МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕНЕДЖМЕНТУ І МАРКЕТИНГУ

XVII Всеукраїнська 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 2021

УДК 621:537

Загальною метою конференції є спілкування студентів та аспірантів з питань ефективності перспективних розробок, нових рішень в приладобудуванні. Збірка містить 90 статей 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 №10/21 від 22.11.2021 р.).

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

Збірник праць XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні", 07-08 грудня 2021 р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – 364 с.

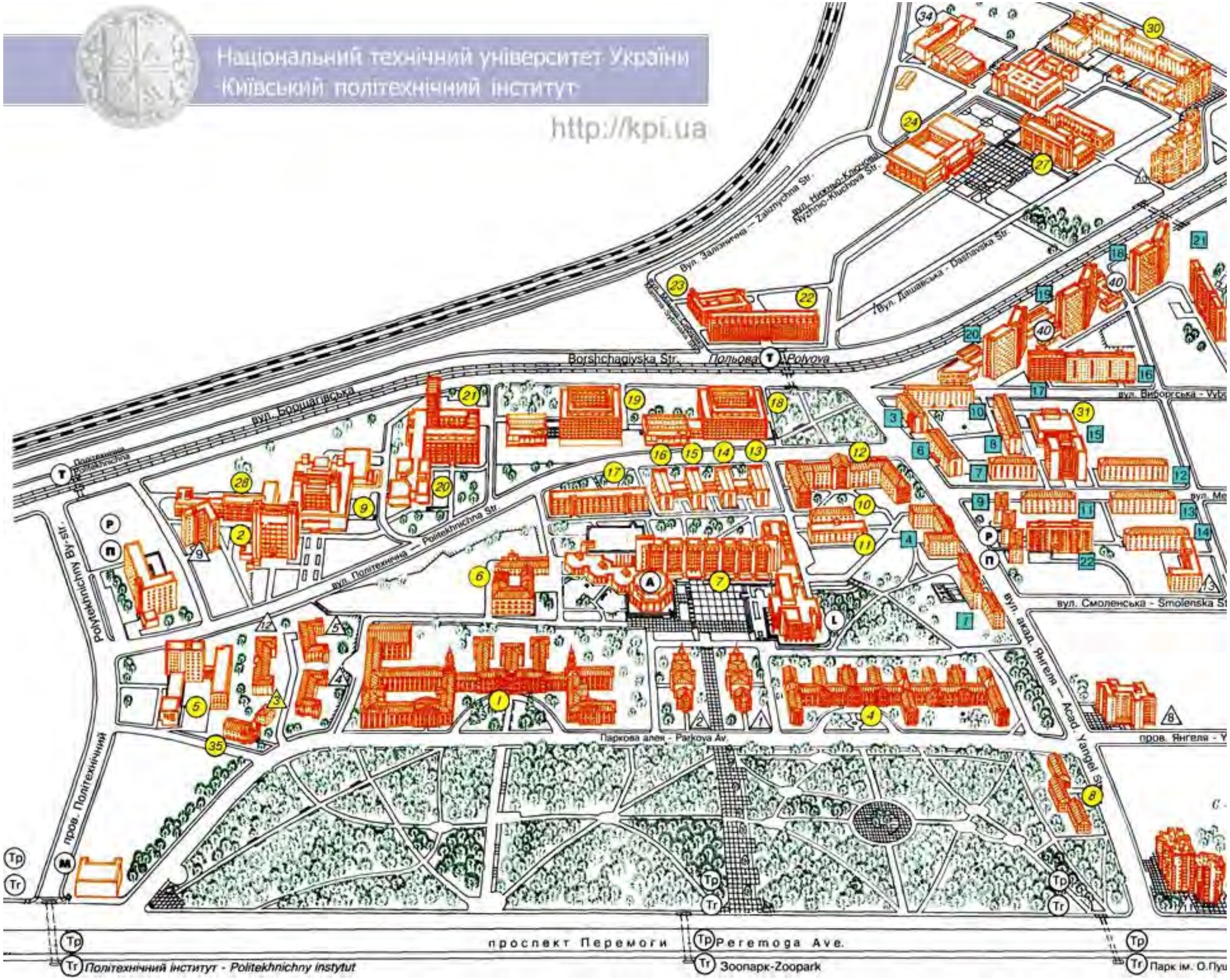
Видано на замовлення Приладобудівного факультету Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

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. Антонюк Віктор Степанович — д. т. н., проф., в.о. зав. кафедри ВП
5. Бурау Надія Іванівна — д.т.н., проф., в.о. зав. кафедри КІОНС
6. Колобродов Валентин Георгійович — д.т.н., проф. кафедри КІОНС
7. Киричук Юрій Володимирович — д.т.н., проф., в.о. 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. Булавко Н.О. — студент ПБФ, заст. голови комітету, секція №5.
3. Платов І.М. — студент ПБФ, секція №1.
4. Голик В.О. — студентка ПБФ, секція №2.
5. Матошин О.В. — студент ПБФ, секція №3.
6. Некрасова О.О. — студентка ПБФ, секція №4.
7. Акуленко О.С. — студент ПБФ, секція №6.
8. Баталія Б.О. — студент ПБФ, секція №7.
9. Роспопчук Т.М. — студентка ФММ, секція №8



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
http://kpi.ua
Borshchagivska Str.
Польова
Polyova
вул. Борщагівська
вул. Залізнична - Zaliznychna Str.
вул. Дашавська - Dashavska Str.
вул. Політехнічна - Politekhnichna Str.
Polytekhnichny By-str.
пров. Політехнічний
Паркова алея - Parkova Av.
вул. акад. Янгеля - Acad. Yangel St
пров. Янгеля
вул. Смоленська - Smolenska St
вул. Виборська
проспект Перемоги
Peremoga Ave.
Політехнічний інститут - Politekhnichny instytut
Зоопарк-Zoopark

З М І С Т

Секція 1. Ефективність комп'ютерно-інтегрованих систем керування, навігації та моніторингу

І.В. Білорусець студент гр. ПГ-з01мп к.т.н., доцент Півторак Д.О.
СИСТЕМА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ 14

А.О. Дорошенко, студент гр ПГ-01мп
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ У АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМАХ ПРОГНОЗУВАННЯ 18

А.О. Дорошенко, студент гр ПГ-01мп
ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ МЕТОДАМИ НЕЙРОНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ 22

О.Г. Кобиляшний, студент гр. ПА-01мп, проф. Туз Ю.М., асист. Вдовиченко А.В.
ОБРОБКА ВИХІДНИХ СИГНАЛІВ АКСЕЛЕРОМЕТРУ ДЛЯ ВІБРОДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ 26

В.В. Накорик, студент гр. ПГ-81, к.т.н., доц. Цибульник С.О.
ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНСЬКОЇ АНТАРКТИЧНОЇ СТАНЦІЇ АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ 29

Секція 2. Економіка виробництва і використання оптичних та оптико-електронних приладів і систем

М. С. Білик, студент гр. ПО-11мп, к. т. н., доц. Кучеренко О. К.
ПРИСТРІЙ ВІДХИЛЕННЯ ЛАЗЕРНОГО ПРОМЕНЮ ДЛЯ ЛАЗЕРНО-ПРОМЕНЕВОЇ НАПІВАВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ РАКЕТ 34

Є.О. Васильчук, студент гр. ПО-11мп, д.т.н., проф. Микитенко В.І.
ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ЗАСОБИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ 38

І.В. Горжий, студент гр. ПМ-01мп, О.М. Безвесільна, проф.
СПОСОБИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВІДЕОКАМЕРИ 42

А.І. Доцик, студент гр. ПО-01мп, д.т.н., проф. Колобродов В.Г.
АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ ПОЛЯРИЗАТОРІВ ІЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ 46

Д.В. Корнєв, студент гр. ПГ-11мп, д.т.н., проф. Микитенко В.І.
ПОШУК ПЕРСПЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ 49

С. М. Маслова, студентка гр. ПО-81мп
РИНОК ТЕПЛОВІЗОРІВ В УКРАЇНІ 53

В.С. Стаднічук, аспірант гр. ПА-01ф, проф., д.т.н. Колобродов В.Г., асистент Кондратенко Д.Ю.
ШЛЯХИ СТВОРЕННЯ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ В УКРАЇНІ 57

Секція 3. Ефективність автоматизованих виробничих систем і технологій приладобудування

К.О. Бевз, студентка гр. ПБ-01мп
АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ДОМАШНІХ ТВАРИН 62

О.І. Бельман, студент гр. ПБ-01мп, к.т.н., доц. Стельмах Н.В.
РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ 66

М.Ю. Владіміров, студент гр. ПБ-71, к.т.н., доц. Клочко Т.Р.
ПРИНЦИПОВА І СТРУКТУРНА СХЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СТРІЧКИ У ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ПРОКАТКОЮ 70

О.О. Глущенко, студент гр. ФМ-п91, к.т.н., Є.В. Іващенко
ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ CR ТА AL ДЛЯ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ ХВГ 73

М.С. Друзєв, студент гр. ПБ-01мп
КОНТРОЛЬ 3Д-ДРУКОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА МАШИННОГО ЗОРУ 77

І.О. Здовбицький, студент гр. ПБ-01мп
РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИХІДНИХ ПАРАМЕНТІВ КОМПРЕСОРА 80

І.М. Козюк, студентка гр. ФМ-91, к.ф.-м.н., Н.О. Балахонова
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОНОГРАМ ТОНКИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ МЕТАЛЕВИХ ПЛІВОК 84

О.К. Крутько, студент гр. ПБ-з01мп
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ 88

І.Б. Лупина, студент гр. ПБ-01мп
ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКТУЮЧИХ І ЗАСТОСОВУВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ МЕТАЛООБРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ 91

С.О. Мандровська, студентка гр. ПБ-81
ОГЛЯД, АНАЛІЗ І ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ. ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ В СКЛАДІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ 95

О.В. Матошин, студент гр. ПБ-81, к.т.н., доц. Шевченко В.В.
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИДАЛЕННЯ ВІДХОДІВ В УМОВАХ «БЕЗЛЮДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ» 99

Bogdan Melnychuk, student gr. PB-81, Oleksandr Matoshyn, student gr. PB-81, Assoc. Prof. Vadym Shevchenko
THREE-PARAMETER SYSTEM FOR MONITORING THE WEAR OF CUTTING TOOLS ON CNC MACHINES IN AUTOMATED PRODUCTION CONDITIONS 103

Д.М. Проскуренко, студент гр. ПБ-01мп
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВУЗЛІВ ВИРОБУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПРОЕКТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В 3Д-МОДЕЛЯХ 107

О.Л. Балякіна, студентка гр. ПБ-11мп, К.А. Романенко, студент гр. ПБ-11мп
МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ ДЕТАЛІ 111

О.А. Соколова, студентка гр. ПБ-01мн
ДО ПИТАННЯ ЗЛИТТЯ МУЛЬТИСЕНСОРНИХ ДАНИХ 115

О.В. Третяк, студентка гр. ПБ-01мп
МОДЕЛЮВАННЯ НЕПЛАНАРНИХ ШАРІВ ВИРОБУ ПРИ 3D-ДРУЦІ 119

В.А. Яригін, студент гр. ПБ-01мн, к.т.н., доц. Вислоух С.П.
ПРО ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ, ЩО ОТРИМАНІ FDM ДРУКОМ 122

А.Б. Ємець, студентка гр. ПБ-з01мп, к.т.н., доц. Барандич К.С., к.т.н., доц. Гладський М.М.
РЕІНЖИНІРИНГ ДЕТАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ . 126

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

В. В. Василюк, студент гр. ПМ-01мп
ОДНОПРОМЕНЕВІ УЛЬТРАЗВУКОВІ ВИТРАТОМІРИ 132

А. П. Гладишко, студент г. ПМ-01мп, ст. викладач Зайцев В. М.
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ ВІДНОСНИХ ДЕФОРМАЦІЙ 136

Є. О. Захаров, студент гр. ПМ-01мп, к.т.н., доц. Нечай С. О.
ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ГАБАРИТІВ ФОТОКАМЕР 140

К. М. Івасюк, студентка гр. ПМ-81, ас. Назаренко Н. М.
УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ФРУКТІВ 144

К. В. Крушинських, студент гр ПМ-01мп, професор Гераїмчук М. Д.
СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ТРІЩИН 147

Ю.В. Кучеренко, студентка гр. ПМ-01мп
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ 151

А.М. Мельник, студентка гр. ПМ-01мп.
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВИХРОВОГО ВИТРАТОМІРА 155

Я.Є. Морозов, студент гр. ПМ-11мп, к.т.н., асис. Котляр С.С.
ВИКОРИСТАННЯ ІНКЛІНОМЕТРІВ В СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГУ 159

Д.Р. Одайник, студент гр. ПМ-01мп, д.т.н., доц. Киричук Ю.В.
ОГЛЯД ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ 164

В. С. Олійник, студент групи ПМ-01мп
СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ БУДИНКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 167

А. А. Сакута, студентка гр. ПК-01, ст. викл. Толочко Т.О.
ВИЗНАЧЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ СКЛАДОВОЇ ШВИДКОСТІ ПОТОКУ ПОВІТРЯ ЗА ДОПОМОГОЮ НАПІРНОЇ ТРУБКИ ПІТО 171

В.В. Ходячий, аспірант гр. ПМ-81ф, доц. Нікітін О.К.
ІНФОРМАТИВНІСТЬ КОНСОЛЬНОЇ БАЛКИ 175

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

E.A. Kirilenko, student; Morozova I.V., postgraduate; Bozhko K.M., PhD, associate professor
FUZZY MODEL OF AIR DUST CONCENTRATION IN KYIV FOR PM2.5 AND PM10 180

В.І.Артемчук, аспірантка гр. ПІ-11ф, О.М.Матяш, аспірант гр. ПІ-11ф, М.О. Григорчук, магістр гр. ПІ-12мп, О.П. Бочкова, магістр гр. ПІ-12мп, д.т.н., проф. Здоренко В.Г.,
АКТУАЛЬНІСТЬ БЕЗКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ 184

Н.О. Більчук, студентка гр.ПВ-81, к.т.н. ст.викл. Морозова М.М.
МЕТОДИ ТА АСПЕКТИ ВИМІРЮВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ 187

М.В. Дзюба, студент гр. ПН-з01мп, д.т.н., проф. Здоренко В.Г.
УЛЬТРАЗВУКОВИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІТРОВИХ ПОТОКІВ192

А.В. Довгаль, студент гр. ПА-91ф, д.т.н., проф. Туз Ю.М.
ВИКОРИСТАННЯ НІТРИД-АЛЮМІНІЄВИХ ІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ПІДСИЛЮВАЧА. 195

М.П. Коваленко, студент гр. ПА-01мп, к.т.н., доц. Добролюбова М.В.
ЗНЯТТЯ ТА ПЕРЕДАЧА ПОКАЗНИКІВ СПОЖИТОЇ ХОЛОДНОЇ ТА ГАРЯЧОЇ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ WI-FI МОДУЛЯ 198

К.В. Кунцов, студент гр. ПН-01мп
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ МІСТА КИЇВ 202

К.В. Кунцов, студент гр. ПН-01мп, к.т.н., доц. Маркіна О.М.
ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД БОРТНИЦЬКОЇ СТАНЦІЇ АЕРАЦІЇ 206

І.О. Куций, студент гр. ПВ-01мп, к.т.н., доц. Мокійчук В.М.
ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ РАДІОАКТИВНОГО ВИПРОМІНЕННЯ 209

Д.В. Лущик, студент гр. ПА-01мп
ЧУТЛИВІСТЬ РІЗНОВИДІВ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ 215

Д.В. Лущик, студент гр. ПА-01мп, д.т.н., проф. Володарський Є.Т.
ШВИДКОДІЯ МЕТОДУ КОВЗНОЇ РЕГРЕСІЇ 218

Д.В. Мальцев, студент гр. ПІ-11мп, к.т.н., доц. Богомазов С.А.
СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО ЗБОРУ СЕНСОРНИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ АСИНХРОННИХ ПРОГРАМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 222

Д.В. Морозов, студент гр. ПН-01мп, к.т.н., доц. Маркіна О.М.
ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДАТЧИКУ ДИМУ ШЛЯХОМ ПРАВИЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ФОТОПРИЙМАЧА 225

Д.А. Невгод, студентка гр. ПА-01мп, к.т.н., доц. Добролюбова М.В.
ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СПИРТОВОГО ПАЛИВА В УМОВАХ МАЛИХ ТА СЕРЕДНІХ ПІДПРИЄМСТВ АГРАРНОГО СЕКТОРА 228

M.H. Panasenko, student of group PV-01mp, PhD, professor Eremenko V.S.
MONITORING SYSTEM OF ECOLOGICAL PARAMETERS OF RECREATION AREAS 232

В.А. Пасічник, студентка гр. ПН-01мп, к.т.н., асист. Івасенко В.М.
АНАЛІЗ ВИКИДІВ ВІД РОБОТИ УТИЛІЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН 235

Р.О. Потієнко, студент гр. ПА-81, к.т.н., доц. Ю.С. Шумков
КОНТРОЛЬ СКЛАДНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ 239

Р.Р. Рудницький, студент гр. ПН-01мп, А.М. Мазуренко, студент гр. ПН-81
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АГРЕГАЦІЇ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ 243

Д.В. Тимофєєв, студент гр. ПН-01мп, к.т.н., доц. Маркін М. О.
ВПЛИВ ДЖЕРЕЛА ОСВІТЛЕННЯ НА ТОЧНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДНЬОЇ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ЗДОРОВ'Я 248

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

М.О. Глущенко, студент гр. ПК-01мп, к.т.н., Богдан Г.А.
ПРИСТРОЇ ВІЗУАЛЬНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ, ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОЖЕЖ 254

М.Ю. Заболуєва, студентка гр. ПК-81
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ МОЛОЧНИХ ЗАЛОЗ 257

В.В. Лемешенко, студент гр. ПК-01мп
АВТОМАТИЗОВАНІ ПРИЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ НА БАЗІ СМАРТФОНА 261

В.П. Малько, студент гр. ПК-11мн
КООРДИНАТНА РЕЄСТРАЦІЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ 264

В.П. Малько, студент гр. ПК-11мн
ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ РОБОТІВ 268

Д.В. Маснуха, студент гр. ПК-01мп
ВИЯЛЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ДЕФЕКТІВ В ОБ'ЄКТАХ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ 271

М.С. Опришко, студент гр. ПК-01мп
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ПРОКАТУ 274

Д.В. Петренко, студент гр. ПК-01мн
ПЕРСПЕКТИВА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ НЕРУЙНІВНГО КОНТРОЛЮ . 278

І.О. Складчиков , студент гр. ПК-11мп, доктор філософії, ас. А. С. Момот
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛЕЙ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ДЕТЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ІНФРАЧЕРВОНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ 281

СЕКЦІЯ 7. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ БІОМЕДИЧНОГО ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

Б.О. Баталія, студент гр. ПБ-82
АКУСТИЧНИЙ-ВІДЕОКАПСУЛЬНИЙ ЕНДОСКОП 286

Д.В. Бондарєв, аспірант гр. ПА-01ф
СТАНДАРТИ СВІТЛОРОЗСІЯННЯ ДЛЯ БІОМЕДИЧНОІ ФОТОМЕТРІЇ 290

E.O. Burkovskiy, student gr. PB-82, I.O. Yakovenko, assistant
DEVELOPMENT OF A MODULE FOR OBTAINING BIOMETRIC PARAMETERS FOR AUTHENTICATION IN MEDICAL SYSTEMS 294

О.С. Білик, студент гр. ПБ-з01мп
АВТОМАТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ КРОВІ 298

І. О. Дупляк, студент гр. ПБ-82
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ІНГАЛЯЦІЇ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ 302

Є.В. Маловічко, магістрант гр. ПВ-01мп, к.т.н. Щербань А.П.
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНИЦПУ РОБОТИ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ НАСИЧЕННЯ КРОВІ КИСНЕМ 306

В.І. Мартиненко, студент гр. ПБ-01мп, к.т.н., доц. Терещенко М.Ф
ВИМІРЮВАННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТКАНИНИ ТА ОЦІНКА ЇЇ СТАНУ 310

V.V. Mukhin, student gr. PB-82, assistant Yakovenko I.O.
DETERMINATION AND RECOGNITION OF THE NET OF BLOOD VESSELS OF THE FINGER 314

С.О. Полуектов студент гр.ПБ-11мн, В.О. Чорний студент гр.ПБ-11мп та А.О. Гапонюк, аспірант
ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОРОЗСІЯННЯ ДВОХ-ШАРОВОЮ МОДЕЛЛЮ ШКІРИ ЛЮДИНИ НА ДОВЖИНІ ХВИЛІ 632.8 НМ МЕТОДОМ ФОТОМЕТРІЇ ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМИ РЕФЛЕКТОРАМИ 318

Р. А. Рогожніков, студент гр. ПБ-82
ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНИХ МАГНІТОТЕРАПЕВТИЧНИХ АПАРАТІВ 322

О.Д. Рудий, студент гр. ПБ-01мп, к.т.н., доц. Терещенко М.Ф.
АНАЛІЗ ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ ГАМА ПРОМЕНЯМИ РЕНТГЕН АПАРАТУ ТА ОЦІНКА КАРТИ ПОГЛИНУТИХ ДОЗ 326

Y.A. Yukhymenko, student gr. PB-82, PhD, Assoc. Prof. Stelmakh N. V.
SIMULATION OF AIR FLOW IN VENT CHANNELS OF MEDICAL EQUIPMENT 330

К.В. Ющенко, студентка гр. ПБ-з01мп
АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ СИСТЕМОЮ ЛІКУВАННЯ РАН МЕТОДАМИ ВАКУУМНОЇ АБСОРБЦІЇ 334

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

Ahmadreza Zare, bachelor student, Olena Korohodova, Ph.D., Assoc. Prof.,
THE INFLUENCE OF VUCA CONCEPT AND INDUSTRY 4.0 ON SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN THE INSTRUMENT DESIGN AND ENGINEERING SPHERE..... 340

Olena Korohodova, Ph.D., Assoc. Prof., Katerina Petrenko, Ph.D., Assoc. Prof.,
INSTRUMENTATION COMPANIES IN INDUSTRY 4.0 343

І. М. Грінько, к.е.н., доцент
ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ТЕХНІЧНИХ ЕКСПЕРТІВ З ІНДУСТРІЇ 4.0 В УКРАЇНІ, ВРАХОВУЮЧИ СВІТОВИЙ ДОСВІД..... 346

Ю.Г. Кравчук, студентка гр. УС-01мп, д.е.н., проф. Войтко С.В.
РЕАЛІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЙ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0 В МІЖНАРОДНІЙ ЕКОНОМІЦІ..... 349

Н.Р. Маркін, студент гр. ПМ-01мп
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ПРОТОКОЛІВ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ 354

Т.М. Роспопчук, студентка гр. УС-11мп
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ LEAN SIX SIGMA КРУПНИМИ БІЗНЕС СТРУКТУРАМИ..... 358

Н. Є. Скоробогатова, к.е.н., доцент, доцент кафедри міжнародної економіки
ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА НА ЗАСАДАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ..... 361

Секція 1.
Ефективність комп'ютерно-інтегрованих систем керування, навігації та моніторингу

УДК 681.4

І.В. Білорусець студент гр. ПГ-з01мп к.т.н., доцент Півторак Д.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ

Анотація. В роботі розроблена система для комплексного контролю параметрів повітря, що дозволяє вимірювати кількість вуглекислого газу (CO2) та вимірювати концентрацію летучих частинок. Розроблене програмне забезпечення, яке написано на базі Arduino в програмі Arduino IDE дає можливість знімати та передавати дані з датчиків для контролю якості повітря.

Ключові слова: метеостанція, датчик температури, датчик тиску, датчик вологості, датчик, цифрові, Arduino, WI-FI, Bluetooth.

ВСТУП

Метеостанція є приладом, який дає змогу слідкувати за погодними умовами, це можливо навіть в online режимі, контролювати та предбачувати їх. За допомогою метеостанцій можна отримувати великі об'єми різної інформації, які можна використовувати в необхідних сферах діяльності і покращення метеостанцій є важливим так, як дає змогу зменшувати розміри приладів, похибку вимірювань та збільшувати область вимірювань та покращення зручності використання приладів.

Перш за все, метеостанції збирають найважливіші дані: температуру, атмосферний тиск, вологість, швидкість та напрямок вітру, кількість опадів. Морські станції вимірюють температуру поверхні моря, висоту хвилі та період, а також інші дані про море. Більш обладнані станції вимірюють ультрафіолетовий індекс, вологість листя, вологість та температуру ґрунту, температуру води в різних природних водоймах, таких як озера та річки [1].

Виділяють два види метеостанцій - аналогові та цифрові метеостанції. Аналогові метеостанції зазвичай показують температуру і атмосферний тиск, додаткові функції в них майже не зустрічаються. Аналогова професійна метеостанція складається з наступних основних погодних приладів: термометр, барометр, гігрометр, піранометр, дощомір, сонячне світло, анемометр, флюгер. Цифрова ж метеостанція може дати широкий функціонал. Цифрова метеостанція не тільки термометр або барометр, а досить комплексний пристрій. Найпростіша модель цифрової метеостанції буде показувати температуру повітря (зовні і / або всередині), виводити час, а показання будуть винесені на великий ЖК-дисплей. Елементи живлення забезпечать роботу на кілька місяців або навіть довше[2].

Існує такий вид цифрових метеостанцій, як побутові. Зазвичай в побутових метеостанціях застосовуються датчики температури, вологості, атмосферного тиску. Але такі датчики не дають змогу контролювати якість повітря, а саме: виміру концентрації вуглекислого газу (CO2) та концентрацію кількості летючих частинок. Тому розробка системи для комплексного контролю параметрів повітря є актуальним завданням. Особливістю розробленої системи є те, що до датчиків температури, вологості, атмосферного тиску ще додається датчик якості повітря, який дає змогу вимірювати концентрацію вуглекислого газу (CO2) та концентрацію кількості летючих частинок.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ

В системі комплексного контролю параметрів повітря застосовуються наступні датчики:

– модуль датчиків якості повітря CCS811 + HDC1080, який складається з датчиків CCS811 і HDC1080. Цифровий датчик HDC1080 призначений для вимірювання температури і вологості, CCS811 – це газовий цифровий датчик для контролю якості повітря.

– датчик атмосферного тиску BMP280.

– датчик DHT11, який призначений для вимірювання температури та вологості[3].

Для передачі інформації використовуються Wi-Fi модуль ESP8266 версії ESP-01 та Bluetooth модуль HC-06. Основою для підключення датчиків і модулів є плата Arduino Uno. Відображення результатів здійснюється за допомого програми Arduino IDE. Wi-Fi модуль ESP8266 версії ESP-01 має маленькі розміри базою якого є мікросхема ESP8266. Bluetooth модуль HC-06 дає змогу підключатись по Bluetooth Arduino до інших пристроїв.

Схема підключення датчиків, та модулів до плати Arduino Uno представлена на рис. 1.

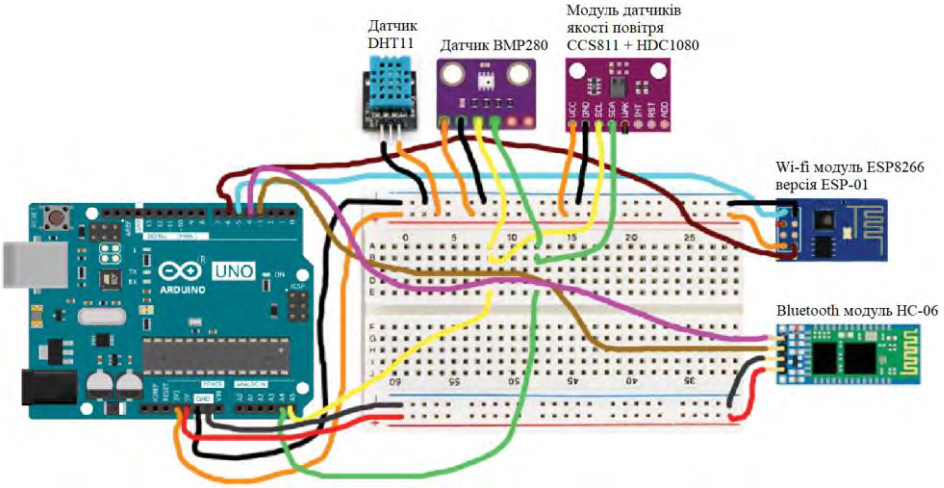


Рисунок 1. Схема підключення датчиків до плати Arduino

Принцип дії розробленої системи полягає в наступному (рис. 2), датчики DHT11, BMP280, модуль датчиків CCS811 + HDC1080 та Wi-Fi модуль ESP8266 версії ESP-01 з Bluetooth модулем HC-06 під’єднуються до плати Arduino Uno. Після під’єднання всіх компонентів до плати Arduino Uno по USB записується код завдяки вбудованому програматору, та знімаються дані з датчиків і передаються через Wi-Fi або Bluetooth на вибір.

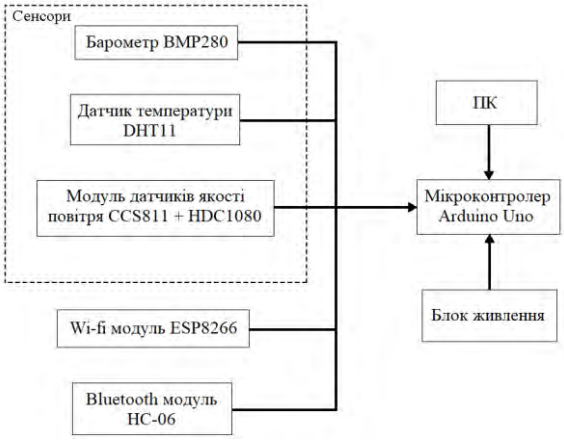


Рисунок 2. Структурна схема системи комплесного контролю параметрів повітря

На рис. 3 представлена розроблена система комплесного контролю параметрів повітря.

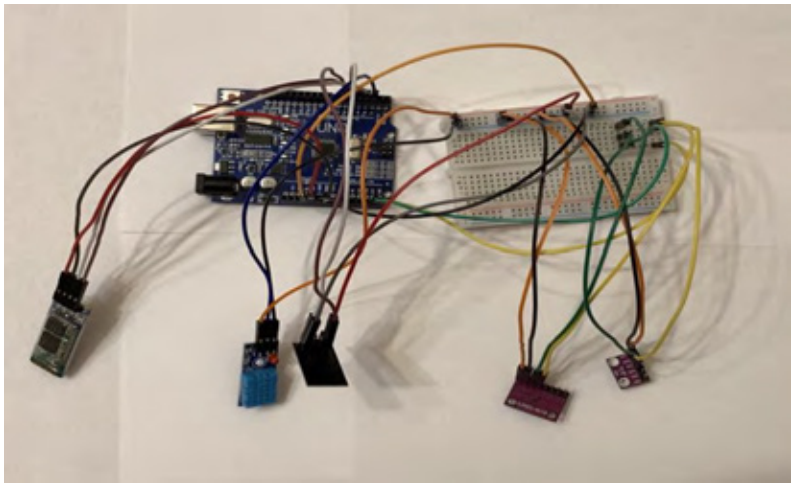


Рисунок 3. Система комплесного контролю параметрів повітря

Для системи комплесного контролю параметрів повітря було розроблене програмне забезпечення в програмному середовищі Arduino IDE, яке дозволяє знімати дані з датчиків та передавати їх через Wi-Fi або Bluetooth. Результати вимірювань показано на (рис. 4).

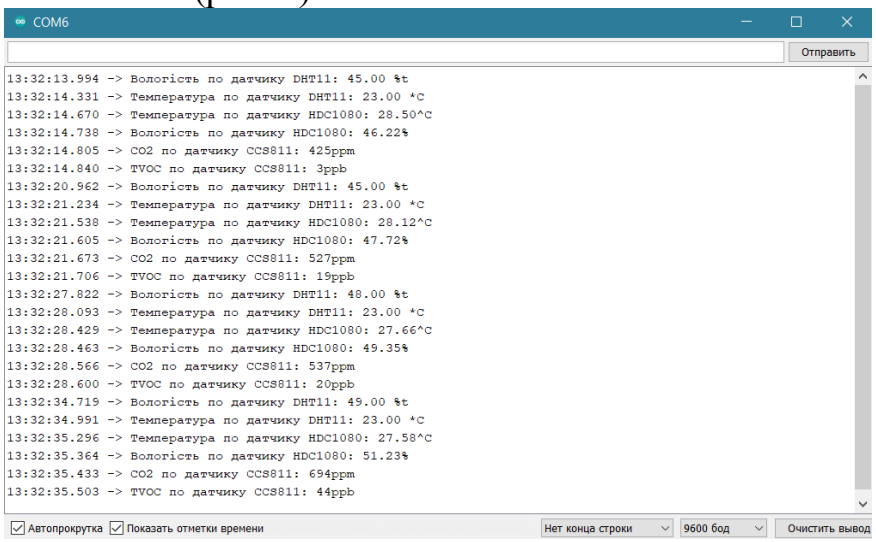


Рисунок 4. Результат вимірювання з датчиків

ВИСНОВКИ

В даній статті була розроблена система комплексного контролю параметрів повітря. Дана система складається з датчиків температури, вологості, тиску та модулю якості повітря. Модуль якості повітря дає змогу контролювати кількість CO2 та летючих частинок в повітрі для контролю якості повітря, що є перевагою в порівняні з іншими побутовими метеостанціями. Передача даних з датчиків здійснюється за допомогою Wi-Fi та Bluetooth. Дану систему можна застосовувати для визначення якості повітря навколишнього середовища по оптимальним параметрам, щоб розуміти які місця можуть нести небезпеку людям та їх уникати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] What are weather stations and why do you need it for weather forecasting [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://windy.app/blog/what-are-the-weather-stations.html

[2] Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России». РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ НА БАЗЕ ARDUINO С ИЗМЕРЕНИЕМ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ [Електронний ресурс]. — Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_44858071_97796914.pdf

[3] Підключення датчика DHT11 [Електронний ресурс]. — Режим доступа: https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/datchiki-temperatury-i-vlazhnosti-dht11-dht22/

Науковий керівник: к.т.н. Півторак Д.О.

УДК 519.65

А.О. Дорошенко, студент гр ПГ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ У АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМАХ ПРОГНОЗУВАННЯ

Анотація. Аналізуються причини необхідності використання ускладнених методів прогнозування часових рядів. Досліджується проблема прогнозування виробництва приладів на підставі даних споживання товарів. Розглядаються існуючі методи машинного навчання. Визначаються основні недоліки наведених. Сформовано основні вимоги для створення автоматизованої системи прогнозування попиту, яка дозволить ефективніше керувати виробництвом у реальному часі.

Ключові слова: прогнозування , часові ряди, машинне навчання, модель, автоматична система.

ВСТУП

З появою нових способів створення та поширення інформації зростання потоку документів збільшувалося в рази. За прогнозами International Data Corporation (IDC) кількість даних на планеті подвоюватиметься кожні 2 роки, причому частка корисної інформації складатиме всього 35% від усієї згенерованої, а обсяг загальносвітових даних зросте з 33 зеттабайт у 2018 році до 175 у 2025 [1]. З урахуванням стрімкого зростання кількості інформації, правильне зберігання та управління великою кількістю даних все більше необхідно для аналізу та управління великими організаціями чи виробництвами. Розуміння споживання кількості виробленого товару дозволяє компаніям ефективно і своєчасно підлаштовуватися під поточний попит на товар, знижуючи або збільшуючи виробничі потужності.

Проте, сучасні автоматичні системи та моделі прогнозування не дозволяють належним чином реагувати на непередбачувані події чи події «непереборної сили». Прикладом таких подій може бути обставини пов'язані з Covid-19 і кризою мікрочіпів, за яких виробники не мали можливості спрогнозувати і не були готові відреагувати на підвищений попит [2]. Також вплив таких подій негативно впливає на збір і аналіз статистичних даних та наступне їхнє прогнозування.

ОГЛЯД НАЯВНИХ АКТУАЛЬНИХ РІШЕНЬ

За визначенням, зміну попит товару можна охарактеризувати як нестаціонарний часовий ряд. При дослідженні стаціонарних випадкових процесів кількість значень, що спостерігаються, безпосередньо впливає на якість прогнозування або визначення характеристик розподілу випадкової величини. Однак це правило не виконується для нестаціонарних процесів, оскільки нестаціонарність не дозволяє отримати достатню кількість значень величин часового ряду для побудови математичної моделі. Інакше кажучи, характеристики випадкової величини нестаціонарного процесу неспроможні давати точний прогноз та подальшу поведінку через виникнення моментів розладки, які можуть бути викликані непередбачуваними подіями [3].

Варто зазначити, що економічні процеси – одна з найбільш вивчених галузей аналізу та прогнозування часових рядів. Цьому сприяє велика зацікавленість учасників отримання позитивних результатів. Наприклад, у статті

[4] був описаний підхід до фундаментального аналізу даних часових рядів для виявлення зв'язків між поведінкою ринку та зовнішнім середовищем. Авторами статті було проведено дослідження за допомогою нейронної мережі PSI (PSI Sigma) [5] щодо існування взаємозв'язків між зовнішнім середовищем та валютною парою USD/GBR. В результаті проведення робіт авторами було показано здатність даної НМ до більш точної фіксації кореляції. Поєднання з алгоритмом Gene Expression допомогло досягти більш точного прогнозування порівняно з класичними методами та моделями. В іншій роботі [6], авторами стверджується, що нейронні мережі можуть добре справлятися з моделюванням руху цін фінансових індексів. Використання параметричних НМ з активними нейронами спільно з непараметричними моделями, що самоорганізуються, дозволяють отримувати більшу кількість інформації з вхідних даних і може підходити для щоденного прогнозування.

Одним із головних недоліків багатьох підходів є застосування єдиної реалізації моделі випадкового процесу. У разі використання єдиної моделі для прогнозування деякої кількості схожих за своїми характеристиками часових рядів, необхідно використання методів, що базуються на еволюції сукупності розподілів процесу.

Одним із найпопулярніших сучасних методів є метод XGBoost. З 29 рішень-переможців, опублікованих у блозі Kaggle у 2015 році, 17 рішень використали XGBoost. Успіх системи був також засвідчений у KDDCup 2015, де XGBoost використовувався кожною командою з топ-10 [7]. Алгоритм спочатку стартував як дослідницький проект Тяньцзі Чена (Tianqi Chen) і замислювався як додаток, який можна було налаштувати за допомогою конфігураційного файлу. В основі XGBoost лежить алгоритм градієнтного бустингу дерев рішень – техніка машинного навчання задач класифікації та регресії [7]. Особливістю такої моделі є побудова моделі прогнозування у формі ансамблю слабких передбачуваних моделей, що часто використовуються дерев рішень. Ітеративне навчання дозволяє навчитися нової моделі на підставі даних попередньої, а також заздалегідь розрахованих відхилень прогнозу від факту. Найбільш важливим фактором успіху XGBoost є його масштабованість у всіх сценаріях. Система працює більш ніж у десять разів швидше за існуючі популярні рішення на одній машині, і масштабується до мільярдів прикладів у розподілених налаштуваннях або налаштуваннях з обмеженням пам'яті [7]. Проте суттєвим недоліком такої моделі є можливість до перенавчання – модель пристосовується до прогнозування строго певного паттерну чи поведінки часового ряду. Альтернативним рішенням може виступати сучасні архітектури рекурентних нейронних мереж, моделі яких меншою мірою схильні до впливу перенавчання, здатні до повторного навчання на підставі нових вхідних даних і вже наявних ваг попередньої моделі, а також до ітеративного прогнозування або прогнозування послідовності.

ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ

При проектуванні автоматичних моделей прогнозування часових рядів, найчастіше, виникає серія проблем, з якими інженер намагається вирішити

різними способами. Ці проблеми можна поділити на декілька основних частин: інфрастктура, програмне забезпечення, проблеми аналізу часових рядів, проблеми повторного навчання моделей новим даними та проблеми перенавчання.

При виборі моделі, насамперед, потрібно визначитися з доцільністю використання обчислювальної техніки з необхідним обсягом інформації. Найбільший час обчислень, найчастіше, займає навчання моделі і може займати від десятка хвилин до декількох місяців. Сучасні архітектури GPU здатні до паралельного обчислення, наприклад, однією з найпоширеніших технологій є Nvidia Cuda, що може значно прискорити навчання.

Правильно вибране програмне забезпечення може значної мірою підвищити швидкість роботи автоматизованих систем. За останні роки популярні мови будування моделей, таких які R або Python, починають поступатись іншим, які можуть надати більшу гнучкість у використанні. Прикладом такої мови може виступати сучасний Go, який дозволяє використовувати вже звичні фахівцям бібліотеки з більшою швидкістю і ще більшою простотою.

Більшість фахівців поділяють основні проблеми даних при прогнозуванні часових рядів на дві частини: пропуски даних та викиди. І хоча існує велика кількість методів боротьби з пропусками та викидами, при використанні автоматизованих систем, краще уникати цих проблем. Основною вимогою до будування автоматичних систем є можливість завантаження цілісних та максимально повних даних з певним постійним кроком.

Як було раніше зазначено, для побудови автоматичної системи необхідним є вибір моделі, яке зможе забезпечити можливість повторного навчання при отриманні нових даних. При цьому, обрана модель не повинна недоліку перенавчання тому, що накопичення похибки буде збільшуватись з кожною ітерацією навчання та прогнозу. Найпопулярнішими рішеннями з даними вимогами можуть бути моделі машинного навчання XGBoost та моделі глибинного навчання – специфічні архітектури НМ.

ВИСНОВОК

З аналізу джерел можна зробити висновок, що будування автоматичних систем прогнозування залежить від обсягу наявних даних та методу їх отримання. Основою вимогою є цілісність та відсутність пропусків даних, а також можливість інкрементального завантаження. Використання моделей залежите від наявних даних, але слід звернути увагу на моделі XGBoost або деяких типів нейронних мереж. Використання таких моделей зумовлено їх можливостям до постійного навчання новими даними. Інфраструктурне та програмне рішення може залишатись на вибір фахівцю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] David Reinsel, John Gantz, John Rydning, «Data Age 2025: The Digitization of the World», [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.seagate.com/ru/ru/our-story/data-age-2025

[2] Businessinsider, Global chip shortages are expected to cost automakers $210 billion in 2021 — almost double previous estimates, a consulting firm says [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.businessinsider.com/global-chip-shortage-supply-chain-cost-auto-industry-210-billion-2021-9

[3] Шмойлова Р. А. Общая теория статистики: Учебник. — М.: Финансы и статистика, 2002.

[4] Khadjeh Nassirtoussi A., Ying Wah T., Ngo Chek Ling D. A novel FOREX prediction methodology based onfundamental data. Afr. J. Bus. Manag. 2011;5(20):8322-8330, DOI:10.5897/AJBM11.798

[5] Swapna Rekha, Janmenjoy Nayak, H. S. Behera Pi-Sigma Neural Network: Survey of a Decade Progress H. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-2449-3_37

[6] Anastasakis L., Mort N. Exchange rate forecasting using a combined parametric and non-parametric selforganising modelling approach. Expert Sys. Appl. 2009;36(10):12001-12011

[7] Tianqi Chen , Carlos Guestrin XGBoost: A Scalable Tree Boosting System, 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arxiv.org/pdf/1603.02754.pdf

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

УДК 004.032.26

А.О. Дорошенко, студент гр ПГ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ МЕТОДАМИ НЕЙРОНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ

Анотація. Аналізується проблема прогнозування виробництва приладів на підставі даних споживання товарів. Досліджуються існуючі методи машинного навчання, а саме методи глибокого навчання нейронних мереж на основі рекурентної нейронної мережі. Визначаються основні недоліки наведеного методу та причини їх виникнення, через які погіршується точність прогнозування.

Ключові слова: прогнозування , часові ряди, LTSM, модель.

ВСТУП

Мережі довгої короткострокової пам'яті, які зазвичай називають просто LSTM – це особливий тип RNN, здатний вивчати довгострокові залежності. Вони були представлені Hochreiter & Schmidhuber (1997), і були вдосконалені та популяризовані багатьма людьми в наступних роботах [1]. Вони надзвичайно добре працюють над широким спектром проблем і зараз широко використовуються. LSTM були явно розроблені, щоб уникнути проблеми довгострокової залежності. Запам'ятовування інформації протягом тривалого періоду часу – це практично їхня поведінка за замовчуванням. Даний тип нейронної мережі має можливість до повторного навчання новими даними та уникати ефекту перенавчання. Проте слід зазначити, що LSTM нейрона мережа має досить довгий час навчання. Тому для її використання рекомендовано мати графічний процесор з можливістю паралельних обчислень. LSTM нейрона мережа є популярним альтернативним рішенням іншим моделям машинного навчання, наприклад, XGBoost [2].

АРХІТЕКТУРА МОДЕЛІ LTSM НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Даній НМ вдається частково уникати раніше описаних проблем за допомогою специфічної архітектури, зважаючи на можливість пов'язати кожен вихідний нейрон з кожним нейроном прихованого шару. В такому випадку завдання прогнозування послідовності буде схоже на завдання розпізнавання образів. LSTM нейронна мережа використовує чотири шари як повторювальний модуль – ланцюг, що складається з гейтів, які пропускають і перетворюють вхідний сигнал. В основі LSTM лежить стан комірки, який оновлюється в результаті роботи НМ, перетворюючи вхідний сигнал у наступну послідовность: першим етапом спрацьовує гейт-забуття, який вирішує, наскільки важлива вхідна інформація; потім гейт-введення вирішує які значення НМ оновлюватиме; після чого оновлюється стан комірки та виводиться вихідний сигнал [3].

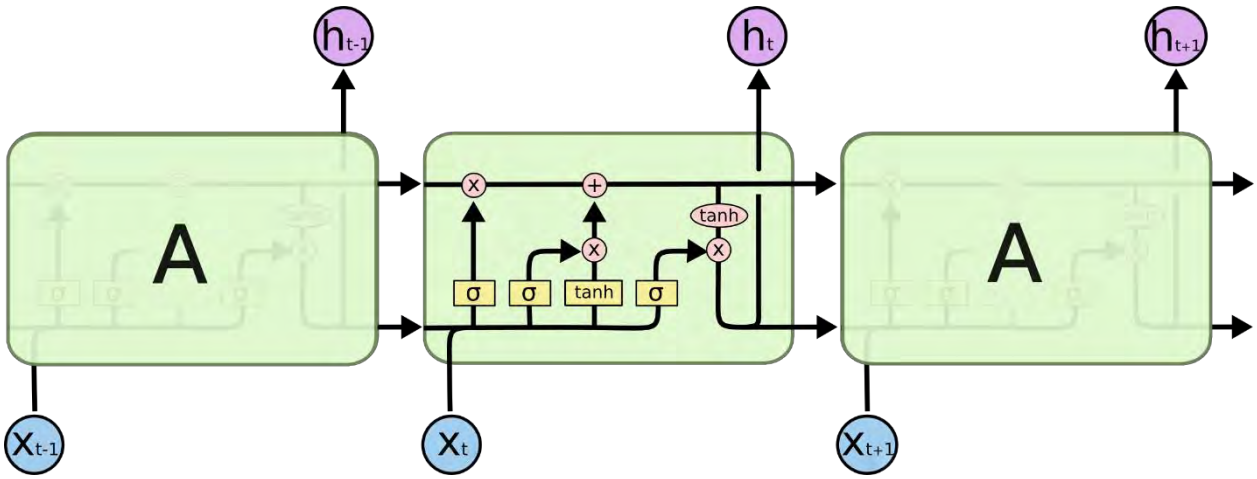


Рисунок 1. Схема ланцюга з LSTM прихованими шарами

Всі перетворення в прихованому шарі LSTM нейронної мережі можна записати математично в наступному вигляді:

$$f_t = \sigma(W_f*[h_{t-1}, X_t] + bf$$
$$i_t = \sigma(W_i*[h_{t-1}, X_t] + b_i)$$
$$\tilde{C}_t = \tanh(W_c*[h_{t-1}-1, X_t] + bc)$$
$$C_t = f_t*C_{t-1} + i_t*\tilde{C}t$$
$$O_t = \sigma(W_o[h_{t-1}, X_t] + b_o)$$
$$h_t = O_t*\tanh(C_t)$$

Де: X – вхідний вектор; h – вектор зворотного зв’язку; W – матриця ваг шару; f_t – гейт-забуття вхідного вектору; i_t, $\tilde{C}_t$ – гейт-введення інформації до стану комірки; C_t – гейт оновлення стану комірки; O_t, h_t – гейт виводу вихідного вектору.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У якості об'єкта дослідження використовувалися дані про продажі товару компанії роздрібної торгівлі. На малюнку 2 представлений графік руху продажу, продажу без зазначених акцій та залишків. Дані наведені в агрегованому вигляді по днях для кожної одиниці товару на точці збуту.

На графіку чітко видно два періоди збільшення попиту на товар, пов'язаних з обмеженнями та послідуючими обставинами, викликані пандемією: період з 19.04.2021 по 16.05.2021 та період з 07.06.2021 по 27.06.2021.

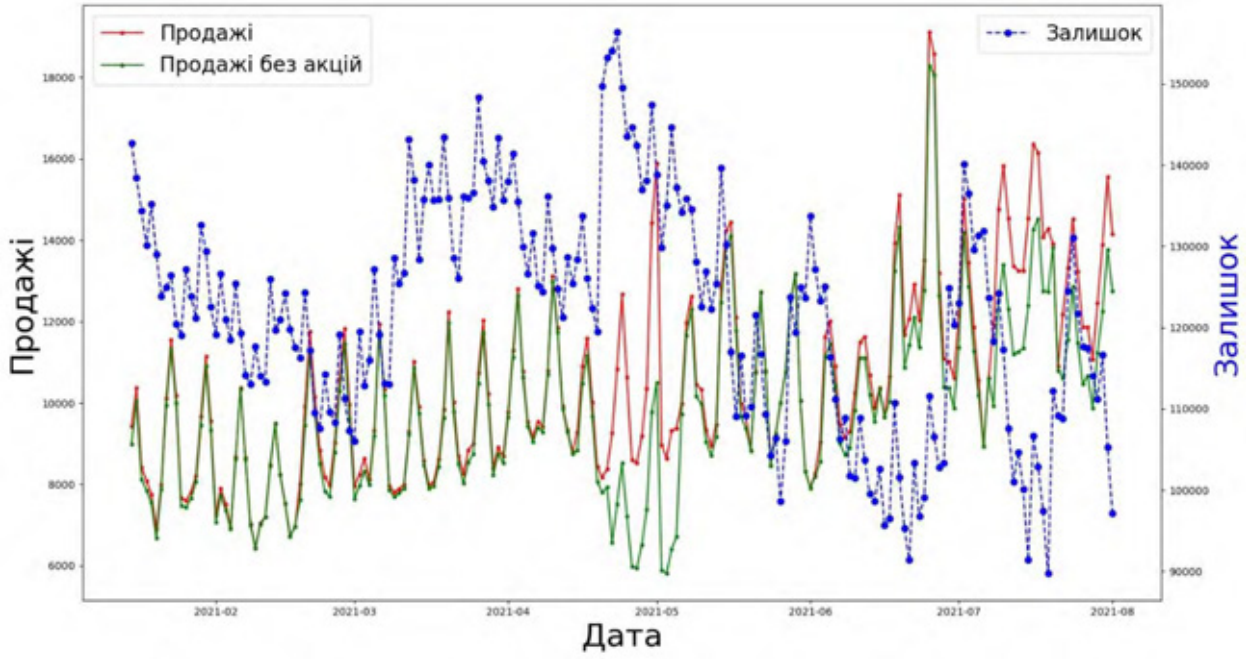


Рисунок 2. Графік продажів, продажів без включення акційних та залишку

На підставі наведених даних була побудована модель НМ. При моделюванні, побудова прогнозу проводилося щопонеділка. Прогноз будувався за кожен день на 7 днів уперед на підставі 28 попередніх днів. Дата старту прогнозування було визначено першим днем 22 тижня 2021 року – 31.05.2021. Кількість вхідних нейронів визначено кількістю днів, виходячи з яких будується прогноз – 28 нейронів. Кількість вихідних нейронів мережі дорівнює кількості днів прогнозу – 7 нейронів. Кількість прихованих LSTM нейронів дорівнює 56. LSTM нейрони були продубльовані та з'єднані між собою за допомогою шару звичайних нейронів. Подібна архітектура дозволяє працювати НМ в режимі кодувальника – декодувальника, при якому ліва частина LSTM шару пов'язана з кожним вхідним нейроном і дозволяє кодувати вхідний сигнал. У свою чергу права частина пов'язана з кожним нейроном вихідного сигналу, що дозволяє правій частині LSTM шару прийняти перетворений сигнал і відтворити у вигляді певної послідовності, що відповідає вхідному сигналу. Результат побудови прогнозу зображений нижче.

