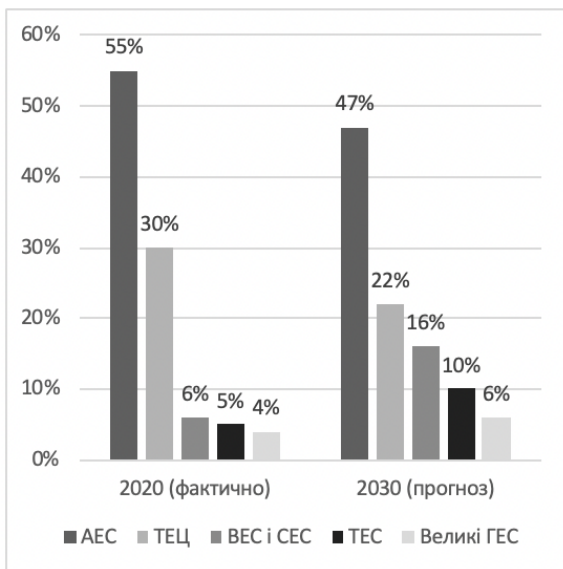


Рис. 1 Розподіл структури виробництва електроенергії в Україні за 2020 р. та прогноз на 2030р.

Згідно з Енергетичною стратегією України на період до 2030 р., частка ВДЕ в енергетичному балансі України має становити 27% до 2030 р., в тому числі в електроенергетиці – 25%, опаленні та охолодженні – 35%, транспорті – 14% [1].

У 2020 році, за даними Державної служби статистики України, структура загального первинного постачання енергоресурсів (ЗПРЕ) характеризувалася високою часткою природного газу 27,5 % (23, 8 млн т н.е.) [4].

Частка вугілля і торфу становила 26,4% (22,8 млн. т н.е.); атомної енергетики – 23,1 % (19,9 млн. т н.е.); сирової нафти та нафтопродуктів – 16,4% (14,2 млн. т н.е.); біомаси (біомаса, паливо та відходи) – 4,9%

(4,2 млн. т н.е.); ГЕС – 0,7 % (0,6 млн. т н.е.); ВЕС і СЕС разом – 0,9% (0,79 млн. т н.е.). Сумарна частка всіх ВДЕ становила 5,6 млн. т н.е., або лише 6,5%. Однак, за останні роки Україні вдалось досягнути понад 11% частки ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні.

На міжнародній конференції з питань відновлення України [5], у липні 2022 року, було оприлюднено цілі щодо збільшення додаткових 5-10 ГВт потужностей ВДЕ протягом наступних 10 років. Однак, досягнення таких цілей як в короткостроковій, так і в довгостроковій перспективах, потребує вирішення низки проблем.

По-перше, більшість територій з високим потенціалом вітрової та сонячної джерел енергії знаходяться на тимчасово окупованих територіях. Так, за даними Світового банку, найвищий потенціал сонячної енергетики мають такі регіони України, як АР Крим та Донбас, а більше половини від всіх потужностей генерації ВДЕ в Україні розташовані в п'яти південних областях: Одеській, Запорізькій, Миколаївській, Херсонській та Дніпровській.

По-друге, досягнення цілі потребує залучення значних інвестицій у сферу альтернативних джерел енергії. За оцінками експертів, встановлення 5-10 ГВт додаткових потужностей об'єктів ВДЕ коштуватиме близько 10 млрд. дол. США, без урахування витрат на відновлення енергетичного сектору в поствоєнний період [6].

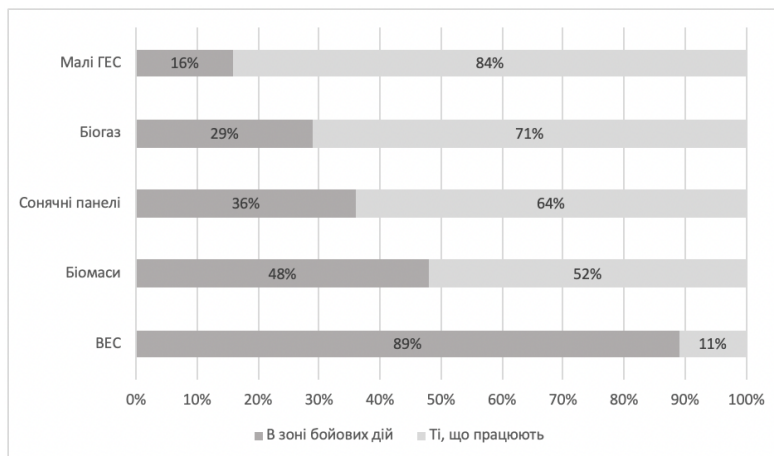


Рис. 2. Частка ВДЕ потужностей в Україні, розташованих в зоні бойових дій станом на березень 2022 року

Таким чином, існує необхідність у розробці державної політики створення прозорої системи підтримки для залучення інвестицій.

Запровадження «зеленого» тарифу стало ключовим механізмом підтримки сектору ВДЕ та своєрідним захистом інвестицій приватних інвесторів від валютних ризиків [7]. Однак, швидке розширення потужностей ВДЕ, після введення «зеленого» тарифу, дещо ускладнило здатність уряду підтримувати схему підтримки «зелених тарифів», що призвело до їх зниження.

Наразі відбувається пошук нових механізмів стимулювання розвитку альтернативної енергетики в умовах війни та в поствоєнний період. Уряд розглядає можливість переходу від «зеленого» тарифу до механізму «feed-in», який передбачає вихід виробників ВДЕ на ринок та отримання певної надбавки до ринкової вартості згенерованої електроенергії на базі ВДЕ.

ВИСНОВОК

За результатами проведеного дослідження, зроблено висновок, що розвиток альтернативних джерел енергії в Україні є рушійною силою на шляху до енергетичної незалежності країни та гарантом енергетичної безпеки. Пріоритетними напрямками розвитку ВДЕ в Україні стануть розширення потужностей ВДЕ, з можливістю подальшого експорту та підключення до європейської енергомережі.

Визначено, що розвиток міжнародного співробітництва України та ЄС у сфері альтернативних джерел енергії, є стратегічно важливим напрямом розвитку енергетичного сектору як для ЄС, так і для України, особливо у процесі відбудови країни у поствоєнний період. Крім того, збільшення відновлюваної та експортної потужності сприятиме економічній і безпековій інтеграції України з

ЄС, а також повністю обмежить здатність росії маніпулювати енергетичним сектором країни.

Розвиток ВДЕ в Україні та реконструкція енергетичного сектору потребують значних інвестицій, тому виникає необхідність у розробці міцної державної політики підтримки інвесторів, а також забезпечення повного захисту інвестицій, тобто якнайшвидше закінчення війни та звільнення всіх тимчасово окупованих територій України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Енергетична стратегія України на період до 2030 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13#Text>
- [2] Світовий банк. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.worldbank.org/en/home>
- [3] Європейська комісія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://ec.europa.eu/info/index_en
- [4] Державна служба статистики України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ukrstat.gov.ua>
- [5] Міжнародна конференція з питань відновлення України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.irc2022.com>
- [6] Український центр економічних та політичних досліджень ім. О. Разумкова. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>
- [7] Верховна рада України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/index>