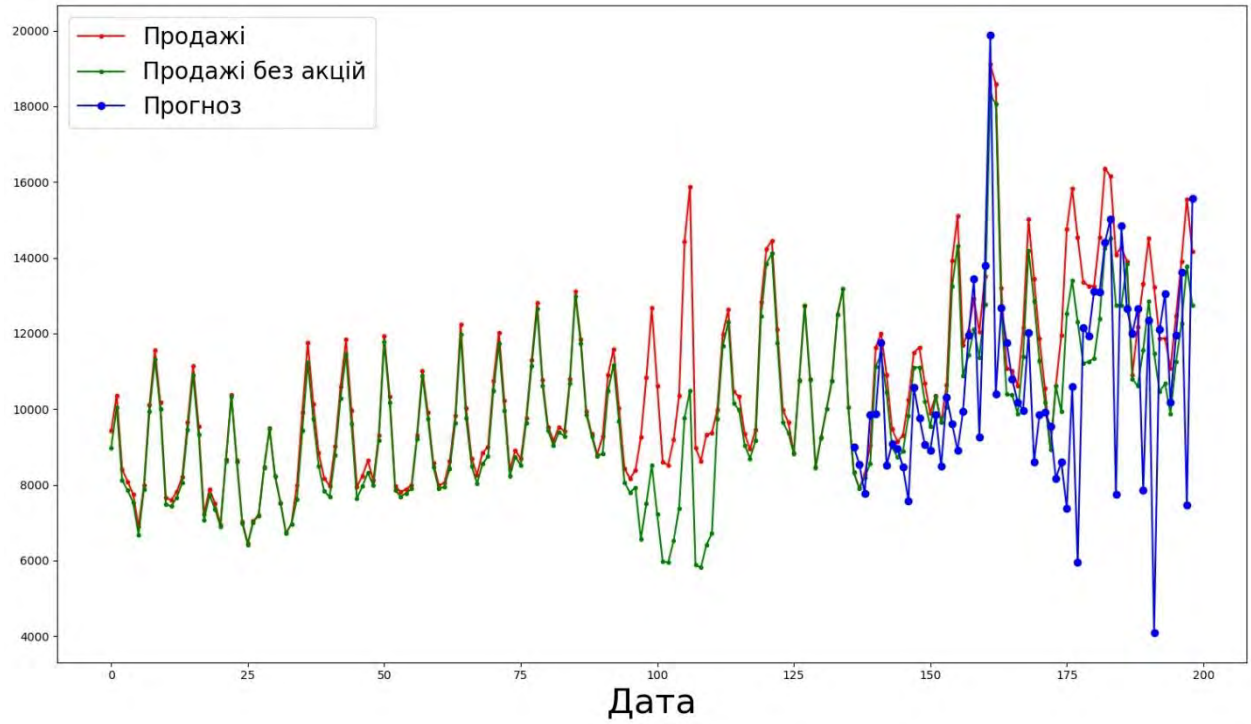


Рисунок 3. Графік порівняння прогнозу зі фактом продажів

ВИСНОВОК

Через низку особливостей дослідженого часового ряду, точність прогнозування по днях тижня помітно погіршується до кінця прогнозованого періоду. Проблему появи похибки можна вирішити методом повторного навчання нейронної мережі після кожної ітерації прогнозу. Також можливим варіантом рішення може бути попереднє очищення даних, а саме додатковий аналіз на предмет викидів та їх наступної заміни на наближені значення.

За наявності можливості інкрементального завантаження нових даних та відносної швидкості побудови прогнозу, дану нейронну мережу досить просто інтегрувати в автоматизованих системах задля побудови прогнозу з певним плином часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Sepp Hochreiter, Jürgen Schmidhuber, Long Short-Term Memory, Neural Computation (1997) 9 (8): 1735–1780, doi:10.1162/neco.1997.9.8.1735.

[2] Tianqi Chen , Carlos Guestrin XGBoost: A Scalable Tree Boosting System, 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arxiv.org/pdf/1603.02754.pdf

[3] Understanding LSTM Networks (August 27, 2015). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/

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

УДК 68.681

О.Г. Кобиляшний, студент гр. ПА-01мп, проф. Туз Ю.М., асист. Вдовиченко А.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОБРОБКА ВИХІДНИХ СИГНАЛІВ АКСЕЛЕРОМЕТРУ ДЛЯ ВІБРОДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Анотація. Ця стаття розкриває необхідність технічної діагностики та переваги неруйнівного контролю. В ній описано базові принципи вібродіагностики, а також огляд результатів роботи створеного програмного продукту для аналізу вихідних даних акселерометру з цілю прогнозування технічного стану вузлів та агрегатів технічного обладнання.

Ключові слова: технічний стан, показники вібрації, технічна діагностика, спектральний аналіз, штучна нейронна мережа.

ВСТУП

Техніка навіть найвищої якості під час експлуатації поступово виходить з ладу, втрачаючи можливість частково або повністю виконувати свої функції. Для того, щоб зберегти працездатність та ефективність технічного обладнання необхідно проводити плановий технічний огляд та ремонт.

Суттєва частина пошкоджень деталей обладнання приводить до того, що виникають механічні коливання. Потужним інструментом для виявлення багатьох дефектів у важливих компонентах системи може стати вібродіагностика. Перевагами аналізу вібросигналу є універсальність, доступність засобів вимірюванння, добре розвинута методологія віброметрики, можливість регістрації сигналів при різних режимах роботи системи, а також відсутність необхідності спеціальної підготовки елементів для діагностики [1]. Вібродіагностика, як метод технічної діагностики вирішує задачу виявлення та пошуку механічного дефекту системи. Також може бути використана для оцінки загального рівня технічного стану об'єкту. Як правило, при вібродіагностиці досліджують сигнал, залежний від часу, або спектр вібрації технічного обладнання, діагностика якого ведеться.

МЕТА РОБОТИ

Традиційні методи перевірки технічного стану потребували виводити об'єкт перевірки з експлуатації для його огляду та перевірки. Звісно, що така діагностика не завжди була максимально ефективною, а також завдавала значних матеріальних збитків. Операції збірки-розбірки обладнання при цьому займали основну частину часу, витраченого на перевірку об'єкту. Тому дослідження по створенню методів та спеціальних систем для проведення неруйнівного контролю, які дозволяють отримувати інформацію щодо фактичного технічного стану обладнання без виводу його з експлуатації мають величезне практичне значення та актуальні й на сучасний час. Таким інструментом неруйнівного контролю технічного стану може бути вібродіагностика, цей метод дозволяє контролювати технічний стан обладнання, аналізуючи параметри вібрації об'єкту.

Основна ціль дослідження є створення програмного продукту який був би здатний аналізуючи вихідні сигнали акселерометру оцінити технічний стан

об'єкту. При чому, варто відмітити, вдало спроектована система може бути використана для будь-якого типу обладнання, проте необхідний час для того щоб визначити критично важливі точки, де встановити акселерометри, а також оцінити рівні вібрації справного обладнання.

МАТЕРІЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дані, які було використано для цього експерименту, надходять із сховища даних *Prognostic*s, розміщеного *NASA*, і були надані центром інтелектуальних систем обслуговування Університету Цинциннаті [2].

Дані були зібрані в результаті експерименту по роботі до відмови за участю чотирьох підшипників на навантаженому валу, який обертаються з постійною швидкістю 2000 об/хв. Для створення файлу датасету було використано 2 високоточних акселерометри, які були встановлені на кожному підшипнику. Набір даних відформатовано в окремі файли, кожен із яких містить 1-секундний знімок сигналу вібрації (рис.1), записаний через певні інтервали. Кожен файл складається з 20 480 точок із частотою дискретизації 20 кГц.

```
##      b1x    b1y    b2x    b2y    b3x    b3y    b4x    b4y
## 1 -0.022 -0.039 -0.183 -0.054 -0.105 -0.134 -0.129 -0.142
## 2 -0.105 -0.017 -0.164 -0.183 -0.049  0.029 -0.115 -0.122
## 3 -0.183 -0.098 -0.195 -0.125 -0.005 -0.007 -0.171 -0.071
## 4 -0.178 -0.161 -0.159 -0.178 -0.100 -0.115 -0.112 -0.078
## 5 -0.208 -0.129 -0.261 -0.098 -0.151 -0.205 -0.063 -0.066
## 6 -0.232 -0.061 -0.281 -0.125  0.046 -0.088 -0.078 -0.078
```

Рисунок 1. Вигляд вихідних даних акселерометру за 6 секунд

Існують формули, які можуть допомогти виявити специфічні дефекти в підшипниках кочення. Вони засновані на геометрії підшипника, кількості тіл кочення і частоті обертання підшипника. На підшипнику кочення розрізняють чотири типи дефектів, залежно від того, де виникла несправність. На основі параметрів підшипників і швидкості обертання валу можна розрахувати так звані частоти дефектів підшипників [3]: частоту (1) *'Ball Pass Frequency of the Inner Race' (BPFI)*, яка свідчить про дефекти у внутрішньому кільці підшипника; частоту (2) *Ball Pass Frequency of the Outer Race' (BPFO)*, яка свідчить про дефекти у зовнішньому кільці підшипнику; частоту *Ball Spin Frequency (BSF)*, яка свідчить про дефекти у ролику підшипнику.

$$\mathrm{BPFI} = \mathrm{N} \times (\frac{\mathrm{S}}{2})(1 + \frac{\mathrm{D_r}}{\mathrm{D_p}}\cos(\varphi) \quad (1)$$

$$\mathrm{BPFO} = \mathrm{N} \times (\frac{\mathrm{S}}{2})(1\text{-}\frac{\mathrm{D_r}}{\mathrm{D_p}}\cos(\varphi) \quad (2)$$

$$\mathrm{BSF} = \left(\frac{\mathrm{D_p}}{\mathrm{D_r}}\right) \times \left(\frac{\mathrm{S}}{2}\right) \times \left\{1\text{-}\left(\frac{\mathrm{D_r}}{\mathrm{D_p}}\right)^2 \times \cos(\varphi)\right\} \quad (3)$$

Для цих формул:

S - швидкість валу в об/хв, дорівнює 2000 об/хв;

Dr - діаметр ролика в дюймах, дорівнює 0,311 дюймів;

Dp - діаметр підшипника в дюймах, дорівнює 2.811 дюймів;

N - кількість роликів, дорівнює 16;

φ - контактний кут в радіанах, дорівнює 15.17 радіан.

Як видно з формул (1) та (2) сума *BPFI* та *BPFO* завжди пропорційна кількості роликів у підшипнику, що зручно використовувати для швидкої перевірки результатів [3].

ВИСНОВКИ

Користуючись формулами (1-3) спроектована штучна нейронна мережа здатна аналізуючи вихідні дані вібрації підшипників виявляти їх дефекти та вузли де саме вони виникають. Результат досліду можна побачити на рисунку 2. Крапками на графіку визначаються зареєстровані частоти дефектів різних частин підшипника, зеленим кольором – дефект внутрішнього кільця; жовтим – дефект зовнішнього кільця; червоним – дефект ролика підшипника; сині – моменти коли показники вібрації були в нормі.

Рисунок 2. Результати аналізу вібрації підшипників

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

[1] Аналіз вібрації та вібродіагностика [Електронний ресурс] // АДС-Норд Таун. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://ads-nt.ru/company/articles/2018/analiz_vibratsii_i_vibrodiagnostika/#name10

[2] Hai Qiu, Jay Lee, Jing Lin. "Wavelet Filter-based Weak Signature Detection Method and its Application on Roller Bearing Prognostics." Journal of Sound and Vibration 289 (2006) 1066-1090.

[3] Baldor•Dodge Bearing Fault Frequencies, What They Mean and How to Utilize Them [Електронний ресурс] // BALDOR DODGE. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: https://library.e.abb.com/public/8f00459b428345fba91164d31fbcbf19/WP0019.pdf

УДК 004.925.8

В.В. Накорик, студент гр. ПГ-81, к.т.н., доц. Цибульник С.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНСЬКОЇ АНТАРКТИЧНОЇ СТАНЦІЇ АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ

Анотація. Українська антарктична станція Академік Вернадський розташована на острові Галіндез. Суворий клімат цього острову може призводити до виникнення надзвичайних ситуацій, які пов'язані з руйнівним впливом низьких температур, сильного вітру та значних опадів у вигляді снігу. Інфраструктура станції під впливом даних зовнішніх несприятливих умов може зазнавати значних пошкоджень, які можуть призвести до руйнування будівель або навіть травмування людей. Саме тому у даній роботі проведено геометричне моделювання району станції Академік Вернадський, щоб у майбутньому можна було виконати імітаційне моделювання впливу зовнішніх навантажень на елементи її інфраструктури. Всього побудовано більше двадцяти геометричних моделей різного рівня складності, а також три складальні одиниці.

Ключові слова: геометричне моделювання, SolidWorks, Академік Вернадський, Антарктика.

ВСТУП

Використання систем автоматизованого проектування дуже поширене для побудови комп'ютерних геометричних моделей. Після закінчення геометричного моделювання зазвичай отримують модель об'єкта, складовими якої є суттєві для моделювання елементи. При цьому допускається виключення несуттєвих елементів, навіть у тому випадку, якщо вони є важливими для функціонування об'єкта.

Важливим чинником, який буде впливати на результат геометричного моделювання є перш за все час, який буде затрачено на побудову та проведення подальших досліджень із моделлю, а також не менш важливим чинником є витрати, які потрібні для побудови геометричної моделі, яка б точно співпадала із реальним об'єктом. Модель, яка є занадто складною може бути економічно невигідною для проведення її аналізу [1] та буде ставити під сумнів необхідність проведення досліджень у цілому. Зважаючи на вище написане, можна виділити наступні критерії, яких необхідно дотримуватися при виборі геометричної моделі: простота дослідження при подальшому імітаційному моделюванні та простота аналізу отриманих результатів дослідження.

Для того, щоб уникнути складнощів при подальшому аналізі результатів моделювання потрібно виконувати спрощення геометричних моделей, використовуючи певні припущення. Проте, варто зазначити, що при цьому мають виконуватися певні вимоги [2]: адекватність моделі, точність, універсальність та доцільна економічність.

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНЦІЇ АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ

Для того, щоб створити тривимірну модель станції Академік Вернадський було використано програмне середовище SolidWorks. SolidWorks – це програмне забезпечення для автоматизованого проектування, яке дозволяє користувачам створювати практично будь-яку форму, яку вони можуть уявити, і взаємодіяти із нею у 3D [3].

У програмному середовищі SolidWorks є можливість імпортувати зображення для їх подальшого використання в ескізах. Саме тому було

імпортовано топологічну карту острову (рис. 1) як основу для ескізу геометричної моделі рельєфу. Дана операція дозволить більш точно наблизити модель рельєфу району станції до реальності, адже, як видно з рис. 1, присутні досить значні перепади над рівнем моря, складна берегова лінія, а також місцями шар снігу.

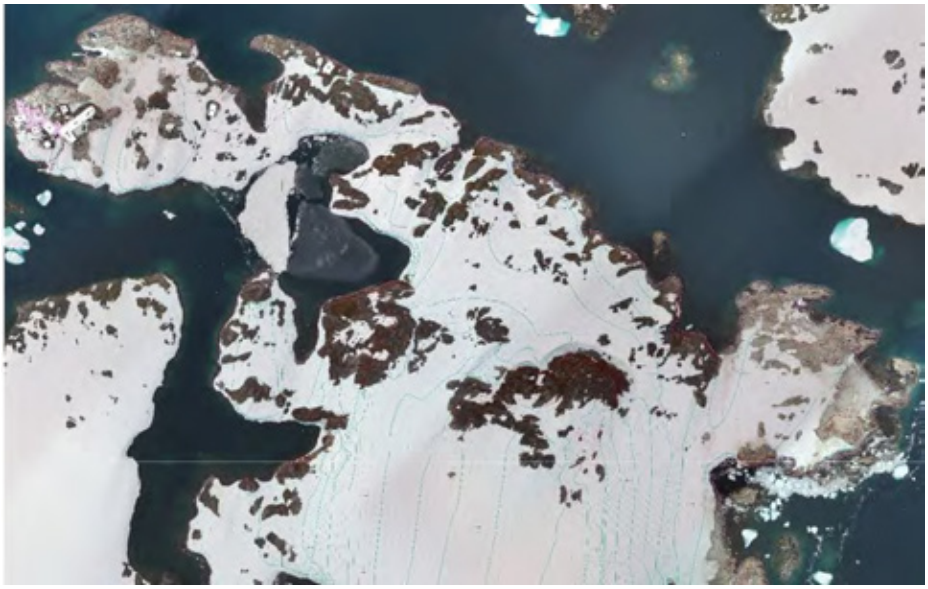


Рисунок 1 – Топографічна карта острову Галіндез

Так як у SolidWorks є можливість побудови об'єктів у реальному масштабі, тому було побудовано модель острову у масштабі 1:1. Проте, зважаючи на відносно невеликі розміри станції Академік Вернадський щодо всього острову, було побудовано лише ту частину острову, яка обмежена станцією.

Для точного відтворення берегової лінії у середовищі SolidWorks було використано інструмент «Сплайн», який дозволяє побудувати контур, що по формі буде точно відповідати береговій лінії. Варто зазначити, що даний контур обов'язково має бути закритим, тобто остання точка лінії має бути з'єднана із першою. Якщо не дотримуватися цього правила, то SolidWorks не зможе створити відповідну тривимірну модель.

Для відтворення контуру берегової лінії використано понад 1000 точок, після чого даний ескіз необхідно витягнути на потрібну висоту. Через те, що висота кожної області місцевості невідома, було обрано витягування кожного контуру на 1м відносно попереднього. Також було прийнято, що перший побудований контур берегової лінії знаходиться на рівні моря.

Для побудови ескізу кожного наступного контуру було обрано верхню грань попереднього рівня. Кожен наступний контур було побудовано так само, як і перший, за допомогою виділення інструментом «Сплайн» відповідної замкнутої області на топологічній карті місцевості.

Таким чином, після побудови всіх рівнів відповідно до топологічної карти було отримано геометричну модель рельєфу району станції Академік Вернадський, яка зображена на рис. 2.

Рисунок 2 – Геометрична модель району станції Академік Вернадський, вигляд збоку

До елементів інфраструктури станції відносяться наступні будівлі:

- головний корпус;
- капличка;
- дизель-генераторна;
- компакторна;
- столярна майстерня;
- РВС-200, РГС-150;
- склад;
- баня;
- аварійна база;
- аерологічний павільйон;
- психометрична будка.

Використовуючи SolidWorks, кожну будівлю було побудовано як спрощену геометричну модель (тільки важливі елементи конструкції). Також варто зазначити, що так як не було відомо точних геометричних розмірів будівель, а лише їх площа, то висоту одного поверху, кут нахилу даху, вид фундаменту та інше було визначено приблизно по фотографіях та відповідних картах. Внесення змін до розмірів не є енергозатратним процесом, тому будь-який розмір пізніше може бути уточнений або ж змінений.

Після проведення геометричного моделювання кожного елементу інфраструктури станції Академік Вернадський було створено складальну одиницю. Для цього у програмне середовище SolidWorks було імпортовано усі елементи інфраструктури та геометричну модель рельєфу, які було створено у режимі «Деталь». Після цього було виконано розміщення будівель на моделі місцевості відповідно до план-схеми та топологічної карти.

Враховуючи велику висоту паль фундаменту, геометричну модель місцевості було вирізано з геометричних моделей кожного елементу інфраструктури станції після їх встановлення на збірці відповідно до карти. Це дозволило уникнути взаємного проникнення моделей та більш точно відтворити взаємодію елементів складальної одиниці.

Також додатково було створено геометричну модель дерев’яного помосту, який дозволяє переміщатися між основними будівлями станції. Готову складальну одиницю станції Академік Вернадський зображено на рис. 3.

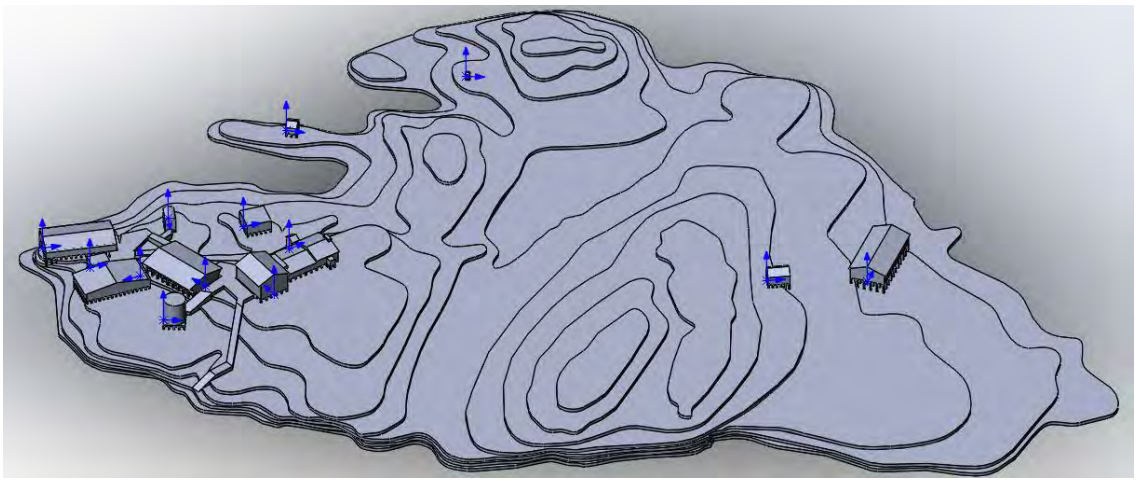


Рисунок 3 – Складальна одиниця району станції Академік Вернадський, вигляд збоку

ВИСНОВКИ

Для проведення моделювання станції Академік Вернадський було використано програмне середовище SolidWorks. У режимі «Деталь» було створено геометричну модель місцевості а також усі елементи інфраструктури станції Академік Вернадський. Після чого, було створено складальну одиницю, яка являє собою поєднання усіх створених раніше елементів. В результаті проведеного моделювання було отримано геометричну модель станції Академік Вернадський.

При моделюванні було використано деякі припущення, одні з них відсутність дрібних елементів ландшафту, відсутність снігового покрову, відсутність флори та фауни, побудова моделі місцевості та елементів інфраструктури по фотографіях.

У подальшому планується аналіз даної геометричної моделі у середовищі ANSYS для визначення розподілу швидкості та тиску повітряного потоку по геометричній моделі станції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения. Введ. 01.01.1992. М.: Издательство стандартов, 1997. 14 с.

[2] Основы системного проектирования. URL: http://www.cfin.ru/management/controlling/sys_project.shtml (дата звернення: 25.11.2021).

[3] About SOLIDWORKS. URL: https://centralinnovation.com/solidworks/ (дата звернення: 25.11.2021).

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

Секція 2.
Економіка виробництва і використання оптичних та оптико-електронних приладів і систем

УДК 623.46.084.2

М. С. Білик, студент гр. ПО-11мп, к. т. н., доц. Кучеренко О. К.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРИСТРІЙ ВІДХИЛЕННЯ ЛАЗЕРНОГО ПРОМЕНЮ ДЛЯ ЛАЗЕРНО-ПРОМЕНЕВОЇ НАПІВАВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ РАКЕТ

Анотація. В даній статті розглядається питання використання акустооптичного дифракційного дефлектора для розгортки лазерного променю в межах інформаційного поля керування ракетою в напівавтоматичних переносних ракетних комплексах призначених для ураження нерухомих і рухомих броньованих цілей. Метою роботи є розробка принципу побудови запропонованої системи.

Ключові слова: лазерно-променева система наведення; акустооптичний дефлектор; системи телеуправління лазерним променем .

ВСТУП

Пристрій відхилення лазерного променю для лазерно-променевої системи наведення (ЛПСН) використовують в напівавтоматичних переносних ракетних комплексах (НПРК) призначених для ураження нерухомих і рухомих броньованих цілей та інших об'єктів.

Особливості бойового застосування НПРК з командними ЛПСН ракет полягають у наступному. Оператор за допомогою оптико-візуального або тепловізійного прицілу виявляє і розпізнає ціль, а після пуску ракети утримує перехрестя прицілу (прицільну мітку) на цілі протягом всього часу польоту ракети. У момент пуску ракету «вистрілюють» в лазерний промінь і телеорієнтують по його осі, що збігається з лінією візування цілі (ЛВЦ) оператором. У лазерному промені формується інформаційне поле управління ракетою, в якому вона утримується на ЛВЦ.

В роботі проводиться аналіз недоліків існуючих систем розгортки лазерного променю і пропонується скористатися для вирішення цієї задачі електронною системою розгортки з використанням акустооптичного дефлектора.

НАПІВАВТОМАТИЧНА ЛАЗЕРНО-ПРОМЕНЕВА СИСТЕМА НАВЕДЕННЯ

Для реалізації ЛПСН можуть бути використані системи телеуправління з амплітудною, частотною, кодово-імпульсною модуляцією.

У системах з амплітудною модуляцією, що формують лазерний промінь з нерівномірним по його перетину розподілом інтенсивності, забезпечується залежність амплітуди сигналу від кутових координат ракети [1]. Основним недоліком систем телеуправління з амплітудною модуляцією є залежність амплітуди сигналів від зміни показника заломлення на трасі поширення лазерного випромінювання. Швидкість розповсюдження і енергетичні втрати оптичного імпульсу в атмосфері залежить від показника заломлення атмосфери. Значення показника заломлення визначаються станом атмосфери: туман, сморід, дощові завади і т. і. В реальних умовах роботи всі ці фактори можуть бути присутніми. Вони підвищують шумову складову сигналу, який приймається фотоприймальним пристроєм на борту ракети, і передбачити їх вплив на амплітуду сигналу наперед неможливо. Якщо амплітуда шумової складової

сигналу стане дорівнювати амплітуді корисного сигналу, то інформація для керування ракетою взагалі може бути втрачена.

У системах з частотною модуляцією лазерне випромінювання модулюють растровими модуляторами і за допомогою панкратичного об'єктива зі змінною фокусною відстанню направляють на ціль [2]. Код малюнка растра дозволяє отримати інформацію про координати ракети в лазерному промені, причому, зазвичай зміна частоти модульованого сигналу визначає знак кута неузгодженості ракети з ЛВЦ, а зміна тривалості сигналу на ФПП – величину цього кута.

Загальними недоліками лазерно-променевих систем телеуправління з частотною модуляцією є високі втрати на модулюючому і кодуючому растрах, які можуть перевищувати 50 % потужності випромінювання лазера, складність конструкції, необхідність використання джерел безперервного випромінювання і механічних модуляторів, що призводить до утворення «сходинок» на амплітудній характеристиці і, як наслідок цього, до зниження точності вимірювання кутових координат ракети. Іншим недоліком систем цього типу є необхідність використання пристроїв сканування лазерного випромінювання, що призводить до ускладнення конструкції, збільшення маси і габаритів системи, зменшення надійності.

ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ

Переваги запропонованої системи полягають у спрощенні конструкції, підвищенні точності, надійності, швидкодії пристрою відхилення лазерного променю для ЛПСН, шляхом забезпечення відхилення лазерного промінню в межах інформаційного поля електронною системою управління лазерним променем без застосування механічної системи сканування і використання механічних приводів для розгортки лазерного променю

Принцип дії запропонованого пристрою для розгортки лазерного променю пояснює рис.1. Оператор за допомогою оптико-візуального або тепловізійного прицілу виявляє і розпізнає ціль, а після пуску ракети утримує перехрестя прицілу (прицільну мітку) на цілі протягом всього часу польоту ракети. У момент пуску ракета «вистрілюється» в лазерний промінь і телеорієнтується по його осі, що збігається з лінією візування цілі оператором. Лазерний промінь відхиляється акустооптичним дифракційним дефлектором в межах інформаційного поля і керує траєкторією руху ракети, утримуючи її на ЛВЦ. Завдяки такій системі керування ракета влучає в ціль.

Кожна з гілок пристрою забезпечує пошук цілі та керування ракетою по одній з осей координат. Наприклад, лазер 2 визначає координати ракети в горизонтальній площині, а лазер 13 в вертикальній площині. Випромінювання лазерів формується об’єктивами 3, 14. Електронний блок керування акустооптичними дифракційними дефлекторами отримує дані сигнали від фотоприймача, який розташований в хвостовій частині ракети, і, таким чином, визначає положення ракети в даний момент часу. Керування ракетою починається з того моменту, коли електронний блок керування пристрою отримує перші сигнали. Інформація з електронного блоку керування поступає на

датчик кута повороту ракети 10, після якого шифратор 11 формує керуючі команди на модулятори лазерного випромінювання 1 і 12.

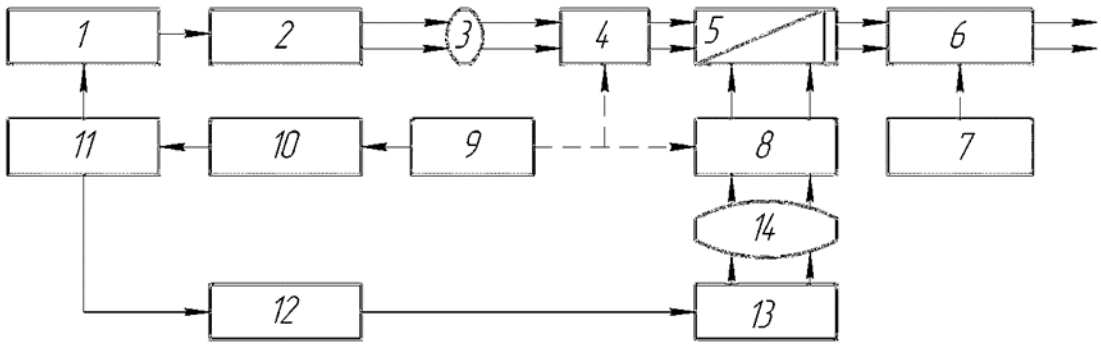


Рисунок 1. Структурна схема лазерно-променевої системи наведення

Лазери виробляють певну послідовність кодованих оптичних імпульсів, що передаються через фотоприймач на борт ракети для керування рулями ракети з метою направлення ракети на ціль і враження цілі. Для оптичного поєднання гілок горизонтального і вертикального наведення ракети і направлення лазерних променів у вхідну зіницю панкратичної оптичної системи використовується призма Глана 5. Панкратична оптична система 6 з механічним приводом 7 поступово змінює кутове розходження лазерних променів на виході ЛПСН протягом польоту ракети від старту до влучення в ціль. На початковій ділянці траєкторії руху ракети кутове розходження лазерного променю повинно бути суттєво більшим, чим на кінцевій ділянці траєкторії. Завдяки цьому забезпечується надійне «вистрілювання» ракети в лазерний промінь.

Для відхилення лазерного променю в межах інформаційного поля використовують акустооптичні дифракційні дефлектори, які мають високу роздільну здатність при простоті управління і достатню швидкодію при малих габаритах, а крім того досить просту конструкцію і низьке енергоспоживання. Дефлектори дозволяють здійснювати безперервне відхилення лазерного променю в межах інформаційного поля, та дискретне перемикання в разі необхідності відхилення лазерного променю лише по одній з осей координат.

Відхилення лазерного променю в акустооптичному дифракційному дефлекторі відбувається через зміну періоду дифракційної гратки, яка формується за рахунок впливу акустичних коливань від п’єзоелектричного перетворювача на оптичну скляну пластину.

Залежність між параметрами дифракційної ґратки і кутом відхилення лазерного променю така:

$$\Delta\theta\_d=(p\lambda/(nv)f)$$

де $\Delta\theta d$ – кут відхилення лазерного променю; p – номер дифракційного максимуму; λ – довжина хвилі лазерного випромінювання; n– показник заломлення скла дефлектора; v – швидкість звука; f – діапазон зміни частоти акустичної хвилі.

Якщо, наприклад, кут поля зору системи наведення складає $\Delta\theta d = 40 = 0{,}06$ рад, що відповідає кутовому розміру інформаційного поля, то можна визначити вимоги до акустооптичного дифракційного дефлектора і параметрів електронного блоку його керування. В якості матеріалу дефлектора візьмемо халькогенідне скло. Для нього середня довжина хвилі спектрального пропускання складає $\lambda = 1{,}5$ мкм; показник заломлення $n = 2{,}7$; швидкість розповсюдження акустичної хвилі в склі $v = 2{,}5 \cdot 109$ мкм/с. Результати розрахунку і імітаційного моделювання роботи акустооптичного дифракційного дефлектора вказують на те, що найбільший кут відхилення лазерного променю буде спостерігатись для дифракційного максимуму першого порядку, тому приймемо $p = 1$. Тоді частота акустичної хвилі повинна складати $f = 270$ МГц.

ВИСНОВКИ

Існуючи скануючи системи відхилення лазерного променю мають суттєві недоліки: складність конструкції, що знижує швидкодію і надійність, значні масо-габаритні параметри. В роботі запропоновано використати для відхилення лазерного променю в межах інформаційного поля акустооптичним дефлектором, завдяки чому механічна система сканування замінюється електронною системою. В якості матеріалу дефлектора варто скористатися халькогенідним склом Ge2.17As39.13S58.70.

Проведені теоретичні дослідження дозволили визначити основні характеристики акустооптичного дефлектора. Для відхилення лазерного променю в межах інформаційного поля з кутом $\Delta\theta d = 40 = 0{,}06$ рад і визначених фізичних характеристиках халькогенідного скла необхідно забезпечити частоту коливань акустичної хвилі $f = 247$ Мгц. У статті розглянуто БПЛА, особлива увага приділена МБЛА. Визначено, що виявлення малогабаритних БПЛА є не простою задачею. Розглянуто різні методи виявлення МБЛА та показано особливості оптико-електронних методів протидії МБЛА. Визначено проблему спостереження МБЛА різники засобами, яка полягає в малій ефективній площі розсіювання корпусу апарата.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Утемов С. В. Роль и место командных и автоматических лазерно-лучевых систем наведення ракет в зарубежных противотанковых ракетных комплексах. //Вестник Воронежского государственого технического университета – 2010.– Т. 6, №2, – С. 60-68.

[2] Данилов В. В. Классификационный анализ акустооптических устройств управления лазерным пучком. //Технология и конструирование в электронной аппаратуре – 2000. №2, – С. 52-59.

[3] Балакшин В. И., Парыгин В. Н., Чирков Л. Е. Физические основы акустооптики. - М.: Радио и связь, 1985. – 280 с.

Наук. керівник – к. т. н., доц. Кучеренко О. К.

УДК 681.384.3

Є.О. Васильчук, студент гр. ПО-11мп, д.т.н., проф. Микитенко В.І.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ЗАСОБИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Анотація. В даній статті розглядається проблематика виявлення малогабаритних безпілотних літальних апаратів. Метою роботи є аналіз МБПЛА, як об'єкта виявлення, при використанні різних оптичних та оптико-електронних методів.

Ключові слова: малогабаритні безпілотні літальні апарати, оптичні та оптико-електронні методи, БПЛА, дистанційні спостереження.

ВСТУП

Останнє десятиліття поряд із традиційними пілотованими літальними апаратами широко впроваджуються у практику безпілотні літальні апарати (БПЛА), які можуть залучатися як для ведення повітряної розвідки місцевості, спостереження за об'єктами, дистанційного моніторингу природних ресурсів, так і у військових цілях. Їхніми характерними особливостями є: малі розміри, мала потужність рухової установки, застосування при їх виготовленні композитних матеріалів. З появою середніх та малих БПЛА завдання протидії їх застосуванню у особливо контрольованих зонах суттєво актуалізувалися.

Найбільш складними щодо протидії є малі БПЛА – малогабаритні та малошвидкісні (МБЛА). До додаткових факторів, які перешкоджають ефективній протидії таким апаратам, належать:

- використання високоманеврених та «рваних» режимів польоту;
- використання в конструкції пластикових та композиційних матеріалів, що слабко відбивають електромагнітне випромінювання;
- використання для управління БПЛА не виділених командних радіоліній управління на основі окремих засобів зв'язку, а вже існуючої зв'язкової інфраструктури мобільних операторів зв'язку та точок доступу Wi-Fi [1].

МБЛА

МБЛА поділяються на дві основні групи:

1. МБЛА, маса яких досягає від кількох грам до 2 кг, мають велику масовість виробництва (відповідно - використання) та низьку вразливість до існуючих засобів боротьби з повітряними цілями;
2. МБЛА, маса яких знаходиться в діапазоні від 2 кг і вище, мають велику вартість виробництва та вразливість. З урахуванням нових засобів захисту та зв'язку деякі з цих МБЛА можна віднести до першої групи.

МБЛА застосовують у різних тактичних умовах. Способи їх застосування включають не тільки політ на гранично малих висотах, але і використання різноманітних перешкод, а також зниження радіопомітності, рівня інфрачервоного випромінювання і акустичного шуму. Відмінність від існуючих безпілотних та пілотованих літальних апаратів полягає в тому, що МБЛА мають більшу маневреність навіть у складних умовах рельєфу місцевості. Рух у просторі МБЛА можуть здійснювати на гранично малих висотах, у широкому діапазоні швидкостей (до 400 км/год), ущелинах та ярах, у тіні від місцевих

пагорбів і за горизонтом. Тому їх виявлення існуючими методами є складним чи неможливим.

Крім МБЛА військового призначення все більшого розвитку отримують МБЛА для комерційного використання - "дрони" (квадрокоптери, мультикоптери) з дистанційним керуванням. Популярність і доступність «дронів» стрімко зростають. За два роки, з 2013 по 2015, ринок «дронів» збільшився на світовому ринку у 7 разів. Разом із зростанням продажів «дронів» [2] зростає кількість правопорушень їх застосування: тероризм, шпіонаж, вандалізм, пошкодження майна, транспортування заборонених грузів, нагляд.

МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ МБЛА

В таблиці 1 наведені можливості різних методів при вирішенні завдань, ідентифікації та супроводу МБЛА [3].

Таблиця 1 - Можливості різних методів для виявлення малих МБЛА

Характеристика	***Радіо***		***Оптичні***			***Акустичні***
	РЛ засоби	***РРТ засоби***	***ОЕ засоби у видимому діапазоні***	***ОЕ засоби в ІЧ діапазоні***	***Лазерні засоби***	***Акустичні засоби***
Виявлення в денний час	+	+	+	-	+	+
Виявлення в нічний час	+	+	-	+	+	+
Виявлення в умовах природних перешкод	+	+	+	+	+	+
Виявлення БПЛА серед природних об'єктів	-	+	-	-	-	+-
Виявлення у складних погодних умовах	+-	+	-	-	-	-
Ідентифікація БПЛА	-	+	+-	+-	-	+
Супровід і формування траекторії	+	+	+	+	+	+
Дальність дії	висока	висока	середня	середня	середня	низька

*РЛ – радіолокаційні, РРТ – радіотехнічна розвідка, ОЕ - оптикоелектронні

Як бачимо, для виявлення МБЛА існує багато методів та способів, розглянемо детальніше оптичні та оптико-електронні (ОЕ) методи.

ОЕ засоби видимого діапазону є досить надійним засобом виявлення малорозмірних МБЛА, що представляють складності для РЛ засобів. Однак, ефективність оптичного виявлення БПЛА істотно залежить від факторів навколишнього середовища, насамперед, від часу доби та погодних умов. Виявлення БПЛА ОЕ засобами допустимо за можливості побудови проекції його візуального вигляду проекції на картинну площину після використання всіх можливих способів підвищення контрастності та відновлення пропущених елементів графічного образу. Збільшення дальності виявлення досягається за рахунок звуження поля зору засобу ОЕ спостереження, зменшення зони огляду і збільшення часу пошуку. Тому ОЕ засоби у видимому діапазоні є не дуже ефективними пристроями щодо пошуку БПЛА [4].

Застосування оптичного збільшення в ОЕ засобах, що використовуються в даний час в системах виявлення та супроводу повітряних цілей, дозволяють збільшити дальність виявлення БПЛА у 4,5-14 разів, зокрема [3]:

- зі збільшенням 4,5-крат – до 2,2 км;
- зі збільшенням 14-крат – до 6,7 км.

Однак очевидно, що при оптичному збільшенні знижуватиметься ймовірність виявлення БПЛА через звуження області оглядового простору [3].

Крім ОЕ засобів, що працюють у видимому діапазоні, виявлення БПЛА можливе ОЕ засобами, що працюють в ІЧ-діапазоні. ОЕ засоби ІЧ-діапазону особливо ефективні у нічний час. Тепло від БПЛА виділяється, в основному, силовою установкою та електронними компонентами, а також точками гальмування на несучих краях крил, пропелерів та гвинтів. Крім того, у конструкції БПЛА можуть використовуватися матеріали з високою теплопровідністю, такі як срібло та алюміній. У кожному конкретному випадку можливість БПЛА бути виявленим у ІЧ діапазоні визначається його тепло-випромінювальною здатністю, контрастом та площею випромінювання [5]. Їх принцип дії заснований на тому, що променистий потік, створюваний об'єктами, що спостерігаються, фокусується за допомогою оптичної системи (об'єктива) на світлочутливу матрицю приймачів променистої енергії (або лінійну, або прямокутну). Сигнали з виходів елементів світлочутливої матриці піддаються відповідній обробці, переводяться в цифрову форму та відображаються на екрані монітора у вигляді відміток яскравості. В результаті вдається отримати на екрані монітора видиме зображення об'єктів, що спостерігаються, на тлі місцевості.

Проблема спостереження МБЛА будь-якими засобами полягає в малій ефективній площі розсіювання корпусу апарата. Якщо апарат працює в пасивному режимі, то єдиним шляхом підвищення дальності його виявлення є збільшення контрасту його зображення на фоні неба. В ОЕ спостереженнях це можливо зробити з допомогою лазерного підсвічування, спектральної селекції, поряриметричними методами аналізу випромінювання. Перший шлях супроводжується суттєвим ускладненням апаратури ОЕ спостереження, унеможливлює скритність виявлення, а також обмежується по дальності потужністю лазерної підсистеми. Методи спектрального та поряриметричного аналізу є значно перспективнішими.

ПЛАТФОРМИ ДЛЯ РОЗМІЩЕННЯ ОЕ АПАРАТУРИ

Перспективними платформами для розміщення ОЕ апаратури виявлення є назамні рухомі засоби – як керовані, так і автоматичні [7]. Наприклад, рухомий наземний комплекс "Хелвс" монтується на тактичному автомобілі (пікапі або баггі) і керується одним оператором [5]. Лазерна установка наводиться ОЕ системою виявлення, ідентифікації та визначення координат БПЛА. Заряд акумуляторних батарей повинен забезпечувати чотиригодинну роботу в режимі очікування та понад 20 лазерних пострілів у режимі ураження цілей. Існують також версії виконання комплексу "Хелвс", що забезпечують його застосування з інших носіїв, наприклад, літаків або вертольотів.

Для військово-морських сил США розроблено варіанти лазерних комплексів ПБПЛА. Так, у 2020 році успішно випробувано високоенергетичний КЛО "Геліос", призначений для знищення БПЛА різного типу. Комплекс включає засоби ОЕ розвідки та лазерного ураження малорозмірних цілей. Він вважається комплексом лазерної зброї корабельного базування і розміщується безпосередньо на військових кораблях. Також вони можуть бути розміщенні на базі бронетранспортера «Страйкер» [7].

ВИСНОВКИ

У статті розглянуто БПЛА, особлива увага приділена МБЛА. Визначено, що виявлення малогабаритних БПЛА є не простою задачею. Розглянуто різні методи виявлення МБЛА та показано особливості оптико-електронних методів протидії МБЛА. Визначено проблему спостереження МБЛА різники засобами, яка полягає в малій ефективній площі розсіювання корпусу апарата.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Ростопчин В. В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния // Беспилотная авиация [Электронный ресурс]. 2019. – URL: https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye_letatelny.

[2] Баканеев С.А. Робототехнические комплексы военного назначения для ракетных войск и артиллерии Сухопутных войск // Робототехника. – 2017. – № 2 (44). – С. 7-14.

[3] Еремин Г. В., Гаврилов А. Д., Назарчук И. И. Малоразмерные беспилотники – новая проблема для ПВО // Отвага [Электронный ресурс]. 29.01.2015. № 6 (14). – URL: http://otvaga2004.ru/armiya-i-vpk/armiya-i-vpkvzglyad/malorazmernye-bespilotniki/.

[4] Vozhdaev V. V., Teperin L. L. Harakteristiki radiolokacionno zametnosti letatel'nyh apparatov [Characteristics of radar visibility of aircraft]. Moscow, Fizmatit Publ., 2018. 376 p. (in Russian)

[5] Dmitriev M. L., Pokrovskij M. V., Rostopchin V. V., Fedin S. I. Vozvrashchaemyj bespilotnyj letatel'nyj apparat s trekhopornym shassi [Returnable unmanned aerial vehicle with a tricycle landing gear]. Patent Russia no. 2408500. 2008. Available at: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1548576482683.

[6] Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Инфракрасные системы «смотрящего» типа. М.; «Логос», 2004, 452 с.

[7] Микитенко В.І. Підвищення живучості прицільно-пошукової системи наземного роботизованого комплексу/ Микитенко В.І., Мельник О.Д., Сенаторов В.М. // Вісник Київського політехнічного інституту. Серія «Приладобудування».- 2021. – № 61(1) (2021). – С. 26-31.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Микитенко В.І.

УДК 681.7

І.В. Горжий, студент гр. ПМ-01мп, О.М. Безвесільна, проф.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СПОСОБИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВІДЕОКАМЕРИ

Анотація. У статті розглянуто найбільш поширені способи стабілізації оптичних приладів, проаналізовані їх переваги та недоліки, проведена оцінка точності стабілізації та факторів, що впливають на неї.

Ключові слова : стабілізація, оптичний прилад, фототехніка, відеотехніка.

ВСТУП

Сьогодні з розвитком суспільства зростають і вимоги до якості фото- та відеозаписів. Сфера використання фотокамер з кожним роком продовжує зростати: охоронні та реєструючі системи, професійні фотоапарати та аматорські камери, камери у телефонах тощо [1]. Телебачення і кіно широко застосовуються у наукових, навчальних, інформаційних і розважальних цілях. Зйомки часто ведуться з наземних, літальних, надводних і підводних рухомих об'єктів. У таких умовах зйомки оптичні прилади часто схильні до хитання або вібрації рухомої основи, на якій вони встановлені. Для отримання якісних відеозаписів та фотографій прилад необхідно стабілізувати для нівелювання цих вібрацій. Метою цієї статті є огляд методів та засобів стабілізації відеокамери, аналіз їх переваг та недоліків.

ОСНОВНІ ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ЗЙОМКИ

Однією з причин, що призводять до погіршення не лише роздільної здатності, а й якості зйомки загалом, є вплив на відеокамеру механічної вібрації у місці встановлення. Подібна вібрація завжди супроводжує відеокамери, встановлені вздовж автомобільних доріг на стовпах або спеціальних щоглах. У цьому випадку вона виникає внаслідок сильного вітру і нестабільності конструкції, що використовується. Крім того, на камеру може безпосередньо передаватися вібрація від техногенного джерела, у тому числі і в приміщеннях. Найчастіше поруч виявляється якесь потужне джерело вібрації: генератор, ліфт, вхідні двері.

Окрім зміщення зображення при експлуатації у таких умовах, відбувається і «обрізання» картинки. І головна проблема полягає в тому, що вібрація є непередбачуваним процесом, не може бути наперед врахована, описана, а отже, і повністю компенсована якимось певним алгоритмом. Подібне погіршення зображення дуже ускладнює завдання детекції, а тим паче розпізнавання. Варто враховувати, що для довгофокусних об'єктивів вплив вібрації буде найбільш критичним. І навіть невелике переміщення камери може викликати колосальне зміщення картинки, що при великих збільшеннях неприпустимо. Мала вібрація є практично завжди, але зазвичай її просто не враховують [2].

Для приладів, що працюють з рук, останні можуть розглядатися як рухома основа. Дія нервово-м'язового апарату рук при напрузі на згинах суглобів, необхідна для підтримки приладу, супроводжується тремтінням, яке у біології має спеціальну назву – тремор. Суглобовий тремор залежить як від виду управління суглобним кутом, так і від психофізичного стану оператора. У даний

час слід вважати, що спектр кутових коливань тремору має максимум при 10 Гц, де амплітуда кутових коливань має величину від 10 до 20', і в низькочастотній області у діапазоні від 1 Гц до 2 Гц, де амплітуда кутових коливань досягає 1º. Кутові коливання приладу залежать також від ваги приладу, відстані від рук до центру тяжіння та ін.

Тремтіння рук викликає зменшення контрастності зображення і погіршення межі розширення ока через інерційность зору. При малих частотах переміщення об’єкту, що має малу відносну швидкість, мускулатура очей встигає відпрацювати рух об'єкта спостереження і змазування зображення на сітківці невелике. При великих частотах мускулатура ока не встигає за цим об’єктом, і за інерцією зображення змазується, втрачаючи деталі і контраст. Тому потрібна стабілізація.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ

Цифрова стабілізація. Принцип роботи алгоритмів цифрової стабілізації зображення полягає у програмній обробці відеосигналу із сенсора камери. При увімкненні режиму стабілізації відеокамера фіксує центр зображення, і при виникненні вібрації реальна картинка зміщується у протилежну від переміщення кадру сторону. Так центр кожного обробленого кадру опиняється у центрі зображення, що передається відеокамерою, і виключаються "качання" кадра на екрані. Однак цей алгоритм має й негативні сторони. У першу чергу, обрізаються периферійні області кадру, а значить, пропадає і вся корисна інформація щодо країв зображення. По-друге, внаслідок роботи алгоритмів, можливе ще більше погіршення реальної роздільної здатності відеокамери.

Цифрова стабілізація з використанням гіроскопічних сенсорів. При такому виконанні принцип роботи алгоритму схожий на попередній варіант. Відмінність полягає у тому, що в середині камери встановлено спеціальний чип DSP, який фіксує її фізичне переміщення. Вимірювання здійснюються за допомогою гіроскопічних сенсорів або акселерометрів. Ці вимірювання надходять на процесор відеокамери, де враховуються при компенсації діючої вібрації. Отже алгоритм не просто програмно фіксує область зображення, але й намагається утримати його в центрі. Величини лінійних та кутових переміщень камери враховуються для кожного кадру. І для будь-якого, навіть незначного зміщення корпусу камери, визначається напрямок та величина. Тому процесор для будь-якого кадру з відеоряду має інформацію: куди необхідно змістити поточне зображення, щоб при суміщенні з попередніми кадрами виходила чітка незмазана картина.

Технічні переваги і недоліки такого способу у цілому аналогічні варіанту з використанням програмного алгоритму стабілізації: камера не змінюється в габаритах, не вимагає додаткових вкладень, але частина чутливого сенсора займається алгоритмом. Разом із зростанням ефективності компенсації вібрації зростають вимоги до якості реалізації алгоритму. Адже неправильне використання показань із гіроскопічного сенсора може значно погіршити підсумкову картинку. А його вихід із ладу повністю виключає можливість

стабілізувати зображення надалі. Але й результати, що демонструються цим способом, значно перевершують попередній варіант.

Оптична стабілізація зображення в об'єктиві. При оптичній стабілізації використовується та сама логіка, що й у попередньому випадку. У середині самого об'єктива встановлюється модуль з гіроскопами або акселерометрами, які вимірюють рух камери. Але це переміщення вже компенсується в середині самого об'єктива, за рахунок керування положенням основи з оптичним елементом за допомогою електродвигунів. Тобто, в об'єктиві розташована лінза, яка не реагує на зовнішню вібрацію і зберігає своє положення у просторі незмінним. Тому і на матрицю відеокамери надходить статичне зображення кадра, оскільки на віддалені об'єкти вібрація не діє. Завдяки такому принципу, оптична стабілізація і дозволяє досягти найкращих результатів у компенсації зовнішньої вібрації. Крім того, може гаситися не тільки шумова вібрація з широким діапазоном амплітуд і частот, але і паразитні гармонійні коливання. Найважливішою перевагою оптичних методів перед цифровими є використання сенсора повністю, без обрізання частини зображення. Але ефективність методу безпосередньо пов'язана з точністю вимірювання переміщення та швидкістю його компенсації. Отже першорядну важливість грають гіроскопічні сенсори і двигуни об'єктива. Для забезпечення достатньої точності необхідно, по-перше, суттєве збільшення розмірів самого об'єктива, а по-друге, ще більш значне збільшення його вартості. Тому цей метод, зазвичай, реалізується лише у дорогих операторських відеокамерах. Цілком ймовірно, що це пов'язано з тим, що за таку вартість результат не виправдовує вкладень. Крім того, додатковий оптичний елемент може негативно позначатися і на наступних експлуатаційних характеристиках системи відеоспостереження: чутливість, стабільність роздільної здатності.[3]

Оптична стабілізація зображення у камері. Для усунення недоліків попереднього методу, пов'язаних з великими розмірами об'єктива, оптичний рухомий елемент може поміщатися в середину самої відеокамери. Сучасний технологічний розвиток дозволяє фіксувати матрицю так, щоб вона не переміщувалася за коливаннями корпусу. Таким чином, компенсується вібрація. У тому числі, стає можливим компенсувати кутові переміщення. Такий підхід дозволяє використовувати будь-який об'єктив, навіть із оптичною стабілізацією, тим самим надаючи недосяжну будь-яким попереднім варіантам стабільність зйомки. Технічним недоліком є менший, порівняно з оптичною стабілізацією, діапазон компенсованих амплітуд коливань. Так переміщення матриці, швидше за все, не достатньо при зйомці з довгофокусним об'єктивом або з великим зумом.

Стабілізована платформа. Остаточним вирішенням проблеми вібрації є використання зовнішніх стабілізованих платформ. Принципово це та ж рухома платформа з матрицею, що відпрацьовує коливання корпусу. Але замість матриці тут виступає весь пристрій. Завдяки такому підходу знімається проблема з малими розмірами активних елементів конструкції. Адже, оскільки камера встановлюється на таку платформу, розміри сенсорів, двигунів та обчислювальних елементів не обмежені. А значить можна досягти максимальної

швидкодії, точності та рівня компенсації вібрації, не зважаючи на габарити та споживану потужність [4]. Крім того, на таку платформу можуть бути встановлені будь-які камери.

ВИСНОВКИ

Сьогодні існує дуже багато методів та засобів стабілізації оптичних приладів, кожен з яких має різну фізичну природу, вартість та галузь застосування. Але, не зважаючи на це, існує потреба у розробці нових технологій та вдосконаленні вже існуючих, тому що актуальність використання фото- та відеотехніки у нашому світі зростає з кожним днем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Нечай, С.О. Дослідження ефективності систем стабілізації зображення фотокамер / С.О. Нечай, Т.В. Хильченко // Журнал “Вісник Національного технічного університету ХПІ ” Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. — 2015. —№ 22. — С. 35-38.

[2] Татарников, Е. В. Проектирование стабилизатора видеокамеры. Инженерия для освоения космоса : сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного Форума с международным участием / Томский политехнический университет. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. − 327 с.

[3] Карпухин , И. В. Способы стабилизации изображения / И. В Карпухин // Журнал “Евразийский научный журнал ”. — 2016. —№ 2. — С. 1967-1978.

[4] Смирнов, В.А. Система стабилизации и управления линии визирования подвижных объектов , построенная на трехстепенном гироскопе: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 / Смирнов Владимир Александрович; Тульский государственный университет, 2000. — 24-31 с.

Наук. керівник - д.т.н., проф. Безвесільна О.М.

УДК 338.984

А.І. Доцик, студент гр. ПО-01мп, д.т.н., проф. Колобродов В.Г.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ ПОЛЯРИЗАТОРІВ ІЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Анотація. У даній статі розглядається перспектива виготовлення ІЧ-об'єктивів в України для поляризаційних тепловізорів (ПТ), проведено аналіз конкуренції на ринку. Особлива увага приділена слабким і сильним сторонам наявних організацій, розташованих на території України, що здатні виготовляти такі оптичні системи, а також визначення етапів виробництва, які можна налагодити.

Ключові слова: аналіз ринку, поляризатор, тепловізор, аналіз конкуренції.

ВСТУП

Ідея використання поляризованого інфрачервоного випромінювання є досить новою. Завдяки отриманій інформації з такого випромінювання можна підвищити ймовірність виявлення об'єкта, що розташований на фоні, знаходити дефекти на виробах, сканувати об'єкти і відтворювати їхню 3D модель, виявити людину, яка тоне, відділивши сонячні бліки від теплового випромінювання тіла людини.

МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є дослідити можливості виготовлення поляризаторів в Україні. Дане дослідження наддасть нам інформацію щодо рентабельності та перспектив виготовлення таких приладів у нашій країні.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Тепловізійні системи чудово зарекомендували себе при пошуку втрат тепла, виявлення перегрітих елементів електроніки, використовуються для контролювання стану об'єктів і технологічних процесів промисловості. Тепловізори активно використовуються в арміях світу, а також є незамінними при цілому ряді досліджень.

Контроль систем на промислових зонах з використанням тепловізійних пристроїв спрощує і прискорює пошук можливих поломок. Завдяки використанню з іншими системами знижує ризик виникнення деяких робіт, шкідливих для життя людини.

Обладнання тепловізійної системи поляризуючим об'єктивом і правильна обробка отриманого зображення, може підвищити ефективність такої системи за рахунок автоматизації виявлення і розпізнавання об'єкта спостереження. Це може знизити складність її експлуатації, проте у зв'язку з дороговисною оптики, особливо призначеної для ІЧ-випромінювання, підвищить її вартість.

СКІЛЬКИ КОШТУЄ ПОЛЯРИЗУЮЧИЙ О'БЄКТИВА ДЛЯ ІЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ?

Оптичні системи завжди були і залишаються складними і дорогими у виготовленні, що пов'язано з необхідністю високої точності і якості матеріалів, особливо коли мова йде про оптику, яка використовується у дослідженнях. При

виборі оптики важливу роль відіграє спектральний діапазон випромінювання, з яким буде вона працювати.

Наразі використовується декілька принципів, на яких працюють поляризатори, призначені для ІЧ-випромінювання:

- Широкочастотні поляризатори від компанії Moxtek (дивись рис. 1), на основі дротяної сітки. Також цю технологію використовують при виготовлені піксель-поляризаторів, які дають можливість отримати одночасно декілька станів поляризації.

-Пластинчаті поляризатори, як працюють за рахунок використання кута Брюстера. Зазвичай вони складаються з п’яти — шести пластин, відділених невеликою відстанню. Така конструкція дає можливість отримати високополяризоване випромінювання із стенем поляризації в межах від 85% до 95%.

-Випромінювання відбите від германієвого дзеркала. Наразі цей спосіб дозволяє отримати найвищий ступінь поляризації ІЧ-випромінювання до 99%.

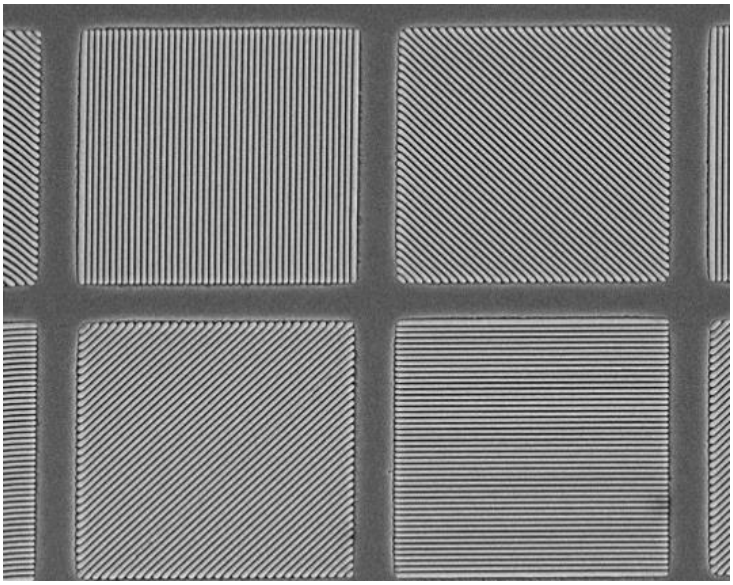


Рисунок 1. Піксель-поляризатор від компанії Mortek

-Пластинчаті поляризатори з використанням підкладки (дивись табл. 1)

Ціна поляризатора сильно залежить від використаної технології і принципу його роботи, що слід враховувати при його виборі. Наразі найдорожчими є поляризатори на основі дротяної сітки, ціна яких доходить до 40 000 грн за пластинку розміром 5х5 мм. Дешевшими ж аналогами, які не уступають в рівні ступеня поляризації, є поляризатори на основі кута Брюстера.

Наразі налагодити виробництво в країні можна на таких підприємствах як КБ СПБ "Арсенал" в Києві, НВК "Фотоприлад" в Черкасах, НДІ "Квант" в Києві. По знайденій інформації найпростіше це здійснити на КБ СПБ "Арсенал", так як тут є як вільні приміщення, так і необхідне устаткування, яке можна буде замінити на сучасніше з часом, що підвищить ефективність та якість продукції.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз поляризаторів з використанням підкладки

Матеріал підкладки	***CaF2***	***BaF2***	***ZnSe***	***Ge***	***Поліпропилен***
Спектральний діапазон	1-9	1.5-12	1.5-14	8-14	>=15
Стандартна апертура, мм	Д25х25	Д25х25	Д25х25	Д25х25	Д25
Макс. апертура, мм	Д50х50	Д50х50	Д50х50	Д50х50	Д50
Кількість штрихів на мм	2400	1200	1200	1200	1200
Ефективний коефіцієнт пропускання	>70%	>70%	65-70% (одностороннє просвітлююче покриття) >50% (без просвітлюючого покриття)	>50% (одне просвітлююче покриття)	70-90%
Ступінь поляризації	94-97% 1.5 µm >98% 2 µm >99% 3-9 µm	94-97% 2 µm >99% 3-11 µm	94-97% 2 µm (просвітл. покриття) 92-96%2 µm (без покриття) >99%10 µm	>99% 10 µm	99.5 15 мкм >96 15-1500 мкм

ВИСНОВОК

Основним проблемою є те, що наразі в Україні не виготовляються системи для поляризації ІЧ-випромінювання, що при виході на ринок може стати проблемою, так як буде відсутність довіри клієнтами. З іншої ж сторони, зважаючи на відносну новизну та досить низький асортимент таких систем наразі найсприятливіші умови для виходу на ринок, так як можна зайняти вільні ніші, в яких вибір або взагалі відсутній, або значно обмежений. Після часткового оновлення устаткування можна забезпечити повний процес виготовлення оптичних деталей та програмного забезпечення, що матиме значно нижчу ціну, ніж у конкурентів з трохи нижчою якістю.

Сильною стороною є низька ціна, порівняно з конкурентами, які виготовляють переважно високоточну продукцію, що в першу чергу призначена для дослідницької діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереженняЖ Підручник / В. Г. Колобродов, М. І. Лихоліт – К.: НТУУ «КПІ», 2007.
[2] Інфрачервона термографія. Основи. Техніка, Використанняю / Л. З. Госсорг
[3] Інфрачервоні спектри і структура полімерів/ А. Еліот. с. 28-92. Режим доступу - https://chem21.info/page/09024412122912311114001207716208102704002512 7197/
[4] ІЧ-Поляризатори. Режим доступу - http://www.tydexoptics.com/ru/products/spectroscopy/ir_polarizers/

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

УДК 681.7(02)

Д.В. Корнєв, студент гр. ПГ-11мп, д.т.н., проф. Микитенко В.І.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПОШУК ПЕРСПЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Анотація. В даній статті розглядається система виявлення малогабаритних безпілотних літальних апаратів (МБЛА) оптичними (ОП) та оптико-електронними (ОЕ) методами. Ціллю роботи є аналіз ОП методів, як предмету виявлення МБЛА.

Ключові слова: малогабаритні безпілотні літальні апарати, оптичні та оптико-електронні методи, БПЛА, ОЕ засоби, оптичний метод, ІЧ метод.

ВСТУП

Останні 20-30 років все більше набувають популярності безпілотні літальні апарати (БПЛА), що можуть застосовуватися у багатьох сферах життя безліччю способів, від доставки товарів, до діагностики і ремонту віддалених та важко доступних місць. Універсальність БПЛА і такі характеристики, як малий розмір, швидкість, маневреність, мала інерційність та найменша мінімальна висота польоту серед літальних апаратів, забезпечили їх використання у військовій сфері, де їх почали застосовувати для розвідки, бойових дій тощо. Це призвело до необхідності розробки засобів для виявлення та спостереження БПЛА.

Особливе місце у проблематиці виявлення БПЛА зайняли малогабаритні безпілотні літальні апарати (МБЛА), що за своїми розмірами часто не більші за птахів і є надскладними для виявлення та спостереження.

МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ МБЛА

В загалом всі методи виявлення МБЛА можна поділити на 3 групи зі своїми підгрупами [1, 2]:

1. Радіо
    - 1.1 Активний радіо-частотний метод
    - 1.2 Пасивний радіо-частотний метод
2. Акустичні
3. Оптичні – оптичний метод означає спостереження оком через оптичний засіб. Нижче наведено оптико-електронні методи, які працюють в видимому або ІЧ діапазоні
    - 3.1 Телевізійний метод (Видимий діапазон)
    - 3.2 Тепловізійний (ІЧ) метод

Всі вказані методи є дієвими проте мають свої недоліки.

Так радіо методи ефективні на великій дистанції і можуть ігнорувати природні перешкоди, але не можуть виявити ціль серед природних об’єктів та ідентифікувати ціль. А також на заваді може стати великий шум, що переб’є сигнал.

Акустичний метод надзвичайно ефективний проте може працювати лише на невеликих відстанях і в гарних погодних умовах.

Телевізійний метод надзвичайно ефективний та може працювати на великих відстанях, проте залежить від яскравості середовища та погодних умов, також

ефективність можливо покращити різними алгоритмами, що будуть розглянуті далі.

Тепловізійний метод демонструє гарну ефективність завдяки можливості бачити об'єкти за природними перешкодами та незалежності від погоди, часу, проте тепловізійні камери та сенсори мають малу роздільну здатність в порівняні з оптичним методом, що ускладнює ідентифікацію об'єктів та дає гірше зображення.

Проте у оптичних методів є перевага над іншими, вони надзвичайно ефективно працюють у тандемі закриваючі недоліки один одного та маючі величезний потенціал для подальшого розвитку.

ОПТИЧНІ МЕТОДИ

З конструктивної точки зору оптичні методи зазвичай передбачають використання певної передавальної камери (або двох камер у випадку бінокулярної системи). Камеру як правило розміщують на електромеханічному пристрої повороту навколо осей.

В залежності від потреб користувача оптичні системи можуть мати кардинально різні споживчі та масо-габаритні характеристики:

- Стаціонарні та пересувні системи, стаціонарні встановлюються на одне місце і на ньому працюють, пересувні можна транспортувати та використовувати у різних місцях;
- Маса та габарити можуть представляти як малий пристрій вагою декілька кілограм, що можна перенести у будь-яке місце та встановити, так і надзвичайно великі комплекси масою у сотні кілограм, що встановлюються у попередньо заготовленому місці та не може бути переміщеним або встановлюється на автомобіль починаючі з пікапів, закінчуючи грозовими автомобілями;
- Дистанція виявлення об'єкту в залежності від системи може досягати 5 км;
- Для виявлення об'єкту досить реєстрації 1-2 пікселів в залежності від алгоритму обробки зображення. Для класифікації об'єкту як правило необхідно 10 пікселів. Тобто чим більша роздільна здатність матриці камери тим далі можна виявити та класифікувати об'єкт;
- Виявлення та класифікація об'єкту займає не більше 2 секунд;
- Поле зору по вертикалі, як правило складає 20 градусів, а по горизонталі від 30 до 360 градусів;
- В залежності від системи можна відслідковувати як один так і декілька об'єктів;
- Система може бути, як ручного керування, так і автоматизованою.

На даний момент оптичний метод найчастіше передбачає використання засобів комп'ютерного зору та нейронних мереж. Комп'ютерний зір надає можливість обробляти окремі зображення та кадри відео загалом чи окремі їх частинки у реальному часі, виділяючи будь які зміни зображення, відокремлення певних деталей та інше. Нейрона мережа дозволяє ідентифікувати спостережувані об'єкти, що також вирішує проблему неможливості розпізнати

між собою птахів і МБЛА [2]. Також є розроблені алгоритми стеження за об'єктом з передбаченням його руху, до дозволяє позбавитися встановлення модуля лазерного стеження, що часто встановлюють на системи стеження [3].

Звичайний ІЧ методи відрізняються від телевізійних не тільки тим, що працюють в ІЧ діапазоні, а й тим, що зазвичай не використовують нейроні мережі, через що втрачається можливість точно ідентифікувати об'єкт. На це є 2 причини:

1. Відсутність достатньо великого набору прикладів зображень птахів і БПЛА у ІЧ діапазоні.

2. У ІЧ діапазоні є достатньо великий контраст між фоном та об'єктом для того щоб було достатньо використання лише комп'ютерного бачення.

Проте також є метод спостереження у поляризованому ІЧ діапазоні. У такому випадку у конструкцію також вноситься лінійний поляризатор, що дає можливість спостерігати об'єкти у великому контрасті з фоном, або комбінація з лінійного поляризатора та хвильової пластинки, що дасть можливість також вимірювати вектори Стокса та ідентифікувати за ними об'єкт [4].

При поєднані обох методів можливо покращити роботу як першого, так і другого методу. Наприклад, ІЧ засоби спостереження більш ефективно виявляють та ідентифікують об'єкти в погану погоду, в темряві чи серед природного оточення. Паралельне застосування наддасть можливість створити достатньо інформації для тренування нейронної мережі для ІЧ діапазону. Також використавши алгоритм розділення зображення по природному горизонту, можливо розділити функції окремих інформаційних каналів: тепловізійний канал буде обробляти природну складову зображення, а телевізійний - зону неба [5]. В цьому випадку велике значення матимуть методи комплексування інформаційних каналів [6]. Очевидною буде необхідність автоматизації процесу вилучення корисної інформації із сигналів ІЧ та телевізійного каналів.

ВИСНОВКИ

Наразі є достатня кількість методів виявлення та спостереження БПЛА, кожен з яких використовується, проте має свої недоліки. З усіх методів, якісно виділяється ІЧ метод, що демонструє гарні результати та малу залежність від навколишньої середи. Також необхідно відмітити гарну роботу ІЧ методу з оптичним методом, та великий потенціал покращення ІЧ та оптичного методу як поодинці так і в спільному комплексі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] В.М. Карташов и др. Методы обнаружения-распознавания радиолокационных, акустических, оптических и инфракрасных сигналов беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – URL: http://rt.nure.ua/article/view/239529/238033

[2] Jimmy Flórez José Ortega Andrés Betancourt Andrés García Marlon Bedoya Juan S. Botero // A review of algorithms, methods, and techniques for detecting UAVs and UAS using audio, radiofrequency, and video applications [Электронный ресурс] – URL:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992020000200262#B36

[3] Roberto Opromolla, Giancarmine Fasano, and Domenico Accardo // *A Vision-Based Approach to UAV Detection and Tracking in Cooperative Applications* [Электронный ресурс] – URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6210765/

[4] *Kristan P. Gurton //* Calibrated Long-Wave Infrared (LWIR) Thermal and Polarimetric Imagery of Small Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Birds [Электронный ресурс] – URL: https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1059353.pdf

[5] Adrian Carrio, Hriday Bavle, Pascual Campoy // Attitude estimation using horizon detection in thermal images [Электронный ресурс] – URL: https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1756829318804761

[6] Колобродов В.Г., Микитенко В.І. Комплексування інформації в багатоканальних оптико-електронних системах спостереження (монографія) К.: «Аверс», 2013. – 178 с.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Микитенко В.І.

УДК 621.384.3

С. М. Маслова, студентка гр. ПО-81мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РИНОК ТЕПЛОВІЗОРІВ В УКРАЇНІ

Анотація: У даній статті розглядається конкурентоздатність українських тепловізійних пристроїв із представленими на ринку в Україні закордонними приладами. Особлива увага приділена слабким і сильним сторонам досліджувальних об'єктів і аналізу отриманих даних.

Ключові слова: аналіз ринку, тепловізор, конкуренція.

ВСТУП

На сьогоднішній день на ринку України представлені тепловізійні прилади від виробників різних країн світу. Наприклад AGM Global Vision, Armasight, ATN (American Technologies Network, Corp. США), GSC (Канада), Delta, Mercury Technology, Nvectech (Україна), також присутні прилади від китайських та європейських виробників. Це зумовлено присутністю високотехнологічної та відносно дешевої елементарної бази, зокрема матричних приймачів випромінення, застосуванням мікропроцесорної обробки тепловізійних зображень і розробкою сучасного програмного забезпечення.

МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є дослідити ринок тепловізорів в Україні. Дане дослідження надасть нам інформацію щодо рентабельності, перспектив та переваг виготовлення та використання таких приладів у нашій країні.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Тепловізор являє собою спеціальну відеокамеру, забезпечену висококонтрастним мікродисплеєм, активно використовуються в арміях світу, а також є незамінними при цілому ряді досліджень. Ударостійкий металевий корпус захищає прилад від засобів радіоелектронної боротьби, а також від ударів і несприятливих погодних умов.

З українських виробників найбільше виділяють компанію Delta, що є представником компанії Ray Technology Co., Ltd. Компанія займається розробкою коліматорних прицілів, монокулярів та, власне, тепловізійних прицілів.

В даній роботі порівняємо IRay Xeye E3 Pro (59 400 грн) з одним із найкращих монокулярів нічного бачення американської компанії Armasight Nyx-14 Pro Gen 3 вартістю понад 120 000 грн. Їх можна застосовувати для охорони периметра території, використовуючи як тепловізійну камеру.

АНАЛІЗ ПРОВЕЗЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

- Виявлення людини, котра сидить в полі.

На цих знімках, у полі сидить людина на відстані 50 метрів.

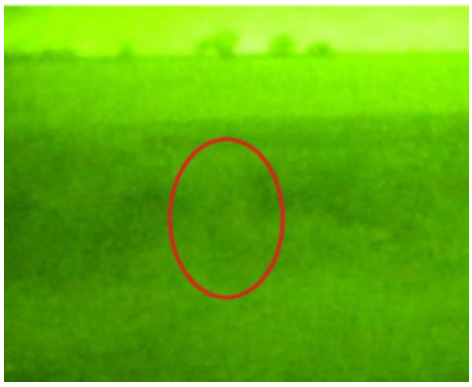


Рисунок1

Монокуляр NYX-14 Pro Gen 3

Рисунок 2

Тепловізійний монокуляр E3 Pro.

- Виявлення людини, що стоїть в полі.

Тут також знаходиться людина в полі на відстані 50 метрів.

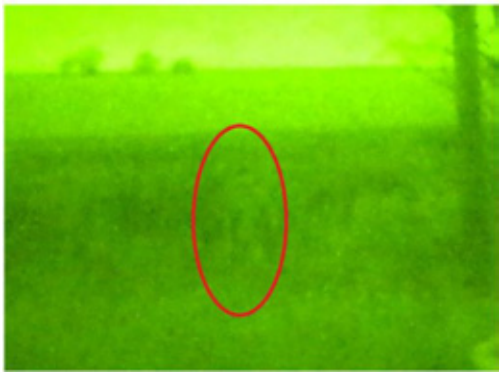


Рисунок 3

Монокуляр NYX-14 Pro Gen 3

Рисунок 4

Тепловізійний монокуляр E3 Pro.

Результат знімків: вночі виявити людину в полі дуже складно. Навіть через монокуляр нічного бачення ANYX-14 Pro Gen 3 важко помітити людину, що стоїть. Особливо якщо він сів і не рухається. Однак, біглого погляду по полю через тепловізійний монокуляр E3 Pro цілком достатньо, щоб з легкістю виявити людину.

- Виявлення людини на фоні дерева.

На даних знімках біля дороги стоїть людина на відстані 50 м.

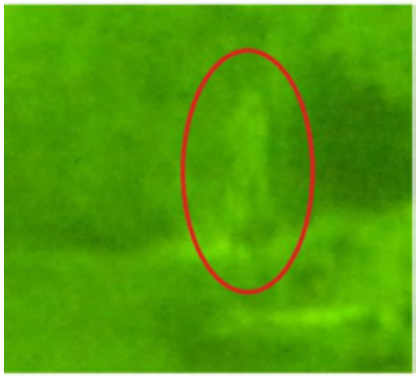


Рисунок 5

Монокуляр NYX-14 Pro Gen 3

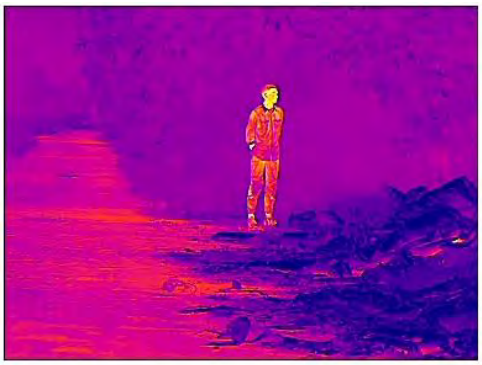


Рисунок 6

Тепловізійний монокуляр E3 Pro.

- Виявлення людини в приміщенні.

На даних знімках людина знаходиться на відстані 50 м в середині покинутої будівлі.

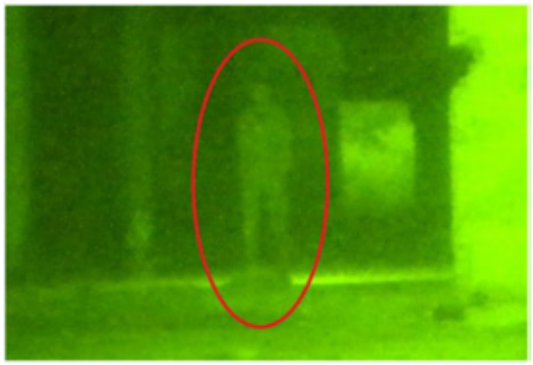


Рисунок 7

Монокуляр NYX-14 Pro Gen 3

Рисунок 8

Тепловізійний монокуляр E3 Pro.

- Виявлення людини в приміщенні.

На даних знімках людина знаходиться на відстані 50 м перед покинутою будівлею на фоні стіни.

Рисунок 9

Монокуляр NYX-14 Pro Gen 3

Рисунок 10

Тепловізійний монокуляр E3 Pro.

Результат знімків: на наведених знімках, зробленим одним з кращих монокулярів нічного бачення Armasight Nyx-14 Pro Gen 3 і тепловізійний монокуляр IRay Xeye E3 Pro, за рівних умов спостереження та відстані до людини, тепловізійний монокуляр показав себе набагато ефективніше, ніж монокуляр нічного бачення.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛУ IRAY XEYE E3 PRO ТА ЙОГО ТА ARMASIGHT NYX-14 PRO GEN 3

Властивості	***IRay Xeye E3 Pro***	***Nyx-14 Pro Gen 3***
Об’єктив	35/F1.0	27/F1.2
Тип матриці	VOx	Gen 3
Розділення матриці	384×288	64 шт/мм

Властивості	***IRay Xeye E3 Pro***	***Nyx-14 Pro Gen 3***
Оптичне збільшення	1×	1×
Цифрове збільшення	2×/4×	ні
Поле зору, град	10°×8°	40°
Дистанція виявлення	2200 м	1000 м при зоряному небі
Обмеження роботи по часу доби	Вдень та вночі	Вночі
Час роботи від однієї батареї, год	8	50
Габарити	170*65*65	167*49*86
Вага	350	370

ВИСНОВОК

За результатами проведених досліджень можемо зробити висновок, що сильною стороною тепловізорів українського виробництва є низька ціна, порівняно з конкурентами, висока якість продукції, малі габарити, що дають змогу використовувати тепловізори в різних сферах, включно з дослідницькою діяльністю.

Можна констатувати, що хоча закордонні тепловізори й мають світове визнання, проте на ринку в Україні їх опонентами є не менш професійні та точні прилади українського виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження. Підручник / В. Г. Колобродов, М. І. Лихоліт – К.: НТУУ «КПІ» ім. І. Сікорського, 2007.
[2] Інфрачервона термографія. Основи. Техніка, Використання / Л. З. Госсорг. Нормативно-технічне забезпечення вимірювань розподілу температури теплового поля об’єктів промисловості та медицини / Дзіковська Ю.М.
[3] Сучасні тепловізори для спеціального та повсякденного застосування / Неня О.В.

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

УДК 621:681.7

В.С. Стаднічук, аспірант гр. ПА-01ф, проф., д.т.н. Колобродов В.Г., асистент Кондратенко Д.Ю.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ШЛЯХИ СТВОРЕННЯ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ В УКРАЇНІ

Анотація. Автомобілей на дорогах становиться все більше, а відповідно зростає кількість ДТП, трафік ущільнюється. Боротися з небезпекою на дорогах призвані електронні помічники водія, які визначають небезпечную ситуацію та коригують автомобіль відповідно до ситуації. Однак такі системи встановлюються лише на нові автомобілі преміального сегменту. В данній статті розглянуто можливість встановлення таких систем на існуючу автомобілі та релевантність такого рішення на ринку.

Ключові слова: автомобіль, телевізійні системи керування автомобілем, помічник водіння, безпека на дорозі.

ВСТУП

Безпека на дорозі є найбільш важливою проблемою автомобільної промисловості в 21 столітті. Чимало електронних систем інтегруються в автомобілі, для того щоб зробити їх безпечнішими [1]. Телевізійні системи керування автомобілем є новітніми системами, які роблять дорожній рух безпечнішим та запобігають нещасним випадкам, пов'язаним із людським фактором. Ідея цієї системи полягає в тому, щоб перешкодити настанню критичної ситуації на дорозі або якомога безпечніше вийти з такої ситуації

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Майже всі електронні помічники, конструктивно містять оптичні приймачі (відеокамеру) та працюють за допомогою алгоритмів розпізнавання і обробки зображення (рис. 1) [2,3]. Загальна схема роботи відносно проста - приймач випромінювання формує зображення дороги, передає його на процесор. Надалі зображення обробляється в процесорі і, в залежності від ситуації на дорозі, коригується рух автомобіля через допоміжні системи. Робота електроніки не є досконалою, і досить часто трапляються збої [5].

Рис.1. Приклад телевізійної системи керування автомобілем [4]

Але такі системи встановлюються лише на нових автомобілях преміального сегменту. В той же час на дорогах загального користування знаходиться чимала кількість автомобілів без систем активної допомоги водію, що негативно впливає на загальну безпеку. Саме тому пропонується розглянути шляхи створення телевізійних систем допомоги водію в Україні, особливо систем, які можуть бути встановлені на існуючі автомобілі із мінімальними переробками.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для початку таких робіт необхідні інженери із відповідним досвідом, а саме в оптичних технологіях та програмуванні. В Україні за роки незалежності сформувалася велика спільнота інженерів відповідного профілю, тому проблем із кадрами не виникає. Для наступного етапу необхідно знайти де виготовляти електронні компоненти та оптичні елементи. Ці задачі також можна вирішити в межах України, існує достатня кількість підприємств для виготовлення цих компонентів. Наступним етапом буде встановлення таких систем на існуючі автомобілі за бажанням власника. Це доволі складний етап, оскільки одну систему необхідно встановлювати в різні автомобілі. Для цього потрібні інженери із відповідним профілем. Для цього доведеться навчати персонал.

Також варто виокремити питання легалізації таких систем в автомобілях та можливе введення обов'язкового встановлення електронних систем допомоги водію на всі автомобілі, можливо за деякими виключеннями. Так, це доволі складне питання, адже потребує значних фінансових вливань з боку автовласників та держави, але загалом ця дія дозволить значно зменшити аварійність на дорогах. Наприклад, в країнах Європи на транспорт, що перевозить вантажі та людей встановлюється так званий «алкозамок». Для того щоб скористатися автомобілем необхідно довести що водій тверезий, а тільки потом можна сідати за кермо. Обслуговування та встановлення такої системи потребує багато фінансових ресурсів та не є зручним для водіїв, але значно підвищує загальний рівень безпеки на дорозі, адже за кермом гарантовано буде тверезий водій. Також повинно бути і з електронними системами допомоги водієві.

Можливо встановлення телевізійних систем із стереоскопічним зором, що дозволить точно доволі визначати відстань до об'єктів перед автомобілем, але потребує більших фінансових та часових затрат, адже потрібно точно встановлення двох стереоскопічних камер під лобове скло автомобіля та подальше регулярне їх калібрування. В індустрії такий підхід, зазвичай, замінюється на одну звичайну телевізійну камеру та LIDAR або радар.

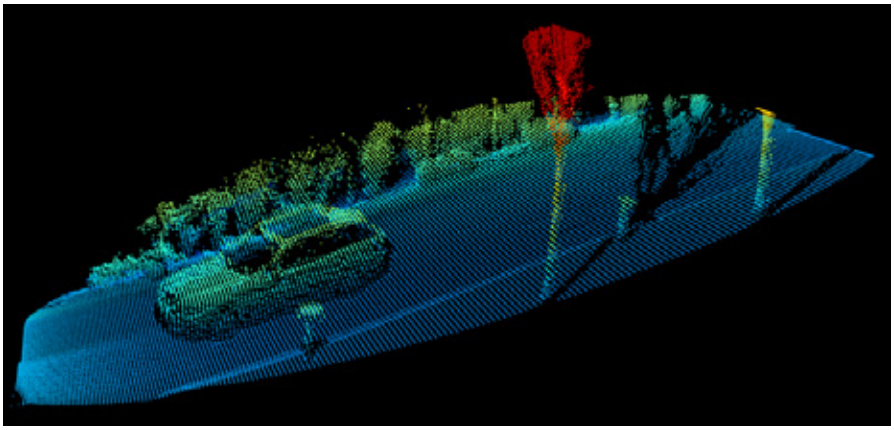


Рис.2. Приклад роботи радару або LIDAR [4]

За допомогою камери визначається об'єкт, а за допомогою радару відстань до нього. Окремою перевагою такого підходу є можливість роботи в умовах обмеженої видимості. Адже в тумані стереоскопічні камери не здатні виявити

об'єкт та оцінити відстань до нього. То ж можливо використання такого підходу і для цієї ідеї, але потрібно проводити додаткові досліди.

ВИСНОВКИ

Загалом ідея виготовляти телевізійні системи керування автомобілем в Україні можлива та економічно доцільною. Автовласники також можуть зробити свої автомобілі безпечнішими за помірними цінами без необхідності змінювати автомобіль. Таким чином вирішується проблема безпеки на дорозі, автовласники не замінюють свої автомобілі, а відповідно не витрачають на це кошти, а компанія з виготовлення телевізійних систем керування автомобілем є прибутковою, адже конкурентів на ринку України ще немає.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Bayerische Motoren Werke AG (BMW), \Adaptive cruise control," BMW Technology Guide, 2011. [Online]. Available: http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology guide/articles/active cruise control.html

[2] European New Car Assessment Programme, \Reward 2010 - opel eye," Euro NCAP Advanced, 2010. [Online]. Available: http://www.euroncap.com/rewards/opel eye.aspx

[3] "Наукові вісті КПІ". № 1. 2021, В.С. Стаднічук, В.Г. Колобродов, О.О. Мосолаб, Д.Ю. Кондратенко, Д.І. Рябоконь, "ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯОБ'ЄКТИВА КАМЕРИ ВИСОКОЇРОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ДЛЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ"

[4] Pixim: Digital Pixel System Technology," 2011. [Online]. Available: http://www.pixim.com/products-and-technology/technology

[5] B. Lamprecht, S. Rass, S. Fuchs, and K. Kyamakya, \Extrinsic camera calibration for an on-board two-camera system without overlapping field of view," Proceedings of the IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 265- 270, 2007.

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

Секція 3.
Ефективність автоматизованих виробничих систем і технологій приладобудування

УДК 681.2

К.О. Бевз, студентка гр. ПБ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ДОМАШНІХ ТВАРИН

Анотація. Розроблено автоматизований пристрій вимірювання температури домашніх тварин безконтактним методом, який включає пасивний інфрачервоний датчик для вимірювання температури MLX90614-DCI, фокусує інфрачервоне випромінювання та вимірює температуру на відстані до 1 метра у моменти коли тварина знаходиться у його полі дії, при цьому два PIR датчики руху HC-SR501 ідентифікують тварину на відстані до 5 метрів. Отримана інформація з датчиків контролюються мікроконтролером ESP32-CAM який за допомогою модуля Wi-Fi зберігає дані роботи датчиків на web сервері.

Ключові слова : інфрачервоний датчик, PIR датчик, мікроконтролер, випромінювання температури.

ВСТУП

Для більшість людей, що живуть у прискореному ритмі сучасності, важливо контролювати не тільки своє здоров'я, а і здоров'я та життєві показники своїх домашніх тварин, які перебувають під їх опікою.

Власники домашніх тварин не часто звертають увагу на домашніх улюбленців та не мають інформацію та достатні знання щодо необхідних функцій контролю життєдіяльності, таких як визначення загальної активності тварини впродовж дня (час активного руху або його відсутність, швидкість переміщення у просторі, тощо), також необхідними для кожного господаря функціями є відстеження поточного місцезнаходження тварини.

Життя та здоров'я домашніх тварин дуже важливі, і тому необхідне створення спеціалізованих систем які будуть допомагати стежити за показниками їх життєдіяльності.

Використання сучасної електроніки та цифрової техніки дозволяє створювати пристрої з комплексом датчиків [1], які будуть цілодобово контролювати стан здоров'я та життєві показники домашніх тварин не залежно від присутності господарів, та підтримувати інтеграцію зі смартфоном або комп'ютером [2].

Відомо використання пасивних інфрачервоних (PIR) датчиків для безконтактного зняття температури навколишніх об'єктів, при цьому вони можуть оцінювати, наприклад, температуру в приміщенні, контролюючи температуру кондиціонерів та електронного обладнання. Датчики PIR також використовуються для виявлення температури тіла людини в закритому приміщенні, та розрізняють, температуру увімкнутих в мережу приладів, для забезпечення автоматично відключення електроенергії з метою її економії [3].

Встановлено, що за допомогою PIR датчиків та лінз Френеля, можна достатньо точно розрізняти об'єкти схожої міри нагрітості в безпосередній близькості один від одного. Розглянуто метод виявлення присутності тварини у полі дії датчика, який вимірює температуру та точно ідентифікує домашню тварину за допомогою PIR датчиків, лінз Френеля, камери та серверу з нейронною мережею для розпізнавання тварин [4].

Однією з важливих задач у побудові автоматизованих пристроїв для контролю температури домашніх тварин є необхідність аналізу присутності

тварини поблизу зони дії термометра, необхідність розпізнавання вибраного об’єкта для виміру та, безпосередньо, дистанційний вимір температури.

Метою роботи є розробка спеціалізованого стаціонарного автоматизованого пристрою контролю температури домашніх тварин, який забезпечить зв'язок компонентів пристрою з користувачем завдяки програмному забезпеченню.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТВАРИН

Існуючі системи вимірювання температури часто призначені лише для вимірювання температури навколишнього середовища, наразі недостатньо приладів для дистанційного та безконтактного виміру температури тварин.

Основною задачею розробленого автоматизованого пристрою є безконтактне вимірювання температури тварин, для чого в якості термометра обрано пірометр, який випромінює лазерний промінь і вимірює температуру об’єкта на поверхні. Діапазон вимірювання температур пірометром відповідає значенням у межах 36…42 °C ± 20 %. Такі границі необхідні для того, щоб забезпечити запас по вимірюванню підвищеної/пониженої температури тіла тварини [5].

При виборі пірометра враховано можливість роботи датчика як у приміщенні так і на вулиці. Найважливішими показниками PIR датчика для вимірювання температури є його точність та FOV (кут у межах якого здійснюється вимірювання) від яких залежить ефективна відстань вимірювання.

Функціональна схема розробленого автоматизованого пристрою для вимірювання температури тварин показана на рисунку 1.

Блок датчиків включає датчики руху, що відповідають за виявлення руху в зоні перед приладом і посилають сигнали до мікроконтролера, та датчик виміру температури, який очікує сигналу з мікроконтролера для активації процедури зняття показників (рис.1). Мікроконтролер, після отримання інформації про те, що перед приладом помічено рух, відправляє сигнал на блок спостереження, що активує камеру яка виконує фото і відправляє його через мікроконтролер на сервер застосунку.

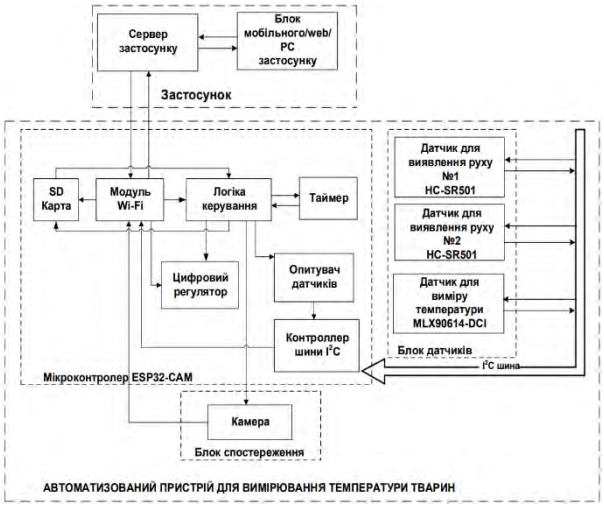


Рисунок 1. Функціональна схема пристрою

Після ідентифікації тварини сервер передає сигнал на мікроконтролер який активує термометр, а отримані дані відправляє для зберігання на сервер.

Оскільки пристрій вимірювання температури відноситься до медичного обладнання, то як варіанти, розглянуто датчики з медичним рівнем точності такі як DBF, DCF, DBI та DCI (відповідають

міжнародним стандартам точності виміру для пристроїв, що можуть бути використаними у медичних приборах).

Найкращі показники роздільної здатності виміру мають пірометри класу точності DCI, тому для автоматизованого пристрою вимірювання температури обрано малогабаритний датчик MLX90614-DCI [6].

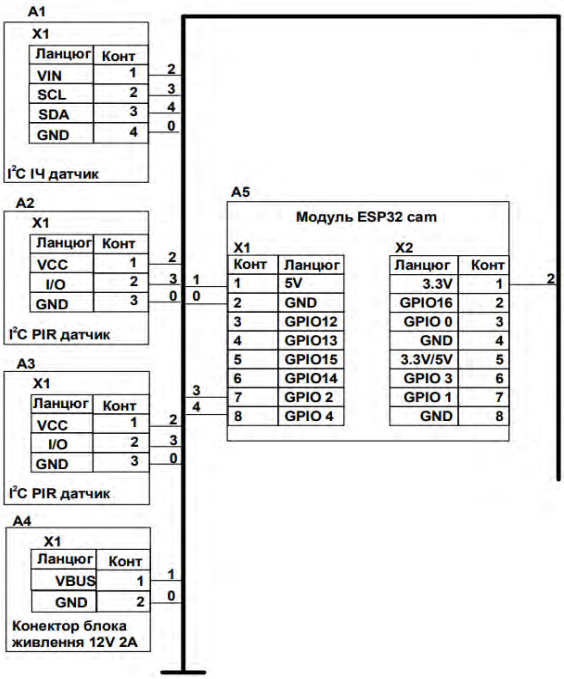


Рисунок 2. Електрична принципова схема пристрою

При створенні пристрою основними задачами обрано забезпечення автоматизованого вимірювання температури та ідентифікації тварини.

Поєднання компонентів пристрою зображено на електричній принциповій схемі (рис.2).

Для визначення руху тварини перед пристроєм використано два PIR датчики руху HC-SR501 – модулі A2 та A3, керування якими здійснюється за допомогою аналогових сигналів що подаються на I2C шину по з’єднанню №3 з байтовими кодами 00 та 01, відповідно (рис. 2).

Області зору датчиків руху розширені за допомогою лінз Френеля NL-11NH, які забезпечують виявлення рухомих об’єктів на відстані до 5 метрів [4], та пірометра MLX90614-DCI (модуль A1), який виступає в ролі безконтактного термометра та також підключений до I2C шини з унікальним байтовим кодом 10, а керування ним відбувається за допомогою аналогових сигналів що подаються по з’єднаннях №3 (I2C зв’язок) та №4 – для прямих сигналів до датчика з мікроконтролера (рис. 2).

Для поєднання датчиків, використано модуль ESP32-CAM з камерою OV2640 – модуль A5 (рис. 2), при цьому мікроконтролер отримує живлення від блоку живлення 12V та 2A через конектор блоку живлення (модуль A4). Живлення до датчиків подається від ESP32-CAM з вихідною напругою в 3,3V та силою струму в 1A по з’єднанню №2 (рис.2)[7].

Датчики підключені до модуля ESP32-CAM по 4-ох бітній I2C шині, в якій кожному периферійному приладу присвоєно унікальний байтовий код за яким проходить їх ідентифікація та опитування.

Сигнал на датчики подається аналоговий, а отримуємо цифровий (перетворення відбувається всередині мікроконтролера за допомоги АЦП/ЦАП).

За допомогою мережі Wi-Fi дані з камери та датчиків надсилаються до web сервера для збереження історії вимірів.

Модуль мікроконтролера має достатню потужність, для забезпечення швидкодії виконання програмного коду та комунікацій між периферійними пристроями, можливість підключення камери, модуля безконтактного зв’язку з

сервером, а також наявність достатньої кількості контактів для обслуговування необхідної периферії.

ВИСНОВОК

У роботі розглянуто використання PIR датчиків в якості пірометрів для визначення температури тіла домашніх тварин. Розроблено функціональну та електричну схема пристрою підключення компонентів автоматизованого пристрою та описано принцип його роботи.

Для автоматизованого пристрою вимірювання температури використано пірометр MLX90614-DCI має достатню роздільну здатність і необхідний клас точності. Керування датчиками виконує мікроконтролер сімейства ESP32, за допомогою аналогових сигналів, які перетворюються в цифрові та надсилаються на зберігання до web серверу за допомогою модуля Wi-Fi.

Перспективою подальших досліджень є розроблення автоматизованого пристрою контролю здоров'я домашніх тварин, апаратного та програмного забезпечення, створення серверу з нейронною мережею.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] V.G. Verbitskiy, V.S. Antonyuk, A.O. Voronko, L.M. Korolevych, D.V. Verbitskiy, D.O. Novikov Matrix of Photosensitive Elements for Determining the Coordinates of the Source of Optical Radiation // *Journal of Nano- and Electronic Physics.* – Vol. 13 No 4, 04029(6pp) (2021). DOI: 10.21272/jnep.13(4).04029.

[2] Enabling Smart Air Conditioning by Sensor Development: A Review / Chin-Chi Cheng, Dasheng Lee // MDPI Sensors. — 2016. — T.16(12), № 2028. — doi:10.3390/s16122028.

[3] Sistem Pengendali Peralatan Elektronik dalam Rumah secara Otomatis Menggunakan Sensor PIR, Sensor LM35, dan Sensor LDR / Eka Desyantoro, Adian Fatchur Rochim, Kurniawan Teguh Martono // *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer.* — 2015. — T.3, № 3. — P. 405-411.

[4] Бевз К.О. Розробка автоматизованого пристрою для контролю та ідентифікації домашніх тварин // Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ" К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – . 140-142

[5] ЛДВЦ МВА Хвороби тварин [Електронний ресурс] — Режим доступа:https://ldvc-mva.ru/bolezni-zhivotnykh/ — 28.03.2021 р

[6] Даташит для MLX90614 [Електронний ресурс] — Режим доступа:https://www.melexis.com/en/documents/documentation/datasheets/datasheet-mlx90614 — 28.03.2021 р.

[7] ESP32-CAM AI-Thinker [Електронний ресурс] — Режим доступа:https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-ai-thinker-pinout/ — 28.03.2021 р.

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

УДК 621.865.8:658.56

О.І. Бельман, студент гр. ПБ-01мп, к.т.н., доц. Стельмах Н.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ

Анотація. В роботі було розроблено алгоритми автоматизованого управління модулями малогабаритної системи сортування твердих побутових відходів, на базі яких в подальшому буде спроектовано загальну функціональну схему автоматизації, та щит управління автоматизованою системою.

Ключові слова: автоматизована система, утилізація, алгоритми, сортування.

ВСТУП

Через специфіку обраної схеми сортування твердих побутових відходів виникає проблема пов'язана з балансом продуктивностей в системі, що в разі порушення послідовності функціонування модулів може суттєво вплинути на якість сортування [1]. Основним показником забезпечення балансу є постійне накопичення твердих побутових відходів (ТвПВ) на проміжних етапах сортування. Важливо розуміти, що досягнути 100% продуктивності на всіх модулях системи, практично неможливо, і загальна пропускна спроможність буде рівною пропускній спроможності «вузького місця» системи, тобто модуля з найменшою продуктивністю [2]. В запропонованій малогабаритній системі сортування побутових відходів «вузьким місцем» є модуль стерилізації, за функціональною схемою він знаходиться на початку схеми, тим самим задає темп сортування за для уникнення накопичення ТвПВ на проміжних ланках системи сортування [3].

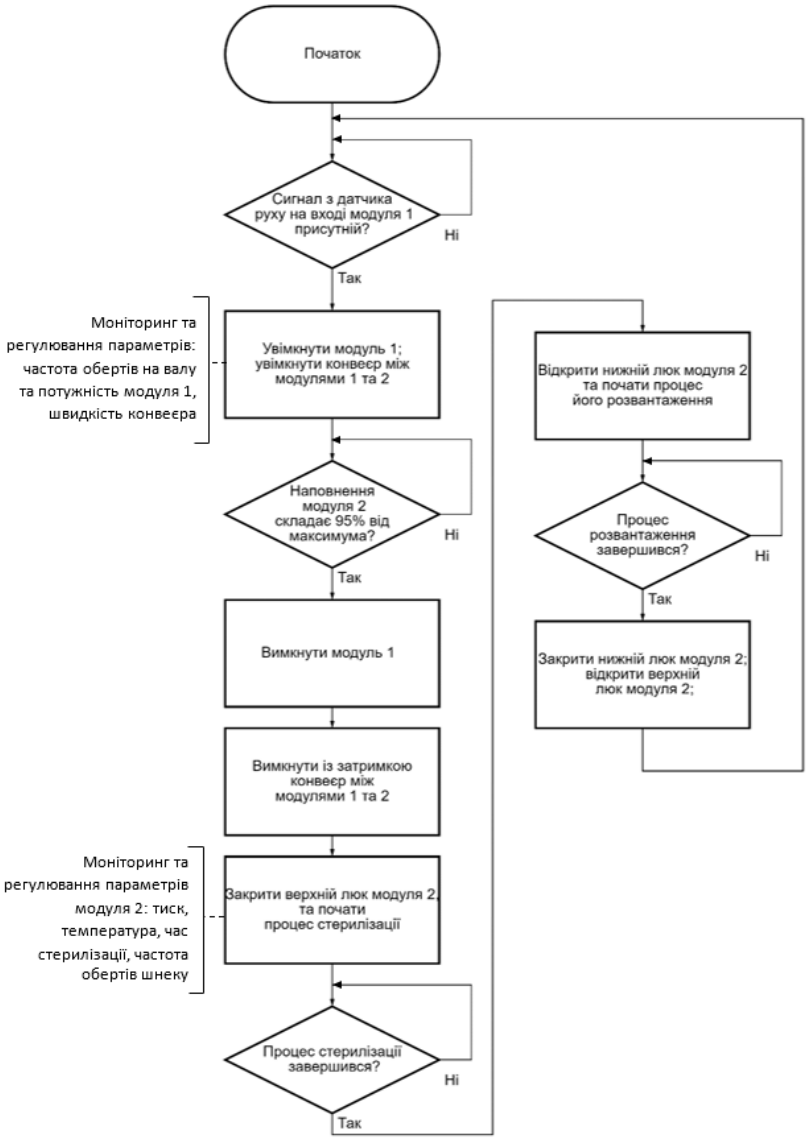


Рис. 1 Алгоритм процедури подрібнення та стерилізації

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Найбільш трудомісткою в повному циклі сортування ТвПВ є процедура

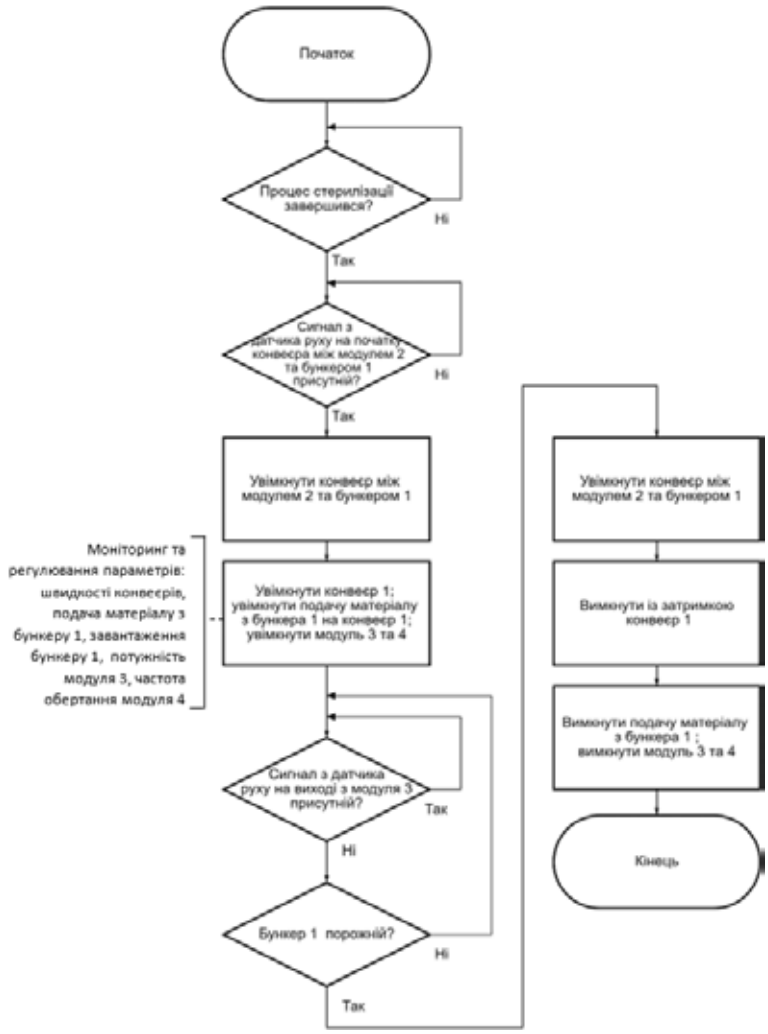


Рис. 2 Алгоритм процедури сепарації металів

стерилізації матеріалу. Для економіенергії системи під час простою, для інших модулів була розроблена спеціальна процедура їх переведення в режим очікування (Рис. 1) [4]. А також на рис. 2 показано алгоритм процедури сепарації металів, на рис. 3 показано алгоритм процедури сортування за фізичною неоднорідністю матеріалу, на рис. 4 оптичної сепарації [5].

В роботі було запропоновано наступні позначення функціональних модулів системи сортування ТвПВ:

1 модуль – подрібнювач;
2 модуль – автоклав;
3 модуль – магнітний конвеєр;
4 модуль – магнітний ротор;
5 модуль – вібросито;
6 модуль – балістичний сепаратор;
7 модуль – модуль оптичного сортування;

А також:

Бункер 1 – призначений для швидкого розвантаження автоклаву, та рівномірної подачі матеріалу;
Бункер 2 – призначений зберігання пластику, та рівномірної подачі матеріалу;
Бункер 3 – призначений зберігання скла, та рівномірної подачі матеріалу;
Конвеєр 1 – конвеєр для поточної сепарації металів з вбудованим магнітним ротором;
Конвеєр 2 – конвеєр для транспортування пластикового матеріалу до модуля оптичного сортування;
Конвеєр 3 – конвеєр для транспортування скляного матеріалу до модуля оптичного сортування [6];

Опис алгоритму функціонування системи сортування ТвПВ (Рис. 1):

Побутові відходи надходять до подрібнювача (модуль 1), де на вході датчик руху подає сигнал на включення шредеру та конвеєру, який транспортує матеріал в камеру автоклаву (модуль 2).

Після заповнення автоклаву на 95% датчиком виміру об'єму подається сигнал на відключення подрібнювача (модуль 1), а також вимикається конвеєр із затримкою, автоклав (модуль 2) закривається та починається процес стерилізації.

Опис алгоритму функціонування системи сортування ТвПВ (Рис. 2):

Після завершення процесу стерилізації, вмикається конвеєр для розвантаження автоклаву (модуль 2). Під час розвантаження контролюється наявність матеріалу всередині, щоб по завершенню процесу почати подрібнення (модуль 1) нової партії матеріалу, що дозволить забезпечити безперервну, раціональну роботу модулів 1 та 2.

Стерилізований матеріал з автоклаву (модуль 2) потрапляє до бункеру 1. Далі вмикається послідовно: подача з бункеру 1, конвеєр для поточного розділення металів (конвеєр 1), магнітний конвеєр (модуль 3), магнітний ротор (модуль 4). Тригером для відключення цих модулів є відсутність матеріалу в бункері 1, та відсутність сигналу з датчику руху після магнітного ротора (модуль 3).

Опис алгоритмів функціонування системи сортування ТвПВ (Рис. 3, Рис.4).

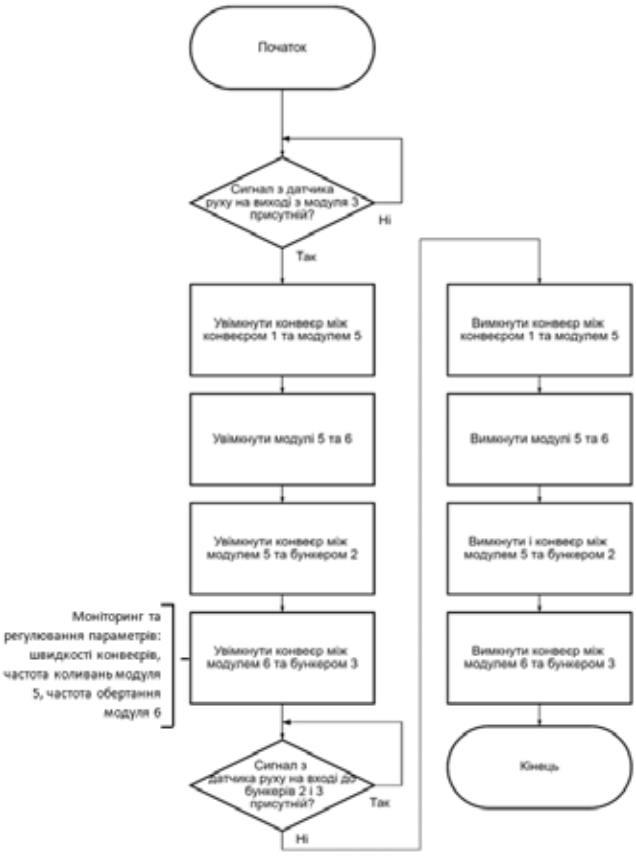


Рис. 3 Алгоритм процедури сортування за фізичною неоднорідністю матеріалу

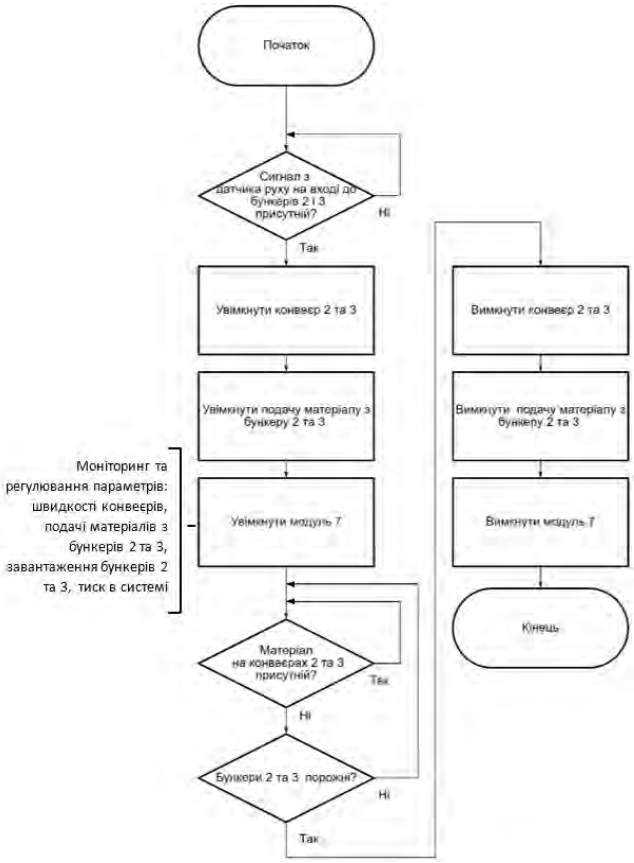


Рис. 4 Алгоритм процедури оптичної сепарації

Після отримання сигналу з датчику руху який розміщений за магнітним ротором (модуль 4), послідовно вмикаються: конвеєр-транспортер, вібросито (модуль 5), балістичний сепаратор (модуль 6), конвеєр для транспортування матеріалів після сортування і конвеєри 2 та 3 для оптичного сортування, бункери 2 та 3 подачі відсортованих матеріалів для оптичного сортування, модуль оптичного сортування (модуль 7).

На вході та виході вібросита (модуль 5) та балістичного сепаратора (модуль 6) фіксується наявність матеріалу датчиком руху, відсутність сигналу є тригером для відключення цих модулів та зв'язаних з ними конвеєрів.

Робота модулю оптичного сортування контролюється датчиками наявності матеріалу в бункерах 2 та 3, а також здійснюється оптичний контроль наявності матеріалу в зоні розпізнавання [7].

Для забезпечення коректної роботи всіх модулів, кожне вимикання функціональних елементів системи сортування ТвПВ здійснюється з затримкою.

На базі спроектованих алгоритмів функціонування малогабаритної системи сортування ТвПВ, буде розроблено загальну функціональну схему системи де будуть показані основні параметри модулів, які в процесі роботи будуть відображатись на моніторі керування, а також можуть бути скореговані автоматично, або в ручному режимі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Стельмах Н., Сапон, С., Бельман, О. АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОДУЛЬ СОРТУВАННЯ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ. Технічні науки та технології. 2021. (1(23), 37–44. DOI: 10.25140/2411-5363-2021-1(23)-37-44.

[2] Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие/ А. В. Волошенко, Д. Б. Горбунов– Томск: Изд–во Томского политехнического университета, 2008. – 109 с.

[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/kpisn.2021.2.236954

[4] Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічний об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтег. технології/ М. В. Лукінюк. - К.: НТУУ «КПІ», 2008. - 236 с.

[5] Лукінюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади: Навч. посіб/ М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с.

[6] Технічні засоби автоматизації:/ В.В. Ткачов, В.П. Чернишев, М.М. Одновол; Нац. гірн. ун-т. - Д. : НГУ, 2007. - 174 с.

[7] Belman O. I., Stelmakh N. V. Automated waste sorting system based on visual spectrometry. Новые направления развития приборостроения : материалы 13-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов. Минск : БНТУ, 2020. С. 4.

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

УДК 621.771

М.Ю. Владіміров, студент гр. ПБ-71, к.т.н., доц. Клочко Т.Р.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРИНЦИПОВА І СТРУКТУРНА СХЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СТРІЧКИ У ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ПРОКАТКОЮ

Анотація. Розглянуто принципову і структурну схему регулювання температури мідної стрічки при прокатці на базі використання природної термопари з роликовими електродами.

Ключові слова: температура стрічки, регулювання, термодатчик, принципова схема, структурна схема.

ВСТУП

В наш час дослідниками спільно з виробниками проводяться роботи з оптимізації процесу прокатки мідної та латунної стрічки. При цьому одним із завдань є відпрацювання режимів, що дозволяють отримати прокат із заздалегідь заданими механічними властивостями. Експерименти показали [1], що механічні характеристики металу можуть залежати від температури стрічки в осередку деформації. У зв'язку з цим виникає необхідність контролювати цю температуру та підтримувати на необхідному рівні.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розглянемо визначення температури стрічки, що рухається, на базі використання природної термопари [2].

На рис. 1 представлена принципова схема включення термодатчика для регулювання температури стрічки, що рухається.

Напрямок руху стрічки 1, температура якої регулюється, перпендикулярна площині малюнка. Контроль температури здійснюється за допомогою двох роликів: робочого 2, виготовленого з константану, і допоміжного 3 з міді. Ролики вільно обертаються на осях 4 та 5.

З робочим роликом 2 жорстко зв'язане мідне кільце 6. Електричний зв'язок робочого ролика 2 і кільця 6 здійснюється за допомогою мідного провідника 7, в місці з'єднання якого з робочим роликом утворюється спай термопари 8. Для підключення роликів термодатчика до вимірювального ланцюга служать струмозйомники: константановий 9 і мідні 10 і 11. Провідник 12 виготовлений з константану, інші з міді. Провідник 12 з'єднується з мідним провідником, утворюючи холодний спай 13. У якості вимірювальних приладів використовуються потенціометри 14 і 15, включення яких здійснюється вимикачами 16 і 17. Для додаткового нагріву робочого ролика служить нагрівач 18, який жорстко пов'язаний з корпусом термодатчика, щодо якого обертається робочий або допоміжні ролики.

Підтримка необхідної величини температури стрічки, яку позначимо t^, здійснюється за рахунок зміни витрати емульсії, що охолоджує, наступним чином.

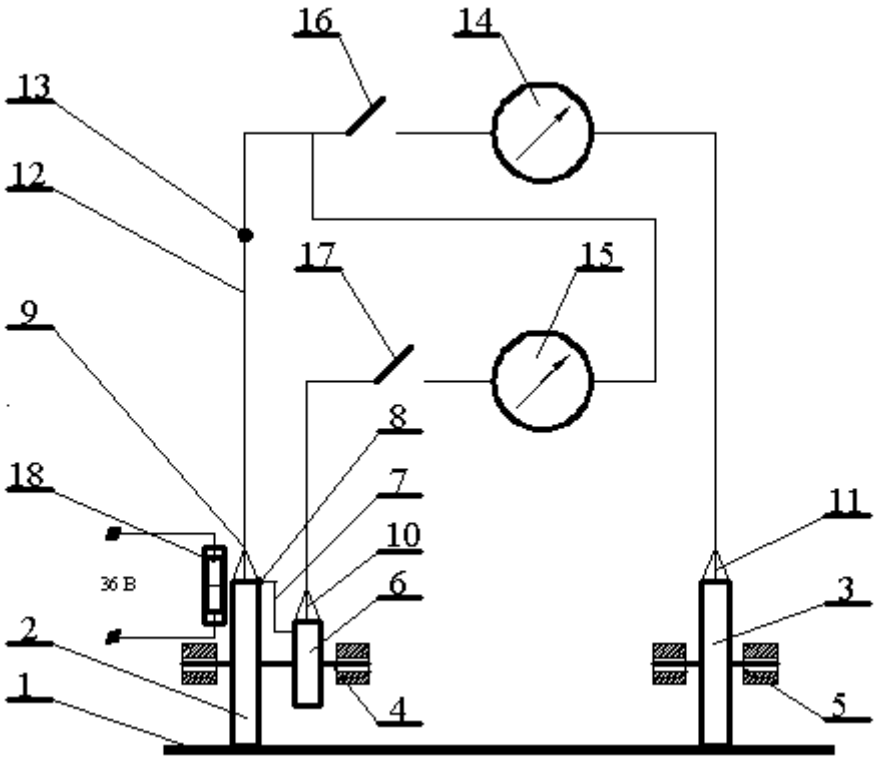


Рисунок 1. Схема включення термодатчика для регулювання температури стрічки

1-стрічка; 2-робочий ролик; 3-допоміжний ролик; 4,5-осі; 6-кільце; 7-мідний провідник; 8-спай термопари; 9,10,11-струмозйомники; 12-константановий провідник; 13-холодний спай; 14,15-потенціометри; 16,17 вимикачі; 18-нагрівач.

Перед введенням в контакт зі стрічкою роликів термодатчика замикають вимикач 17 і за допомогою нагрівача 18 доводять температуру ролика до t^ орієнтуючись на показання потенціометра 15. Після цього ролик термодатчика вводять в контакт зі стрічкою і, відключивши ланцюг вимірювання температури ролика, замикають вимикач 16. Після цього показання потенціометра 14 можуть виявитися рівними, більшими або меншими необхідної величини температури стрічки. У тому випадку, якщо показання потенціометра виявляються більшими за величину t^, відкривають засувку і збільшують витрату емульсії доти, поки потенціометр 14 не буде показувати температуру t^. Якщо показання потенціометра виявляться меншими t^, прикривають засувку і зменшують витрату емульсії.

Структурну схему регулювання температури стрічки 1 при прокатці представлено на рис. 2 [3].

Схема побудована в такий спосіб. Сигнал від термодатчика надходить почергово на потенціометр 9 (тип КСП2-061) або регулюючий прилад 10 (тип РПІБ-Т) через ступінчастий імпульсний переривник 11 (тип СІП-01). Тривалість імпульсів, тобто проміжку часу, коли сигнал надходить або на потенціометр, або на регулятор, можна змінювати в широких межах.

Схема забезпечує два режими роботи:

1) контроль температури робочого ролика термодатчика самописним потенціометром КСП2-061;

2) автоматичне регулювання температури стрічки регулюючим приладом РПІБ-Т.

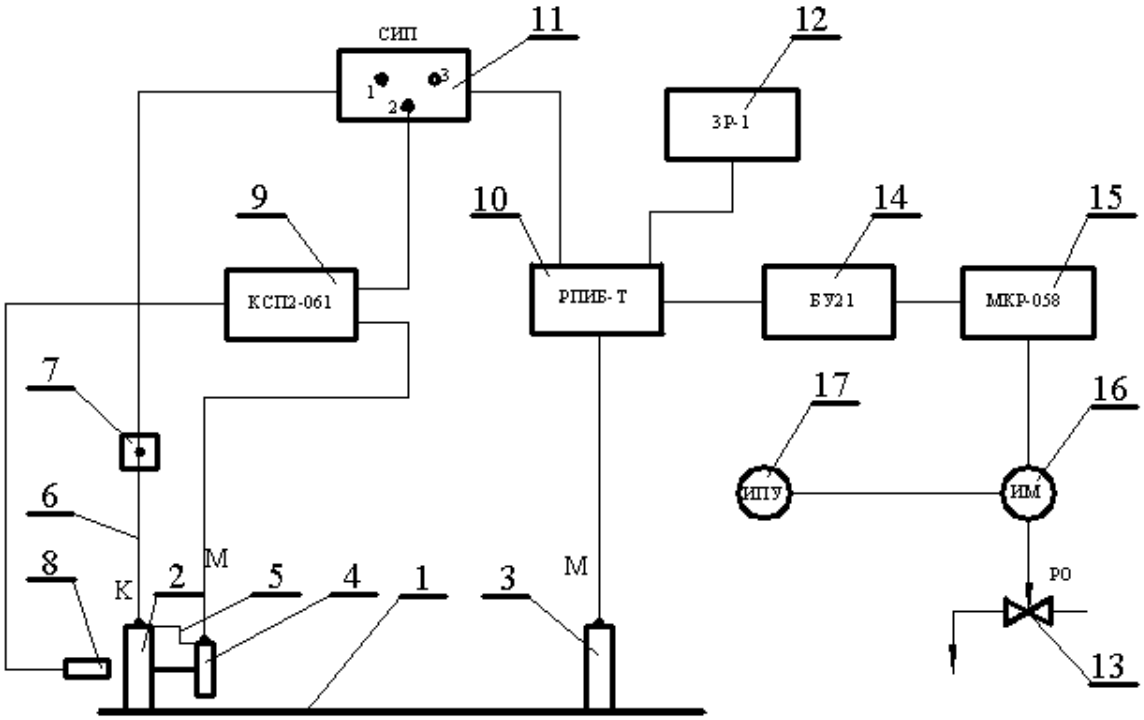


Рисунок 2. Структурна схема регулювання температури стрічки під час прокатування

Схема включає такі елементи:

1-стрічка; 2- робочий ролик, виготовлений з константану; 3-допоміжний ролик; 4 мідне кільце, жорстко пов'язане з роликом 2; 5- мідний провідник, що здійснює електричний зв'язок кільця 4 з роликом 2; 6-константановий провідник; 7-коробка холодних спаїв; 8-електричний нагрівач призначений для додаткового підігріву робочого ролика; 9-потенціометр КСП2-061; 10-регулюючий прилад РПІБ-Т; 11-імпульсний переривник СІП; 12-задатчик 3Р-1; 13-засувка; 14-блок управління БУ21; 15-магнітний пускач МКР; 16-виконавчий механізм ІМ; 17-покажчик положення ІПУ.

ВИСНОВКИ

Представлено схему включення термодатчика для визначення температури стрічки, а також структурну схему регулювання температури стрічки при прокатці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Повышение качества полос из цветных металлов и сплавов./ П. И. Полухин, А. В. Зиновьев, В. П. Полухин та ін.- Алма- Ата: Наука, 1982.- 288с.
[2] Большая Энциклопедия Нефти и Газа.htths:/www.Ngpedia.ru/id510431p1.html
[3] В.Н.Выдрин, А.С.Федосиенко. Автоматизация прокатного производства. М.:Металлургия,1984-472 с.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Клочко Т.Р.

УДК 621.9.048.4

О.О. Глущенко, студент гр. ФМ-п91, к.т.н., Є.В. Іващенко
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ CR ТА AL ДЛЯ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ ХВГ

Анотація Проведене обґрунтування матеріалу виробів зі сталі ХВГ для зміцнення поверхні методом електроіскрового легування (ЕІЛ). Досліджені відомі на даний час наукові дані стосовно використаних анодів у процесі ЕІЛ на сталі ХВГ. Обґрунтований вибір Al та Cr електродів для ЕІЛ сталі ХВГ.
Ключові слова: електроіскрове легування, сталь ХВГ, хром, алюміній, анод, вартість

ВСТУП

Сучасне машинобудування не можливе без розвитку технологічних процесів, що дозволяють підвищити час експлуатації та забезпечити надійну роботу машин і обладнання, особливо їх частин, що в умовах експлуатації піддаються тепловим та силовим навантаженням. Одним з таких процесів, що покращує трибологічні та міцністні показники поверхні виробів, є нанесення зміцнюючих покриттів. Порівняння вартості обладнання та витрат на електроенергію при нанесенні зміцнюючих покриттів лазерною обробкою (ЛО), електроіскровим легуванням (ЕІЛ) та хіміко-термічною обробкою (ХТО) представлене у Таб. 1 [1].

Таблиця 1. Економічні та енергетичні показники технологій обробки для зміцнення [1] станом на 20.11.2021 р.

Методи обробки для зміцнення	***Показники***			
	Витрати електроенергії		***Вартість обладнання***	
	тис. кВт.год.	економія, крат.	тис. грн	відношення, крат.
ХТО	5550	1	324,6	1
ЛО	116	48	732	2,25
ЕІЛ	3,9	1420	30	0,092

Як видно з Табл.1, найдешевшим типом зміцнення поверхні є ЕІЛ, тому саме такий тип обробки обрали для досліджень. Крім того, наплавлення (відновлення виробів) методом ЕІЛ дозволяє заміни дорогі порошкові дроти, що використовуються для виготовлення ріжучого інструменту, на дешевші низьколеговані вуглецеві сталеві дроти.

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ЕІЛ

Для проведення ЕІЛ в даному дослідженні була обрана заевтектоїдна сталь перлітного класу марки ХВГ. Такий вибір пов'язаний з тим, що з неї виготовляють різьбові калібри, протяжки, довгі мітчики, довгі розгортки та інший вид спеціального інструменту, холодновисадочні матриці та пуансони, технологічне оснащення, вимірювальний і ріжучий інструмент, для якого підвищене короблення при загартуванні неприпустимо [2]. Суттєвого короблення вироби позбавленні, оскільки в склад сталі ХВГ входить марганець та хром, Табл. 2, які сприяють збереженню в структурі підвищеної кількості залишкового аустеніту (15 – 20)%, що, в свою чергу, частково компенсує

збільшення об'єму виробів при мартенситному перетворенні. Крім того, наявність 1% Mn збільшує ударну в'язкість та прожарювання, сприяє розкисленню, утворює стійкі карбіди, підвищує опір корозії. До переваг сталі ХВГ можна віднести й наявність вольфраму, що підвищує зносостійкість виробів [3].

Таблиця 2. Хімічний склад ХВГ [2]

C	***Si***	***Mn***	***Ni***	***S***	***P***	***Cr***	***W***	***Cu***
0.9 - 1.05	0.1 - 0.4	0.8 - 1.1	до 0.4	до 0.03	до 0.03	0.9 - 1.2	1.2 - 1.6	до 0.3

Але біля 20% аустеніту відіграє й негативну роль – такий його вміст знижує опір малої пластичної деформації та збільшує чутливість до шліфувальних тріщин. Також недоліками сталі ХВГ є й підвищена карбідна неоднорідність (у заготовках більших перерізів спостерігається карбідна сітка), що веде до розшаровування та викрошування цементиту, знижуючи стійкість інструменту [3]. Тому проведення ЕІЛ, спрямованого на покращення стійкості (або відновлення) виробів з ХВГ є актуальним.

ВИБІР МАТЕРІАЛУ АНОДУ ДЛЯ ЕІЛ СТАЛІ ХВГ

ЕІЛ переважно використовується для збільшення таких експлуатаційних характеристик виробів, як зносостійкість, твердість, жаростійкість та корозійна стійкість. Для інструменту, виготовленому з ХВГ, такому, як свердла, ножі, бури потрібне покриття, яке буде мати як високу міцність і тріщиностійкість, так і високу жаростійкість. Матеріалом аноду можуть бути як метали і сплави, так і графіт, керамічні матеріали [4-5]. Наплавка покриття може здійснюватись як пошарово, з використанням анодів різних матеріалів [4], так і одним анодом, виготовленим зі сплаву, що містить одразу декілька металів [5]. Вибір матеріалу покриття визначається балансом результатів і витрат, тобто співвідношенням між поліпшенням експлуатаційних характеристик виробів та вартістю нанесення відповідного покриття.

Для оцінки результату нанесених покриттів використовують такі характеристики [5], як

твердість покриття - H;

коефіцієнт зміцнення покриття - $K_{зм}$;

зносостійкість покриття - I;

границя (поріг) крихкого руйнування легованого шару - $\sigma_г$;

товщина покриття - h.

Для оцінки ефективності використання певного аноду використовують такі характеристики, як:

питома ерозія аноду - Δm_a ,

приріст маси катоду - $\Delta m_к$,

сумарні ерозія аноду - $\Sigma\Delta m_a$ та приріст маси катоду - $\Sigma\Delta m_к$, виміряні за час T, або кількість проходів електроду n

інтенсивність ерозії аноду - η;

коефіцієнт перенесення матеріалу - k;

ефективність процесу ЕІЛ - γ (характеризує об'ємну кількість перенесеного матеріалу у одиницю часу з урахуванням середнього коефіцієнта його використання за час T, або кількість проходів електроду n).

Також важливо оцінити мікроструктуру поверхні та визначити фази, що утворюються в процесі ЕІЛ.

Дослідженню вищенаведених характеристик процесу ЕІЛ присвячено багато наукових робіт. Відомі труди з ЕІЛ сталі ХВГ твердими сплавами Т15К6 та ВК8 [5]. Є роботи, в яких було здійснено легування Cr сталі ХВГ [6]. Також, як один з анодів, Cr використовували для створення багатошарових покриттів у проведенні ЕІЛ виробів з ХВГ у науковому гуртку «Високоенергетичні, імпульсні та іонно-плазмові методи обробки матеріалів» під керівництвом Іващенка Є.В. [7]. Для того, щоб узагальнити наведені в науковій літературі дані з ЕІЛ сталі ХВГ, та сталей ШХ15СГ, ШХ15, що схожі за вмістом хімічних елементів до сталі ХВГ [1], вони зведені у Табл. 3. Вартість матеріалу аноду в Табл. 3 зазначена станом на 20.11.2021 р. [8].

Таблиця 3. Порівняння характеристик ЕІЛ з різними анодами для виробів із сталі ХВГ, ШХ15СГ та ШХ15 [4-8]

Анод	***Вартість аноду, грн/г***	***Зразок***	***Сила струму, А***	***Частота, Гц***	***H, ГПа***	***h, мкм***
Al	0,30	ХВГ	2-2,2	100	4,9	3-20
Cu	0,50	ХВГ	2-2,2	100	5	3-18
Cr – C	0,3+0,026	ХВГ	1,5	100	9,4	20
C– Cr	0,3+0,026	ХВГ	1,5	100	11	1,5
ВК8	4,74	ХВГ	0,6	100	14	15-25
ВК6М	4,74	ХВГ	1,4	102	5,1	17
Cu	0,50	ШХ15	2	600	-	60
Cr	0,3	ШХ15	2	600	-	80
Ni	0,680	ШХ15	2	600	-	70
ВК6М	4,74	ШХ15	2	600	-	60
Ti	4,130	ШХ15	2	600	-	30
Т15К6	1,800	ШХ15	2	600	-	40
W	1,500	ШХ15	2	600	-	60
ВК6М	4,74	ШХ15СГ	1,4	98-102	9,0	50
Ni-Cr-Al	1,28	ШХ15СГ	2,5-12	98-102	9,0	50

Проаналізувавши відомі з літератури дані та порівнявши вартість матеріалів наплавлення і вплив легуючих елементів на сталь, для здійснення ЕІЛ виробів із сталі ХВГ обрали Cr та Al, тобто послідовну обробку Cr-Al і Al- Cr.

ВИСНОВКИ

Для подальшого наукового дослідження обраний матеріал виробів – сталь ХВГ - та доведена необхідність покращення її властивостей методом ЕІЛ. Проаналізовані дані ЕІЛ сталі марок ХВГ, ШХ15СГ, ШХ15 вдомі з наукової літератури. Користуючись балансом результатів і витрат, для подальшого

дослідження було обране послідовне ЕІЛ Al та Cr (або Cr та Al) виробів із сталі ХВГ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Агєєв М.С. Тенденції розвитку комбінованих методів нанесення багатофункціональних покриттів для відновлення та підвищення експлуатаційних властивостей деталей суднових технічних засобів / М.С. Агєєв, А.Ф. Сімагін, В.С. Манжелей, Д.В. Ковальчук. – Херсон: Херсонська державна морська академія. – 2017 р. – С. 183-187.

[2] Марочник стали и сплавов [Електронний ресурс] / Режим доступу http://www.splav-kharkov.com/choose_type.php - 20.11.2021 р.

[3] Артингер И. *Инструментальные стали и их термическая обработка.* Справочник. -М.: Металлургия, 1982. 312 с.

[4] Паустовский А.В. Разработка электродных материалов для электро-искрового упрочнения и восстановления изношенных поверхностей, структура и свойства покрытий / А.В. Паустовский, Ю.Г. Ткаченко, Р.А. Алфинцева, С.Н. Кириленко, Д.З. Юрченко // *Электрические методы обработки поверхности. – 2011 р. – Том 47, – № 2. –* С *30-36.*

[5] Коротаев Д.Н. Структурно-фазовое состояние и свойства поверхностного слоя, обработанного электроискровым легированием / Д. Н. Коротаев, Ю.К. Машков, С.В. Николенко // *Упрочняющие технологии и покрытия.* – 2009 р. – №10(58). – С. 8-12.

[6] Гладкий Я.М. Працездатність матеріалів зі зносостійкими покриттями / Я.М. Гладкий, О.М. Маковкін // Problems of Tribology. – 2011 р. – Том 61, – № 3. – С. 44-51.

[7] Лобачова Г.Г. Кінетика формування та будова Cr-C та c-Cr електроіскрових покриттів на сталі хвг / Г.Г Лобачова., Є.В. Іващенко., Д.С. Сенчук // *XI Міжнародна науково-технічна конференція. Нові матеріали і технології в машинобудуванні.* – 2019 р. С. 106-107.

[8] Электроды Електронний ресурс] / Режим доступу https://eweld.com.ua/ehlektrody-svarochnye/ – 20.11.2021 р.

УДК 62-791.2:004.94

М.С. Друзєв, студент гр. ПБ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КОНТРОЛЬ 3Д-ДРУКОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА МАШИННОГО ЗОРУ

Анотація. В даній статті розглянуто можливості та переваги застосування машинного зору, його основні складові, проаналізовано фактори, що впливають на якість 3D друку.

Ключові слова: Адитивне виробництво, 3D друк, машинний зір, фактори, якість.

ВСТУП

Адитивне виробництво (АВ), яке більш відоме як тривимірний (3D) друк, це виробничий процес, на якому виріб виготовляється поступово та вертикально до платформи для складання 3D-принтеру, тобто шар за шаром [1]. Промислові галузі по всьому світу використовують АВ аби знизити вартість виготовлення деталей і зменшити час виходу на ринок. Продукти, створені за допомогою адитивного виробництва можуть бути складними з точки зору геометричних характеристик і мати легку структуру – проблеми, які важко вирішити за допомогою традиційного субтрактивного виробництва (токарних та фрезерних операцій). 3D-друк зазнав швидкого зростання, оскільки заснований на різних фізичних принципах (наприклад, екструзія, фотополімеризація, спікання, тощо) технологій, які тепер доступні та дозволяють виробничій промисловості скоротити терміни виробництва.

Оскільки 3D-друк все більше використовується у виробництві виникає питання: Як здійснити контроль якості виробів виготовлених за допомогою 3D-принтера?

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ

Адитивна технологія виготовлення складається з трьох етапів :

1. CAD-модель.
2. STL-модель.
3. Деталь.

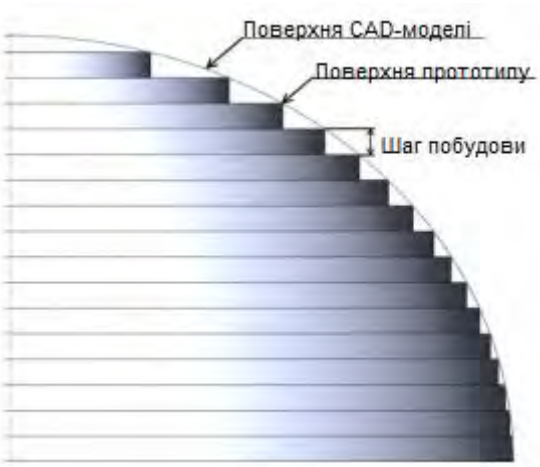


Рис. 1. Пошаровий принцип побудови моделі

Кожен етап виготовлення забезпечує певний рівень якості.

Машина будує модель пошарово відповідно до створених перед початком побудови «перетинів». Після завершення побудови модель має ступінчасту поверхню, а висота сходинки відповідає кроку побудови. Наприклад, при побудові моделі кулі: на полюсі вона матиме плоский майданчик, шорсткість на ділянці, що близька до полюсу буде максимальною, але чим ближче до екватора, тим краще буде якість поверхні (рис. 1) [2].

Якість поверхні прототипу часто залежить від орієнтації моделі на робочій платформі під час побудови. При побудові плоскої деталі, розташувавши її горизонтально, можна отримати низьку шорсткість

горизонтальної поверхні; для отримання кращої якості на бічних поверхнях модель необхідно зорієнтувати під кутом до площини платформи.

Важливим параметром, що визначає якість поверхні, є якість вихідної тривимірної моделі CAD. Віртуальною моделлю є 3D-поверхня у вигляді замкнутої сітки з трикутників. Шорсткість поверхні безпосередньо залежить від якості створення сітки (рис.2).

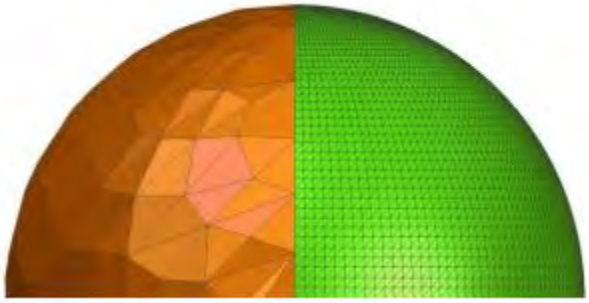


Рис. 2. Модель кулі: зліва – низької якості, праворуч – високої

ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО ЗОРУ

Сучасне високотехнологічне виробництво вимагає особливих підходів до контролю якості продукції, що випускається. Комп'ютерний зір (Computer Vision) здійснив справжній технологічний прорив і значно розширив можливості дефектоскопії в промисловості, переклав її на новий, більш високий рівень. Тепер технології дозволяють відстежувати якість не тільки після виготовлення виробу або продукту, а й безпосередньо під час процесу виробництва.

Машинний зір - це застосування комп'ютерного зору для промисловості та виробництва. У той час як комп'ютерний зір — це загальний набір методів, що дозволяють комп'ютерам бачити. Сферою інтересу машинного зору, як інженерного напряму, є цифрові пристрої вводу-виводу та комп'ютерні мережі, призначені для контролю виробничого обладнання, таких як роботи-маніпулятори або апарати для вилучення бракованої продукції. Машинний зір є підрозділом інженерії, пов'язаний із обчислювальною технікою, оптикою, машинобудуванням та промисловою автоматизацією [3].

Основними чотирма складовими системи зору є об'єктив і система освітлення (підсвічування об'єкта), датчик зображення або камера, процесор та спосіб передачі результатів, або за допомогою фізичних входів/виходів (Input/Output) або за допомогою інших засобів комунікації на основі, як правило, стандартних протоколів та загальноприйнятих інтерфейсів.

Об'єктив захоплює зображення та передає його сенсору у вигляді світлової проекції. Щоб оптимізувати систему зору, відеокамера повинна мати відповідний об'єктив. Хоча існує багато типів об'єктивів, у додатках машинного зору для простоти управління зазвичай використовуються об'єктиви з фіксованою фокусною відстанню.

Переваги машинного зору:

- висока точність інформації, що надходить;
- підвищений рівень продуктивності;
- гнучкість;

- легкість переналаштування;
- скорочення часу простою обладнання завдяки своєчасному реагуванню на несправності;
- суворий контроль виробництва, за винятком людського фактору;
- зниження витрат виробництва завдяки скороченню відсотка браку.

ВИСНОВОК

Адитивне виробництво продовжує розвиватися та використовуватися в різних сферах виробництва. Через різницю в технологіях адитивного виробництва готова деталь може відрізнятися, іноді досить сильно, від первинно спроектованої, отже, виникають проблеми, пов'язані з точністю розмірів, якості поверхонь, механічних властивостей, функціональних та геометричних потреб. Використання машинного зору дозволить виконувати контроль якості в процесі друку, заощаджуючи час, тим самим підвищує швидкість виробництва, а також зменшить відсоток браку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Gibson, I., Rosen, D. and Stucker, B., 2014. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. Springer.

[2] Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.А.Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // Пособие для инженеров. – М.:ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.

[3] Машинний зір. [Електронний ресурс] / режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Машинний_зір

[4] Кит, Д. В. Контроль объектов трёхмерной печати / Д. В. Кит, А. А. Подолян // Новые направления развития приборостроения: материалы 13-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 15−17 апреля 2020 г. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О. К. Гусев (пред. редкол.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 113-114

[5] Gregory S Tymchik, Aleksandr A Podolian, Kateryna S Serhiienko, Theoretical Investigations of the Ultrasonic Wave Generation by an Electromagnetic Acoustic Transducer- Research Bulletin of the National Technical University, 2018, Vol.3, pp.84-92

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

УДК 621.384.3:681.5

І.О. Здовбицький, студент гр. ПБ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИХІДНИХ ПАРАМЕНТІВ КОМПРЕСОРА

Анотація. В роботі розглянуто поршневий компресор, проаналізовано його конструкцію та основні вихідні параметри. Виконано аналіз методів контролю та обґрунтовано спосіб контролю для кожного з обраних вихідних параметрів компресора. Обрано типи датчиків для контролю параметрів компресора. Спроектовано функціональну схему системи контролю вихідних параметрів компресора та описано принцип її роботи.

Ключові слова: Поршневий компресор, параметри контролю, безконтактні методи контролю, функціональна схема контролю.

ВСТУП

Компресорні машини – важливі види продукції приладо- та машинобудування. Вони застосовуються у багатьох галузях народного господарства: хімічній, нафтовій, газовій, в транспорті, у металургії, геології, будівництві, агропромисловому комплексі, а також - у нових перспективних напрямках техніки та технологій, зокрема, у космонавтиці, робототехніці, виробництві штучного палива та ін. Серцем будь-якої холодильної та кріогенної установки є компресор. Від ефективності та надійності його роботи залежать ККД та довговічність комплексу в цілому.

ОГЛЯД ПРОБЛЕМАТИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В роботі розглянуто конструкцію поршневого компресора рис 1.

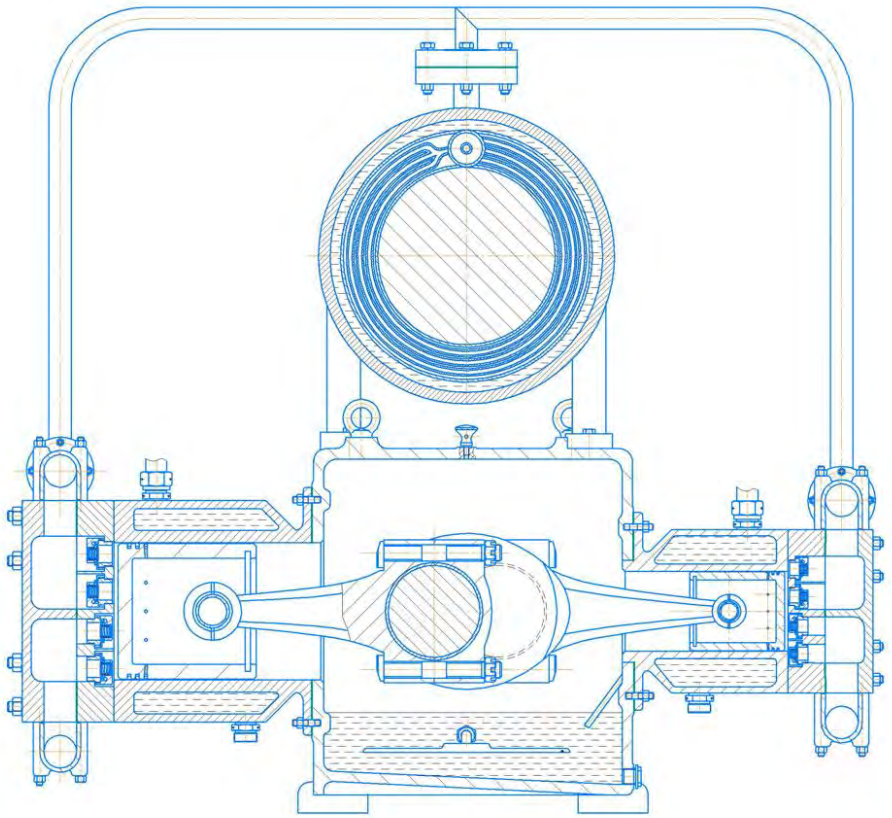


Рис.1 Поршневий компресор

В якості параметрів контролю було обрано наступні: температура масла в копусі, температура охолоджувальної рідини в двох циліндрах, температура вихідного газу, температура корпусу компресора, тиск вихідного газу в двох циліндрах.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ

Контроль тиску. Вимірювання тиску полягає у визначенні значення тиску у рідкому чи газоподібному середовищі. Це необхідно для керування технологічними процесами та забезпечення безпеки виробництва. Крім цього, цей параметр використовується при непрямих вимірюваннях інших технологічних параметрів: рівня, витрати, температури, густини тощо [1].

Контроль температури. Тепловий контроль ґрунтується на вимірюванні, моніторингу та аналізі температури об'єктів. Процес передачі теплової енергії, виділення або поглинання тепла в об'єкті призводить до того, що його температура змінюється щодо навколишнього середовища [2].

Основними приладами теплового контролю є: тепловізори, пірометри, термометри, логери даних, вимірювачі теплових потоків та теплопровідності, термоетикетки та термофарба. Вони вимірюються контактними чи безконтактними способами. При безконтактному способі передача тепла відбувається переважно з допомогою радіації, тобто випромінювання електромагнітних хвиль в інфрачервоній або видимій частині спектру в залежності від температури об'єкта. Контактний метод неруйнівного контролю, заснований на реєстрації теплового потоку, одержуваного контрольованим об'єктом при безпосередньому контакті з джерелом тепла.

В даній роботі для вимірювання тиску на виході з циліндрів було обрано датчик тиску на G1/4 рис. 2, що має наступні технічні характеристики: робоча напруга: 5В; вихідна напруга: 0.5 - 4.5V DC; матеріал: сталь ; робочий діапазон тиску: 0 – 1.2 Мпа / 12 бар / 175 psi; короткочасний тиск: 2.4 МПа; робоча температура, діапазон: 0 – 85°C; похибка виміру: ± 3%; призначення: неагресивні гази та рідини.

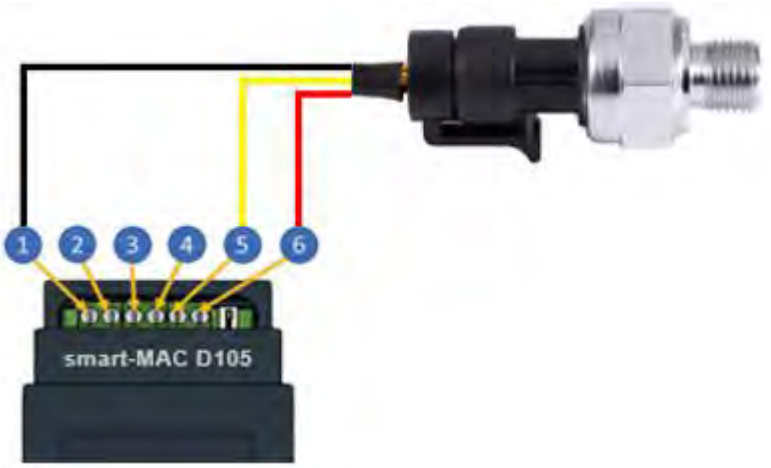


Рис. 2 Схема підключення датчика вимірювання тиску

Функціональна схема контролю вихідних параметрів компресора представлена на рис. 2.

Для вимірювання температури контактним методом датчик температури pt1000.нож. PT1000 - це один із найпопулярніших аналогових датчиків температури, який застосовується в багатьох приладах. Герметична конструкція представленого продукту дозволяє використовувати як датчик занурення для вимірювання температури рідини, повітря і т.д. рис. 3,4. Аналоговий датчик температури має наступні технічні характеристики: робочий діапазон температур: -50...+250°C; точність вимірювання: 1°C; матеріал ізоляції кабелю: силікон; матеріал корпусу: Нержавіюча сталь 1.4571; тип датчика: PT 1000 0B DIN EN 60751; довжина кабелю: 1м.

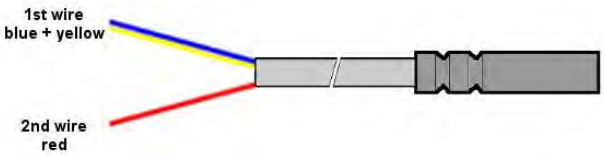


Рис. 3. Аналоговий датчик температури; Рис.4. Схема підключення датчика

Для вимірювання температури безконтактним методом використовуємо тепловізор testo 872 рис. 5. Робоча температура: -15 ... +50 °C; температура зберігання: -30 ... +60 °C; вологість повітря: +20 … +80% без конденсації; клас захисту корпусу: IP54; вібрація: 2G; діапазон вимірювань: -30 ° C ... + 100 ° C; 0°C ... +650°C; похибка: ±2 °C, ±2 % від змін. зн.

Рис. 5 Тепловізор testo 872

В роботі була розроблена наступна функціональна схема контролю вихідних параметрів компресора рис. 6.[3]

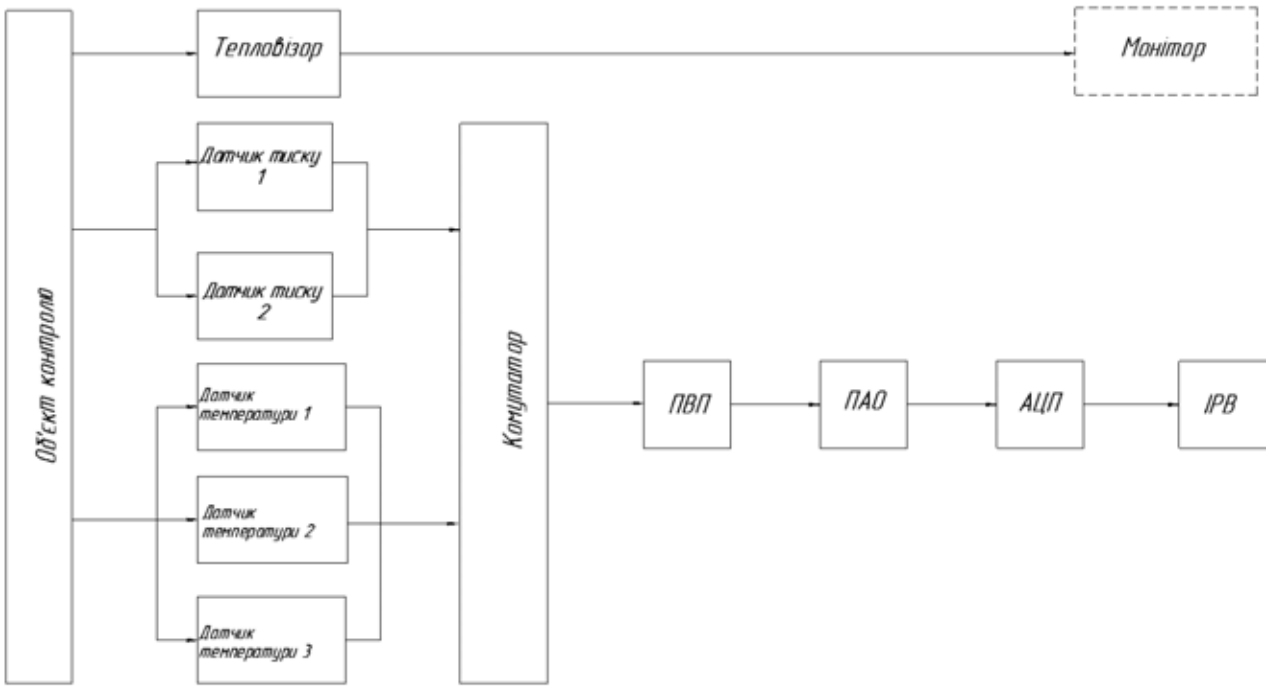


Рис. 6 Функціональна схема контролю вихідних параметрів компресора

ПВП – передавальний (вихідний) перетворювач

ПАО – пристрій аналогової обробки сигналів

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ІРВ – індикатор результатів вимірювання

Запропонована автоматизована система контролю вихідних параметрів компресора забезпечує безперебійний режим роботи, контролює стан параметрів компресора в режимі реального часу, дає можливість прогнозувати час зміни фільтрів та виходу деталей компресора з ладу [4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Засоби та методи вимірювань неелектичних величин: підручник / Є. С. Поліщук; Ін-т інноваційних технологій і змісту освіти – Львів: Бескид Біт, 2008. – 618 с.

[2] Протасов А.Г. Моделювання задач теплового неруйнівного контролю з використанням комп'ютерних технологій / А.Г. Протасов // Методи та прилади контролю якості – 2014. - №1(32). – С. 14-17.

[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/kpisn.2021.2.236954

[4] Методи і засоби отримання вимірювальної інформації. URL: https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/94277/mod_resource/content/0/rozdil_11.pdf

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

УДК 539.2(075.8)

І.М. Козюк, студентка гр. ФМ-91, к.ф.-м.н., Н.О. Балахонова
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОНОГРАМ ТОНКИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ МЕТАЛЕВИХ ПЛІВОК

Анотація. Розглянутий спосіб моделювання електронограм, створених просвічуючим електронним мікроскопом (ПЕМ) у режимі дифракції від тонких полікристалічних металевих плівок, у програмному пакеті MathCad для дистанційних курсів «Діагностика та методи структурного аналізу матеріалів» і «Фізичні та структурні методи дослідження». Виконана оцінка вартості створення зразків та їх дослідження у ПЕМ.

Ключові слова: просвічуючий електронний мікроскоп (ПЕМ), моделювання у MathCad, електронограма, вартість дослідження.

ВСТУП

Для вивчення складу та різних процесів у тонких плівках в Інституті матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона КПІ ім. Ігоря Сікорського (ІМЗ) вчені та технологи можуть скористатись Центром електронної мікроскопії, який оснащений сучасними приладами:

- скануючим електронним мікроскопом з енергодисперсійним мікроаналізатором РЕМ 106И;
- просвічуючим електронним мікроскопом ПЕМ-У (ПЕМ);
- рентгенофлуоресцентним експресаналізатором хімічного складу "EXPERT 3L".

Зокрема, ПЕМ використовують для досліджень структури та фазового складу тонких плівок, завдяки чому можна отримати нові плівкові композити з широким спектром властивостей (електричних та магнітних, механічних, оптичних тощо). Тому в освітніх програмах бакалаврів (132 Матеріалознавство, 136 Металургія) передбачено виконання лабораторної роботи «Дослідження фазового складу сплавів при електронномікроскопічному аналізі полікристалічних зразків».

Обладнання Центру електронної мікроскопії є дороговартісним і працюють на ньому сертифіковані інженери ІМЗ, які виконують, у першу чергу, заявки наукових співробітників. Крім того, підготовка зразків для електронних мікроскопів потребує значних технічних зусиль, які при дистанційній освіті в умовах карантину, спричиненому зростанням кількості інфікованих на каронавірус, є складними та вартісними. Тому моделювання у програмному пакеті MathCad дифракційної картини, створеної ПЕМ у тонких полікристалічних металевих плівках, є актуальним.

РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗРАЗКІВ ДЛЯ ПЕМ ТА ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРОНОГРАМ

Основна складність при використанні ПЕМ [1] полягає у виготовленні зразків, товщина яких повинна становити трохи більше мікрона. Існує декілька методів виготовлення зразків для ПЕМ:

для масивних зразків їх стоншують за допомогою:

- хімічного травлення;
- іонного травлення;

- струйного травлення;

виготовлення тонких плівок здійснюють методами:

- іонно-променевими;
- хімічними;
- електрохімічними;
- фотолітографічним;
- термічного (вакуумного) осадження;
- магнетронного осадження;
- молекулярно-променевої епітаксії;
- лазерного розпорошення.

Метод створення зразків обирають із наукових задач і наявності певного типу обладнання. На кафедрі фізичного матеріалознавства та термічної обробки існує ВУП-5М для термічного осадження тонких плівок, який обслуговують лаборант та інженер ІІ категорії. Враховуючи трудомісткість виготовлення одного зразку лаборантом у 1 людино/день та інженером ІІ категорії у 0,5 людино/день та отримання одної електронограми інженером І категорії у 0,5 людино/день, розрахуємо вартість вказаних робіт, виходячи із середньої заробітної плати інженера І категорії та ІІ категорії у 10010 грн та 9490 грн відповідно, та лаборанта у 6766 грн на місяць (дані заробітної плати з Додатку 3 до наказу «Про встановлення нових посадових окладів з 01 грудня 2021 року»).

Денна зарплата інженерів І та ІІ категорій за 30 днів місяця складає 333,67 грн та 316,33 грн, а лаборанта – 225,53 грн. Тому виготовлення одного зразка для ПЕМ та отримання одної електронограми в затратах на заробітну плату складає:

$$0{,}5\cdot(333{,}67+316{,}33)+225{,}53=550{,}53 \text{ грн.}$$

Оскільки група, зазвичай, складається з 36 студентів і, при виконанні лабораторних робіт на складному обладнанні, ділиться на бригади, то потрібно виготовити та дослідити 12 зразків і витрати на заробітну плату персоналу зростуть

$$12\cdot550{,}53=6606{,}36 \text{ грн.} \quad (1)$$

До розрахунку вартості потрібно додати вартість матеріалів, з яких виготовлені зразки, що зазначена у Табл. 1, та електроенергії, що витрачається на роботу ВУП-5М та ПЕМ. Матеріали зразків обрані таким чином, щоб елементарна комірка металів була кубічною – ОЦК або ГЦК.

Таблиця 1 - Вартість у гривнях 1 гр метала (проволока або стрічка) чистотою 99,9% станом на жовтень 2021 р. [2]

Fe	Co	Ni	Cr	Cu	Ti	V	Mo	W	Ta	Au	Pt
0,3	2,854	0,405	0,376	0,3	0,5	3,0	2,0	0,65	27	1500	1126

Сукупна вартість матеріалів, вагою 10 г, для виготовлення зразків згідно Табл. 1 є

$$3+28{,}54+4{,}05+3{,}76+3+5+30+20+6{,}5+270+15000+11260=26633{,}85 \text{ грн.} \quad (2)$$

Розрахунок вартості електроенергії здійснимо, враховуючи електричну потужність ВУП-5М і ПЕМ у 4,5 кВт, тривалість роботи ПЕМ та ВУП-5М у

4 години та вартість електроенергії для непобутових споживачів другого класу [3]:

$$4{,}5 \cdot 0{,}212 \cdot 4 \cdot 12 \cdot 2 = 91{,}58 \text{ грн} \quad (3)$$

Остаточна сума виготовлення зразків та електронограм, враховуючи (1)-(3), є:

$$6606{,}36 + 26633{,}85 + 91{,}58 = 33331{,}79 \text{ грн.} \quad (4)$$

При моделюванні електронограм від зразків використовується тільки ПК з пакетом MathCad, які є в наявності в комп'ютерному класі 509-09. Час моделювання при наявній розрахунковій програмі займає декілька секунд. Збір даних для моделювання – 5 хвилин. Моделювання, на відміну від виготовлення зразків та отримання електронограм на ПЕМ, може проводитись студентами в рамках відповідної лабораторної роботи. Тому витратами на моделювання можна вважати 1 годину роботи ПК [4] та викладача, що проводить заняття:

витрати на електроенергію - $(0{,}1+0{,}2) \cdot 0{,}212 = 0{,}06$ грн

витрати на заробітну плату викладача – $20876{,}34 \cdot 2/600 = 69{,}59$ грн, тобто разом

$$69{,}59 + 0{,}06 = 69{,}65 \text{ грн.}$$

Економія з використанням моделювання становить 33262,14 грн.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОНОГРАМ

ПЕМ може працювати у режимах дифракції, мікродифракції, світлопольного зображення, темнопольного зображення, режимі високої роздільної здатності при вивченні дефектів кристалічної решітки, режимі великих збільшень при отриманні зображення кристалічної решітки, стереоскопічному режимі та дифракції пучків, що сходяться [1]. У режимі дифракції отримують електронограми, приклад якої зображений на Рис. 1.

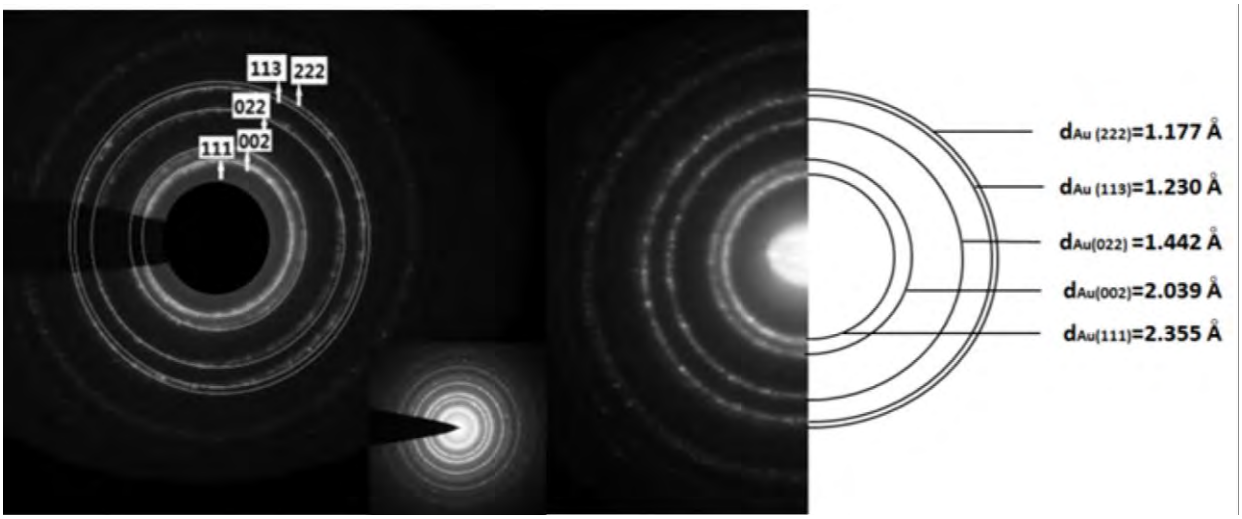


Рисунок 1. Електронограма від тонкої плівки золота та її розшифрування (вказані індекси площин та міжплощинні індекси d_{Au}) [5]

Для моделювання електронограм скористались вже відомим набором дифракційних спектрів [6], в якому є міжплощинні відстані, інтенсивності та індекси площин для металів, наведених у Табл. 1.

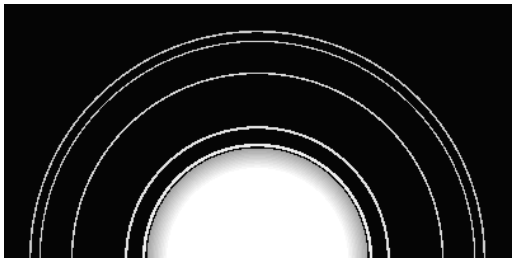


Рисунок 2. Приклад електронограми від плівки Au, змодульованої за допомогою пакету MathCad

Для розрахунку радіусів дифракційних кіл r задавали певну сталу ПЕМ C у одиницях розміру [C]=Å·мм:

$$r = C/d \quad , \tag{5}$$

і використовували загальновідоме рівняння кола. Для генерування фотографії електронограми користувались відтінками сірого, де ступінь чорноти змінює своє значення від 1 (чорний 100%) до 256 (білий 100%). Інтенсивності кіл задавали відповідно їх значенню для певної площини відбиття. Приклад змодульованої в MathCad електронограми від плівки Au, зображений на рис. 2.

ВИСНОВКИ

Виконана оцінка вартості створення зразків та їх дослідження в ПЕМ для лабораторної роботи «Дослідження фазового складу сплавів при електронномікроскопічному аналізі полікристалічних зразків» показала ефективність використання моделювання електронограм у програмному пакеті MathCad. Це моделювання є першим етапом у створенні відповідної віртуальної лабораторної роботи для дистанційних курсів «Діагностика та методи структурного аналізу матеріалів» та «Фізичні та структурні методи дослідження».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Прилади і методи дослідження плівкових матеріалів: навч. посіб. / І. Ю. Проценко, А. М Чорноус., С. І. Проценко; за зред. І. Ю. Проценка. - Суми: СумДУ, 2007. – 264 с.

[2] ТОВ "НПП "АКАДЕМПРИЛАД". Мишени и источники испарения. Режим доступу : http://ukrrospribor.com.ua/?me=89&id=351 — 20.11.2021

[3] Тарифи для непобутових споживачів. ВС Енерджі Інтернейшнл Україна. Режим доступу : https://vsenergy.com.ua/categories-page/tarifi-dlja-nepobutovih-spozhivachiv/ — 20.11.2021

[4] Потребляемая мощность компьютера с монитором. Режим доступу : https://compfonyk.com/potreblyaemaya-moschnost-kompyutera-s-monitorom/ — 20.11.2021

[5] Asadabad M. A. Electron diffraction / MA Asadabad, MJ Eskandari in book “Modern electron microscopy in physical and life sciences” – IntechOpen, - 2016. Режим доступу: https://www.intechopen.com/chapters/49537 https://www.intechopen.com/chapters/49537 - 20.11.2021

[6] Миркин Л. И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. — М.: Физ.-мат. лит., 1961. С. 532

Наук. керівник – к.ф.-м.н. Балахонова Н.О.

УДК 004.415.28

О.К. Крутько, студент гр. ПБ-з01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

Анотація. В статі розглянуто ефективність застосування автоматизованих виробничих систем та при виготовлені виробів. Автоматизація розглядається як один з шляхів підвищення ефективності виробництва. Автоматизація виробничих систем - це наступний крок, який активно впроваджується на будь-яке виробництво. Сучасні технології у XXI столітті допомагають не лише вдосконалити технології на виробництві, а й значно полегшити її діяльність. Так, для отримання найвищих результатів своєї діяльності виробництва переходять на автоматизацію. Для досягнення ефективності автоматизації визначається проводиться аналіз того, наскільки раціонально організований виробничий процес у цілому, чи запровадженні засоби автоматизації комплексно і чи на всіх необхідних ланках виробництва, наскільки обрана система організації та управління виробництвом дозволяє приймати рішення на нижчому рівні.

Ключові слова: автоматизація, виробничі системи, автоматизація виробничих систем, технологічний процес, економічна ефективність.

ВСТУП

Важливим напрямом науково-технічного розвитку суспільства на сьогоднішній день виступає автоматизація різних видів виробництва. Автоматизація дозволяє підвищити продуктивність праці, поліпшити якість продукції, вивести людей з виробничого процесу і максимально задовольнити потреби суспільства.

У сучасних умовах автоматизація виробництва носить комплексний характер і передбачає автоматизацію робочих машин, технологічних ліній та блоків, широке використання верстатів з числовим управлінням, ліній ЕОМ, програмованих роботів.

Найбільше значення має розвиток та використання при виготовлені виробів автоматизованих виробничих систем, що мають величезні можливості підвищення ефективності великого, так і дрібносерійного багатономенклатурного виробництва. Використання таких систем дозволяє збільшувати випуск продукції при скороченні чисельності зайнятих, знижувати брак і збільшувати гнучкість виробничих процесів.

Враховуючи той факт, що сьогодні конкурентна активність виробництв зростає, автоматизація є необхідною частиною існування виробничого і технологічного процесу.

АВТОМАТИЗОВАНА ВИРОБНИЧА СИСТЕМА

Автоматизована виробнича система – це поєднання станків автоматів в автоматичні лінії для комплексної обробки складних деталей в умовах масового виробництва [5]. Автоматична лінія – це система станків і інших приладів, що автоматично здійснює роботу, які розміщенні у технологічній послідовності і які поєднуються за допомогою керування, транспортування, видалення відходів тощо.

Автоматизована виробнича система дозволяє здійснювати збір інформації з об’єкта управління, надалі перетворюючи і передаючі її, а також дозволяє сформувати керівничі команди (тобто функції, які піддаються автоматизації) і

здійснювати їх на управлінському об'єкті [4]. В даному випадку людина лише визначає основні цілі і критерії управління, корегує їх у випадку зміни умов, в тому числі виконує функцію контролю за роботою автоматизованих приладів і у разі необхідності змінює їх завдання, а також приймає рішення з приводу керування в складних ситуаціях.

Основними складовими частинами автоматизованої виробничої системи є: гнучкий виробничий модуль - одиниця технологічного обладнання для виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик з програмним управлінням, що функціонує автономно, автоматично здійснює всі функції, пов'язані з їх виготовленням, що має можливість вбудовування в гнучку виробничу систему; роботизований технологічний комплекс - сукупність одиниць технологічного обладнання, промислового робота та засобів оснащення, що функціонує автономно та здійснює багаторазові робочі цикли; гнучка виробнича система - сукупність взаємозалежних автоматизованих систем проектування виробів, технологічної підготовки їх виробництва, управління за допомогою ЕОМ, переміщення предметів виробництва та технологічного оснащення [1].

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ПРИ ВИГОТОВЛЕНІ ВИРОБІВ

Ефективність автоматизації визначається за допомогою аналізу того, наскільки раціонально організований виробничий процес у цілому, чи запровадженні засоби автоматизації комплексно і чи на всіх необхідних ланках технологічного ланцюжка, наскільки обрана система організації та управління виробництвом дозволяє приймати рішення на нижчому рівні. Ефективність автоматизації виробничої системи, також, може бути досягнута тільки при комплексному підході до створення та впровадження роботів, до створення та модернізації обробного обладнання, до вибору або розробки засобів контролю, інформації та управління, допоміжних механізмів та пристроїв тощо.

Для оцінки ефективності автоматизації виробничих систем розглядаються, систематизуються і економічно оцінюються різноманітні ефекти.

Економічна ефективність вимірюється ступенем зниження сукупної праці, що витрачається для виробництва однієї одиниці готової продукції. Таким чином ефективність автоматизації визначається сумарним зменшенням витрат за виготовлення одного продукту. Рівень технології будь-якого виробництва надає вирішальний вплив з його економічні показники, тому вибір оптимального варіанта технологічного процесу має здійснюватися з найважливіших показників його ефективності; продуктивності, вихідної вартості та якості виробленої продукції. Продуктивність – показник, що характеризує кількість продукції, виготовленої за одиницю часу.

Економічна ефективність автоматизації формується із чотирьох складових: енергетичної, трудової, структурної та технологічної. Енергетична складова визначається зниження витрат палива та електроенергії, збільшення надійності та довговічності роботи енергетичного обладнання, економічності роботи систем енергозабезпечення.

Трудова складова пов'язані з скороченням прямих трудових витрат обслуговуючого персоналу виконання технологічного процесу. При автоматизації процесу витрати праці істотно скорочуються. У той самий час відбувається незначне збільшення капітальних витрат за її технічне забезпечення.

Структурна складова обумовлена скороченням регулюючого та запасного обладнання, службових приміщень та інженерних комунікацій, зниженням металоємності та вартості обладнання, збільшенням кількості продукції, що отримується з одиниці площі, або обсягу виробничих будівель, підвищенням концентрації будівель на території. Технологічна складова зумовлена збільшенням виробництва за рахунок автоматизації технологічного процесу.

Важливим є те, що завдяки автоматизації виробничих систем та технологій приладобудування знизиться кількість бракованої продукції, скоротяться збитки. Чітка злагоджена діяльність автоматики дозволяє набувати продукції високої якості — немає помилок чи відхилень заданому нормативу. Відбудеться покращення існуючого технологічного процесу у бік його безперебійної роботи. Мінімізується людський фактор, робота буде виконана більш точно та стабільно.

ВИСНОВОК

Введення у виробництво новітніх науково-технічних досягнень є одним з засобів підвищення ефективності виробництва, як з економічної точки зору, так і загалом. Автоматизація на даний момент перевершує усі шляхи модернізації, що використовувалися раніше.

Таким чином, з проведеного дослідження можемо сказати, що автоматизація виробничих систем дозволяє вирішити ряд деяких питань, серед яких зменшення витрат на виробництво, підвищення продуктивності праці, збільшення доходу тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Гриньова В. Організація виробництва: Навчальний посібник/ Валентина Гриньова, Марина Салун,; М-во освіти і науки України, Харківський нац. екон. ун-т. — Харків: ВД "ІНЖЕК", 2005. — 550 с..

[2] Biles W.ş. In: Simulation Modeiing Workshop / W.ş. Biles. New York, 2006. V. 1. P. 25–28.

[3] Unger B.W. Simulation. 2007. V. 30. υ 1. Ꝗ. 32–37.

[4] Антонюк В.С. Вислоух С.П., Филиппова М. В. Автоматизированное проектирование технологических процессов сборки изделий приборостроения //Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2007. – №. 6. – С. 3-5.

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

УДК 62.799

І.Б. Лупина, студент гр. ПБ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКТУЮЧИХ І ЗАСТОСОВУВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ МЕТАЛООБРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ

Анотація. Рівень розвитку мікроелектротехніки загалом та, зокрема, МЕМС, еволюція технологій та протоколів передачі даних дозволяють створювати ефективніші, дешевші та ширші за можливостями пристрої. У статті описано розрахунок та вимірювання параметрів, необхідних для проектування пристроїв моніторингу стану обладнання за допомогою мікроконтролерів та МЕМС, а саме швидкість реєстрації значень вимірювання сенсорного пристрою, необхідний до використання об'єм пам'яті та її швидкість, швидкість передачі даних за допомогою одного з поширених протоколів передачі даних. На основі розрахунків і вимірів зроблено висновки про доцільність використання обраних комплектуючих, програмних модулів тощо, та висунуто рекомендації до вибору комплектуючих.

Ключові слова: моніторинг стану обладнання, МЕМС, мікроконтролер.

ВСТУП

Зважаючи на технологічну складність та високу відповідальність систем обробки на виробництвах, актуальним є впровадження сенсорних систем для вимірювання параметрів, які можуть описувати стан обладнання (вібрація та температура у відповідальних вузлах, вимірювання акустичної емісії тощо), тобто «моніторингу його стану» для контролю або коригування його роботи.

Впровадження систем моніторингу виконується виробниками промислового обладнання (часто в таких випадках системи інтегровані і доступ до даних вимірювань можливий через термінал) або сторонніми компаніями (в такому випадку для збору, збереження, обробки та видачі вимірюваної інформації використовуються окремі термінали). За таких умов залишаються не вирішеними питання технологічного моніторингу для малих підприємств, або підприємств із застарілим технічним фондом.

Пропонувати відносно дешеві, компактні і економні пристрої вимірювання для відкритого ринку виробники почали близько 3-х років назад (згадки про проектування реальних пристроїв, а не розробку концепцій чи ідей починаються загалом 2018 року). Однак переважна більшість таких пристроїв вимірюють або лише один параметр, або декілька параметрів, проте лише в одній зоні. Тоді як збільшення потужності та ефективності мікроконтролерів, розвиток технологій МЕМС (мікроелектромеханічна система), активна розробка методів передачі та обробки даних надають широкі можливості для розробки таких пристроїв [1].

МЕТА РОБОТИ

В даній роботі поставлено задачу аналізу та визначення необхідних характеристик комплектуючих, коректний розрахунок їх параметрів, який у існуючих працях залишається розкритим не достатньо широко.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для отримання практичних даних створено модель пристрою з використанням мікроконтролеру esp8266 [2] та сенсорного модуля MPU6050 [3] у виконанні на платі GY-87. Для передачі даних обрано технологію Wi-Fi через її широке розповсюдження та доступність, а сенсорним елементом обрано IMU

(inertial measurement unit) модуль через широкі можливості вібромоніторингу, який можна виконувати за його допомогою.

Вимірювання проводяться за встановленої тактової частоти мікроконтролеру 160МГц за допомогою системних функцій вимірювання часу. Програмування мікроконтролеру проводиться за допомогою мови c++ в середовищі ArduinoIDE з використанням пакету ESP8266 Arduino Core v3.0.2.

Швидкість реєстрації значень вимірювання. Незважаючи на швидкість вимірювання сенсорним пристроєм, для обробки даних за допомогою мікроконтролеру їх необхідно вчасно зчитати та обробити. Параметр прискорення за кожною з осей має до 5 знаків і зберігається за допомогою знакового цілочисельного типу даних, що займає 2Б. За умови подальшої передачі даних, доцільно зберігати їх в форматі .csv, який надає їх найкращу компактність за умови збереження у строковому типі. В такому разі вимір прискорення за однією з осей займатиме до (арифметичний знак + 5 значущих знаків + 1 роздільний символ) = 7Б. За умови вимірювання через неоднакові інтервали часу необхідно також зберігати ці інтервали, однак в даній роботі така ймовірність не враховуватиметься.

За допомогою інтерфейсу I2C із частотою 400кГц час запису та зчитування з регістрів даних дорівнюватиме (8*2)/400=0,04мс, на практиці отримання вимірювання за запитом триває ~0,33мс, а швидкість запису в строкову змінну – ще ~0,16мс. З чого можна зробити висновок, що за допомогою мікроконтролеру esp8266 теоретично можна отримувати вимірювання з частотою 1/(0,4+0,16)=5кГц, на практиці ж частота може досягати 3кГц, за умови зберігання їх в оперативній пам’яті, 2кГц , за умови зберігання їх в стокову змінну для подальшої передачі.

Необхідно зауважити, що обраний мікроконтролер має підтримку лише одного інтерфейсу передачі I2C, за допомогою якого підключається сенсорний модуль. І, незважаючи на підтримку до 255 пристроїв за допомогою цього інтерфейсу, кількість одночасно підключених пристроїв значно зменшується, за умови їх роботи на максимальній частоті в 1кГц.

Необхідний об’єм пам’яті. Окрім обробки значень вимірювання важливим є також їх збереження, що надає широкі можливості для покращення його конструкції, алгоритмів роботи або обробки даних вимірювання на потужному сервері. Для збереження доступні такі варіанти: на вбудовану пам’ять, додаткову пам’ять та на віддаленому пристрої після передачі каналом зв’язку.

Як було зазначено вище, параметр прискорення за кожною з осей зберігається за допомогою типу даних, що займає 2Б, або 7Б у строковому вигляді. Отже, один вимір прискорення за 3 осями займатиме 3*2=6(Б) або до 3*7=21(Б). Тоді за 100мс об’єм збережених даних дорівнюватиме не менше 600Б, за 1с ~5,86кБ. За безперервної роботи обладнання 15хв об’єм, збережений об’єм даних займатиме 600*10*60*15=5400000(Б)~5274кБ~5,15МБ.

На платі мікроконтролеру доступно до 3МБ пам’яті, до того ж з обмеженням в 10тис. циклів перезапису [2] , що не дозволяє використовувати її для цієї задачі.

При використанні зовнішньої пам’яті ми також стикаємося із питанням визначення часу, в який виконувати завантаження даних з неї, адже важливим є

вимірювання також під час подальшої роботи обладнання. При використані декількох таких сенсорних модулів кількість даних збільшуватиметься пропорційно до їх кількості. Зважаючи на це, актуальним питанням до розгляду є можливість передачі даних, так само як і екстрених сигналів, за допомогою пристрою передачі даних паралельно із процесом реєстрації наступних вимірів.

Швидкість запису на додаткову пам'ять. Інтерфейсом з'єднання додаткової пам'яті, як і вбудованої, є SPI, теоретична швидкість якого є вищою за I2C. На практиці ж на вбудовану пам'ять, за використання бібліотеки LittleFS v.0.1 [4], виміряна швидкість запису дорівнює 39-47Б/мс за тактової частоти 160МГц та 34-46Б/мс за тактової частоти 80МГц. Швидкістю зчитування в розрахунках можна знехтувати, адже вона значно вища, а зчитування у сценарії використанні додаткової пам'яті виконується у моменти простою або перерв між робочими циклами. За найбільш компактного запису параметри прискорення займають 6Б, а отже, час їх запису триватиме 0,13-0,18мс.

Оскільки швидкість запису на пам'ять за допомогою інтерфейсу SPI в архітектурі мікроконтролеру esp8266 залежить від тактової частоти його процесору, то при вирішенні про доцільність запису на зовнішню пам'ять необхідно пам'ятати про збільшення споживання із збільшенням частоти, що може бути критичним у пристроях з живленням від батареї.

Швидкість передачі даних за допомогою Wi-Fi. Теоретична швидкість Wi-Fi для модуля esp8266 1-72.2МБ/с [2]. Однак на практиці перед відправленням даних необхідно скласти їх в структуру для передачі. Особливо це актуально до розгляду за використання REST (Representational State Transfer) архітектури мережевих протоколів. На практиці за використання цих технологій процес підготовки та відправлення даних, збережених строковою змінною, для одного пакету дорівнює ~1.5мс, що >1мс – можливий час отримання даних від MPU6050. Описану проблему можна вирішити за допомогою запису даних вимірювання за перериванням – сенсорний модуль викликає переривання основного циклу програми, коли вимірювання виконано і відправлено в буфер зберігання мікроконтролеру. Проблеми із накопиченням вимірювань не буде, оскільки корисне навантаження пакету ~536Б [4], одне вимірювання займає максимум 21Б, а отже за один раз можна відправити від 536/21=25 вимірів. Практичні вимірювання підтверджують, що відправлення такої кількості вимірів займає еквівалентний до відправлення одного виміру час. Для підвищення швидкості за умови передачі радіоканалами, необхідно використовувати спеціалізовані протоколи передачі [5], або спеціалізовані технології [1].

Також важливо зазначити, що виробничі системи вібромоніторингу використовують сенсори з частотою опитування значно більше тисячі вимірів за секунду [6], що накладає додаткові вимоги до вимірювального обладнання, яке окрім реєстрації також виконує функції обробки, сигналізування тощо [7], та підвищує важливість наведених розрахунків та вимірів.

ВИСНОВОК

З наведених розрахунків та вимірів можна зробити висновок про конфігурацію вимірювального пристрою для моніторингу стану

металообробного обладнання. Швидкодія мікроконтролеру є достатньою для отримання даних із обраного сенсорного пристрою. Для збереження більше ніж 2хв вимірювань необхідно використовувати зовнішню пам'ять. Для передачі даних REST архітектуру використовувати недоцільно. Через необхідність збереження та обробки отриманих даних, блок вимірювання необхідно виносити окремо через високу циклічність його роботи, або використовувати запис значень вимірювання за перериваннями. Компонування з окремими блоками можливе за використання двоядерних мікроконтролерів, із розділенням завдань між ядрами. Однак загалом для збереження та відправлення, обробки та реєстрації даних, отримуваних з частотою 1кГц комплектуючі у вигляді мікроконтролеру esp8266 та сенсорного модуля MPU6050 можна вважати доцільними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] T. Hafeez, L. Xu and G. Mcardle, "Edge Intelligence for Data Handling and Predictive Maintenance in IIOT," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 49355-49371, 2021

[2] ESP8266EX Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf

[3] MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf

[4] Maximum segment size [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_segment_size

[5] Web of Things (WoT) Thing Description [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.w3.org/TR/wot-thing-description/

[6] Looney, Mark. An introduction to MEMS vibration monitoring. *Analog Dialogue*, 2014, 48.06: 1-3.

[7] Лупина, Ігор; Клочко, Тетяна; Скицюк, Володимир. МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РОБОТИ МЕТАЛООБРОБНОГО CNC-ОБЛАДНАННЯ. *Вісник Київського політехнічного інституту.* Серія Приладобудування, 2021, 61 (1): 52-60.

Наук. керівник – к.т.н., доцент Клочко Т.Р.

УДК 681.51:681.7.068

С.О. Мандровська, студентка гр. ПБ-81
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД, АНАЛІЗ І ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ. ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ В СКЛАДІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

Анотація. В роботі розглянуто поняття «Інтернет речей» та його роль в системі «розумний дім». Описано використання оптико-електронних систем як складової частини «розумного будинку». Однією з особливостей розглянутих оптико-електронних систем є їх оптимізація за допомогою використання оптоволокона, в якості чутливого елементу.

Ключові слова: розумний будинок, інтернет речей, оптоволоконний чутливий елемент.

ВСТУП

В сучасному світі автоматизовані технології займають вагому роль не лише на виробництві, а й у повсякденному житті. Людство прагне автоматизувати якомога більше побутових завдань сучасними технологіями для того, щоб заощадити час. У період світової пандемії 2020-2021 роки дім став не лише місцем відпочинку, а й місцем навчання та роботи. Тенденція переходу до дистанційного навчання та роботи набирає обертів, що викликає необхідність оптимізації житла сучасними технологіями автоматизації побутової сфери. Тому в майбутньому для більшості людей «розумний будинок» перестане бути предметом розкоші, а стане повсякденною необхідністю.

ОГЛЯД ПРОБЛЕМАТИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розумний дім — це житлова платформа, яка використовує «Інтернет речей», керування, відображення зображень та комунікаційні технології для підключення різних об’єктів через мережу, щоб забезпечити вимоги щодо автоматизації всієї системи, а також більш зручний контроль та керування [1]. Виділяють ряд переваг використання «розумного будинку»: зменшення рівня загроз для життя та підвищення безпеки, зростання щоденної продуктивності за рахунок зниження рівня рутини та покращення рівня комфорту побутового життя людини в цілому. Також однією з вагомих переваг використання «розумного будинку» є можливість керувати побутовою технікою віддалено, використовуючи телефони, комп’ютери, чи інші девайси за допомогою Інтернет-зв’язку. Дана технологія була описана в концепції «Інтернету речей», яка може кардинально перебудувати безліч процесів, які стосуються не тільки побуту, ай галузей економіки, промисловості, смарт-виробництва, громадської безпеки, транспорту та логістики, роздрібної торгівлі, енергетики і т д.

Інтернет речей (IoT) – це нова парадигма, яка дозволяє спілкуватися між електронними пристроями та датчиками через мережу Інтернет, щоб полегшити наше життя. IoT використовує «розумні» пристрої та Інтернет мережу для генерування інноваційних рішень різних проблем, включаючи проблеми, що пов’язані з різними областями бізнесу, державними та державно-приватними галузями в усьому світі [2]. Дана система вже стала важливим аспектом нашого життя, яка використовується не тільки в концепції розумного будинку, а й в інших сферах життєдіяльності. На рисунку представлено найбільш популярні сфери застосування «Інтернету речей» в житті людини.

Рис. Найбільш популярні сфери застосування «Інтернету речей» в житті людини

Розглянемо більш детально деякі з сфер:

• медицина: система Smart Health Sensing, яка включає в себе невелике портативне інтелектуальне обладнання та пристрої для підтримки здоров'я людини, які можна використовувати в лікарнях, вдома, чи навіть на вулиці для моніторингу критичних станів організму, сну, фізичних навантажень, підрахунку калорій, та інших аспектів здоров'я. Збір цих даних забезпечить змогу ставити точні діагнози, створення більш ефективного плану лікування, та спростить процедуру надання медичної допомоги [2].

• транспорт: покращення безпеки та комфорту пересування, за допомогою дронів та датчиків. У містах з великим скупченням людей дані девайси контролюють пішохідні переходи, за допомогою штучного інтелекту прогнозують затори на дорогах та пропонують оптимальний шлях з врахуванням даних прогнозів [2].

• виробництво: пристрої на виробничому устаткуванні або на складських полицях разом з аналітикою даних і моделюванням прогнозів за допомогою штучного інтелекту можуть запобігти появі браку, простоїв, підвищити продуктивність, мінімізувати витрати і покращити якість обслуговування клієнтів [3].

• енергетика: пристрої, що підключені до системи IoT, можуть передбачити виникнення проблем. Наприклад, сонячна батарея та вітер можуть інтегруватися через Інтернет речей. А дані, зібрані з розумних будинків – покращують зручність і безпеку населення [3].

• роздрібна торгівля: процеси обробки даних, аналітики та маркетингу. Роздрібні продавці збирають дані IoT із магазинів і пристроїв, таких як чіпи для відстеження запасів, маяки та розумні полиці і застосовують отриману аналітику для розуміння моделей поведінки клієнтів та пріоритетів [3].

Крім того, одним із важливих аспектів, над яким працюють розробники та дослідники IoT є покращення стилю життя людей похилого віку та людей з обмеженими можливостями. «Інтернет речей» створив новий напрямок для

повноцінного життя даної частини населення. Адже з точки зору розробки, дані девайси не є трудомісткими у розробці, тому вони можуть бути доступними населенню своєю ціновою пропозицією [2]. Завдяки IoT для людей з обмеженими можливостями оптимізується питання утримання будинку, побутових обов'язків та забезпечення більш комфортної життєдіяльності.

«Розумний будинок» включає в себе побутову техніку з підтримкою IoT, систему кондиціонування та опалення, телебачення, пристрої для потокового аудіо та відео та систем безпеки, які взаємодіють один з одним, з метою забезпечення комфорту, безпеки та зменшення споживання електроенергії. Весь цей зв'язок відбувається через центральний блок керування за допомогою мережі Інтернет.

З огляду на вище перелічені сфери використання «Інтернету речей», розумні будинки, разом із розумними транспортними засобами та інтелектуальною транспортною системою, та інших галузей призведе до появи «Розумних міст».

Розумне місто – це місто, де традиційні мережі та послуги стають більш гнучкими, ефективнішими та стійкішими завдяки використанню Інтернету речей, інформаційних, цифрових та телекомунікаційних технологій для покращення роботи міста на благо його жителів [4].

Звідси виникає проблема збору, передачі, обробки та аналізу великої кількості даних за короткий час. Це все можна забезпечити за допомогою використання високошвидкісних оптико-волоконних мереж, які забезпечують комунікаційну інфраструктуру для транспортування великих об'ємів даних від одного кінця до іншого, використовуючи «хмарні системи». Поява оптико-волоконних кабелів відкрила можливості для надширокосмугового зв'язку з низькими затримками на відміну від традиційної мідної кабельної мережі, яка мала свої обмеження. Численні проекти по розширенню оптико-волоконних систем, є доказом того, що оптоволоконна технологія підтримує розвиток розумних міст у всьому світі [5].

Оптико-електронні системи – це системи, до складу яких входять як оптичні, так і електронні вузли, причому і ті, й інші призначені для виконання основних завдань, що вирішуються даним приладом [6].

Для системи розумного будинку оптико-електронні системи використовуються у складі:

- охоронних систем та систем безпеки – цілодобове спостереження за будинком, датчики руху з фотофіксацією тривог, системи пожежної безпеки;
- побутової техніки – відображення та запис інформації;
- обчислювальної техніки – запис та відтворення інформації на оптичних носіях;
- систем екологічного моніторингу – домашні метеосистеми та метеодатчики, які можуть використовуватись для покращення клімат-контролю в «розумному будинку».

Оптико-волоконні системи «Інтернету речей» є частиною більш широкої концепції домашньої автоматизації, яка може включати освітлення, медіа-системи та системи безпеки, а також системи відеоспостереження.

Довгострокові вигоди можуть включати економію енергії за рахунок автоматичного відключення світла і електроніки або за рахунок інформування мешканців будинку про їх використання без потреби.

В перспективі розвиток «Інтернету речей» призведе до зростання попиту на ринку цифрових технологій. З огляду на ці міркування, виникає необхідність у розробці та виготовленні точних та чутливих систем датчиків навколишнього середовища, які мають невелику вагу та є надійними та економічними у виробництві. З цією метою оптико-волоконні датчики через їх невеликі розміри, та використання оптичного волокна як в якості лінії передачі даних, так і в якості чутливого елемента, здатного розпізнавати зміни різних величин, передачі декількох потоків даних по одному каналу зв'язку, можливості виконувати виміри дистанційно, стійкості до електромагнітних перешкод, відсутності електрики в точці вимірювання та довготривалої стабільності можуть бути вбудовані без суттєвих негативних наслідків в структуру розумного будинку.

Для реалізації взаємозв'язку між пристроями, тобто надсилання та прийому сигналу виникає необхідність у високопродуктивних датчиках. Ці датчики повинні бути захищені від зовнішнього втручання та бути стійкими до різних перешкод. Таким високопродуктивним датчиком для мережевого з'єднання між пристроями є саме оптико-волоконний датчик.

В подальших дослідженнях буде розглядатися алгоритм впровадження оптико-електронних систем при проектуванні «розумного будинку», аналіз економічності та переваг в порівнянні з існуючими альтернативними системами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Min Lia, Wenbin Gub, Wei Chenc, Yeshen Hed, Yannian Wud, Yiying Zhange. Smart Home: Architecture, Technologies and Systems. Procedia Computer Science Volume 131, 2018, Pages 393-400.

[2] Kumar, S., Tiwari, P. & Zymbler, M. Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review. J Big Data 6, 111 (2019). URL: https://doi.org/10.1186/s40537-019-0268-2

[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/kpisn.2021.2.236954

[4] Internet of Things (IoT) What it is and why it matters URL: https://www.sas.com/en_us/insights/big-data/internet-of-things.html

[5] The Role Of Fibre Optic Cables In Shaping Smart Cities URL: https://smartcity.press/fibre-optic-network/

[6] Оптико-электронные (квантовые) системы и устройства URL: https://topref.ru/referat/154151.html.

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

УДК 621.9

О.В. Матошин, студент гр. ПБ-81, к.т.н., доц. Шевченко В.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИДАЛЕННЯ ВІДХОДІВ В УМОВАХ «БЕЗЛЮДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ»

Анотація. В статті проаналізовано існуючі системи видалення відходів в умовах автоматизованого виробництва. Розроблено автоматизовану систему видалення стружки при виробництві деталей приладів. Запропоновано структурну схему автоматизованої дільниці з використанням даної системи та схему процесу руйнування стружки під час обробки.

Ключові слова: система видалення стружки, автоматизоване виробництво, ультразвук, магнітний пристрій, електроакустичний перетворювач, автоматична лінія, гнучка виробнича система.

ВСТУП

Одним із факторів надійної роботи гнучких виробничих систем механічної обробки деталей є автоматичне видалення відходів із робочої зони. Серед основних відходів у приладобудівному виробництві є стружка. Процес стружкоутворення є складним фізичним процесом, що супроводжується великим тепловиділенням, деформацією металу при утворенні стружки та зношуванням різального інструмента. У процесі обробки різних матеріалів можуть утворюватися такі основні види стружок: зливна, сколювання та надлому. Форма стружки може бути наступною: довга кручена, сипуча, коротка, гвинтова або циліндрична спіраль [3]. Стружка може призвести до руйнування інструмента, пристосування, обладнання, неправильного базування та браку деталей.

У зв’язку з впровадженням автоматизованого обладнання, гнучких виробничих модулів та систем розробка системи руйнування, збирання, очищення та транспортування стружки в автоматизованому режимі є актуальною науково-технічною задачею. Складність її вирішення часто пов’язана з великим об’ємом, різноманітністю форм та матеріалів стружки.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи видалення стружки при виробництві деталей приладів в умовах автоматизованого виробництва.

ОГЛЯД СИСТЕМ ВИДАЛЕННЯ СТРУЖКИ

На сучасних приладобудівних виробництвах вихід металу в стружку становить в середньому 10-20%, а в деяких випадках 40-50% від маси оброблюваних деталей [2].

Основною системою видалення стружки в автоматизованому виробництві в загальному випадку є вбудовані у верстати з ЧПК конвеєри різних конструкцій залежно від оброблюваних матеріалів, форми та об’єму стружки.

Видалення стружки із робочої зони верстата здійснюється механічним та гравітаційним (під дією власної ваги) способами, змиванням емульсією, здуванням або всмоктуванням та з використанням електромагніту [1]. Для очищення легкої стружки при невеликій зоні стружкоутворення застосовуються гідроциклони.

У процесі виготовлення деталей приладів виникає необхідність автоматичного транспортування стружки між окремими верстатами та по цеху. Залежно від конкретних умов виробництва використовуються наступні системи

транспортування стружки: системи транспортування у контейнерах, транспортування поза автоматичною лінією (за верстатами встановлена додаткова лінія) та транспортування транспортерами, які вбудовані безпосередньо в лінію.

У виробництві застосовуються конвеєри для транспортування стружки різного принципу дії: вібраційні, шнекові, стрічкові, йоржові та скребкові [3,4]. В сучасних гнучких виробничих системах нещодавно почали використовуватись пневмотранспортні установки, які дозволяють відводити стружку із зони обробки та виключають пошкодження поверхонь заготовки, інструмента та верстата, зменшуючи при цьому травматизм при обслуговуванні автоматичних ліній. Однак даний метод має також недоліки: високу витрату електроенергії та зношення трубопроводів.

Серед застосовуваних в даний час способів тільки гідравлічний та пневматичний можуть забезпечити автоматичне відведення стружки із зони різання і виключити її потрапляння на вузли верстата, транспортно-накопичувальних систем і поверхні пристосувань.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При обробці на сучасному обладнанні (верстати з ЧПК, оброблюючі центри, автоматизовані ділянки та лінії) велике значення має ефективне дроблення стружки та надійне керування стружкоутворенням. Висока продуктивність при точінні різцями з багатогранними пластинами, що не переточуються, досягається тільки у разі утворення короткої дробленої стружки, що легко відводиться з зони різання.

Загалом процес видалення стружки поділяється на наступні групи, які враховуються в розробленій системі: руйнування та видалення стружки із верстата, транспортування по цеху, очищення (фільтрація) та пресування. Найбільш ефективно комплексно вирішувати дане завдання. На рис. 1 зображено структурну схему автоматизованої системи видалення стружки.

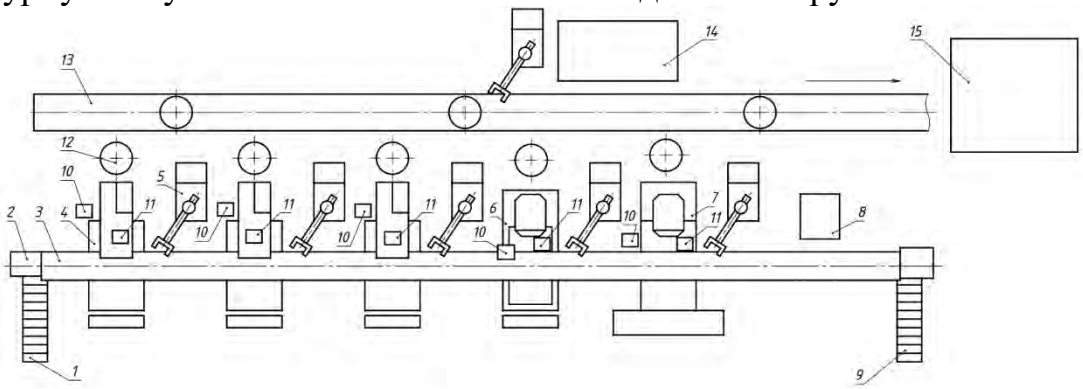


Рисунок 1. Структурна схема автоматизованої системи видалення стружки із транспортуванням по дільниці

У даній схемі 1 – це конвеєр подачі заготовок на лінію, 2 – автоматичний завантажувач, 3 – кроковий конвеєр, 4-7 – верстати з ЧПК, 8 – блок контролю, 9– конвеєр із обробленими деталями. При обробці деталей за допомогою електроакустичного перетворювача 10 генеруються ультразвукові коливання, які призводять до руйнування стружки на невеликі частини. З використанням

електромагнітного пристрою 11 виконується збирання стружки, яка переміщується з окремих верстатів до контейнера із стружкою 12. При повному заповненні даного контейнера стружка переміщується роботом-маніпулятором 5 на конвеєр та рухається по ньому. У блоці 14 відбувається очищення стружки від змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР) та мастила. Далі очищена стружка потрапляє в цех для пресування в брикети (блок 15).

Процес руйнування та збирання стружки зображено на рис. 2.

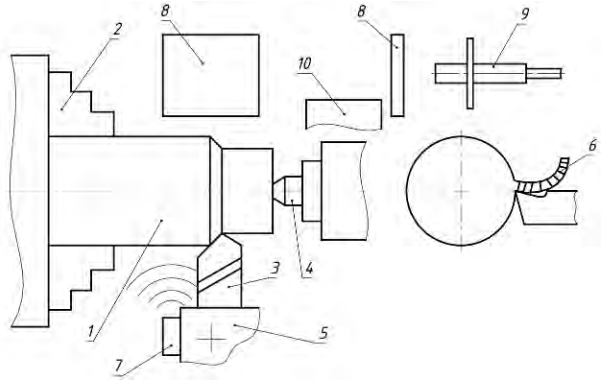


Рисунок 2. Автоматизований процес руйнування та збирання стружки

Під час токарної обробки деталь 1 закріплена з використанням трьохкулачкового патрона 2 та центра 4. Різець 3 закріплений в різцетримачі 5, до якого закріплюється електроакустичний перетворювач 7, який генерує ультразвукові коливання, що руйнують стружку 6 на дрібні частини. Далі з використанням магнітного пристрою 9 стружка збирається та переміщується до контейнера 10 через вікна в станині 8. Алгоритм видалення стружки зображено на рис. 3.

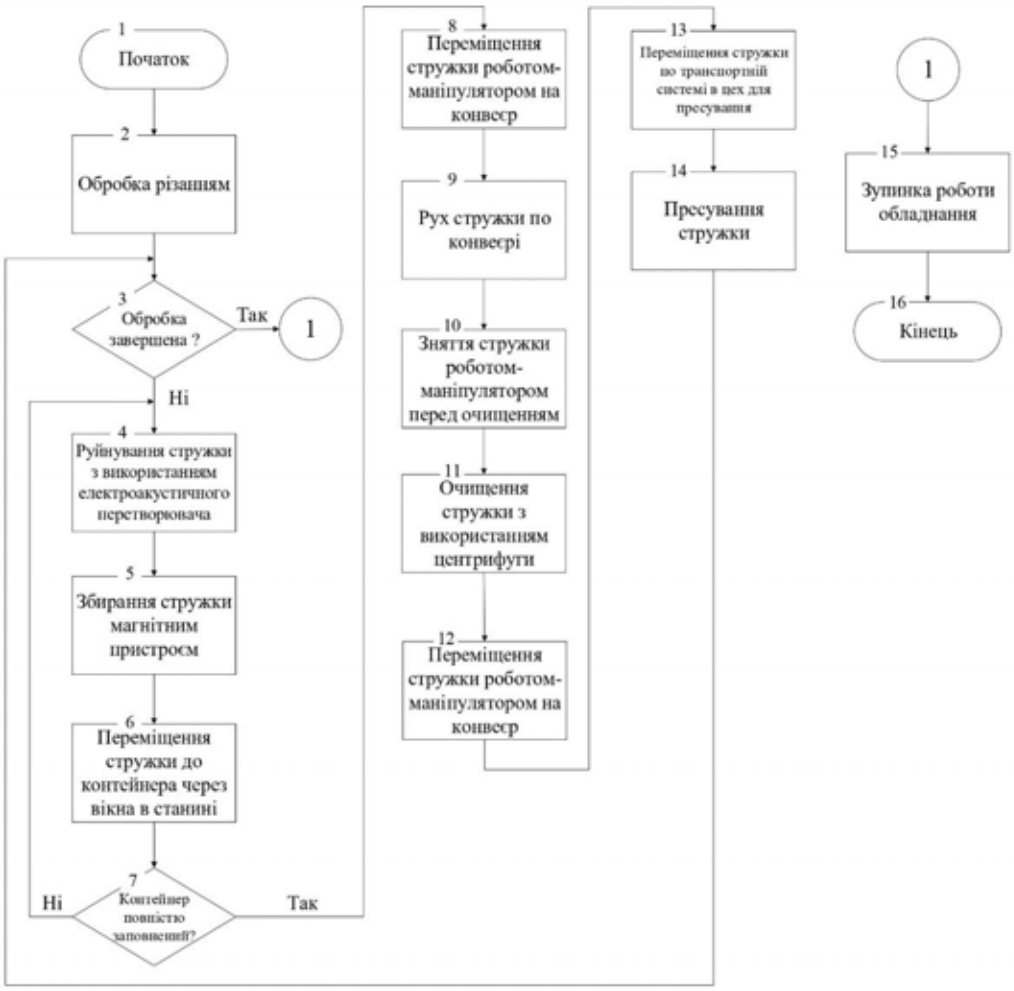


Рисунок 3. Алгоритм системи видалення стружки в умовах «безлюдної технології»

Запропоноване розв'язання даної задачі можна суттєво полегшити відповідним конструкторським опрацюванням технологічного оснащення, що забезпечує безперешкодне відведення стружки із зони обробки.

ВИСНОВКИ

В умовах «безлюдної технології» завдання автоматизованого збору та видалення стружки є одним із найважливіших при створенні гнучких виробничих систем, тому що без його вирішення практично неможливо, щоб верстати працювали без обслуговуючого персоналу.

Розроблена система автоматизованого видалення стружки при виробництві деталей приладів дозволяє: підвищити продуктивність виробництва та ефективність обробки, зменшити собівартість виготовлення деталей, запобігти температурних деформацій в місцях контакту стружки з заготовкою та вузлами верстата, зменшити кількість бракованих деталей, підвищити час роботи обладнання за рахунок скорочення простоїв для збирання стружки, покращити умови та культуру праці. Дана система забезпечує просту конструкцію та керування, високу надійність обладнання та невисокі затрати на встановлення та експлуатацію.

Пресування стружки у цеху дозволяє збільшити рентабельність виробництва та знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 344 с.

[2] Технические средства удаления стружки в условиях ГПС / В. В.Трухин, Н. А. Алехин, Ю. В. Видманкин; КузГТУ. - Кемерово 2000.

[3] Рябов В.В. Механизация удаления стружки в механических цехах. – М.: Машиностроение, 1984.

[4] Брон Л.С., Власов С.Н. и др. Конструкции и наладка автоматических линий и специальных станков 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Высшая школа, 1977. — 360 с.

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

UDC 621.941.08

Bogdan Melnychuk, student gr. PB-81, Oleksandr Matoshyn, student gr. PB-81, Assoc. Prof. Vadym Shevchenko
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

THREE-PARAMETER SYSTEM FOR MONITORING THE WEAR OF CUTTING TOOLS ON CNC MACHINES IN AUTOMATED PRODUCTION CONDITIONS

Annotation. This paper presents a method for controlling the gradual wear of cutting tools during turning operations using ultrasound diagnostics, measuring the tangential cutting force using strain gage sensor and acoustic emission of the process, measured by a vibrometer for CNC machines directly during the cutting process. A measurement scheme and an analytical model are presented.

Keywords: instrument wear, ultrasound, echo signal, strain gage sensor, acoustic emission, automated production.

INTRODUCTION

Knowledge of the condition and expected service life of the tool is an important input for determining the optimal processing parameters, so cutting process control systems based on measuring the wear of the cutting tool are introduced into production [1]. Such systems make it possible to ensure the accuracy of processing and surface quality, and increase the productivity of automated equipment.

Since the working surfaces of the cutting tool are exposed to mechanical stresses, high temperatures, and coolant, the efficiency of the tool is reduced due to plastic deformations and wear.

The aim of the work is to develop a three-parameter control system for processing parts on CNC machines in terms of "unmanned technology" based on the measurement of three signals: ultrasonic signal, tangential cutting force and acoustic emission level.

METHODS OF MEASURING SIGNALS

The ultrasonic method provides real-time monitoring of the cutting tool condition. This method is based on measuring the length of the cutting edge by determining the time of passage of an ultrasonic wave through the tool body.

Ultrasonic vibrations into the medium are emitted by a piezoelectric source in the form of short-term pulses. Accordingly, when ultrasonic waves collide with an obstacle, part of the emitted energy is reflected and returned back in the form of an echo pulse, which is read by a piezoelectric element.

The time between emitting and reading an echo pulse is the time it takes for the pulse to travel the "transmitter-reflector-receiver" distance, which can be measured with an accuracy of 1 ns. It was found that the ultrasound control method can be measured with an accuracy of ±2 microns [2].

On the cutting tool, a mark is created by electrical discharge machining, which has constant dimensions (1.2 mm in depth and 1.2 mm in thickness). The ultrasonic wave transmitted to the tool body passes along the entire length of the tool and is reflected from the mark, as well as from the front and back surfaces of the cutter.

This system also measures the acoustic emission signal (high-frequency oscillations over 80… 100 kHz) using vibrometers, the signal to which is supplied from the vibration transducer – accelerometer, and the cutting force using a strain gauge. These parameters determine the amount of wear of the cutter and do not allow breakage or defect.

It is known that with increasing tool wear, the values of forces and power required for cutting increase [2]. Therefore, both the cutting forces and their derivatives can be used as a source of diagnostic signal. Sources of acoustic emission in the cutting process include: microcracks in the workpiece, areas of friction, plastic deformation and fractures, areas of chip breakage and its contact with the surfaces of the tool and parts.

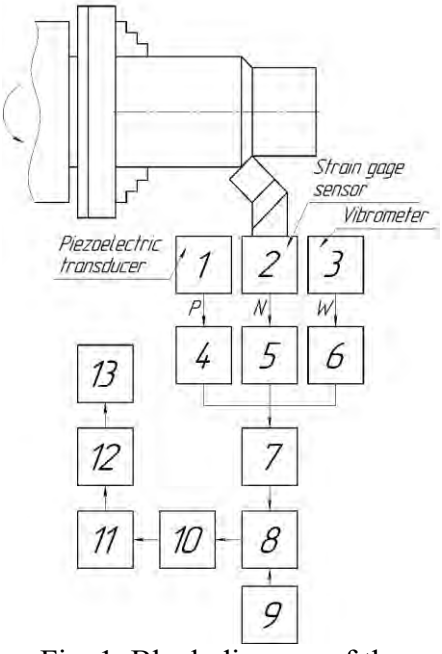


Fig. 1. Block diagram of the control system of the turning process

The block diagram of the wear control system of the cutting tool is shown in Fig. 1. In this diagram, Block 1 is a piezoelectric transducer that generate and receives ultrasonic waves. Block 2 measures the tangential component of the cutting force using strain gage sensor. The acoustic emission signal is measured using a vibrometer, that installed in the tool holder (Block 3). Accordingly, the received signals are amplified and filtered in blocks 4, 5 and 6, from where they enter the analog-to-digital converter (Block 7). In Block 8, the received signals are processed and compared with those stored in the database 9. Based on this comparison, Block 10 evaluates the wear of the cutting tool and sends a signal to the control unit (Block 11), which generates corrected control signals that are entered in the CNC machine program (Block 12). The program processes the signals and transmits them to the machine's actuators (Block 13).

This change in the geometry of the tool is directly proportional to the total amount of reflected ultrasonic energy. Thus, this energy increases during the cutting process.

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL

The measurement process is influenced by the following factors: the area of the wear site (S), the angle of incidence of the ultrasonic wave beam on the wear site in the horizontal and vertical planes (α_1, α_2), and the temperature of the cutting tool ($f(T)$).

The approximate total area of the wear site can be written as [3]:

$$S = W \cdot H \cdot \left(1 - k_2 + \frac{\pi}{2} k_1 k_2\right), \tag{1}$$

where W – width of the wear area,
H – height of the wear area,
k_1 and k_2 – constants that are set from the database.

The energy reflected from the wear site is proportional to the area of this site, so the energy model that depends on the area of the reflective surface can be expressed as follows:

$$\frac{P_{rec}}{P_{rad}} \sim S^2 \text{ or } P_{rec}^{tool} = k_3 S^2 P_{rad}, \quad (2)$$

where P_{rec}^{tool} – received part of the reflected energy from the worn area,
P_{rad} – amount of radiated energy,
S – reflective surface area,
k_3 – constant.

The energy reflected from the wear site is proportional to the angle of incidence α_1 in the horizontal plane and α_2 in the vertical plane, then the mathematical model looks like this [3]:

$$\frac{P_{rec}}{P_{rad}} \sim \frac{1}{\cos(\alpha_1)} \text{ or } P_{rec}^{tool} = k_4 \frac{1}{\cos(\alpha_1)} P_{rad}, \quad (3)$$

$$\frac{P_{rec}}{P_{rad}} \sim \cos(\alpha_2) \text{ or } P_{rec}^{tool} = k_5 \cos(\alpha_2) P_{rad}, \quad (4)$$

where k_4 – constant,
k_5 – constant.

The amount of reflected energy is also affected by the temperature of the cutting tool, so the dependence can be expressed by a mathematical function $f_1(T)$:

$$\frac{P_{rec}}{P_{rad}} \sim T \text{ or } P_{rec}^{tool} = f_1(T) P_{rad}, \quad (5)$$

where T – tool temperature,
$f_1(T)$ – a function that represents the effect of temperature on the amount of received energy.

The value of the acoustic emission signal is expressed by the formula of the combinational parameter of the acoustic emission [4]:

$$W = \frac{A^2 \cdot N_\Sigma}{N}, \quad (6)$$

where $A^2 \cdot N_\Sigma$ – acoustic emission power,
A – amplitude of the acoustic emission signal,
N_Σ – acoustic emission signal activity,
N – cutting power.

Since the value of the cutting force is measured by means of a strain gauge, the cutting power must be expressed through it [2]:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 102}, \quad (7)$$

where V – cutting speed.

Then the mathematical model of the energy reflected from the cutting edge of the tool can be represented as follows:

$$P_{rec}^{tool} = \left(k_3 S^2 \cdot k_4 \frac{1}{\cos(\alpha_1)} \cdot k_5 \cos(\alpha_2) \cdot f_1(T) \right) \cdot P_{rad}. \quad (8)$$

Since the calibration mark is a flat surface with an angle of incidence of the ultrasonic beam equal to 90° and a temperature equal to the temperature of the cutter, its mathematical model has the form:

$$P_{rec}^{mark} = f_1(T) \cdot P_{rad}. \quad (9)$$

Then the analytical mathematical model of cutting tool wear by estimating the echo signals received from the cutting edge and label will look like this:

$$\frac{P_{rec}^{tool}}{P_{rec}^{mark}} = k_3 S^2 \cdot k_4 \frac{1}{\cos(\alpha_1)} \cdot k_5 \cos(\alpha_2). \quad (10)$$

The mathematical model of wear of the cutting tool is as follows:

$$h = \Delta h + k \cdot j \cdot \frac{60 \cdot 102 \cdot A^2 \cdot N_\Sigma}{P_Z \cdot V} \cdot k_3 S^2 \cdot k_4 \frac{1}{\cos(\alpha_1)} \cdot k_5 \cos(\alpha_2) \quad (11)$$

where Δh – the available wear of the tool, mm;

j – wear intensity;

k – correction factor, which is laid in the database and depends on the material of the tool and the workpiece.

CONCLUSION

The developed mathematical model can be used in turning in CNC machines in flexible production systems to find the optimal processing mode, reduce the number of defective parts and increase production productivity.

The cutting process monitoring system based on ultrasonic measurements will allow to monitor the level of cutter wear in real time during processing in automated production conditions, assess the wear rate under specified cutting modes, and increase the reliability and accuracy of the cutting workpart procedure.

REFERENCES

[1] Остафьев В. А., Тымчик Г. С., Шевченко В. В. Адаптивная система управления. Механизация и автоматизация управления. Киев, 1983, №1, с. 18-20.

[2] Ящерицын П. И., Еременко М. Л., Фельдштейн Е. Э. Теория резания: Физические и тепловые процессы в технологических системах. - Мн.: Выш. шк., 1990. - 512 с.

[3] Abu-Zahra N.H., Yu G. Analytical model for tool wear monitoring in turning operations using ultrasound waves. Int. J. Mach. Tools Manuf. 2000; 40:1619–1635. DOI: 10.1016/S0890-6955(00)00030-4.

[4] Скороход А. А., Шевченко В. В. Система диагностики работоспособности режущего инструмента в условиях автоматизированного производства. Современные научные исследования и инновации. 2014. № 4 [Электронный ресурс]. URL: http://web.snauka.ru/issues/2014/04/33014.

Supervisor – PhD, Assoc. Prof. Shevchenko V.V.

УДК 621.757

Д.М. Проскуренко, студент гр. ПБ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВУЗЛІВ ВИРОБУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПРОЕКТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В 3Д-МОДЕЛЯХ

Анотація. У промисловому виробництві, як на етапі проектування, так і на етапі виробництва, управління сучасними механічними вузлами стає вимогливим через зростаючу складність. Використання концепції ідентифікації вузлів є кращою альтернативою, яка дозволяє самостійно обробляти менші групи деталей виробів, а також досягати паралельного виробництва. Тому у цій роботі розглянуто кроки, які необхідно виконати для ідентифікації вузлів приладів, такі як: аналіз 3Д-моделі, ідентифікація базових частин та саме вузлів. Також було розглянуто обмеження та проблеми в 3Д-моделях виробів, які безпосередньо впливають на ідентифікацію приладів.

Ключові слова: Ідентифікація вузла, САПР, 3Д-модель, стабільність вузла.

ВСТУП

В останнє десятиліття автоматизована ідентифікація вузлів виробів вважається актуальною проблемою в галузі промислового виробництва і фактично є актуальною але не до кінця вивченою темою досліджень. Як на етапі проектування продукту, так і на етапі виробництва, мати справу з сучасними деталями дуже складно через їх зростаючу складність. Поширеною стратегією є введення концепції ідентифікації вузлів (Subassembly Identification), щоб уникнути роботи з усіма деталями пристрою одночасно [1,2]. Ідея полягає в тому, щоб розбити виріб на групи з’єднаних частин, які можна виготовляти незалежно одна від одної.

Концепція пропонує підтримку на етапі проектування для ідентифікації компонентів багаторазового використання [3] та пошуку застосування в різних завданнях виробництва. Методи планування послідовності складання [4] та планування послідовності розбирання використовують декомпозицію складання для обмеження комбінаторної складності проблеми. Кожен із компонентів можна виготовити окремо, а потім усі скласти, щоб отримати кінцевий продукт.

Роботи, що стосуються ідентифікації вузлів, як правило, зосереджуються на конкретній методології, що розглядається, не даючи жодного загального огляду проблеми. Оскільки не існує вичерпного і загальноприйнятого визначення підгрупи для ідентифікації вузлів, то необхідно дослідити проблему, вказавши на визначення ключових понять, основні припущення, які необхідно зробити, та методи, які використовуються для ідентифікації.

КРОКИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВУЗЛІВ

Ідентифікація вузлів є темою дослідження, яка вивчається з 90-х років. У цій області точне визначення підгрупи було дано Діні та Санточчі [5]. Вони заявили, що вузол - це група з'єднаних частин, вона стабільна, бо якщо нею маніпулюють, внутрішні частини повинні зберігати свої взаємні положення, і вона не може заважати частинам іншого вузла в процесі складання. Однак інструменти та методології, прийняті в цих перших роботах, дуже грубі, і, перш за все, необхідне масштабне втручання людини як у вилучення даних моделі САПР, так і в оцінку досягнутих результатів. Як наслідок, в останнє десятиліття було розпочато ідентифікацію вузлів з основною метою автоматизації процесу.

У багатьох роботах вузол тепер визначається, менш обмежено, як «загальна підмножина частин виробу», яка задовольняє обмеження. Поняття стабільності вводиться як додатковий атрибут вузлів, й як дискримінантний фактор для виявлення вузлів. У [6] складальна одиниця (вузол) є стабільною, якщо частини не можна легко видалити окремо, але загальний набір можна видалити разом. Донг та ін. [7], натомість, визначають стабільність за допомогою індексу, розрахованого на основі того, як деталі відхиляються від правильного положення під час видалення з'єднувачів.

Існує багато критеріїв, на яких базуються методи ідентифікації стабільних вузлів. Однак більшість методів спираються на підхід, який буде узагальнено в наступних кроках. Тоді кожен метод має свої специфічні особливості та новаторський вибір.

Перший крок – аналіз моделі САПР. Відправною точкою є аналіз моделі САПР приладу: отримання топологічної та геометричної інформації. Мета полягає в тому, щоб визначити контакти та обмеження деталей, а також можливі напрямки для переміщення деталей. Ці дані зберігаються або в матрицях, або в графіках. Найчастіше використовуються матриці трьох типів: матриця суміжності, де кожен елемент представляє наявність контакту між двома частинами, матриця обмежень, де елементи можуть бути 3-цифровими або 6-цифровими масивами, що представляють обмеження між двома частинами вздовж напрямків $d \in (\pm x, \pm y, \pm z)$ та матриці стійкості, де елемент представляє стійкість або тип кріплення між будь-якою парою компонентів. Натомість при використанні графіків кожна частина приладу є вузлом графіка, а інформація, отримана з моделі САПР, включається в ребра та в їх атрибути. Стандартні графіки, що використовуються, — це графік зв’язку, еквівалент матриці суміжності, для контактної інформації між будь-якою парою частин, і графік блокування, еквівалент матриці обмежень, що надає інформацію про блокувальні зв’язки всередині компонента для даного напрямку (в основному осі x, y, x) складання. Ці графіки можна покращити, наприклад, зробити їх зваженими. У найпростішому випадку значення ребер задаються типом контакту і представляють ті самі дані, виражені матрицею стабільності. У більш спеціалізованих випадках значення ребер розраховуються на основі оцінки різних факторів, таких як комбінація функціональних, структурних та технологічних обмежень.

Другий крок – ідентифікація базових частин. З метою виявлення вузлів вводиться поняття базових деталей. Базові деталі — це m компонентів складальної одиниці, починаючи з яких створюються вузли. Число m завжди встановлюється заздалегідь, і це може бути обмеженням. Вибір базових деталей може відбуватися різними способами, або вручну, або автоматично відповідно до різних критеріїв. Пошук базових частин виконується за матрицями та/або графіками, отриманими в результаті обробки моделі САПР. Загалом базові частини можуть відповідати компонентам, що мають найвищий ступінь з’єднання, хоча для правильної класифікації критерію контакту недостатньо. Як наслідок, вводиться максимізація цільової функції: вона передбачає оцінку

деяких евристичних показників, таких як кількість контактів, об'єм, розміри та граничні поверхні [2].

Третій крок – ідентифікація вузлів. Після того, як базові деталі визначені, слід генерувати вузли. Існують два різних способи зв'язування деталей із базовими компонентами. Деякі роботи надають алгоритми ітеративної оптимізації для розділення приладу. У цьому випадку визначені деякі значення пристосованості, і функція пристосованості повинна бути мінімізована. На кожній ітерації центр і члени кластерів оновлюються, поки не буде досягнуто певного порогу. В інших роботах пропонується генерувати підгрупи деталей, видаляючи зв'язки між усіма основними частинами[2]. Якщо будь-яка з цих підгруп містить лише одну базову частину, то вона сама вважається підгрупою. І навпаки, якщо підгрупа включає дві або більше базових частин, вона повинна бути розділена на стільки підгруп, скільки базових частин. Щоб визначити належність частини до групи базової частини, виконуються деякі оцінки з аналізом раніше описаних матриць/графів.

ОБМЕЖЕННЯ ТА ПРОБЛЕМИ

Майже всі роботи в літературі дають опис запропонованого конкретного підходу та оцінюють ефективність методу на безпомилкових моделях САПР простих вузлів з обмеженою кількістю деталей або з використанням людського втручання для надання необхідної інформації. Більше того, багато елементів ігноруються, такі як наявність сили тяжіння, можливе існування деталей, що деформуються, а також кілька режимів складання, як-от кріплення, зварювання, склеювання, постійна деформація та прилягання, деякі з яких є навіть незворотними обмеженнями. Натомість інша інформація сприймається як належне, наприклад, знання стандартних компонентів (кріпильних елементів і з'єднувачів).

Однак, щоб забезпечити надійні та ефективні інструменти для промислового застосування, слід враховувати експерименти на реальних моделях продуктів. Дійсно, робота з моделями САПР реальних вузлів, що надаються галузями, дуже вимоглива, і виникає багато проблем, якими, натомість, зазвичай нехтують. Загалом, фактично, згадуються лише деякі обмеження представлених методів. Серед них єдина можливість переміщення частин уздовж осей x, y і z, надмірне людське втручання та висока обчислювальна вартість.

Під час роботи з промисловими моделями САПР виникає кілька проблем з автоматизованим вилученням необхідної інформації для застосування алгоритмів виявлення складальних одиниць. Перш за все, у моделях САПР часто відсутні частини або деталі, представлені в спрощеному вигляді. Це може стосуватися різних ситуацій. З одного боку, проектувальник може опустити незначні деталі з метою зробити модель САПР компактнішою та легшою. З іншого боку, загальноприйнятою практикою є фізично не включення з'єднань та кріплень, оскільки вони є стандартними компонентами. Таким чином, їх наявність можна визначити за деякими специфічними ознаками: наприклад, гвинти можна визначити за різьбовими отворами між двома різними частинами.

Крім того, деякі компоненти можуть бути неправильно розміщені або погано змодельовані, створюючи перешкоди або, навпаки, є порожні місця між деталями. Ці помилкові ознаки, безумовно, викликають оманливу інтерпретацію або відсутність контактів.

Як наслідок, необхідно припустити деякі гіпотези, і необхідна фаза попередньої обробки, щоб зробити модель придатною для ідентифікації вузлів. Детальний аналіз моделі САПР, насправді, є вирішальним для результатів методів ідентифікації, і всі ці аспекти, які дуже важко розглянути, які зазвичай не помічаються, повинні бути прийняті до уваги.

ВИСНОВКИ

Автоматизована ідентифікація вузлів є актуальною для промислового виробництва, де проводять дослідження. Однак багато робіт обмежені тим фактом, що вони фактично розглядають лише деякі ситуації, що зустрічаються в реальній інженерії. Дана стаття презентує кроки для реалізації автоматизації ідентифікації вузлів а також спрямована на аналіз проблеми у всіх її аспектах. За допомогою промислових моделей САПР можна виділити проблеми, які зазвичай не помічаються, особливо ті, що виникають у результаті застосування до ідентифікації до реальних продуктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Lupinetti, K.; Pernot, J-P.; Monti, M.; Giannini, F.: Content-based CAD assembly model retrieval: Survey and future challenges, Computer Aided Design, 113, 2019, 62-81.

[2] Belhadj, I.; Trigui, M.; Benamara, A.: Subassembly generation algorithm from a CAD model, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 87(9-12), 2016, 2829-2840.

[3] Філіппова М. В., Вислоух С. П. Методика автоматизованого проектування технології складання виробів приладобудування // Вісник / НТУУ «КПІ» Серія «Машинобудування. Київ, 2006. С. 111-117.

[4] Wang, Y.; Liu, J.H.; Li, L.S.: Assembly sequences merging based on assembly unit partitioning, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 45(7-8), 2009, 808-820.

[5] Dini, G.; Santochi, M.: Automated sequencing and subassembly detection in assembly planning, CIRP annals, 41(1), 1992, 1-4.

[6] Agrawal, D.; Kumara, S.; Finke, D.: Automated Assembly Sequence Planning and Subassembly Detection, IIE Annual Conference, Proceedings, Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE), 2014, 781-788.

[7] Dong, T.; Tong, R.; Zhang, L.; Dong, J.: A knowledge-based approach to assembly sequence planning, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 32(11-12), 2007, 1232-1244.

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

УДК 681.518.5

О.Л. Балякіна, студентка гр. ПБ-11мп, К.А. Романенко, студент гр. ПБ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ ДЕТАЛІ

Анотація. Кожна деталь під час експлуатації зазнає навантаження від зовнішніх сил, що можуть її деформувати. Якщо зовнішні сили, що прикладені до виробу, перевищують межу міцності, а саме внутрішні сили, що сусідні частинки можуть здійснюють один на одного, то деталь деформується та це призводить до її руйнування. Для запобігання руйнації вимірюють механічне напруження деталі, а саме його максимальне значення, що вона може зазнати при експлуатації.

Ключові слова: механічне напруження, тензометрія, термопружність, акустика, магнітопружність.

ВСТУП

На сьогоднішній день процес виготовлення деталей є складним та має широкий діапазон навантажень, котрі зазнають на своєму шляху заготівки при виробничому процесі, що впливають на механічне напруження готової деталі. Вимір механічного напруження є важливої частиною для подальшої експлуатації деталі виробу, так як, це фізична величина, що виражає внутрішні сили, що здійснюють друг на друга частинки в безперервному середовищі[1]. Тому механічне напруження, що перевищує певну межу міцності матеріалу, призведе до його руйнування. Для запобігання руйнації матеріалу необхідно визначати максимальне значення механічних напружень, котре може витримати деталь.

Сучасні численні методи визначення напруженого стану деталі не усуває необхідність використання експериментальних методів вимірювання напружень у матеріалі виробу.

Зазвичай при визначені механічних напружень розрахунковими методами, як правило, беруться припущення, що ідеалізують реальні умови роботи виробу або деталі. Тому це може призвести до значних похибок при оцінювані напружень. Щоб уникнути подібних ситуацій, використовують експериментальні методи визначення механічного напруження деталі.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ

Експериментальні методи, котрими можливо виміряти механічне напруження поділяють на 4 групи, що засновані на вимірі[1]:

1. Деформацій досліджуваного об'єкта або пружного елемента, що виникають під дією зусилля;
2. Параметрів або властивості перетворювачів, що змінюються під дією зусиль, що визначаються;
3. Безпосередньо властивостей досліджуваних об'єктів або середовищ, що залежать від зусиль, що діють на них;
4. Зусилля, що врівноважує вимірюване зусилля.

У наш час, найчастіше використовуються перші три групи визначення механічних напружень.

До першої групи методів відноситься метод тензометрії, що заснований на вимірі деформацій, викликані механічним напруженням[2]. На сьогоднішній день, у промисловості набув широкого застосування метод електротензометрії. Сам метод електротензометрії можна віднести до другої групи методів, так як,

він заснований на залежності омічного опору провідника від деформації об’єкта, що досліджується[2]. Провідником являється тензодатчик, що закріплений на поверхні деталі. У загальному випадку метод тензометрії дозволяє визначати лише відносну деформацію, стосовно того значення деформації, яке відповідає моменту наклейки датчика на поверхні деталі.

Недоліком даного методу є те, що на чутливість тензодатчика впливають метеоумови. Тому при експлуатації тензодатчиків при високій температурі та в агресивних умовах середовища необхідно вживати спеціальних заходів щодо їх захисту[2].

До переваг даного методу відноситься: мала товщина вимірювального інструменту, що забезпечує малу похибка вимірів, яка сягає до 3 відсотків; можливість вимірів параметрів одночасно у багатьох точках об’єкту[2].

До третьої групи відносяться наступні основні методи: термопружний, магнітопружний, акустичний.

Термопружний метод заснований на термопружному ефекті, що полягає у зміні температури пружного тіла при його деформації, а саме його температурного поля. При цьому зміна поверхневої температури пружного тіла лінійно залежить від суми головного напруження, що дозволяє вимірювати безпосередньо механічне напруження, а не деформації[2].

Метод застосовується тільки для вимірювання змінних напружень, так як зміна температури за рахунок температурного ефекту відносно мала і може бути визначено виділенням змінної складової теплового випромінювання на тлі загального температурного поля об'єкта, що досліджується[2].

Пружні матеріали з позитивними коефіцієнтами лінійного розширення мають негативний коефіцієнт термопружності. За дотримання адіабатичних умов навантаження поверхнева температура тіл з таких матеріалів зменшується при зростанні механічних напружень[1]. Визначення механічних напружень термопружним методом здійснюється шляхом вимірювання параметрів температурного поля об'єкта, що досліджується, за допомогою чутливих інфрачервоних пірометрів.

Перевагою даного методу є те, що ним вимірюється безпосередньо механічне напруження, а не деформації, якими визначають механічні напруження. Метод є точним, похибка даного методу сягає до 2 відсотків.

Недоліком термопружного методу є те, що він не застосовується для виміру статичних напружень. Іншим недоліком є неможливість отримання інформації про компоненти та напрямки досліджуваних деформацій, оскільки зміна температури пропорційна сумі головних деформацій і не залежить від їхнього напрямку.

Магнітопружний метод заснований на магнітопружному ефекті. Магнітопружний ефект – це змінення намагніченості феромагнітного матеріалу при його деформації[2]. Суть даного методу полягає у тому, що при впливі на кристали феромагнетика механічним зусиллям на кристалографічну анізотропію накладається магнітопружна анізотропія, викликана додатковою магнітною взаємодією атомів внаслідок спотворення атомних грат кристала, що вимірюється за допомогою магнітопружних датчиків[2]. Залежно від виду

деформації намагніченість у різних феромагнітних матеріалах змінюється по-різному. Характер зміни залежить від величини та знаку магнітострикції матеріалу.

Перевагою даного методу є вимірювання механічного напруження при динамічному та статичному напружені. Також, магнітопружні датчики мають високу чутливість, що дозволяють отримати результати високої точності, з похибкою вимірів до 5 відсотків.

Недоліком магнітопружного методу є те, що на магнітні властивості датчика, котрим вимірюють параметри, впливає температура оточуючого середовища та коливання напруги живлення , що призводить до похибок.

Акустичний метод визначення механічних напружень заснований на використанні закономірностей поширення пружних хвиль у попередньо напруженому тілі. Даний метод дозволяє роздільно визначити головні напруги у деталях. Для збудження пружних хвиль найчастіше використовують ультразвукові випромінювачі, так як ультразвукові хвилі мають високу проникаючу здатність, котра не залежить від агрегатного стану матеріалу[3].

При проведені дослідів даним методом застосовуються поперечні та повздовжні ультразвукові хвилі. Застосування поперечних хвиль дозволяє отримати більше даних про внутрішній стан твердих тіл та їх фізико-механічних характеристик. При відомих фізико-механічних характеристик матеріалу визначення напруження зводиться до виміру швидкості розповсюдження двох зсувних ультразвукових хвиль, котрі направленні перпендикулярно площинам, відповідних напрямкам головних напружень[4,5]. Швидкість хвиль під впливом напруження залежить від матеріалу, частоти коливань, довжини шляху, що хвиля пройшла у матеріалі[6,7].

До переваг даного метода можна віднести: високу роздільну здатність, забезпечує оперативність контролю, дозволяє вимірювати не тільки напругу усередині матеріалу, але і поверхневу напругу. Також даний метод має високу точність вимірів з похибкою 0,01 відсоток[3].

До недоліків акустичного методу відноситься: складність або неможливість проведення методу у неоднорідних крупнозернистих матеріалах; вимагає рівної та гладкої поверхні об’єкта для проведення вимірів; складність проведення контролю об’єктів малих розмірів або складної форми.

Сучасне виробництво вимагає сучасного рішення проблем. Головними вимогами до цих рішень є точність, надійність та економічність.

Якщо розглядати приведені вище методи вирішення проблеми вимірювання механічних напружень, то можна сказати, що на першому місці за точністю є акустичний метод - похибка 0,01%, на другому місці термопружний метод – похибка до 2%, на третьому місці метод тензометрії – похибка до 3% та на четвертому місці магнітопружний метод – похибка до 5%.

З точки зору надійності, на перше та друге місці можна віднести акустичний та термопружний методи, так як, на значення отримані цими методом не впливають зовнішні чинники; на третє та четверте місце можна віднести тензометричний та магнітопружний методи, тому що, на їх основні елементи виміру впливають зовнішні чинники, такі як температура оточуючого

середовища та об'єкта дослідження, а також агресивність середовища, що можуть вивести з ладу основні інструменти виміру.

За економічністю, на першому та другому місці, метод тензометрії та магнітопружний метод відповідно, на третьому місці термопружний метод, на четвертому місці акустичний метод, так як є найбільш дорогим із розглянутих.

За отриманим аналізом можна сказати, що найбільш кращим метод є акустичний метод, хоча і найбільш дорогий із запропонованих, але його точність та зручність вимірів виправдовує його вартість.

ВИСНОВКИ

Розглянуто методи визначення механічного напруження, а саме описано їх суть, переваги та недоліки.

Проведено аналіз кожного методу за точністю, надійністю та економічністю, визначено, який із методів найбільш підходить для визначення механічного напруження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник/ В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев и др; Под ред. В. В. Клюева М. 3-е изд. испрт. и доп.: Машиностроение, 2005.- 656 с.

[2] Б.С. Касаткин, А.Б. Кудрин, Л.М. Лобанов и др. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений. Киев: Наукова думка, 1981. – 583 с.

[3] Никитина Н.Е. Акустические методы исследования напряженного состояния структурно-неоднородных сред. Автореф. дисс-и … канд. физ.-мат. наук. Ленинград, ЛГТУ. 1991 г – 152 с.

[4] 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.

[5] G. S. Tymchik, O. O. Podolian, K.S. Serhiienko. Testing technology of the undercoupling space filling of coupling on the main pipeline // "Mehatronics" Vol. II, London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book, 2020 – 7 pages.

[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] Tymchik, G.S. et al., (2018). Quality control system of well-bonded coupling fitting onto high pressure gas-main pipelines. / G. S. Tymchyk *et al.*// In: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 108085A. DOI: 10.1117/12.2501594.

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

УДК 004.41

О.А. Соколова, студентка гр. ПБ-01мн
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДО ПИТАННЯ ЗЛИТТЯ МУЛЬТИСЕНСОРНИХ ДАНИХ

Анотація. В даній статті розглянуто злиття мультисенсорних даних та наведено можливості використання даного підходу. Вказано види моделей для вирішення задачі злиття різнорідних масивів даних та надано топології мультисенсорного злиття. Описано набір принципів об'єднання інформації. Обрано модель злиття даних для вирішення задачі підвищення точності позиціонування роботів-маніпуляторів.

Ключові слова: Data Fusion, моделі злиття даних, топології злиття, принципи об'єднання інформації, цикл сенсорного злиття.

ВСТУП

В сучасному світі найбільш відповідальну і складну роботу виконують роботи, оскільки вони позбавлені такого виду помилки, як «людський фактор». Проте роботи мають велику кількість датчиків, що вимірюють певні показники і надсилають на обробку. Неправильне злиття даних може призвести до невірної їх обробки та інтерпретації, з чого слідує збій у роботі виробничого обладнання.

Злиття даних різного походження для подальшого їх об'єднаного аналізу та обробки отримало в англомовній літературі назву Data Fusion («злиття даних»), яке відображає той факт, що отримані синтезовані дані об'єднують в собі властивості обох типів вихідних даних, та несуть більше інформації, ніж просте об'єднання джерел інформації, що розглядаються окремо одне від одного [1]. Вказані джерела інформації містять різнорідні дані, що представлені різними форматами, структурами та можуть бути реалізовані на різних платформах.

За реальних обставин автоматизовані системи управління працюють із «зашумленими», неповними та не завжди точними даними. Тому сенсорне злиття стало адекватним підходом, що забезпечує повноту збирання та надійність розпізнавання сенсорних даних для таких систем [2]. Іншими словами, сенсорне злиття є прикладом синергетичного результату, коли два плюс два дорівнює п'ять: об'єднання даних від різних джерел дає додаткову сенсорно-семантичну інформацію про ситуацію, яка інакше не може бути доступна.

Перевагами сенсорного злиття є підвищення відношення сигнал/шум, збереження надійності системи у разі відмови будь-якого датчика, зниження ймовірності помилкових тривог і зростання ймовірності виявлення та скорочення часу реагування завдяки отриманню більш повної інформації про обставини, що надходить від безлічі різнорідних датчиків.

Сенсорне злиття зазвичай використовується в інтегральних системах безпеки, моніторингу технічного стану, дистанційного зондування, керування складними системами, у тому числі за допомогою мультиспектрального телевізійного, гідроакустичного, радіолокаційного та геофізичного освітлення обстановки.

Сенсорного злиття, окрім військових потреб, використовується також для систем управління транспортом (автомобільним, повітряним, морським тощо), у робототехніці, для охорони периметрів кордонів, моніторингу безпеки споруд, метеорології, медичної діагностики, екологічного моніторингу тощо.

Вирішення складних проблем сенсорного злиття вимагає міждисциплінарного підходу, що включає інтеграцію різних алгоритмів та методів. Задля використання Data Fusion з метою вирішення задачі підвищення точності позиціонування роботів-маніпуляторів, необхідно дослідити існуючі методи імплементації та обрати найбільш підходящий, проте необхідно враховувати, що обрана модель обробки даних повинна добре взаємодіяти із штучними нейронними мережами, що будуть в подальшому використовуватись.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Злиття даних має сенс у випадку їх різнорідності. Основними факторами різнорідності даних та їх джерел є: різні типи даних (логічний, цілий, об'єктний тощо); різна природа даних (чисельні масиви, тексти, медіа-дані); різні типи (моделі) баз даних (реляційні. ієрархічні, багатомірні, мережеві); різні формати представлення даних; різниця у ступені розподілення систем збереження даних; дані різної природи (наприклад, тексти, зображення, сигнали); різна ступінь достовірності та точності даних, що вимірюються у різних масштабах та одиницях виміру; різні ступінь та форма структурованості даних тощо [3].

Серед власних задач, що пов'язані з об'єднанням даних, найбільш значимими задачами Data Fusion є:

– створення та розвиток метамоделей розподільчих джерел даних;
– створення та розвиток моделей об'єднання рішень;
– побудова та впорядкування архітектури даних.

В нашій предметній області такими задачами можуть бути: створення архітектури даних з датчиків контролю вібрацій, температури та акустичної емісії в різних точках; створення моделей на їх основі; розвиток моделей об'єднання рішень оптимізації роботи технологічного обладнання тощо.

Існують різні моделі вирішення задачі злиття різнорідних масивів даних та баз знань. У [4] описано основні моделі злиття даних: моделі злиття даних JDL (Joint Directors of Laboratories) / DFIG (Data Fusion Information Group); цикл OODA (O - observe, O - orient, D - decide, A - act); модель ситуаційної обізнаності Ендслі тощо.

Після аналізу, для реалізації підходу, що передбачається, обрано модель злиття даних JDL/DFIG як найбільш загальна та придатна для взаємодії із штучними нейронними мережами.

На даний час є 6 рівнів моделі групи злиття даних:

– попередня обробка вихідних даних (рівень роботи із сирими даними);
– оцінка об'єкту (рівень вилучення об'єктних даних);
– оцінка ситуації (рівень побудови ситуації);
– оцінка впливу (рівень вилучення наслідків);
– вдосконалення процесу (рівень вдосконалення);
– користувацьке вдосконалення (рівень взаємодії з користувачем).

Хоча модель JDL досі використовується, її часто критикують за вимогу, аби рівні обов'язково реалізовувались у вказаній послідовності, а також за відсутність адекватного представлення участі людини. Модель DFIG враховує

вплив обізнаності про навколишнє середовище, користувацькі покращення та керування роботами. Тому обрано саме модель DFIG.

Є також декілька рівнів, на яких може виконуватися злиття даних. Методи злиття даних на рівні датчиків використовуються для того, щоб поліпшити якість даних і забезпечити функцію метрологічного самоконтролю датчиків.

На сенсорному або компонентному рівні моніторингу поточні сенсорні дані оброблюються, щоб підвищити відношення сигнал/шум та видалити непотрібні компоненти сигналів. Застосовуються два загальновідомі методи: частотна фільтрація та тимчасове усереднення. Це дуже важливо, наприклад, в системах моніторингу технічного стану, щоб унеможливлювати сигнали від ненадійних датчиків, які можуть призводити до помилкових тривог. Крім того, застосовуються багатопараметричні датчики, здатні вимірювати одночасно кілька фізичних величин, що характеризують контрольований об'єкт.

Оскільки всюди є певні фактори, що впливають на точність роботи технологічного обладнання, то для підвищення точності необхідно враховувати зовнішні збудження та будувати модель передбачаючи їх наявність. Також необхідна висока якість даних, аби їх злиття пройшло якнайкраще і на даному етапі не виникало додаткових помилок або похибок, тож для підвищення точності роботи робота-маніпулятора краще обрати метод злиття даних н рівні датчиків.

Залежно від задач також застосовуються різні топології мультисенсорного злиття: послідовна, паралельна, деревоподібна та мережева. Базовий цикл сенсорного злиття інформації представлено на рисунку 1 [5]. Вибір топології злиття даних завжди залежить від того, які датчики використовують, яка частота зчитування даних, в якому вигляді надходять дані. Оскільки підвищення точності позиціонування робота-маніпулятора є задачею складної з точки зору обробки та злиття даних, найкращою топологією з даному випадку буде мережеве мультисенсорне злиття даних.

Досвід побудови систем динамічного моделювання зовнішнього середовища призвів до визначення набору принципів об'єднання інформації, що сприймається [5]:

– ознаки моделі повинні бути виражені у вигляді набору параметрів (вектору стану);

– спостереження та модель мають відображатися у загальній системі координат;

– спостереження та модель повинні описуватись на основі загального тезаурусу;

– ознаки повинні містити явне уявлення невизначеності: точності та достовірності;

– ознаки повинні супроводжуватися вірогідністю, оскільки моделі обстановки завжди розглядаються як гіпотези.

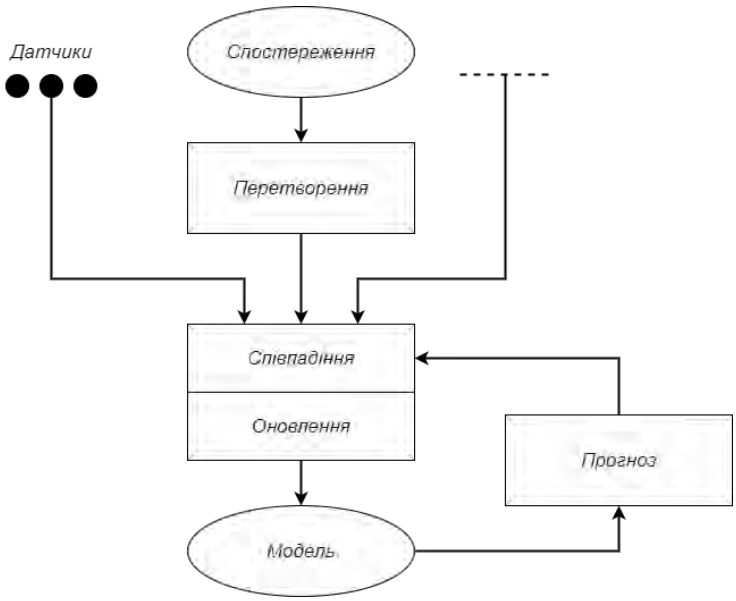


Рис. 1. Базовий цикл сенсорного злиття інформації (Data Fusion).

ВИСНОВКИ

Data Fusion є методом обробки даних, що допомагає поєднувати інформацію від кількох вимірюваних величин або від кількох однакових датчиків та дозволяє підвищити точність та достовірність сенсорних даних. Злиття даних зазвичай використовується в системах моніторингу фактичного технічного стану обладнання контрольованих об’єктів, в системах керування, в системах прийняття рішень тощо. Пропонується використовувати Data Fusion для підвищення точності позиціонування роботів-маніпуляторів. Для розв'язання задачі керування доцільно обрати модель злиття даних DFIG зі злиттям на рівні датчиків із мережевою топологією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Ананченко И. В., Гайков А. В., Мусаев А. А. Технологии слияния гетерогенной информации из разнородных источников (DATA FUSION) //Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2013. – №. 19. – С. 098-105.

[2] Gorodetski V., Karsayev O., Samoilov V. Multi-agent data fusion systems: Design and implementation issues //Proceedings of the 10th International Conference on Telecommunication Systems-Modeling and Analysis, Monterey, CA, October. – 2002. – С. 3-6.

[3] Додатковий матеріал до курсу «Сучасні комп’ютерні технології в науці» [Електронний ресурс] // режим доступу: http://sa.technolog.edu.ru/files/ananchenko/2.pdf

[4] Foo P. H., Ng G. W. High-level information fusion: An overview //J. Adv. Inf. Fusion. – 2013. – Т. 8. – №. 1. – С. 33-72.

[5] Буймистрюк Г. Технологии слияния сенсорной информации для управления в критических ситуациях //Control Engineering Россия. – 2014. – №. 5. – С.47-51.

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

УДК 681.625.8

О.В. Третяк, студентка гр. ПБ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОДЕЛЮВАННЯ НЕПЛАНАРНИХ ШАРІВ ВИРОБУ ПРИ 3D-ДРУЦІ

Анотація. У статті розглянуто питання покращення друку деталей адитивними технологіями за допомогою непланарних шарів. Проаналізовано праці щодо обраної тематики. Визначено способи пом'якшення впливу східчастості і покращення якості поверхні, а також такі додаткові проблеми як самозіткнення та переходи між різними непласкими поверхнями.

Ключові слова: прототипування, 3D-друк, 3D-принтер, непланарний друк.

ВСТУП

Відомо, що багатошарові адитивні процеси виробництва за своєю природою піддаються впливу дискретизації, вони широко відомі і розглядалися багатьма дослідниками протягом більше двох десятиліть. Рисунок 1 ілюструє вплив східчастості на якість поверхні об'єктів надрукованих методом FDM і показує, як він стає все більш домінуючим у ділянках з невеликим нахилом поверхні. Східчастий перехід не тільки впливає на естетичне сприйняття, але також може впливати на механічні властивості, наприклад, на аеродинамічні характеристики крила, як показано на рис. 1. Умовно є кілька способів пом'якшити вплив східчастості і покращити якість поверхні, їх приблизно можна поділити на:

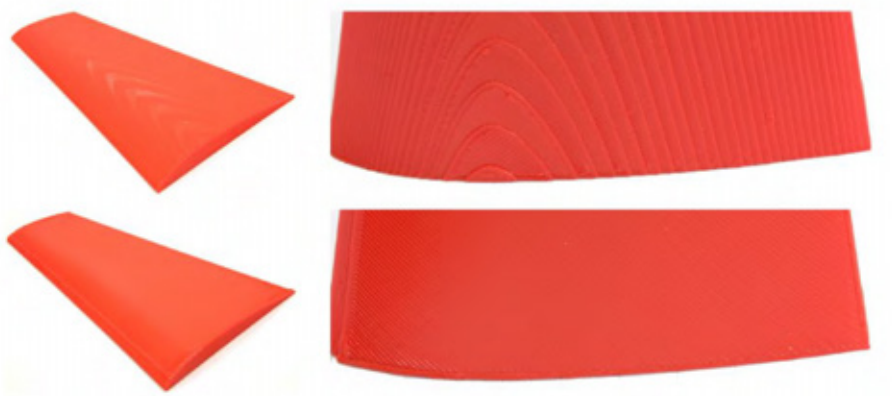


Рис. 1. Порівняння крила з профілю NACA 4310, повністю надрукованого з пласкими шарами зверху та непланарною поверхнею знизу

— Адаптивне слайсування: східчастість поверхні можна значно зменшити, збільшив роздільну здатність по осі z, але це також значно збільшує необхідний час друку. Адаптивне слайсування – це спроба автоматичного балансу між швидкістю друку та якістю шляхом зменшення товщини шару лише в тих областях, де геометрія поверхні вимагає більш високої роздільної здатності. Зазвичай це безпосередньо пов'язано з локальним кутом поверхні об'єкта.
— Постобробка: поверхню об'єкта, надрукованого на 3D-принтері, можна обробити механічно або хімічно за допомогою додаткового етапу постобробки. Однак це, як правило, вимагає ручної або машинної роботи.
— Непланарний друк: за допомогою непланарних шарів екструзія точно повторює фактичний контур поверхні об'єкта, а не розрізає його на пласкі шари. Майже ідеальної поверхні можна досягти, зокрема, для гладких

вигинів. Однак генерація траєкторії інструменту (G-code) для непланарних шарів є складною, частково невирішеною проблемою.

Тільки поверхні з одновимірною кривизною можна друкувати за допомогою лінійної екструзії без спотворень, а для загального випадку потрібен 5-осьовий механізм принтера. Додатковими серйозними проблемами є самозіткнення та переходи між різними непласкими поверхнями.

Оскільки непланарні шари є особливо важливими для «пласких» областей поверхні, які сильно страждають від східчастості, такі області треба намагатися ідентифікувати, перевіряти на зіткнення та автоматично генерувати змішану траєкторію інструменту з переважно пласкими шарами та непланарними плямами на поверхні.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Було запропоновано кілька підходів для моделювання та вимірювання якості поверхні об’єктів, надрукованих на 3D-принтері. Доленц і М'акела [1] ввели широко використовувану міру висоти виступу, яка описує максимальне відхилення спрощеного прямокутного профілю східчастої поверхні від ідеальної поверхні об'єкта. Пізніше така метрика була використана для цілого класу алгоритмів адаптивного зрізу, включаючи локальну релаксацію [2], паралельний та локальний адаптивний зріз, де незалежні гілки об’єкта розрізаються окремо залежно від їх геометрії поверхні.

Другий підхід до кількісної оцінки якості поверхні об'єктів, надрукованих методом FDM, був введений Перезом і Пандеєм та ін. [3], де відома міра шорсткості поверхні Ra була пов'язана з кутом поверхні.

Ефект східчастості можна зменшити за допомогою різноспрямованих траєкторій інструменту в одному об’єкті [4]. Це робиться шляхом розкладання моделі на різні частини, де кожна частина потім розрізається з іншою відповідною орієнтацією, а частини об’єднуються в траєкторію інструменту для всього об’єкта. Багатоспрямований об’єкт можна друкувати з більшими виступами та покращеною якістю поверхні.

Моделювання наплавлення вигнутого шару підтримує різні значення висоти вздовж осі z на одному шарі друку. Чакраборті представив цей метод і запропонував перші алгоритми. У роботі [5] поверхня визначається як параметрична поверхня, і траєкторія інструменту генерується вздовж цієї поверхні. Також визначено три ключові фактори для друку непланарних шарів: правильне формування траєкторії інструменту, орієнтація екструзії та з’єднання між сусідніми екструзіями. Хоча алгоритми були представлені, вони не використовувалися для створення реальних фізичних об’єктів. Оскільки не кожна поверхня придатна для друку з непланарними шарами, ці вигнуті шари необхідно поєднувати з пласкими шарами. Області для друку ідентифікуються у поверхневій сітці та зміщені до внутрішньої сторони об’єкта. Зміщена частина розрізана непланарними шарами вигнутих шарів, а інша частина моделі піддається слайсингу площинними шарами.

Зіткнення в межах траєкторії інструменту – велика проблема при друці непланарних шарів. Мікалі та ін. [6] представили алгоритм, який може

генерувати 3D-траєкторію інструменту вздовж поверхні довільної форми та перевіряти траєкторію інструменту на наявність зіткнень, генеруючи огинаючу поверхню з наближеним загостреним соплом.

Однак алгоритм перевіряє лише «колізії» всередині поверхні, які повинні бути надруковані, і не тестувався на надрукованих деталях. При друці на тривісному принтері непланарний шар не укладається ортогонально до друкованої частини.

ВИСНОВКИ

В адитивному виробництві найпоширенішим методом виготовлення деталей є метод пошарового наплавлення. Але він має недолік – при нашаруванні матеріалу, особливо в деталях складної геометричної форми, на виробі можна бачити ступінчасту структуру. Таким чином, можна зробити висновок, що він впливає не тільки на естетичне сприйняття, але також може впливати на механічні властивості. Тому на основі проаналізованих праць доцільно взяти до уваги покращення механічних властивостей деталі при друці ділянок виробу непланарними шарами. Для більш якісного виконання такої технології знадобиться п’яти осьовий пристрій об’ємного друку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] A. Dolenc and I. M`akel`a, “Slicing procedures for layered manufacturing techniques,” Computer-Aided Design, vol. 26, no. 2, pp. 119–126, 1994.

[2] M. Y. Zhou, J. T. Xi, and J. Q. Yan, “Adaptive direct slicing with nonuniform cusp heights for rapid prototyping,” International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 23, pp. 20–27, 2004.

[3] P. M. Pandey, N. V. Reddy, and S. G. Dhande, “Improvement of surface finish by staircase machining in fused deposition modeling,” Journal of Materials Processing Technology, vol. 132, pp. 323–331, 2003.

[4] H.-m. Zhao, Y. He, J.-z. Fu, and J.-j. Qiu, “Inclined layer printing for fused deposition modeling without assisted supporting structure,” Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 51, pp. 1–13, 2018.

[5] D. Chakraborty, B. Aneesh Reddy, and A. Roy Choudhury, “Extruder path generation for curved layer fused deposition modeling,” Computer Aided Design, vol. 40, no. 2, pp. 235–243, Feb. 2008.

[6] M. Micali and D. Dornfeld, “Fully three-dimensional toolpath generation for point-based additive manufacturing systems,” Solid Freeform Fabrication Symposium, pp. 36–52, 2016.

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

УДК 681.625.8

В.А. Яригін, студент гр. ПБ-01мн, к.т.н., доц. Вислоух С.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРО ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ, ЩО ОТРИМАНІ FDM ДРУКОМ

Анотація. В даній роботі наведено класифікацію поверхонь, що отримані за допомогою FDM 3D друку. Описано фактори, що впливають на формування та якість отриманих поверхонь. Вказано можливі шляхи нівелювання негативного впливу цих факторів.

Ключові слова: 3D друк, якість поверхонь, класифікація поверхонь, фактори, що впливають на якість.

ВСТУП

При виготовлені деталей та прототипів методом FDM 3D друку в багатьох випадках особливу увагу приділяють якості отриманих поверхонь. Звісно надрукувавши заготовку із відповідними припусками на постоброблення питання якості поверхонь можна вирішити. Але в більшості випадків постоброблення можливо виконати лише ручним інструментом, що в свою чергу досить серйозно впливає на точність. Трудовитрати такого процесу є досить високими, а в деяких випадках обробка внутрішніх поверхонь дуже ускладнена, або взагалі не можлива. Й в результаті такого оброблення отримуємо виробництво, що більш подібне до кустарного. Принципи адитивного виробництва передусім полягають в тому, щоб мінімізувати або взагалі виключити ручне оброблення деталі. Ідеальним прикладом такого виробництва є такий, коли деталь із верстату одразу встановлюють в складальну одиницю без додаткових маніпуляцій. Таким чином, важливо мінімізувати можливі відхилення за формою та за точністю поверхонь при їх виготовлені. В роботах [1,2] розглянуто вплив режимів друку на якість поверхонь. Проте окрім них існують й інші не менш впливові фактори, що впливають на якість оброблених поверхонь.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для кращої оцінки та розуміння впливу на якість поверхонь різноманітних факторів в першу чергу необхідно поверхні систематизувати. В нашому випадку класична класифікація поверхонь не є повною. Це викликано суттєвою відмінністю методів їх отримання, а отже відрізняються і фактори, що впливають на якість та точність поверхонь. Таким чином, поверхні будемо класифікувати за особливостями їх виготовлення. Отримані FDM 3D друком поверхні можна умовно поділити наступним чином:

– горизонтальні (нижні) поверхні, що накладаються безпосередньо на столик принтера. По іншому, можна їх назвати «базою» відносно якої виконується друк деталі;

– бічні поверхні, що розташовані перпендикулярно відносно столика (стінки деталі);

– горизонтальні (верхні) поверхні, що накладається на попередньо надруковані шари;

– перехідні поверхні. Під кутом відмінним від 90 градусів до основи та фасонні;

– навісні поверхні. До цього класу можна віднести як поверхні, що друкуються без підтримок, так і ті, що друкуються на їх основі;

– поверхні, що межують із підтримками.

Розглянемо наведену вище класифікацію детальніше. Не має сенсу виконувати поділ поверхонь на внутрішні та зовнішні, оскільки фактично формуються вони однаково. Окремо виділені поверхні, що межують із підтримками, оскільки при певних режимах друку зв'язок додаткової підтримки та деталі занадто міцний (адгезія між структурами зависока). Варто також зазначити, що деякі поверхні можуть одразу відноситись до кількох типів. За принципом роботи FDM деталь отримується пошаровим нанесенням розплавленого матеріалу. Схематичне зображення отримання 3D друком півкола представлено на рис. 1. Звідси видно, що при пошаровому нанесенні матеріалу між шарами на краях деталі має місце ефект розшарування, подібний вигляд мають і поверхні, що друкуються вертикально.

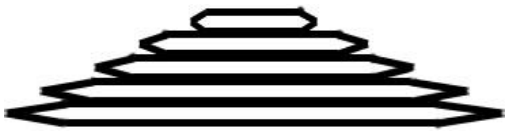


Рис. 1. Схематичне зображення півкола, отриманого 3D друком

Встановлено, що на кожний із шести видів поверхонь можуть впливати різні фактори. Звісно, що одним із найбільш впливових є факторів, є режими друку принтера [1], тобто температура сопла, швидкість друку та відсоток заповнення. В загальному випадку найбільш впливовим фактором є температура сопла, а також температура середовища. Особливо це відображається на поверхнях малих та надмалих розмірів за умови, що весь шар, що друкується займає друк цієї поверхні.

Перший тип поверхонь (горизонтальні нижні) ввідрізняється від інших типів процесом формування. Оскільки основу цієї поверхні складають кілька перших шарів флавементу на її якість, окрім описаних вище параметрів, також суттєво впливають наступні. Це матеріал столика принтера та склад клею, що використовується. За умови використання столика типу "дзеркало" та більшості клеїв такі поверхні виходять досить гладенькими. Звідси випливає один із недоліків такого столика. Деталі великої площі досить сильно приклеюються до стола й без додаткових засобів (спеціальних лопаток, лез, нагріву поверхні стола) їх не можливо відокремити. Якщо використовувати стіл з іншим покриттям – можна бачити суттєві відмінності за параметрами шорсткості поверхні. Варто також зазначити існує суттєвий вплив роботи екструдера, в плані неконтрольованого (або слабко контрольованого) екструдування, при холостих (не робочих тобто без екструдування) переміщеннях сопла інколи можна помітити залишкове екструдування в зоні першого шару деталі. Ця нитка в результаті може суттєво спотворити перший шар або в гіршому випадку призвести до зміщення або відриву вже надрукованих шарів за умови, що клей не встиг застигнути. Усунути цей недоліку інколи можна шляхом зміни налаштування втягування [3] при створенні конфігурації друку. За ідеальних умов якісне формування цього типу поверхні можливе, якщо флавемент буде достатньо довго утримувати температуру плавлення й добре зволожить

поверхню столика таким чином, щоб перекрити 1/4-1/8 площу поверхні сусідньої нитки. Для реалізації цього добре підходять столики з інтегрованим нагрівом.

На якість бічних поверхонь в першу чергу суттєво впливають швидкість охолодження поточного та попереднього шарів, а також кінематика принтера. Інколи в кінематиках, в яких використовуються гвинтові або черв'ячні передачі, можна спостерігати ефект нарізі, коли шари на бічній поверхні суттєво відхиляються по осі OX один від одного, повторюючи тим самим форму нарізі. Якщо збільшити точність описаних передач чи додати високоточні направляючі або використати інші види кінематики даний ефект можна нівелювати. На рисунку 2 зображено схематичний приклад вертикальної стіни в розрізі, що надрукована за стандартних умов. Можна бачити, що сама структура вертикальної поверхні передбачає бугри та впадини. Суттєво зменшити цей ефект можливо за рахунок підтримки температури середовища на достатньо високому рівні (для повільного охолодження щойно надрукованого шару).

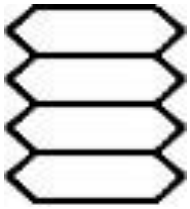


Рис. 2. Схематичне зображення стінки в розрізі

На формування третього типу поверхонь суттєво впливають товщина перекриття та швидкість охолодження деталі, при цьому режими друку впливають менше. Особливо важливо під час друкування всіх видів поверхонь запобігти їх різкому охолодженню в наслідок протягів.

На фасонні або перехідні поверхні, окрім точності позиціонування сопла, суттєво впливає товщина перекриття та відсоток заповнення. За малої товщини перекриття і малого відсотку заповнення можна спостерігати суттєві ями або провали на поверхні, розмір яких близький до розміру кроку сітки заповнення, а форма – відповідає його шаблону.

Навісні поверхні зазвичай мають малу точність. Якщо на попередні типи поверхонь в основному впливають температурні фактори, то їх збільшення в розумних режимах призводить до покращення якості. Тут можна спостерігати зворотній ефект особливо, якщо говорити про друк поверхонь типу «міст» без використання підтримок, адже після екструдування матеріал повинен швидко, майже одразу застигнути. Таким чином, ефект наплавлення в таких місцях практично не можливо прибрати, якщо говорити про поверхні, що друкуються з допомогою підтримок або межують з ними. Можна бачити, шо в місцях доторкання до підтримки є дефекти поверхні типу виступи. Але запобігання утворенню таких дефектів можливе за умови, якщо стінка встигне достатньо затвердіти до моменту друку підтримки на даному шарі. Зробити це можна, змінивши параметри друку моделі. Якщо говорити про випадки, коли підтримка є основою поверхні, інколи спостерігається «провал» поверхні особливо це помітно на фасонних поверхнях. Для зменшення негативного впливу підтримки на якість важливо, щоб її корок біля відповідної поверхні був як можна менше.

ВИСНОВКИ

Класифікація поверхонь, що отримані 3D друком та визначення факторів, які впливають на утворення цих поверхонь, дозволяє краще зрозуміти природу формування поверхонь й визначити основні можливості впливу на їх форму.

Також це дозволяє підібрати кращі режими роботи 3D принтера та дає змогу більш точно сформувати технічні вимоги для модернізації існуючих принтерів та програм, що ними керують.

В залежності від адгезійних властивостей матеріалу ефект пошарового наплавлення може відображатись по різному. Теоретично, якщо підвищити час охолодження попередньо нанесеного шару, цього ефекту можна практично позбутись. Звісно, це не панацея для всіх можливих випадків утворення поверхонь, але в більшості випадків такі зміни повинні позитивно вплинути на кінцеву якість поверхонь

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Яригін В.А. Дослідження параметрів якості деталей, отриманих шляхом 3d друку / В.А Яригін., С.П Вислоух // Збірник тез всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки, 11-15 травня 2020 року м.Житомир, – К.:Державний університет «Житомирська політехніка» – С. 125 – 126.

[2] Яригін В.А. Підвищення якості крупногабаритних деталей, виготовлених методом FDM 3Dдруку / В.А Яригін., С.П Вислоух // XVI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні» 8-9 грудня 2020 року – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Центр учбової літератури. – 2020. – С. 142-144.

[3] Документація для встановлення і використання програмного продукту Repetier Host, / Marcus Littwin // repetier.com інформаційний сайт виробника програмного забезпечення Repetier Host – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.repetier.com/documentation/repetier-firmware/z-probing/

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

УДК 62-213:678.027.942.2

А.Б. Ємець, студентка гр. ПБ-з01мп, к.т.н., доц. Барандич К.С., к.т.н., доц. Гладський М.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РЕІНЖИНІРИНГ ДЕТАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. Ремонт деталей типу корпусу – це відповідальний процес, оскільки пошкодження можуть знизити функцію захисту механізмів приладів і небажано впливати на їх роботу в штатному режимі. Сьогодні використовується низка способів ремонту деталей типу корпус та його конструктивних елементів, однак у кожному з них можна відзначити значні недоліки. Реінжиніринг – це погляд на відомі проблеми з нового боку, а використання адитивних технологій – один із сучасних та ефективних способів ремонту деталей. Мета роботи – дослідження методів адитивних технологій, їх актуальність та переваги використання в сучасному реінженірингу деталей.

Ключові слова: 3D-друк, 3D-сканер, реінжиніринг, ремонт деталей, адитивні технології.

ВСТУП

Реінжиніринг – це один з сучасних та ефективних способів ремонту деталей та вузлів. Але на сьогодні традиційними для вирішення цієї задачі є ряд інших способів. Розглянемо їх на прикладі ремонту та відновленні базових корпусних деталей. Ці деталі є дуже важливими, так як корпуси в більшості випадків відповідають за захистну функцію, а також є і його базовими опорами.

Відомі такі способи реінжинірингу деталей типу корпус з залежності від типу пошкодження:

1. Ліквідація тріщин: за допомогою стяжок, за допомогою шрифтів, за допомогою накладок.
2. Ремонт зламаної частини, яка виступає (кронштейна, вушка, стрижня) здійснюють: установкою вставки або пробки, приваркою відламаної частини до корпусу.
3. Ремонт зношених отворів здійснюють: за допомогою встановлення ремонтної втулки, наплавкою отворів.
4. Ремонт зношених гнізд під фіксатори рукояток здійснюють: за допомогою встановлення ремонтної пробки, накладки [1].

Ряд способів мають свої недоліки: неможливість застосування наплавлення для валів малих діаметрів, шліцьових з'єднань, внутрішніх отворів; великі втрати металу на розбризкування; потреба в застосуванні спеціальних типів дроту і особливих джерел живлення – недолік способу наплавки; недостатня стійкість плазмотрона, висока витрата газів, низький коефіцієнт використання порошку, особливо при відновленні деталей малих діаметрів для способу плазмового напилення.

Наразі існують інші способи ремонту, а саме за допомогою 3D-друку відновити пошкоджені деталі. Все, що потрібно для такого ремонту - це 3D-модель необхідного виробу.

СПОСОБИ ПОБУДОВИ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ

За наявності креслення відновлюваних деталей побудову їх тривимірних моделей можна виконати в CAD модулі САПР або з використанням 3D-сканера [2]. Щодо САПР, існує багато відповідних програмних продуктів.

Найвідоміші з них Компас-3д, AutoCAD, SOLIDWORKS, NanoCAD, FreeCAD, ABViewer, CATIA, INVENTOR тощо. Кожен з них має ряд своїх переваг та недоліків, проте більшість з них сумісні з різними моделями 3D-принтерів і мають модулі для 3D сканування, збереження в різноманітних форматах та інше. Можливий також варіант використання 3D-сканера, особливо це актуально за відсутності креслення відновлюваних деталей.

3D-сканування – це технологія створення 3D-моделей об’єктів реального світу [3]. Процес 3D-сканування виконується таким чином: сканер робить кілька знімків об’єкта, потім знімки об’єднуються у 3D-модель, яка є точною тривимірною копією об’єкта, її можна повертати та переглядати під різними кутами. Сканер працює, як відеокамера, тобто він знімає об'єкт. Камера створює двовимірні фотографії, тоді як сканер фіксує геометрію поверхні об’єкта, а зроблені знімки перетворюються на 3D-модель, а не на відео [3]. 3D-сканування має такі етапи: збір даних, отримання даних, вибір моделювання залежно від сфери застосування та можлива перевірка.

3D-сканери можна класифікувати за:

1. Методами сканування: контактні, безконтактні, активні та пасивні.
2. Точністю: високоточні, низькоточні та загального застосування.
3. Розміром об'єкту сканування: для дрібних, середніх та великих об’єктів.
4. Сферою застосування.
5. Рівнем мобільності: ручні та стаціонарні.

3D-ДРУК

Сфери застосування 3D-друку сьогодні дуже різноманітні. Наприклад, компанія Boyce запустила свій власний 3D-друк, із завданням швидкого створення запасних деталей з високоякісними і надійними результатами [3]. Інший приклад, німецька залізниця Deutsche Bahn, яка є однією з найбільших транспортних компаній світу і використовує 3D-сканування та в подальшому 3D-друк для заміни старих деталей. Це дозволяє скоротити витрати на утримання складських приміщень і непотрібне виробництво.

3D-друк охоплює декілька технологій виробництва, які створюють деталі пошарово. Кожна з них має свій спосіб формування пластикових та металевих деталей і може відрізнятися за вибором матеріалу, обробкою поверхні, міцністю, швидкістю виготовлення та вартістю [3].

Найбільш використовувані методи 3D-друку наступні:

1. Стереолітографія (SLA);
2. Вибіркове лазерне спікання (SLS);
3. PolyJet;
4. Моделювання плавленим осадженням (FDM);
5. Технологія наплавлення (DLP);
6. Multi Jet Fusion (MJF);
7. Електронно-променева плавка (EBM);

Одним з найбільш відомих способів 3D-друку є SLA, який також називають лазерною стереолитографією. SLA – технологія тривимірного друку з використанням сировини у вигляді рідкого фотополімеру, що твердне під

впливом світлового випромінювання лазера, утворюючи тверду поверхню в точці проєкції лазера.

Основні переваги:

• відмінна точність позиціонування, гладкість поверхні;

• виготовлення моделей будь-якої складності (тонкостінні та дрібні деталі);

• досить висока, в порівнянні з іншими технологіями, швидкість створення об'єкта;

• відсутність технологічних проблем з друком (перегрів, розшаровування, обвалювання під вагою, збій маршруту головки, погане прилипання, відклеювання кутів)[4];

SLS – цей метод схожий на попередній, за винятком того, що замість рідкого фотополімеру використовується подрібнений порошок, який спікається лазером у точці контакту і нарощує тим самим об'єкт, що виготовляється.

До переваг даного методу належать насамперед:

• можливість здійснювати друк об'єктів без використання підтримуючих структур під нависаючими поверхнями;

• різноманітність різних матеріалів, які можна застосовувати для друку;

• висока міцність виробів, яка може бути досягнута використанням відповідного матеріалу (сьогодні як сировина доступні нейлон, скло, пластик, кераміка, різні метали);

Найбільшою популярністю користується метод FDM. В його основі лежить технологія струменевого друку. FDM – технологія пошарового наплавлення пластику, який безперервно подається на контур майбутньої деталі через тонке формувальне сопло[5].

Переваги даного методу:

• недорога та доступна сировина для друку (полімери та пластик);

• можливість використання широкої палітри кольорів для друку;

• невисока вартість друку.

АЛГОРИТМ РЕІНЖИНІРИНГУ ДЕТАЛЕЙ

1. Першим етапом реінжинірингу деталей є створення тривимірної моделі досліджуваної деталі. Один із способів є сканування за допомогою 3D-сканера. Розглянемо його на прикладі використання 3D-сканера VT MINI V2, який представлено на рисунку.

Після запуску програми для сканування та створення нового проєкту необхідно виконати налаштування, а саме калібрування сканера. По завершенню програма обраховує дані, отримані з кожного кроку, і визначає точність калібрування. Перед початком сканування необхідно очистити деталь та нанести матуючий спрей, щоб зображення було без відблисків та засліплень. Далі потрібно розмістити сканований об’єкт перед сканером. Потім виконується налаштування вісі обертання, за допомогою якої програма розуміє розташування поворотного столу відносно сканера, в результаті чого отримує знімки з різних ракурсів при повороті столу.

Рис. 1. 3D-сканер VT MINI V2

Далі вказуємо кількість знімків, які ми отримаємо при обертанні деталі, налаштовуємо програмну експозицію. Після отримання останнього знімку можна отримати модель. Виконується наступна серія знімків, але з іншого ракурсу, а саме направивши сканер на отвори. Після цього отримуємо різні скани, але їх потрібно об'єднати в одну модель.

В отриманому скані можуть бути непотрібні елементи (такі як підставки та інші). Їх видаляють. Також виділяються та видаляються всі отвори, яких на деталі немає. Після цього залишається останній крок - експортувати модель в формат STL та зберегти. Після усіх цих дій модель готова для наступного етапу – реінженірингу.

2. Другий етап – виготовлення твердотільної моделі з відсканованої. Цей процес називається реверсивним реінженірингом. Для його виконання використовується CAD програма. Перше, що потрібно зробити - це налаштувати систему координат. В ній створюється 3D-модель деталі за тими перетинами, які отримали раніше на етапі 3D-сканування. Наступний крок – виконання отворів. У підсумку отримуємо цифрову модель, до якої можна підготувати технічний опис та відправити на виробництво.

3. Третій етап – це безпосередній друк 3D-моделі на обраному типі 3D-принтера.

ВИСНОВКИ

Таким чином, використання адитивних технологій під час ремонту та відновлення деталей, вузлів механізмів дозволяє прискорити та значно здешевити ці процеси. Проте вибір способу отримання 3D-моделі виробу, методу 3D-друку задля забезпечення необхідної якості отриманої деталі потребує попередньої оцінки та обґрунтування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Схиртладзе А. Г. Технология восстановления корпусных деталей / А.Г. Схиртладзе // Технология металлов. 2001. № 12.
[2] Горьков Д. 3D-печать с нуля / Дмитро Горьков., 2020. 256 с.
[3] Brian Garret. The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications / Brian Garret, Filemon Schöffer, Ben Redwood., 2017. 350 с.
[4] Joan Horvath. Mastering 3D Printing: A Guide to Modeling, Printing, and Prototyping / Joan Horvath. 400 с. (2).
[5] Виды 3D принтеров: характеристики, технологии и схемы печати [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: https://tv-st.ru/cifro-tehnika/tipy-3d-printerov.html.

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

Секція 4.
Ефективність інформаційних технологій при проектуванні систем вимірювання механічних величин. Техніко-економічні характеристики мікро- і нанопристроїв

УДК 681.121

В. В. Василюк, студент гр. ПМ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОДНОПРОМЕНЕВІ УЛЬТРАЗВУКОВІ ВИТРАТОМІРИ

Анотація. У багатьох галузях промисловості та наукових дослідженнях широкого розповсюдження набули прилади, що базуються на ультразвукових методах вимірювання витрати, зокрема однопроменеві ультразвукові витратоміри. У статті розглянуто схеми функціонування таких приладів, досліджено їх особливості. Проведено порівняльний аналіз метрологічних характеристик ультразвукових витратомірів, який виявив, що перспективною є схема з використанням властивостей відбитої хвилі.

Ключові слова: однопроменевий, ультразвуковий витратомір.

ВСТУП

Для вимірювання витрати та кількості рідин і газів широкого розповсюдження набули прилади, що базуються на ультразвукових методах вимірювання витрати. Ультразвукові вимірювачі витрат застосовуються у багатьох галузях промисловості, та наукових дослідженнях (при тепло та електрогенерації, водоочищенні, вимірюванні швидкості потоків підземних вод; у комунальному господарстві, протипожежних системах тощо). Це пов’язано з наступними перевагами приладів зазначеного класу [1-2]: висока точність; широкий діапазон вимірювань; відсутність рухомих частин і частин, що виступають у потік; відсутність додаткових втрат напору; робота від вбудованого автономного джерела живлення упродовж тривалого часу [2].

Проте застосування ультразвукових витратомірів обмежується такими недоліками, як [1, 3]: мінімальна швидкість потоку; неоднорідність потоку; асиметричність потоку; необхідність встановлення прямих ділянок трубопроводу значної довжини до і після перетворювача.

Принцип дії ультразвукових витратомірів базується на вимірюванні того чи іншого залежного від витрати ефекту, що виникає при проходженні акустичних коливань через потік вимірюваного середовища [1].

Ультразвукові методи вимірювання класифікують за наступними ознаками [4]: кількість каналів вимірювання, спрямованість ультразвукового випромінювання, спосіб руху ультразвукових хвиль, вид акустичного шляху, спосіб розміщення перетворювачів.

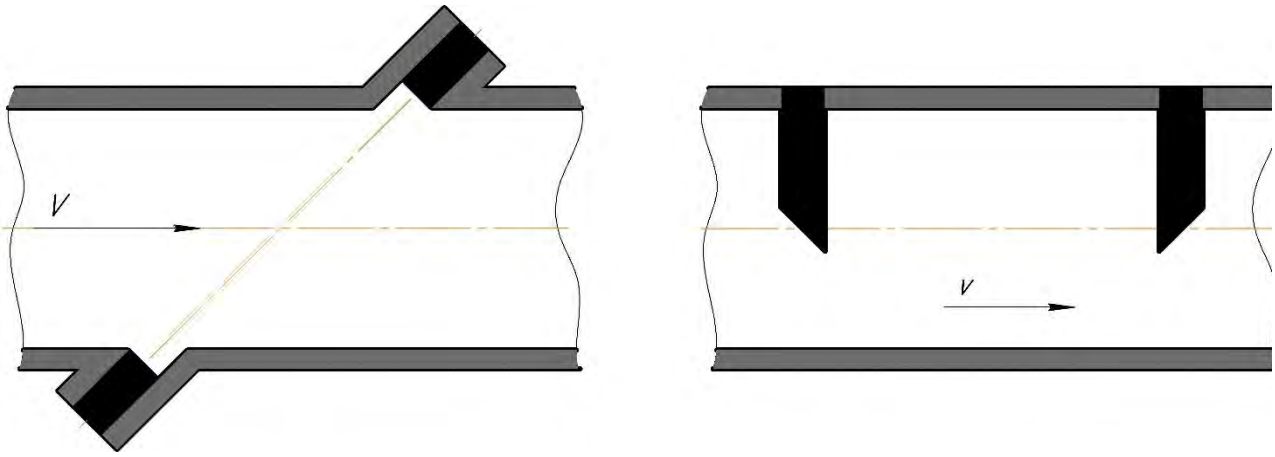
Метою роботи є виявлення експлуатаційних особливостей однопроменевих ультразвукових витратомірів.

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОДНОПРОМЕНЕВИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИТРАТОМІРІВ

Перетворювачі, що реалізують однопроменеву схему, містять два п'єзоелементи, кожен з яких по черзі виконує функції випромінювача та приймача. Їх суттєвою перевагою є відсутність просторової асиметрії акустичних каналів, залежних від відмінності їх геометричних розмірів, а також відмінностей температур і концентрації потоку в них [1].

Ультразвуковий промінь у таких витратомірах може бути спрямованим під кутом або вздовж вісі потоку (рис. 1).

Обидві схеми реалізують час-імпульсний метод вимірювання, тобто базуються на безпосередньому вимірюванні різниці часу проходження коротких імпульсів за потоком і проти нього [1, 3, 4].



а) б)

Рисунок 1. Схеми функціонування однопроменевих УЗ перетворювачів витрати: а – промінь спрямований під кутом до вісі потоку; б – промінь спрямований вздовж вісі потоку

Однопроменева схема вимірювання реалізується також у перетворювачах з відбиттям [1, 3, 4]. При цьому з’являється можливість багатоканального зондування потоку за допомогою відбитої хвилі [3].

Один з способів зондування, що ґрунтується на застосуванні двох п'єзоелементів та чотирьох зорієнтованих у вимірювальній ділянці відбивачів, здійснюється по трьох хордах, віддалених від центру на відстані ~ 0,25D, причому проекції хорд на переріз вимірювальної ділянки утворюють рівносторонній трикутник (рис. 2).

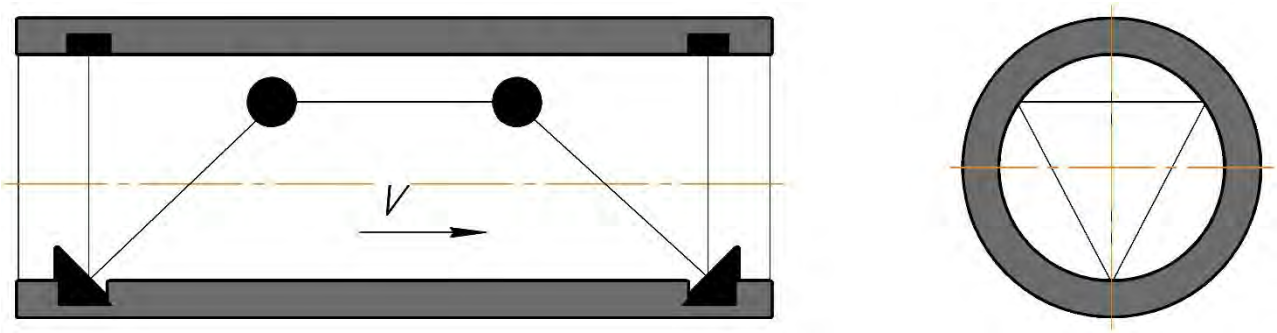


Рисунок 2. Схема з використанням відбитої хвилі для зондування по трьох хордах

Для виявлення особливостей застосування одноканальних ультразвукових витратомірів, що реалізують різні схеми вимірювання витрати (схема 1 – промінь спрямований під кутом до вісі потоку; 2 – промінь спрямований вздовж вісі потоку; 3 – схема з відбиттям), вивчено їх метрологічні і технічні характеристики (табл. 1).

Таблиця-1. Характеристики однопроменевих ультразвукових витратомірів для DN50

Параметр	Назва приладу		
	ЭСДУ-01 [5]	2500 CT [6]	Ultraflow 54 [7]
Схема	1	2	3
Мінімальний номінальний діаметр, мм	65	25	25
Максимальний номінальний діаметр, мм	1200	80	125
Мінімальна витрата Qmin, м3/год	0,3	0,3	0,15
Максимальна витрата Qmax, м3/год	30	30	30
Діапазон вимірювання	1:100	1:100	1:200
Похибка			
Qmax до Qном	±2 %	±2 %	±2 %
Qном до Qmin	±4 %	±5 %	±4 %
Втрати тиску, кПа	25	50	14
Температура робочого середовища, °С	+5 ÷ +150	+20 ÷ +150	+15 ÷+130
Прямі ділянки до/після	10DN/5DN	5DN/0DN	0DN/0DN

Порівняння метрологічних характеристик ультразвукових витратомірів, що реалізуються різними схемами вимірювання витрати, дозволило виявити наступне [5-7]:

прилади, побудовані за схемою 1, виготовляються для широкого ряду типорозмірів;

найкращу точність забезпечують схеми 1 і 3;

найдовших прямих ділянок при встановленні потребують витратоміри, що реалізують схему 1, у той же час прилади, побудовані за схемою 3, не потребують прямих ділянок;

найменшу втрату тиску забезпечують витратоміри з відбивачами;

найбільш широкий діапазон витрат та найменшу мінімальну витрату забезпечують витратоміри з відбивачами.

ВИСНОВКИ

У статті розглянуто одноканальні схеми ультразвукових перетворювачів витрати.

Результати порівняння технічних характеристик ультразвукових витратомірів, побудованих за однопроменевою схемою, дозволили виявити, що найперспективнішою є схема, що використовує властивості відбитої хвилі, завдяки певним експлуатаційним перевагам, а саме: високій точності вимірювань і мінімальній втраті тиску у діапазоні вимірюваних витрат, крім того, у такому випадку не потрібні прямі ділянки трубопроводу до і після місця встановлення приладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Кремлевский П. П., Расходомеры и счетчики количества: Справочник. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. - 701 с.

[2] Ультразвуковые расходомеры-счетчики FLOMIC FL50X4. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.elemer.ru/upload/iblock/fca/re_flomic_fl_50X4.pdf

[3] Киясбейли А.Ш., Измайлов А.М., Гуревич В.М. Частотно-временные ультразвуковые расходомеры и счетчики. – М.: Машиностроение, 1984. – 127 с. – (Библиотека приборостроителя).

[4] Писарець А. В., Поліщук С. О. Вимірювання кількості теплової енергії із застосуванням ультразвукового методу, Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування, вип. 53(1), с. 56–61, 2017.

[5] Преобразователь расхода жидкости ультразвуковой ЭСДУ-01. [Електронний ресурс]. Доступно: http://et.kh.ua/manuals/pasport-esdy-01.pdf

[6] Ультразвуковой расходомер SONO 2500 CT. [Електронний ресурс]. Доступно: http://rucoecom.danfoss.com/KB/Descriptions/RC.08.HM2.50_html/SONO%2025 00%20CT/index.htm

[7] Техническое описание ULTRAFLOW® 54 DN15-125. [Електронний ресурс]. Доступно: https://products.kamstrup.com/documents/5da99de6599bd.pdf

Наук. керівник – к.т.н., доц. Писарець А. В.

УДК 681.5.08

А. П. Гладишко, студент г. ПМ-01мп, ст. викладач Зайцев В. М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ ВІДНОСНИХ ДЕФОРМАЦІЙ

Анотація. Дана робота присвячена розгляду можливості підвищення достовірності одержання характеристик фольгових тензорезисторів на стендах чистого вигину за рахунок зменшення невизначеності відтворення значень відносної деформації. Розглянута структурна схема комп'ютерно-інтегрованої установки для автоматизації вимірювання вхідних – відносної деформації та вихідних – відносних змін опору тензорезисторів.
Ключові слова: установка чистого вигину, тензорезистори, відносна деформація.

ВСТУП

При проектуванні, розрахунку, застосуванню машин та споруд велике значення придають параметрам міцності та жорсткості конструкцій. Однією із основних фізичних ознак навантаження об'єкта є величини та розподіл механічних деформацій. Для більшості конструктивних матеріалів виконується закон Гука, який встановлює прямопропорційну залежність між відносною деформацією (ε) та механічною напругою (σ) $\sigma=E\cdot\varepsilon$, де E – модуль пружності. Розміри максимально допустимих значень внутрішніх силових факторів σ визначають границі міцності конструкцій. Тому в більшості розв'язків практичних задач міцності вони зводяться до задач визначення відносних деформацій в окремих точках конструкції. На сучасному етапі розвитку натурної тензометрії більшість задач вирішуються за допомогою провідникових фольгових тензорезистивних структур. Фольгові тензорезистори метрологічного застосування виробляються декількома десятками світових виробників. Провідні виробники тензорезисторів – HBM (Німеччина, з 2020 р. Hottinger Brüel & Kjaer GmbH), VISHEY Precision Group (США), ZEMIC (КНР), KYOWA (Японія), з українських виробників зазначимо корпорацію «ВЕДА». Основні методи проектування та процеси виробництва фольгових тензорезисторів були сформовані в 70-х роках XX сторіччя. В цей час були розроблені засади стендового метрологічного забезпечення виробництва. На сучасному етапі застосування фольгових тензорезисторів значно виросли вимоги до ідеологічних, експлуатаційних та метрологічних характеристик. Основні з них: розширений температурний діапазон застосування, інваріантність вихідних сигналів від температурних лінійних розширень конструкцій, інваріантність чутливостей тензоперетворення до температурних змін модулей пружності матеріалів конструкцій, компенсація повзучості матеріалів конструкцій зворотною повзучістю решітки тензорезистора. Розв'язок перерахованих задач потребує вдосконалення метрологічного забезпечення розробки та вироблення тензорезисторів.

Метою проведених досліджень була можливість вдосконалення існуючих установок вищої точності (УВТ) за рахунок автоматизації процесів визначення відносних деформацій, що задаються, та автоматизації вимірювання сигналів партії фольгових тензорезисторів.

БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ УСТАНОВКИ ВИЩОЇ ТОЧНОСТІ

Під час випробувань і градуювання тензорезисторів вимірюється зміна їх опорів, які залежать від деформацій ришіток. Деформацію решітки визначають за деформацією пружного елемента, до якого приєднуються тензорезистори. Доцільно, щоб по всій ділянці пружного елемента деформація мала однакове значення. Для цього ідеально підходить брус чистого вигину.

Існуючі УВТ складаються з наступних елементів: стенду для деформації балки постійного перерізу, яка навантажується по схемі чистого вигину, та компаратора – засобу вимірювання деформації. Більшість операцій при випробуванні проводяться в ручному режимі. УВТ, яка пропонується, відрізняється автоматизацією всіх операцій включаючи операції задання розмірів відносної деформації, точного вимірювання її розміру, операції комутації вихідних сигналів тензорезисторів компаратора деформацій, процесу аналого-цифрового перетворення значень відносних змін опорів тензорезисторів та обробку одержаних експериментальних результатів, згідно методики, затвердженої в Державній системі забезпечення єдності вимірювань [1]. Функціональна схема установки вищої точності представлена на рис. 1.

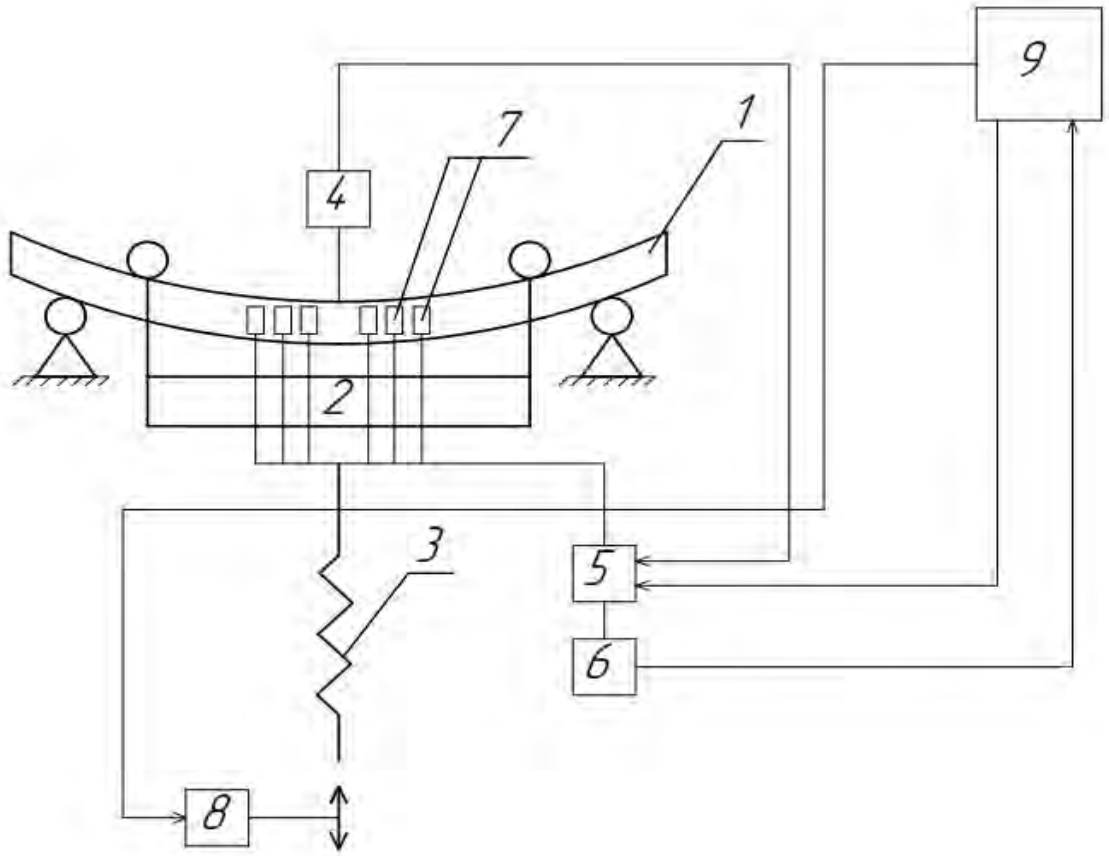


Рисунок 1. Схема УВТ

1 – брус постійного перетину; 2 – навантажуючий пристрій; 3 – ходовий гвинт; 4 – тензорезисторний тензометр переміщень (прогиномір); 5 – комутатор; 6 – прилад вимірювання ΔR/R тензорезисторів; 7 – тензорезистори; 8 – контролер двигуна; 9 – електронно-обчислювальна машина SCADA-системи.

Автоматизація плану експериментальних досліджень включає наступні етапи комп'ютерного управління через розроблену SCADA-систему:

- двигуном 8, який через механічну передачу гвинт-гайка вигинає балку чистого вигину. Відтворення розмірів відносних деформацій визначається сигналами прогиноміра 4. З метою можливості автоматизації елемент прогиноміра – індикатор часового типу – був замінений на три перетворювачі деформації DD1 (виробництво HBM, Німеччина). Вибір типу прогиноміра визначився однотипністю вихідних сигналів тензоперетворювачів та їх високою прецизійністю, що при реалізації нульового методу вимірювання при підготовці до експерименту забезпечує границі похибок вимірювання вигину балки менше 0,5 мкм.
- процесом комутації та вимірювання вихідних сигналів тензорезисторів компаратора деформацій. Вимірювання ΔR/R здійснюється тензометричним приладом (перетворювачем з нормованою характеристикою перетворення) ТП002.ААЛГ.Т з границею допустимих похибок вимірювання одиночних опорів 0,012 % в діапазоні змін опорів ± 3000 ppm.
- процесом алгоритмічної обробки одержаних результатів, яка включає тестові методи підвищення точності визначення значень деформацій, які створюються в балці по результатам вимірювання переміщень в трьох точках балки, що дозволяє суттєво (до 60 %) зменшити похибки пружних недосконалостей як матеріалу балки, так і конструкції стенду в цілому. Друга складова підвищення точності – алгоритмічна компенсація температурних адитивних похибок сигналів тензорезисторів компаратора. Компенсації похибок «температурного зсуву нуля» застосуванням опорного тензорезистора в напівмостовій схемі за експериментальними даними дослідження УВТ створюють вклад в невизначеність інформативних складових сигналів тензорезисторів більший за невизначеність математичної моделі температурних змін початкового значення опору за показами вимірювачів температури [2]. Тип застосованих вимірювачів температури – платинові термометри опору з характеристикою Pt100, які були вибрані за критерієм однотипності вихідних сигналів тензорезисторів, прогиномірів і датчиків температури.

Для передачі розміру одиниці деформації на установці визначається коефіцієнт перетворення компаратора деформації, для цього балку зі встановленими тензорезисторами навантажують від деформації ε=0 до ε=+3000 (-3000) ppm і розвантажують. Навантаження і розвантаження проводять рівними ступенями ε=500 ppm. SCADA проводить обробку результатів спостережень на кожному ступені деформації, розраховує за програмою значення деформації, середнє значення вихідних сигналів (ξ), середнє квадратичне відхилення результатів спостережень вихідних сигналів (Sξ), коефіцієнт перетворення і його

середнє значення (κ та $\overline{\kappa}$), СКВ результатів спостережень і вимірювань коефіцієнта перетворення (Sк) відповідно [3].

ВИСНОВКИ

Комп'ютерно-інтегрована система відтворення відносних деформацій забезпечує відтворення і зберігання одиниці деформації в діапазоні від мінус 3000 до 3000 ppm і передачу її розміру за допомогою зразкових засобів вимірювань робочим засобам відповідно до державної перевірочної схеми [1]. Використання математичної моделі корекції температурних адитивних похибок інформативних сигналів тензорезисторів та вдосконалення прогиноміра дало змогу автоматизувати процес повірки та зменшити розширену невизначеність задання відносних деформацій тензорезисторів з 26 ppm до 11 ppm. Подальше удосконалення УВТ має бути направлено на збільшення точності відтворення і вимірювання одиниці деформації за рахунок збільшення точок виміру прогину балки та перерахунку поля її деформацій вигину в поле відносних деформацій [4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] МИ 1742-87. Установки для воспроизведения деформации. Методика поверки. Введ с 01.01.88. 1987. - 22 с. (дата звернення: 18.11.2021)

[2] Писаренко Г. С. Справочник по сопротивлению материалов. / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с. (дата звернення: 18.11.2021)

[3] Стенд чистого згину 3221 СЧВ-20. Технічні умови ТУ 25.06 (Хб 2.774.201 КУ) – 77 (дата звернення: 18.11.2021)

[4] Комп'ютерно-інтегрована система відтворення зразкових відносних деформацій [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/35089/1/Hladyshko_bakalavr.pdf (дата звернення: 18.11.2021)

Наук. керівник – ст. викладач Зайцев В. М.

УДК 681.772.2

Є. О. Захаров, студент гр. ПМ-01мп, к.т.н., доц. Нечай С. О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ГАБАРИТІВ ФОТОКАМЕР

Анотація. У роботі надана інформація по напрямкам розвитку фототехніки з метою зменшення габаритів камер та об'єктивів, короткий аналіз цих технологій. Окрему увагу приділено безоб'єктивним пристроям.

Ключові слова: фотокамера, об'єктив, пінхол, дифракція.

ВСТУП

З моменту створення першого фотознімку в 1822 році Жозефом Ньепсом перед винахідниками поставала задача по зменшенню приладів для фіксації зображення. Зменшення досягалось завдяки оптимальній компоновці елементів конструкції, винаходам нових елементів конструкції, які б виконували ту саму функцію, при цьому займаючи менше місця та даючи змогу більш якісної фіксації зображення. Розвиток технологій виробництва фотоматеріалів, зокрема зниження зернистості фотоплівки, дозволило зробити найбільш популярними малоформатні камери (35 мм).

До середини XX століття виготовляли велику кількість моделей фотокамер, які досить компактно складались для транспортування, але при приведенні в робочий стан ставали досить громіздкими. Зменшена жорсткість конструкції таких камер впливала на точність позиціювання об'єктиву та стала причиною того, що цей тип камер залишився лише в історії. В кінці XX - на початку XXI століть складаними були висувні об'єктиви в ряді аматорських фотокамер з незмінною оптикою, але і їх епоха минула, надійність у них виявилась недостатньою.

Зменшення довжини телеоб'єктивів з довгою фокусною відстанню досягали за рахунок компромісних оптичних схем, а також використання криволінійних дзеркал в оптичній схемі (яскравим прикладом є схема об'єктива 500 мм зі світлосилою 8, дуже багато фірм виготовляли об'єктиви такого типу).

В 80-х роках минулого століття почали з`являтись перші цифрові фотоапарати, першою представленою моделлю була DS-1P компанії Fuji, а згодом і електронні відеокамери перетворились у цифровий формат. Спочатку перехід на цифру не дав достатньої для фотографії якості зображення з матрицей 0,1 мегапіксель, але згодом завдяки роботі провідних інженерів виробництв роздільна здатність збільшилось та якість картинки зросла. Таким чином інженери розв`язували одразу 2 задачі по зменшенню розмірів приладу для фотофіксації та збільшенню якості.

В наш час, коли камери встановлені в смартфонах та займають все менше і менше місця, задача по зменшенню знову стає актуальною. Для фіксації об`єкту на камері потрібна певна відстань між лінзами в об`єктиві та об`єктивом та матрицею, ця відстань не може зменшуватись менше певних граничних значень, тому перед винахідниками та інженерами постала задача по знаходженню нових шляхів фіксації зображення [1].

СПОСІБ РОБОТИ СУЧАСНОГО ФОТОАПАРАТУ

Сучасні цифрові дзеркальні фотоапарати працюють за наступним принципом. Світло проходячи через масив лінз об'єктиву, відбивається від

дзеркал та потрапляє на видошукач, через який людина спостерігає кінцеве зображення. За допомогою пелюсток діафрагми фотограф контролює потік світла, яке потрапляє в середину пристрою. Після натискання кнопки спуску підіймається дзеркало та дає можливість світлу після відкриття затвору попадати на матрицю, яка фіксує зображення. Кожен піксель кольорової матриці має над собою світлофільтр певного кольору. Інформація з електронної світлочутливої матриці перетворюється у цифрову форму, подається у процесор, де вона обробляється за певними алгоритмами. Потім вже готова фотографія передається в пам'ять фотокамери, де вона зберігається і доступна для перегляду користувачеві.

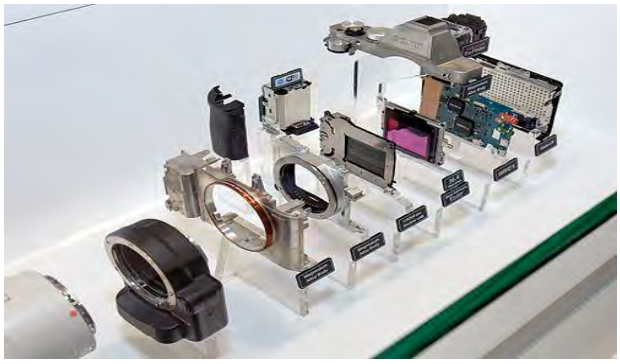


Рисунок 1. SonyAlpha ILCE-7R в розібраному стані

Бездзеркальні цифрові камери вже суттєво компактніші за дзеркальні, бо в них відсутність дзеркала дає можливість зменшити робочий відрізок об’єктивів та від цього і розміри ширококутних об’єктивів. Бездзеркальні цифрові камери можна вважати потомками плівкових далекомірних камер, хоча і при відсутності в них далекомірів і пов’язаних з ними похибок паралаксу. Видошукач бездзеркалки отримує зображення з матриці. На рисунку 1 зображений фотоапарат SonyAlpha ILCE-7R в розібраному стані.

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ В ОБРОБЦІ ФОТО

В наш час алгоритми цифрової обробки зображення не є новиною. Інженери таких фірм як Sony, Kodak, Canon та виробників мобільних телефонів створюють нові алгоритми обробки зображення, яке потрапляє на матрицю. Таким чином більшість сучасних фото проходить обробку алгоритмами. Ці алгоритми виконують декілька функцій, таких як зменшення шумів, контроль яскравості та ін. Внаслідок використання даних алгоритмів якість кінцевого зображення коригується. Прикладом роботи алгоритмів є технологія HDR, суть якої полягає в тому, що пристрій робить декілька фото, найчастіше три. Перше фото має усереднену експозицію, друге проробляє темні частини кадру, а третє - світлі. Таким чином, поєднавши три зображення, можна отримати багату за напівтонами картинку. Є алгоритми для зменшення ефекту розмиття, коли зйомка проводиться з рук замість штативу. В цьому випадку алгоритми розпізнають більше результатів зйомок, та обирають найкращій, в сучасних моделях смартфонів за це відповідають нейромережі.

БЕЗОБ`ЄКТИВНІ КАМЕРИ ТА ЇХ АЛГОРИТМИ

Ідея апарату, який дозволяє отримати фото без застосування об`єктиву не нова. Найпростішим приладом є камера обскура, де світло, проходячи крізь тонкий отвір, проецювалося на задню стінку камери в перевернутому вигляді. Відсутність скла в цих камерах дещо зменшує габарити, суттєво зменшує вагу та

ціну камери. Але роздільна здатність зображення в них гірша і пропорційна розмірам камери. Розмір отвору впливає на чіткість зображення, але одночасно і на світловий потік, причому в протилежних залежностях. Кут огляду камери також впливає на розміри камери – чим вужче кут огляду, тим більший розмір між передньою і задньою стінками.

В наш час одразу декілька дослідницьких груп вивчають можливість створення повноцінної безоб`єктивної камери компактних розмірів з якісним зображенням. Традиційні об'єктиви фокусують пучок світла за допомогою рефракції: світло переломлюється при переході через кордон середовищ (повітря-скло) з різними швидкостями світла. Скривлені дзеркала на кшталт тих, що використовують у великих телескопах, формують зображення інакше: з допомогою відображення. Змінити напрямок поширення світла та використовувати його хвильову природу допоможуть два інші фізичні явища: дифракція та інтерференція. При зустрічі двох когерентних хвиль світла вони накладаються одна на одну, виникає результуюча амплітуда хвилі. Якщо максимум однієї хвилі завжди збігається з максимумом іншої, хвилі посилюють одна одну, це називається конструктивною інтерференцією. Якщо максимум однієї хвилі завжди збігається з мінімумом іншої, то хвилі гасять одна одну – це деструктивна інтерференція, в результаті якої світло може взагалі зникнути. Керувати світлом за допомогою дифракції можна, спрямовуючи його на дифракційну решітку – ряд найтонших штрихів (растру) – на гладкій поверхні. Оскільки хвилі з різною довжиною відбиваються у різні боки, виникає колірне фарбування. Через залежність довжин хвиль від растру неможливо створити дифракційну решітку, яка просто замінює лінзи. Оптичне зображення, сформоване гратками, ніколи не виглядатиме так само добре, як зображення з грамотно спроектованого об'єктива. Проте цілком можна створювати прийнятні цифрові зображення за допомогою комбінації дифракційної оптики (що використовує дифракцію) і обробки сигналів, що збігаються (matchedsignalprocessing) (з урахуванням оптики). В одному з класів безоб'єктивних пристроїв для макроскопічної зйомки використовуються мініатюрні дифракційні решітки, ступінчасто розташовані в товщині прозорого матеріалу (скла або силікату), і затримують одну частину падаючого світла щодо іншої частини. Ґратки прикріплені до світлочутливої матриці – на зразок матриці у звичайних цифрових камерах. Падаюче світло проходить через ґратки і досягає масиву, вже особливим чином розкладене на «складові». Виглядає це зовсім не так, як звичайне зображення: якась розмита хмара, незрозуміла для людського ока. Однак ця хмара містить досить візуальної інформації (хоч і незвично розподіленої), щоб відтворити з неї бажане зображення за допомогою обчислювального процесу, який називається згорткою зображення (imageconvolution). На рисунку 2 зображено принцип роботи фотоапарата з дифракційною решіткою.

Алгоритм реконструкції зображення трохи чутливий до візуального шуму, наприклад, випадковим флуктуаціям у кількості фотонів або електричного шуму в ході перетворення сигналу з сенсора в числове уявлення (так звана помилка квантування, quantizationerror). Тому зображення може бути візуально зашумленим. Хоча такої якості достатньо для ряду простих завдань (наприклад, щоб порахувати кількість людей у кадрі).

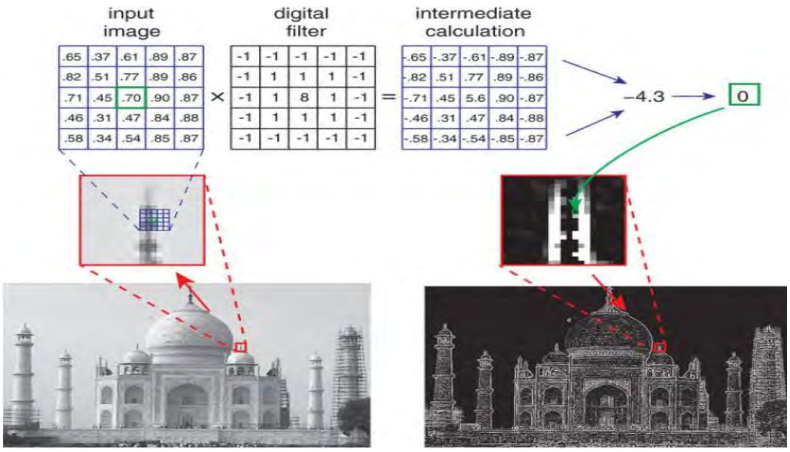


Рисунок 2. Приклад роботи фотоапарата з дифракційною решіткою

Одним з прикладів вдалого застосування даного метода є проект FlatCam, створений дослідниками з Університету Вільяма МаршаРайса. Даний прототип представляє матрицю з накладеною спеціальною маскою з множиною отворів. Маска перетворює камеру на масив пінхол-камер. Інформація з цих камер проходить обробку спеціальним алгоритмом та складається в зображення.

Вартість звичайних камер багато в чому визначається вартістю об'єктивів і наступним складанням, так що виключення об'єктиву зі схеми дозволяє сильно знизити вартість виробу. У конструкції камери, включаючи маску та матрицю, можуть використовуватися лише вже традиційні технології напівпровідникового виробництва, що підвищує масштабованість та знижує ціну. Також камери можуть бути тоншими за 0,5 міліметра і важити менше 0,2 грама, їх можна буде задіяти там, де сьогодні не мають змоги бути застосовані звичні громіздкі пристрої. До того ж, схема FlatCam дозволяє отримати всю необхідну інформацію про сцену, зробивши один кадр, тому можна реалізувати відеозйомку динамічних сцен у реальному часі.

ВИСНОВОК

Тенденції розвитку алгоритмів обробки інформації, отриманої з фотоприладів, ведуть до збільшення ролі обчислювачів у побудові кінцевого зображення.

Компактні апарати актуальні в системах безпеки, де значною перевагою стануть малий розмір, що дасть значний простір для розташування в місцях, де традиційні камери з об`єктивами привертають багато уваги, та зменшити вартість, що є одним з вагомих факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Чи можна зменшити камеру телефона. Режим доступа:www.URL: https://www.androidauthority.com/smartphone-camera-bumps-1195811/ — 10.02.2021 р.

[2] FlatCam: Thin, LenslessCamerasusingCodedApertureandComputationM. SalmnanAsif, AliAyremlou, AswinSankaranarayanan, AshokVeeraraghavan, and Richard Baraniuk. Режим доступа: www.URL: http://imagesci.ece.cmu.edu/files/paper/2017/flatcam_tci17.pdf

УДК 681.51

К. М. Івасюк, студентка гр. ПМ-81, ас. Назаренко Н. М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ФРУКТІВ

Анотація. Представлено дослідження особливостей використовуваних технічних рішень у фруктосховищах з регульованими параметрами мікроклімату; розглянуто принципи роботи відповідної автоматизованої системи та параметри, на основі яких базуються методи реалізації виконання процесів керування мікрокліматом.

Ключові слова: управління мікрокліматом, автоматизована система, стаціонарне фруктосховище.

ВСТУП

Поширення використання автоматизованих систем для зберігання фруктів обумовлене поступовим підвищенням рівня якості споживаної продукції. Для належної відповідності фруктів встановленим вимогам використовують сучасні системи регулювання мікроклімату. З їх допомогою можуть бути налаштовані параметри середовища зберігання на основі обробки результатів вимірювань температури, вологості повітря та кількості речовин у атмосфері (концентрації кисню, вуглекислого газу) та самих плодах.

МЕТА РОБОТИ

Дослідження способів зберігання у стаціонарних фруктосховищах та методів управління мікрокліматом у представлених середовищах; виявлення оптимальних способів для використання у керованих автоматизованих системах фруктосховищ; огляд існуючої автоматизованої системи.

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЗАСТОСОВУВАНІ У ФРУКТОСХОВИЩАХ

Однією з найважливіших систем підтримання режиму зберігання у фруктосховищах є система вентилювання і штучного охолодження. Основними керованими показниками при цьому є температура, відносна вологість повітря та швидкість руху повітря. У питанні вибору системи вентилювання між природною і примусовою у фруктосховищах з керованим мікрокліматом доцільніше використовувати другу. Штучне вентилювання передбачає собою використання вентиляторів. Воно включає різновид активного вентилювання, при якому повітря подається безпосередньо через масу продукції та з допомогою якого забезпечується можливість подання росторегулювальних екзогенних речовин. Так досягається підтримання близьких до оптимальних умов зберігання усієї кількості продукції.

Впровадження систематизованих рішень включає також створення регульованого атмосферного середовища у фруктосховищах. Це дозволяє підтримувати стан продукції на належному рівні у досить тривалий термін, а використання системи керування – контролювати відповідність необхідних критеріїв. Можна виділити два варіанти забезпечення визначеного газового складу у камерах: шляхом зміни (модифікування) середовища, що досягається через процес дихання плодів, та регулювання середовища, що обумовлене подаванням дозованих кількостей газів у сховище. У випадку другого способу газові суміші генеруються зовні та подаються у середовище зберігання

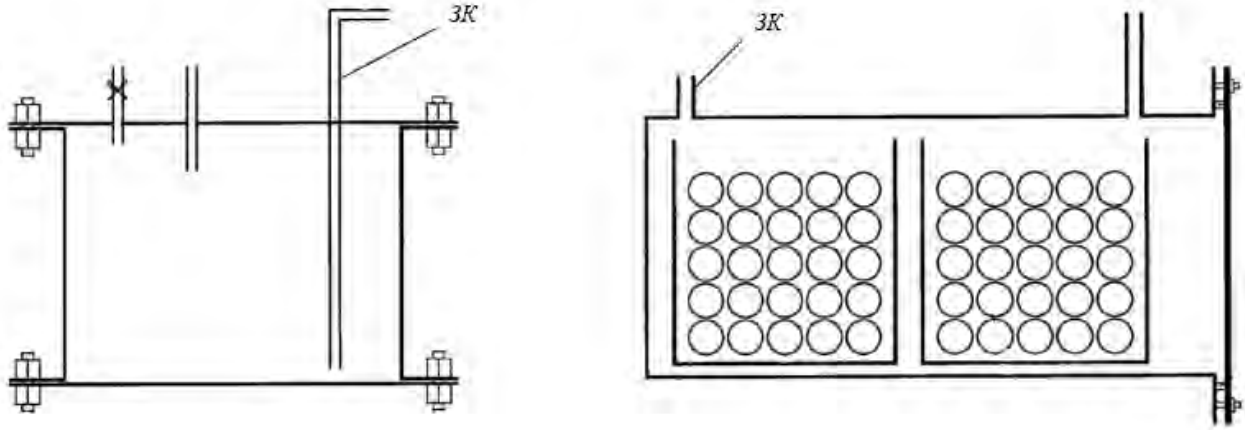
автоматичним обладнанням. Власне дихання плодів є одним з найважливіших факторів, що впливають на атмосферу, тому цей показник фіксується при використанні обох способів.

При впровадженні автоматизованої системи керування обладнанням для забезпечення контрольованої атмосфери у фруктосховищах слід виділити наступні її функції:

- аналіз повітряного середовища шляхом вимірювання концентрації газів;
- контроль роботи датчиків регулювання газів на основі проведеного аналізу;
- здійснення обробки даних та представлення інформації про роботу системи.

ОГЛЯД СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ

Модель представленого пристрою для зберігання швидкопсувних продуктів, таких як фрукти та овочі, було затверджено для використання у Європі у 2015 році. Робота системи базується на визначенні дихального коефіцієнта, який встановлюється залежно від утворення вуглекислого газу (CO2) та споживання кисню (O2) плодами у камерах.



а) б)

Рис. 1. Схеми елементів керуючого пристрою: а) – спеціальної камери; б) – сховища.

Тут застосовується спосіб зміни (модифікування) газового середовища за допомогою спеціальної камери, до якої поміщають зразок продукту, який зберігається у сховищі, та для якого необхідно створити регульовані умови. Дихальний коефіцієнт (ДК) використовується для встановлення концентрації кисню в окремих камерах. Це проводиться з дотриманням умов, за яких досягається анаеробне дихання фруктів з незначним виробленням етанолу, що зменшує синтез і дію етилену і, отже, затримує дозрівання плодів.

Контроль параметрів атмосфери у даній системі здійснюється наступним чином: спеціальна камера зі зразком продукту ізолюється від сховища (рис. 1 а), б), де ЗК – зворотній клапан) на певний проміжок часу. Далі проводиться визначення параметрів атмосферного середовища у сховищі та спеціальній камері, встановлюється значення ДК. Після цього, значення встановленого ДК корегується для сховища, та відносно нього визначається концентрація газів. Даний винахід встановлюється у сховищах для різних видів фруктів, та дозволяє

регулювати газове середовище камер зберігання у повністю автоматизованій формі.

Існує також метод, що заснований на опроміненні зразка плоду і визначенні ризику бродіння на основі вимірювання рівню флуоресценції. Проте зв'язок між спостережуваною флуоресценцією шкірки та виникненням бродіння на практиці виявляється неясним, внаслідок чого цей метод не є повністю надійним. Беручи фактичне дихання за вихідну точку, досягається краща регуляція, ніж це було б можливо на основі попередніх результатів випробувань або теоретичних моделей.

ВИСНОВОК

Створення модернізованих систем керування мікрокліматом полягає у вирішенні задач газодинаміки сумісно із впровадженням інформаційно-вимірювального комплексу. Для контролю атмосферних параметрів у фруктосховищах застосовують засоби вимірювальної техніки: вимірювання вологи та температури, швидкості повітряних потоків, концентрації речовин.

З використанням автоматизованих систем керування забезпечується корегування вимірюваних параметрів. Виходячи з отриманих від датчиків даних, застосовують різні методи контролю мікроклімату, засновані на регулюванні кількості речовин у повітрі: кисню, вуглекислого газу, азоту. Для урахування стану здоров'я плодів відомі також методи з вимірюванням кількості хлорофілу або спирту у плодах. Таким чином керування усіма стадіями процесу відбувається в автоматичному режимі з забезпеченням реєстрації даних та збереженням інформації.

Створення складних автоматизованих систем фруктосховищ супроводжується більшими економічними затратами, однак сприяє росту якості продукції, продовжує термін її зберігання та підтриманню широкого асортименту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Гордієнко І. М., Пузік Л. М. Технологія зберігання плодів, овочів і винограду — Харків, 2011.
[2] Дацишин О. В., Гвоздєв О. В., Ялпачик Ф. Ю. Рогач Ю. П. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції. — Київ: Мета, 2003.
[3] Барало О.В., Самойленко П.Г. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления. — Киев, 2010.
[4] Patent EP2918179B1 Control apparatus for controlled atmosphere cells for storing perishable items / Brackmann A.; заявл. 10.03.2015; опубл. 12.10.2016.

Наук. керівник – ас. Назаренко Н. М.

УДК 681.518.5

К. В. Крушинських, студент гр ПМ-01мп, професор Гераїмчук М. Д.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ТРІЩИН

Анотація. Проблему контролю деформації конструктивних з'єднань наразі вирішують встановленням датчиків, що функціонують за різними принципами дії. У статті розглянуто дистанційний поверхневий трьохвісний щілиномір призначений для контролю відносних переміщень у поперечному напрямку суміжних поверхонь, тріщин в породі або поверхні конструктивних з'єднань, його технічні характеристики, а також особливості встановлення і можливості дистанційної передачі показань.

Ключові слова: щілино мір, потенціометр, вимірювальний паралелепіпед, вимірювальний модуль.

ВСТУП

У наші часи великою проблемою є контроль поверхні конструктивних з'єднань. Проблему контролю деформації конструктивних з'єднань наразі вирішують встановленням датчиків, що функціонують за різними принципами дії. При цьому використовуються ультразвукові, тензометрічні, тензо-інклінометричні, механічні та оптичні методи. Зазначені методи мають кілька недоліків: висока вартість, застарілість застосовуваної технології, обмеження на галузь застосування.

Через те завданням є створення датчика, за допомогою якого можливо здійснити контроль якості з’єднання кількох конструкційних елементів.

У роботі розглянуто новітній метод на основі електричного щілиноміру XYZ для контролю відносних переміщень з потенціометра для зйому даних.

ДИСТАНЦІЙНИЙ ПОВЕРХНЕВИЙ ТРЬОХВІСНИЙ ЩІЛИНОМІР

Дистанційний поверхневий трьохвісний щілиномір призначений для контролю відносних переміщень у поперечному напрямку суміжних поверхонь, тріщин в породі або поверхні конструктивних з'єднань [1]. Типові сфери застосування включають:

- вимірювання переміщень бетонних конструкційних з'єднань;
- контроль деформаційних тріщин у цегляній, кам'яній кладці, бетонних спорудах або породі.

Перевагами електричного трьохвісного щілиноміра XYZ порівняно з аналогами є: точність вимірювань; енергоефективність; кількість циклів спрацювання; простота конструкції; захист IP67; вартість.

Щілиномір містить два основних компоненти: вимірювальний модуль і вимірювальний паралелепіпед (рис. 1). Вимірювальний модуль складається з трьох датчиків переміщень, встановлених на кронштейні. Вимірювальний паралелепіпед являє собою поліровану поверхню з нержавіючої сталі в формі паралелепіпеда, приварену до кронштейну [2].

Основні параметри:

- діапазон вимірювань: ± 12,5 мм;
- тип вимірювального елемента: потенціометр RECTI P 12-50 з номінальним опором 4,7 кОм ± 20%, лінійністю ± 0,1%;
- точність: 0,05 мм;
- напруга живлення: 6,5 … 12 В постійного струму;

- робоча температура: -40 °C … +60 °C;
- ступінь захищеності: IP67;
- відстань між стіною і пристроєм: ≤30 мм.

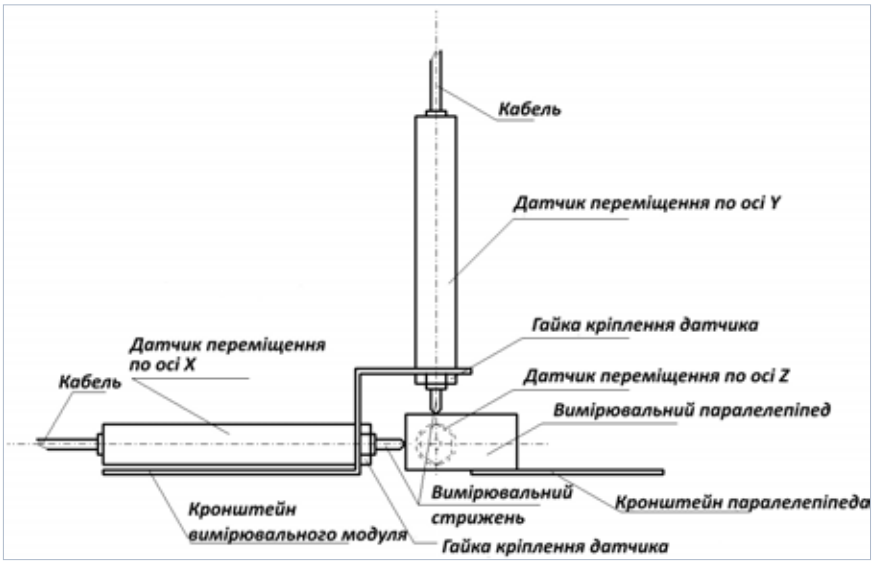


Рисунок 1. Схема дистанційного щілиноміра

ВСТАНОВЛЕННЯ

Якщо поверхні з обох сторін тріщини знаходяться в одній площині, та є можливість встановлення кронштейнів вимірювального модуля та вимірювального паралелепіпеда таким чином, щоб вони стикувалися, то щілиномір XYZ встановлюється за допомогою анкерних болтів по обидві сторони тріщини, що підлягає нагляду, без додаткових пристосувань [3].

При цьому здійснюється наступна послідовність дій:

1) Встановлюється кронштейн вимірювального паралелепіпеда в потрібне положення.
2) Вставляються інсталяційні блоки (рис. 2) в кронштейн вимірювального модуля.
3) Кронштейн, зазначений в п. 2, встановлюється таким чином, щоб інсталяційні блоки спиралися на паралелепіпед.
4) Визначаються місця розташування отворів виконуються отвори.
5) Встановлюються обидва кронштейни та перевіряється щільність гвинтового з’єднання.
6) Видаляються інсталяційні блоки та встановлюються датчики переміщень.

Якщо поверхні по сторонах тріщини розміщені не на одному рівні, то різницю рівнів необхідно компенсувати за допомогою будівельного розчину.

Рисунок 2. Інсталяційний блок

Після встановлення щілиноміру, кабелі від датчиків збираються в один пучок, закріплюються за допомогою монтажних ПВХ хомутів, заводяться в комутаційну коробку та підключаються на відповідні клеми. Проводиться початкове вимірювання за допомогою омметру, показання якого заносяться до калібрувального листа.

Вимірювальна інформація передається дротовою лінією (рис. 3), для збору даних від декількох приладів застосовується мультиплексор (рис. 4).

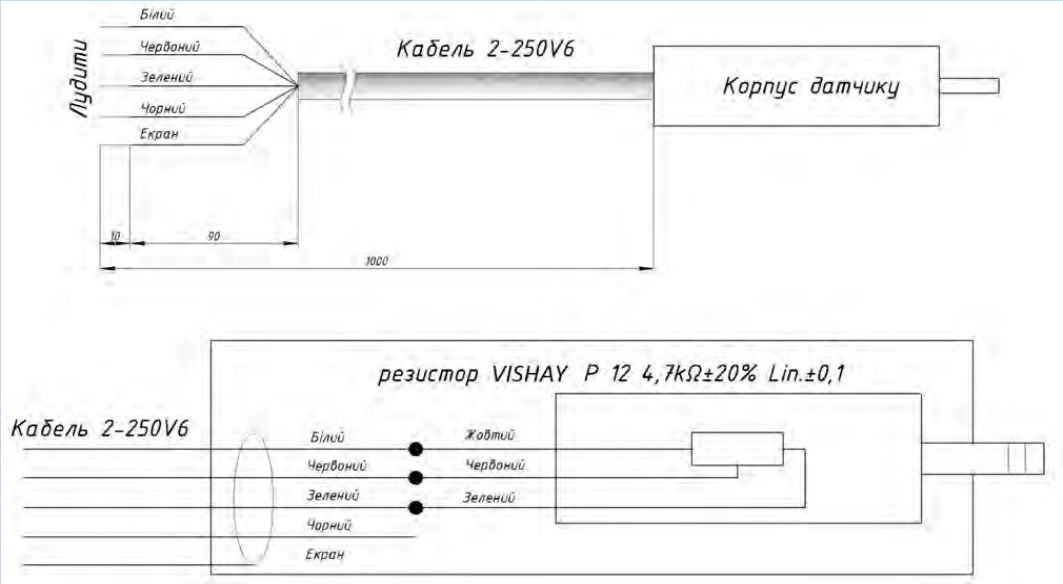


Рисунок 3. Кабельне з’єднання з потенціометром.

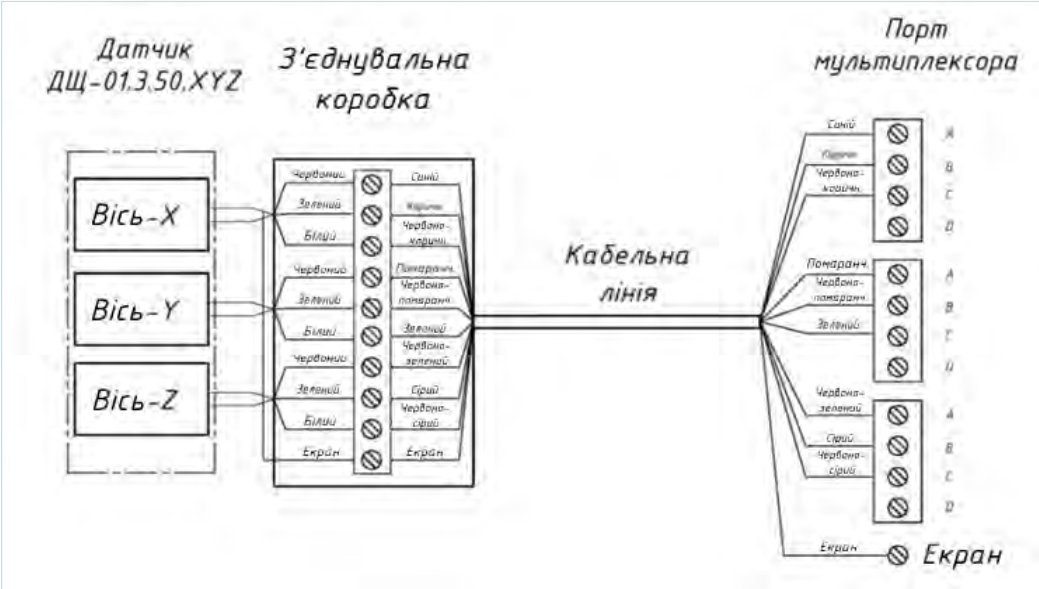


Рисунок 4. Кабельне з’єднання з мультиплексором.

ЗБІР ДАНИХ ТА ВІДДАЛЕНЕ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Показання щілиноміра, оснащеного вимірювальним перетворювачем лінійних переміщень на основі лінійного прецизійного потенціометру, можна зчитувати за допомогою омметра [3].

Збільшення показань приладу між червоним та білим провідниками порівняно з першим вимірюванням, здійсненим після встановлення, свідчить про розходження шву, на якому встановлений щілиномір. Отже, зменшення показань означає змикання (сходження) [2].

Щілиномір призначений для використання з системою збору даних або локальним автоматичним комутатором на базі реєстратора даних.

ВИСНОВКИ

Розглянуте комплексне рішення у вигляді електричного трьохвісного щілиноміра XYZ для контролю відносних переміщень у поперечному напрямку суміжних поверхонь, тріщин в породі або поверхні конструктивних з'єднань є актуальним на даний момент адже аналогів в Україні майже не існує.

Застосування такого приладу дозволить підвищити точність і якість вимірювань, знизити витрати енергії, також така система дозволяє відстежувати зсув одразу за трьома координатами. Суттєвою превагою застосування розглянутого приладу є вартість.

Підключення датчика до автоматизованої системи моніторингу дає можливість у реальному часі постійно контролювати параметри важливих стратегічних об’єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Джон Гордон, Конструкции почему они стоят и почему разваливаются, 2021. – 480 с.

[2] Зудин В. Л. Датчики: измерение перемещения, деформации и усилий. Учебное пособие для СПО, 2020. – 642 с.

[3] Шарапов В. Датчики: справочное пособие. / В. Шарапов, Е. Полищук. 2010. – 980 с.

Наук. керівник – професор Гераїмчук М. Д.

УДК 681.121

Ю.В. Кучеренко, студентка гр. ПМ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Анотація. Системи автоматизації призначені вирішувати проблеми у різних сферах діяльності людини. Однією із важливих складових автоматизованих систем є засоби зв'язку між приладами. Удосконалення методів інтеграції пристроїв можуть розширити функціональні можливості пристроїв. У статі проведений огляд поточного стану технологій та приклади їхнього застосування у сфері енергопостачання. Розглянуто способи автоматизації у житлових приміщеннях на прикладі використання сучасних технологій інтелектуалізації приладів – Інтернет речей. Визначено потенційні шляхи розвитку систем автоматизації для сфери енергопостачання.

Ключові слова: Інтернет речей, автоматизація, бездротовий та дротовий зв'язок, енергоресурси.

ВСТУП

Автоматизація у побутовій сфері може вирішити багато проблем та питань, одним з яких є контроль спожитих енергоресурсів. У наш час ми маємо вибір технологій для різних способів автоматизації, спрощення роботи чи покращення побуту у різних сферах. З розвитком технологій набувають поширення технології Інтернет речей (IoT), що мають перспективи для моніторингу та керування енергоресурсів у житловому секторі. Метою даної роботи є визначення напрямків перспективного розвитку автоматизованих систем передачі та обробки інформації про енергоспоживання для житлових будинків.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Інтернет речей – це нові технології, які розроблені як глобальна мережа комп'ютерів та пристроїв, які здатні обмінюватись інформацією між собою. До неї відносяться фізичні об'єкти, які інтегровані за допомогою електронних схем, програмного забезпечення, датчиків, та мережевих технологій, у яких об'єкти здатні обмінюватись інформацією з користувачем та/чи іншими пристроями. Для реалізації компоненти системи повинні мати ідентифікаційні та сенсорні елементи. Тоді при наявності необхідних каналів зв'язку можна не тільки відслідковувати ці об'єкти і їх параметри в просторі і в часі, але і керувати ними. Із швидким розвитком мережевих технологій система Інтернет речей набула поширення у різних сферах життя, наприклад, для житлових будинків. Якщо можливо налаштувати систему контролю за параметрами середовища реагувати автоматично на дії людини, то таку систему називають автоматизованою системою «Розумний будинок». На рис.1 зображено архітектуру Інтернету речей.

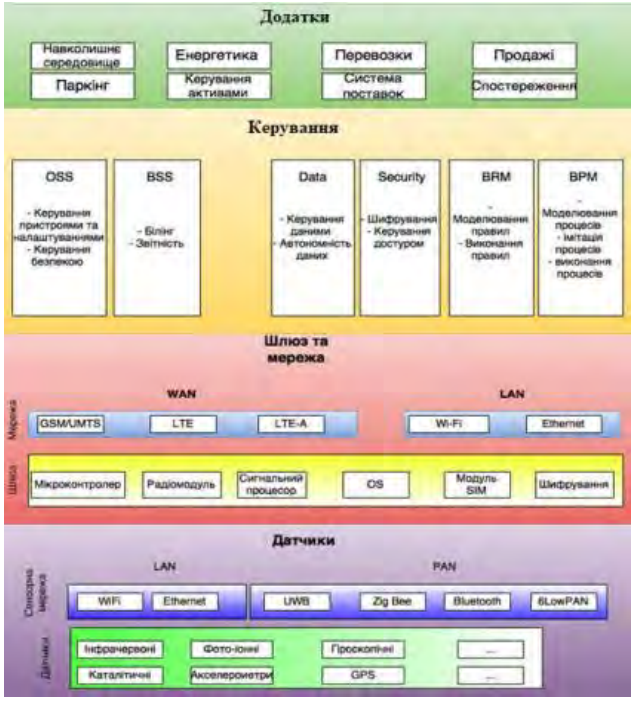


Рис.1. Архітектура IoT[2]

У дослідженні [1] був проведений експеримент, мета якого визначити ефективність зменшення температури нагрівачів для заощадження енергоресурсів. Залежно від налаштованих режимів температура змінювалась у комфортному для мешканців діапазоні від 20°C до 24 °C, при цьому кількість спожитої енергії зменшилась. З цього можна зробити висновок, що функція заощадження енергоресурсів для системи автоматизації «Розумний будинок» є не менш важливою ніж функція оптимізації побуту користувачів.

Контроль температури у приміщеннях здійснюється через керування системою опалення. Для цього потрібні датчики температури, контролер, плата чи мікрокомп'ютер, який виконує контроль, термостат, з’єднувальні кабелі. Система домашньої автоматизації реалізується через домашні шлюзи або маршрутизатори, що створює комунікаційну мережу для пристроїв. Зв’язок між пристроями може бути за допомогою дротових чи бездротових технологій.

При дротовій системі керування датчиками та периферійними приладами від центральної плати виконується через провідну шину. Для обміну інформацією між елементами автоматизованої системи при дротових технологіях найбільш поширені протоколи X-10 C-Bus, технологія EIB/KNX (European Installation Base), BACnet.

Перевагою X-10 є те, що цей протокол в якості середовища передачі даних використовує електричну проводку, яка прокладена в будівлі. Проте дана технологія має недолік – низька швидкість передачі даних.

BACnet гарантує можливість взаємодії між пристроями різних виробників, якщо алгоритми цих пристроїв реалізовані на основі стандартних функціональних блоків BIBB (BACnet Interoperability Building Block).

Також перспективними є технології C-Bus та EIB/KNX (European Installation Base), які використовують бездротову передачу через Інтернет з використанням TCP/IP протоколу і дротовий зв’язок по окремих кабелях в автоматизованих системах контролю енергоспоживання у житлових будинках.

Хоча дротові технології все ще широко використовуються, розумні будинки, як правило, переходять у бік бездротового зв’язку між пристроями. Перспективи автоматизованої системи керування та моніторингу споживання енергоресурсів пов’язані з удосконаленням бездротових технологій, впровадження нових способів поєднання із дротовим зв’язком, розширення функціональних можливостей системи автоматизації за допомогою

використання додатків для смартфонів, веб сайтів, бази даних, хмарних технологій, штучного інтелекту тощо.

Найбільш популярні бездротові технології ZigBee, Wi-Fi, Z-Wave, NB-IoT, LoRaWAN. Мережеві протоколи IoT можна розділити на протоколи великої (NB-IoT, LoRaWAN) та короткої дії (ZigBee, Wi-Fi, Z-Wave). На рис.2 показаний розподіл за діапазоном дії протоколів зв'язку, згаданих вище.

Рис. 2. Графік порівняння протоколів комунікаційних мереж Інтернет речей за дальністю дії та швидкості передачі даних[3]

Низька швидкість передачі даних робить ZigBee придатним для пристроїв, що живляться від батареї. Дальність дії може досягати понад 100 метрів.

Wi-Fi має високу пропускну здатність та дальність дії може досягати до 100 метрів. Основними недоліками Wi-Fi, по відношенню до домашньої автоматизації, є високе енергоспоживання і вплив на нього перешкод.

Протокол зв’язку Z-Wave призначений для передачі невеликих пакетів на низьких швидкостях (до 100 кбіт/с). Радіоприймачі мають низьке енергоспоживання, тому пристрої Z-Wave можуть працювати від акумуляторів.

Стандарт зв’язку NB-IoT (Narrowband IoT) призначений для пристроїв системи IoT для використання існуючих мереж оператора зв’язку. Перевагою є те, що це недороге рішення на основі LTE (Long Term Evolution). Пристрої, що використовують NB-IoT, споживають набагато менше енергії через вузьку пропускну здатність. Недоліком можна назвати те, що більшість пристроїв, які використовують NB-IoT, мають затримку 10 секунд або менше.

Протокол LoRaWAN набув популярності завдяки широкому радіусу дії і розрахований на абонентські пристрої чи датчики, які більшість часу перебувають в режимі енергозбереження і активуються для обміну інформацією з сервером. Швидкість передачі даних в режимі LoRaWAN коливається від 0,3 кбіт / с до 50 Кбіт / с.

На сьогодні є перспективним удосконалення систем автоматизації використанням 5G мереж, які можуть стати альтернативою Wi-Fi. Одним із важливих переваг п’ятого покоління стільникового зв’язку є те, що затримка сигналу зменшена до 4 мс. Завдяки тому, що 5G оптимізує передачу великих обсягів інформації із більшою швидкістю ніж попередні покоління стільникового зв’язку (може досягати 20 Гбіт / с) та можливістю підключати до мережі велику кількість пристроїв (до 1 млн пристроїв на 1 км2) дозволяє розширити систему автоматизації так, щоб забезпечити рівень продуктивності, необхідний для масового IoT. Це дає перспективи створювати не тільки індивідуальну систему розумний будинок для окремих споживачів, а також

інфраструктуру обліку споживання теплової енергії за прикладом вже існуючої системи «Розумна енергетика».[4]

«Розумна енергетика» (Smart grid) – це система електропостачання, яка модернізована інтелектуальними пристроями. Тобто, за допомогою автоматизованих лічильників реалізується дистанційний облік використаної електроенергії. Так як, в інтелектуальну систему інтегровані всі джерела електроенергії та всі споживачі, можна уникнути аварій та досягнути сталого електропостачання, змінивши топологію мережі за поточними режимними умовами. Також підвищена надійність мережі завдяки постійному моніторингу стану обладнання [2].

ВИСНОВОК

На основі проведеного огляду сучасного стану технологій та засобів автоматизації систем обліку використаних енергоресурсів визначено можливості удосконалення існуючих методів. Таких як, модернізація комунікаційних мереж чи інтеграція компонентів системи енергопостачання за допомогою нового покоління зв’язку. Розвиток систем автоматизації дозволить вирішити ряд проблем у енергетичному, житлово-комунальному та економічному напрямі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Krzrysztof Kolek. (2020). Central heating energy saving strategies for a public building. Advances in Intelligent Systems and Computing, Proceeding of KKA 2020 – The 20th Polish Control Conference, 264-275.

[2] Технології інтернету речей. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізація «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,5 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с.

[3] Z-Wave vs Zigbee vs WiFi: Which Is Best For Your Home? – Режим доступу: https://homeseer.com/zwave-vs-zigbee-vs-wifi/

[4] Introducing 5G technology and networks – Режим доступу: https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/mobile/inspired/5G#:~:text=5G%20technology%20offers%20an%20

Наук. керівник – к.т.н., доц. Гришанова І.А.

УДК 681.121

А.М. Мельник, студентка гр. ПМ-01мп.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВИХРОВОГО ВИТРАТОМІРА

Анотація. Завдяки можливості вимірювання витрат рідин, газів і пари одним приладом усе більшої популярності набувають вихрові витратоміри з тілом обтікання. Недоліком таких приладів є непридатність для вимірювання за малих швидкостей потоку, що пов'язано із нестійким вихроутворенням. Проведено моделювання роботи вихрового витратоміра для трьох різних форм тіла обтікання з метою визначення тієї, яка забезпечує найбільш широкий діапазон вимірювання. Отримані результати дозволили визначити діапазон, у якому спостерігається стійке вихроутворення.

Ключові слова: витрата, вихровий витратомір, тіло обтікання.

ВСТУП

В сучасній вимірювальній практиці при комерційному обліку пари у котельнях, контролі технологічних процесів, вимірюванні витрат рідин і газів набули поширення вихрові витратоміри, принцип вимірювання яких базується на вимірюванні вихрових коливань [1]. Такі витратоміри поділяються на три групи [2, 3]:

- витратоміри з процесією воронкоподібного вихору;
- витратоміри з струменем, що осцілює;
- витратоміри, у первинному перетворювачі яких знаходиться нерухоме тіло [2].

Витратоміри кожної групи працюють в різних галузях і переважно в різних діапазонах витрат [3].

До переваг вихрових витратомірів можна віднести: стабільність та точність показань, простота і надійність перетворювача витрати, відсутність рухомих елементів в трубопроводі, частотний вимірювальний сигнал, незалежність показань від температури і тиску вимірюваного середовища, можливість створення імітаційних методів і засобів повірки, лінійність шкали, широкий діапазон вимірювань, відсутність вимог до шорсткості трубопроводу, низькі вимоги до співвісності і забезпеченню довжини прямих ділянок [1, 3-5].

Недоліками таких приладів є: непридатність для вимірювання за малих швидкостей потоку, чутливість до вібрацій та зміни температури [1, 3, 5].

Найбільшого поширення набули вихрові витратоміри з тілом обтікання (ТО), завдяки універсальності – можливості вимірювання витрат рідин, газів і пари одним приладом [1].

Принцип дії таких витратомірів ґрунтується на вимірюванні частоти зриву вихорів, що утворюються за встановленим у потоці тілом обтікання [2-4].

Метою роботи є визначення форми тіла обтікання, яка забезпечує найбільш широкий діапазон вимірювання.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ВИХРОВОГО ВИТРАТОМІРА

Частота утворення вихорів f пропорційна швидкості потоку і визначається співвідношенням

$$f = Sh\frac{V}{d},$$

де *Sh* – число Струхаля; *V* – середня за перерізом швидкість руху потоку, м/с; *d* – характерний розмір ТО [2, 3, 5].

Форма ТО вихрового витратоміра впливає на його метрологічні характеристики [3, 6].

В якості чутливих елементів використовуються циліндри, пластини, призми та інші. Різноманітність форм ТО говорить про складність та необхідність пошуку оптимальної. Вибір форми ТО запропоновано здійснювати за наступними критеріями [3, 5 – 7]:

- можливість отримання однозначної інформації про вихроутворення;
- стійке вихроутворення повинно починатися за якомога менших значень числа Рейнольдса;
- у робочому діапазоні число Струхаля повинно бути сталим;
- конструкція ТО повинна бути технологічною.

У вихрових витратомірах використовується той ефект, що у певному діапазоні чисел Рейнольдса число Струхаля практично залишається незмінним, завдяки чому коефіцієнт перетворення швидкості потоку у частоту зриву вихорів стає незалежним ні від густини, ні від в’язкості вимірюваного середовища і однакових для усіх класів середовищ [6].

Дослідження гідродинамічних явищ, що відбуваються при взаємодії ТО з потоком вимірюваного середовища, здійснено у Ansys Fluent. При цьому обрано три форми ТО: циліндр, призма з трикутним перерізом, призма з перерізом у вигляді трапеції (табл. 1). Розміри ТО відповідають рекомендаціям [3].

Таблиця 1. Геометричні параметри тіл обтікання.

	Діаметр	Основа	Висота
Циліндр (ТО 1)	10 мм	-	-
Трикутна призма (ТО 2)	-	10 мм	13 мм
Призма з перерізом у вигляді трапеції (ТО 3)	-	10 мм, 6 мм	10 мм

Моделювання проведено за умов прямої ділянки трубопроводу діаметром D, рівним 40 мм, у діапазоні об'ємної витрати від 1 м3/год до 40 м3/год.

За результатами моделювання отримано: значення швидкості і тиску у контрольних перерізах (рис. 1), що дозволило визначити число *Sh* і перепад тиску на вимірювальній ділянці.

Отримані результати дозволили визначити:

- діапазон сталості числа Струхаля, що обумовлює діапазон вимірювання вихрового перетворювача витрати з ТО, тобто діапазон витрат, у якому спостерігається стійке вихроутворення (рис. 2);
- перепад тиску, викликаний встановленням у потоці вимірюваного середовища ТО (рис. 3).

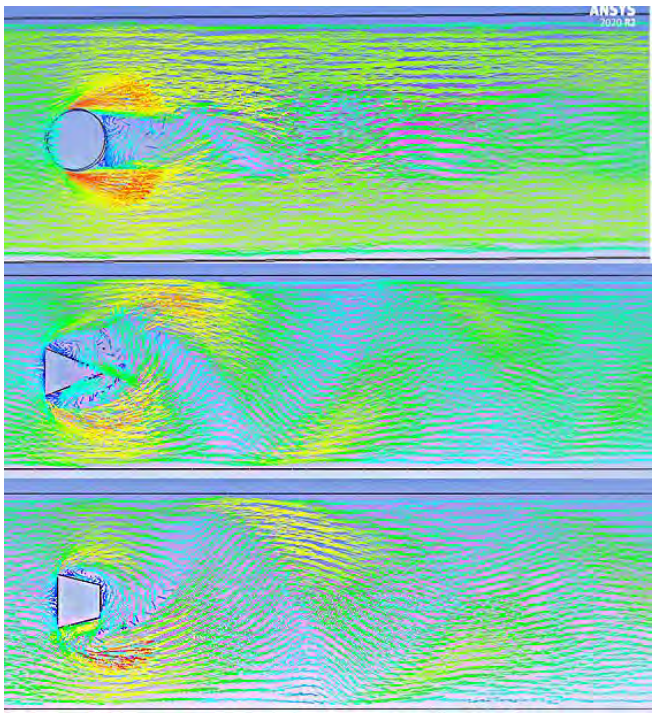


Рисунок 1. Епюри розподілу швидкості вздовж вимірювальної ділянки за витрати 25 м3/год

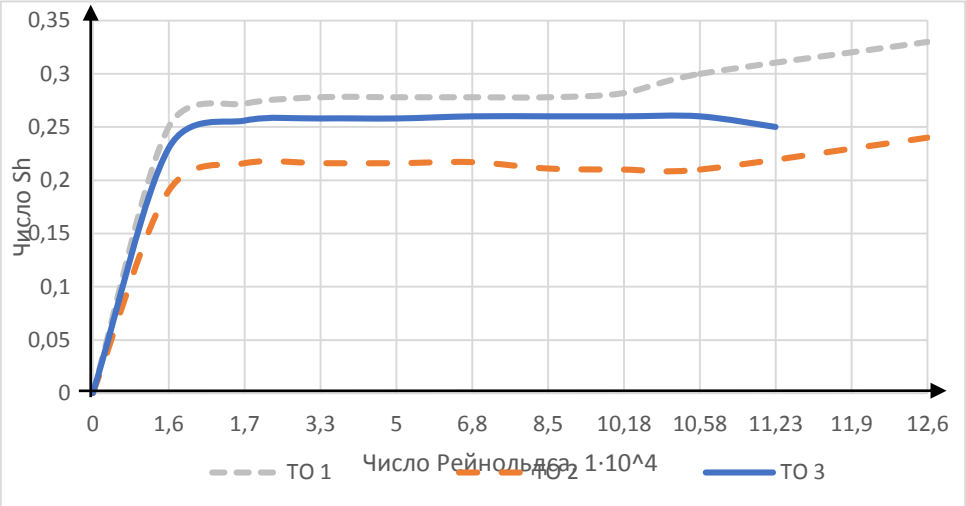


Рисунок 2. Залежність числа Струхаля від числа Рейнольдса

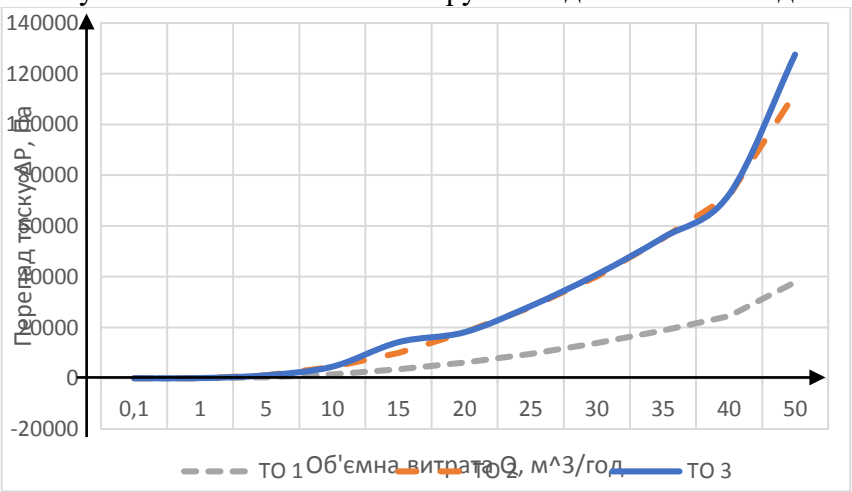


Рисунок 3. Залежність перепаду тиску від об’ємної витрати

Проведене моделювання дозволило виявити відповідність між діапазонами сталості числа Sh і витрати (табл. 2).

Таблиця 2. Результати моделювання

	Діапазон зміни, Re·104	Діапазон вимірюваних витрат, м3/год	Перепад тиску за номінальної витрати, кПа
ТО 1	0,6788 ÷ 10,18	2 ÷ 30	8,1
ТО 2	0,9071 ÷ 10,58	3 ÷ 35	32,8
ТО 3	0,6415 ÷ 11,23	2 ÷ 35	33,9

ВИСНОВКИ

Аналіз результатів моделювання роботи вихрового витратоміра з тілом обтікання трьох різних форм показує, що найбільш широкий діапазон вимірювання, що підтверджується незмінністю числа Струхаля, забезпечує тіло обтікання у формі призми з перерізом у вигляді трапеції; у той же час найменші втрати тиску характерні для тіла обтікання у формі циліндра.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Вихревой расходомер ЭМИС-ВИХРЬ 200. Измерение расхода газа, пара, жидкости. [Електронний ресурс]. Доступно: https://emis-kip.ru/ru/prod/vihrevoj_rashodomer/#detail-text
[2] Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества: справочник / П. П. Кремлевский. – Ленинград: Машиностроение, 1989. – 700 с.
[3] Киясбейли А. Ш. Вихревые счетчики-расходомеры / А. Ш. Киясбейли, М. Е. Перельштейн. – Москва: Машиностроение, 1974. – 158 с.
[4] Писарець А. В. Аналіз сучасного стану вихрових засобів вимірювання кількості речовини. Сборник трудов международной научно-технической конференции «Приборостроение - 2001», Вісник Черкаського інженерно-технологічного інституту, 2001р., с. 53 – 56.
[5] Лурье М. С. Тела обтекания вихревых расходомеров / М. С. Лурье, О. М. Лурье // Датчики и системы. – 2008. – № 10. – С. 21 – 23.
[6] Лурье М. С. Вихревые расходомеры и счетчики количества жидкости с контактно-кондуктометрическим приемником-преобразователем вихревых колебаний. – Красноярск: СибГТУ, 1999. – 196 с.
[7] Лурье М. С. Оптимизация тел обтекания вихревых расходомеров для целлюлозно-бумажного производства / М. С. Лурье // Химия растительного сырья. – 2010. – № 4. – С. 173 – 176.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Писарець А. В.

УДК 621.317

Я.Є. Морозов, студент гр. ПМ-11мп, к.т.н., асис. Котляр С.С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ІНКЛІНОМЕТРІВ В СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГУ

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: інклінометр, датчик кута нахилу, системи моніторингу.

ВСТУП

Інклінометрія - це метод оцінки положення об'єктів один відносно одного або положення об’єкту в навколишньому просторі. Метод присвячений визначенню основних параметрів кутів нахилу.

Основна галузь використання інклінометрії - геотехнічний моніторинг та контрольно-вимірювальні прилади. Геотехнічний моніторинг включає управління ризиками на виробництві, будівництві та експлуатації технічних об’єктів, структурний моніторинг здоров'я, запобігання небезпекам та систем попередження з використанням геотехнічних датчиків. Одним із таких геотехнічних інструментів є інклінометр - датчик кута нахилу.

Інклінометр – це датчик, який вимірює величину кута нахилу, крен або відхилення об'єкта від напрямку вектору сили тяжіння.

Інклінометри використовується для вимірювання величини кута нахилу об’єкту або кутових деформацій технічних конструкції. Виміряна величина відхилення відображається у відсотках або градусах кутової міри по відношенню до напрямку гравітаційного поля Землі.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

У літературі [1-4] відсутні узагальнюючі дані про використання інклінометрів, як складових систем моніторингу стану складних технічних об’єктів інфраструктури, наявні лише приклади використання в окремих галузях. Тому приведемо такий аналіз.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Інклінометри залежно від видів чутливих елементів та умов використання бувають різних типів та розмірів.

Різноманітність типів інклінометрів зумовлена широким переліком областей їх використання:

- у гірничій справі за допомогою інклінометра визначають кут і азимут викривлення свердловини при бурінні порід землі, використовують для контролю її просторового положення;

- на будівництві на підйомних кранах інклінометри необхідні для постійного контролю робочого прогину стріли, для аналізу залишкового викривлення стріли після надмірних навантажень, а також для контролю кута нахилу підйомного крана в цілому по відношенню до поверхні землі;

- у видобувній галузі за допомогою інклінометрів проводять контроль кутів нахилу автокранів та землерийних машин для забезпечення безпеки праці персоналу;

- у транспортній галузі інклінометри допомагають здійснювати контроль стану і положення опор мостів, дозволять стежити за положенням трубопроводів для уникнення їх пошкоджень при зміщенні у просторі;

- при проведенні капітальних ремонтів і реконструкції інклінометри дозволяють відстежувати стан і положення архітектурних споруд та висотних будівель;

- інклінометри дозволяють проводити безпосередній вимір кутів нахилу транспортних магістралей з транспортного засобу, що рухається по них;

- інклінометр є одним із датчиків систем проти угону і проти вандалізму автомобілів, дозволяють контролювати кута нахилу кузова автомобіля.

Основні організації та підприємства, що використовують інклінометри у своїй професійній діяльності:

- проектні інститути, будівельні компанії, власники багатоповерхових будинків, сервісні організації;
- енергетичні компанії, атомні електростанції, гідроелектростанції;
- залізниця, метрополітен, організації наземного комунального транспорту;
- нафтогазодобувні та переробні компанії;
- аеропорти, річкові порти, мости, тунелі;
- висотні та унікальні об'єкти інфраструктури;
- об'єкти з масовим перебуванням людей: готелі, театри, стадіони, басейни, виставкові центри.

В наш час спостерігається тенденція підвищення уваги до безпеки різних об'єктів, конструкцій та споруд.

Для запобігання деформаціям та обваленням конструкцій застосовуються різні системи моніторингу, що дозволяють контролювати різні фізичні параметри та, при необхідності, оперативно вживати дій з метою запобігання небезпечним ситуаціям.

Системи моніторингу, в складі яких присутні інклінометри, дозволяють виявляти та вчасно вирішують такі проблеми:

- ризики деформації, повного або часткового обвалення будівельних та інженерних конструкцій під впливом різних факторів. Під час експлуатації поступово із часом у спорудах та на технічних об’єктах можуть траплятися випадки перевищення допустимого навантаження, може мати місце неправильна експлуатація об’єктів, зумовлена людським фактором. Для об’єктів підземної інфраструктури є вірогідність виникнення зміни природного балансу підземних вод, яка може привести до зміни пружно-деформованого стану ґрунтового покриття;

- ризики виходу з працездатного стану важливих об'єктів інфраструктури у разі їх деформації чи обвалення земельних ділянок;

- ризики появи людських жертв під час деформації чи обвалення об'єктів.

Отже, можна зробити висновок, що експлуатація створених людиною об’єктів, об’єктів інфраструктури та технічних об’єктів, потребує ретельного

догляду, контролю стану, своєчасних поверхневих і капітальних ремонтів, заміни частин об’єктів. Для вирішення цих задач використовують системи моніторингу, а інклінометр, як один із датчиків цих систем, дозволяє контролювати кут нахилу об’єктів.

Види інклінометрів різноманітні. Види приладів залежать від комбінації основних частин: датчиків кута нахилу, пристроїв збору, зберігання та обробки даних.

Конструкція корпусу інклінометра визначається місцем встановлення приладу на досліджуваний об’єкт і залежить від сфери застосування. Інклінометри можуть бути встановлено вертикально, коли є необхідність контролювати похилий скіс виїмки або будь-який рух на стінці та насипу; та горизонтально, для контролю опадів ґрунту над місцем тунелювання.

Типи інклінометрів класифікуються за такими ознаками:

- за методами вимірювань;
- за кількістю осей вимірювань;
- за статичністю об'єкту;
- за способом реєстрації вимірювань.

Розглянемо принцип роботи інклінометрів на основі кварцової механіки та технології MEMS. Інклінометри цих типів можуть бути в одно- та двохосьовому виконанні.

Інклінометри на основі датчиків з використанням кварцового скла є нахиломірами. Використання кварцу як чутливого елементу дозволяє отримати високу стабільність та високу точність вимірювань. Такі інклінометри в основному використовуються для контролю стійкості опор мостових переходів, висотних будинків, вугільних шахт, гідротехнічних дамб та інших об'єктів, де критично важливими параметрами є надійність, довготривала стабільність та висока точність вимірювань.

Кварцові цифрові інклінометри представляють собою одно- або двохосьові датчики вимірювань кута нахилу, виконані у вигляді автономного пристрою. Принцип дії датчика заснований на властивості фізичного маятника займати вертикальне положення при нахилі корпусу, таке положення маятника буде співпадати з напрямком вектору сили тяжіння та відповідати істинній вертикалі. Фізичний маятник датчика виготовляється з кварцового скла, що забезпечує високу стабільність геометричних розмірів і параметрів, зберігає пружні властивості підвісу маятника впродовж строку роботи датчика. Переваги таких кварцових інклінометрів:

- конструкція не потребує виготовлення додаткових деталей, що значно спрощує процес виробництва;
- прилад має невеликі габаритні розміри;
- прилад має високу чутливість;
- забезпечується довготривала стабільність;
- кварцова механіка забезпечує мінімальний дрейф нуля;
- прилад не схильний до механічного зносу.

Інклінометри на основі кварцового скла дозволяють вимірювати відхилення об’єкту вздовж однієї X осі або вздовж двох осей X і Y, мають діапазон вимірювань ±1°, ±3°, ±30°.

Система збору, збереження, обробки результатів вимірювань кутів нахилу представлена у вигляді цифрової системи, що дозволяє перетворення кутів нахилу у цифровий двійковий послідовний код і передачі його за інтерфейсом RS-485. Встановлений роз'єм для підключення інклінометра вилка РС7БТВ. Кабель для підключення інклінометра, НК-2 із розеткою РС7БТВ.

Перевагами цифрових кварцових інклінометрів є нечутливість їх до підвищених вібрацій, наявність подвійної гальванічної розв'язки – за аналоговою та цифровою частиною; цифровий інтерфейс; наявність вбудованої охоронної сигналізації.

Інклінометри із застосуванням технології MEMS (мікроелектромеханічні системи) називають MEMS-інклінометрами. МЕМС складаються з механічних елементів, датчиків, виконавчих механізмів та електроніки на загальній спільній кремнієвій підкладці з використанням технології мікрообробки і хімічним травленням.

Відхилення об’єкту від початкового положення відбувається із деяким прискоренням, яке, в свою чергу, викликає відхилення контрольної маси від центрального положення. Існує 32 набори радіальних елементів навколо чотирьох сторін квадратної контрольної маси. Ці елементи розташовані між пластинами, що прикріплені до підкладки. Кожен елемент та пара нерухомих пластин складають диференціальний конденсатор. Відхилення контрольної маси визначається шляхом виміру диференціальної ємності.

За допомогою цього способу можна визначати як динамічне прискорення (тобто удар чи вібрацію), і статичне прискорення (тобто нахил чи обертання). Формування сигналу здійснюється в межах самого пристрою, тому виходить простий вихідний сигнал.

Цифрові двохосьові MEMS інклінометри призначені для безперервного вимірювання кутів нахилу по двох осях X, Y у діапазон ±90°. Інклінометр перетворює кути нахилу у цифровий двійковий послідовний код і передає його за інтерфейсом RS-485. Частота опитування інклінометра регулюється. Для ідентифікації даних можливе його підключення на контролер MS4812, який формує живлення інклінометрів, керує їх опитуванням і всі прийняті дані записує на карту micro SDHC або передає на сервер. Сигнали інтерфейсу RS-485 і живлення підводяться одночасно кабелем «вита пара». Встановлення таких інклінометрів на об'єкті, кутове положення якого необхідно контролювати, можливе як у горизонтальному, так і вертикальному положенні.

ВИСНОВКИ:

1. Використання інклінометрів у складі систем моніторингу складних технічних об’єктів дозволяє проводити контроль їх стану, виявляти відхилення і вирішувати задачі по усуненню несправностей на ранніх стадіях.

2. Використання систем моніторингу в загальному, і інклінометрів у їх складі, хоч і збільшує витрати на експлуатації складних технічних об'єктів, проте ці трати мізерні порівняно з витратами на відновлення працездатності об'єктів після аварій і обвалів, а також є не порівняними із людським жертвами.
3. Сучасні інклінометри виготовляються із використанням елементів мікроелектроніки, що дозволяє зменшити їх габаритні розміри і собівартість, здешевити процес моніторингу і збільшити кількість таких систем для контролю складних об'єктів інфраструктури міст і підприємств.

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. Тимошенков, А.С. Тимошенков. 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.

УДК 681.51

Д.Р. Одайник, студент гр. ПМ-01мп, д.т.н., доц. Киричук Ю.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

Анотація. В даній роботі розглянуті існуючі аналізатори якості повітря та їх технічні характеристики.
Ключові слова: мікрочастинки, повітря, пристрій, якість, Xiaomi Smartmi PM2.5, Honeywell HAQ.

ВСТУП

Якість навколишнього повітря впливає на організм людини. Наявність у повітрі дрібних частинок та токсичних газів негативно впливає на працездатність людей та призводить до виникнення алергічних та хронічних захворювань.

Крім газів та дрібнодисперсних частинок у повітрі є велика кількість дрібних крапель рідини та різних частинок пилу. Найбільшу небезпеку становлять частинки розміром 2,5 та 10 мкм. У всіх нормативних міжнародних документах їх позначають як 2,5PM і 10PM.

Їх небезпека полягає в тому, що частинки 10PM проникають у легені, а 2,5PM можуть проникати ще глибше та засвоюватися через легені. Також вони здатні вбирати в себе різні хімічні елементи, бактерії та віруси.

Концентрацію дрібнодисперсних частинок вимірюють за допомогою аналізатор частинок.

XIAOMI SMARTMI PM2.5

Рисунок 1. Xiaomi Smartmi PM2.5

Цей розумний переносний пристрій [1] дозволяє визначити якість повітря в будь-якому місці. Аналіз виконується за допомогою лазерного датчика, який здатний вловити частинки до 0.3 мкм. За допомогою вбудованого мініатюрного

вентилятора пристрій всмоктує невелику кількість повітря для аналізу, залишаючись при цьому беззвучним.

Пристрій обладнано OLED-дисплеєм, світлодіодним індикатором та акумуляторною батареєю на 950 мАг. Якщо повітря чисте - індикатор горить зеленим світлом (0-75), якщо виявлено легке забруднення - помаранчевим (76-150), при значному забрудненні - червоним (150 і вище).

Детектор оснащений літієвою батареєю. Якщо проводити вимірювання протягом трьох хвилин, вона зможе забезпечити роботу пристрою від однієї підзарядки до 120 разів. Пристрій можна заряджати від мережі 5В 1А через порт micro-USB і з допомогою портативного акумулятора.

HONEYWELL HAQ

Рисунок 2. Honeywell HAQ

Honeywell HAQ [2] – компактний монітор температури, пилу, газів та мікрочастинок у повітрі, який також показує концентрацію діоксиду вуглецю у навколишньому повітрі. Однією з особливостей пристрою є сукупна метрика якості повітря.

Пристрій [3] може працювати як автономно, так і з живленням від USB. Акумулятора вистачає на вісім годин безперервної роботи. Покази відображаються на дисплеї, а також вся статистика доступна в програмі (рис 3).

Вентилятор, який вбудовано у пристрій, безперервно прокачує повітря через датчики. У пристрій вбудовано 5 типів датчиків: на мікрочастинки PM2.5 [4], температура (T) та вологість (H), на леткі органічні речовини (VOC/ЛОС), на вуглекислий газ CO2 та на HCHO (формальдегіди).

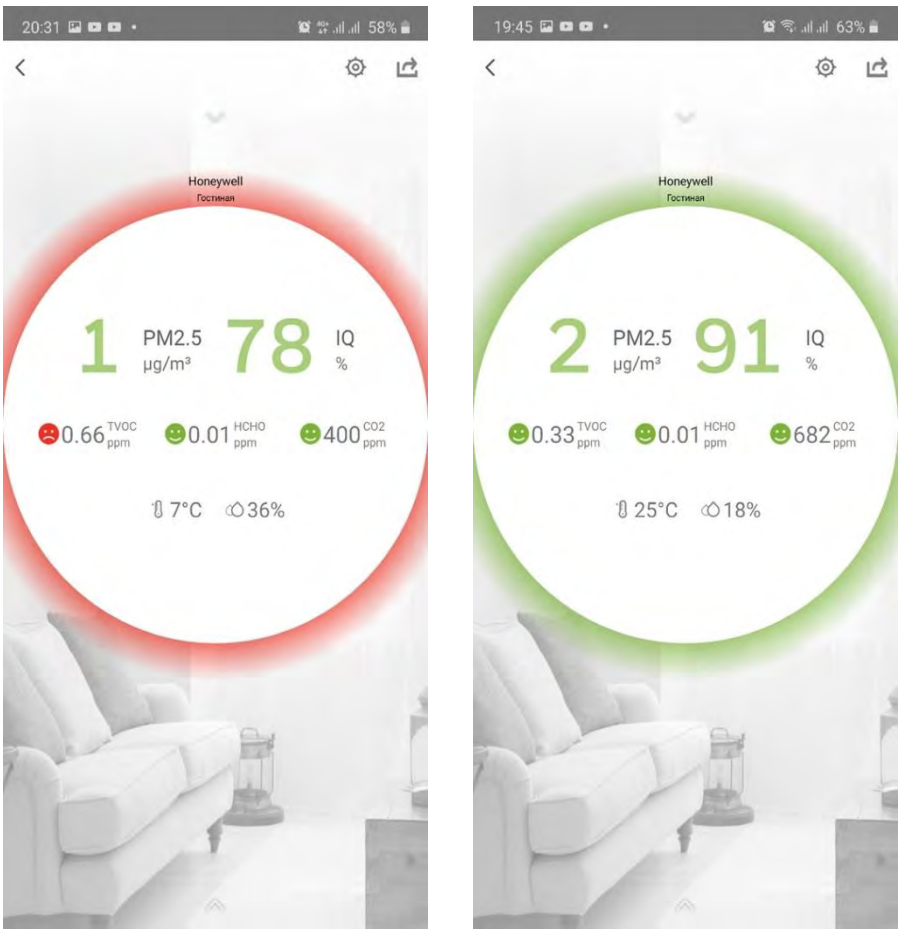


Рисунок 3. Програма для отримання даних з Honeywell.

ВИСНОВОК

Отже, описані пристрої можуть знадобитися людині, яка стежить за своїм здоров'ям. Вкрай корисно буде для алергіка та для тих у кого вдома є маленькі діти. Показання пристрою дозволяють вчасно оцінювати навколишнє оточення, провітрювати, усувати джерела забруднень повітря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Монитор качества воздуха Honeywell HAQ: гаджет на страже вашего здоровья — Режим доступа: https://www.ixbt.com/live/chome/honeywell-haq.html

[2] Монитор качества воздуха Honeywell HAQ — Режим доступа: https://habr.com/ru/post/448842/

[3] Festo демонстрирует BionicOpter – инновационного робота-стрекозу — Режим доступа: https://skay.ua/datchiki-xiaomi/42937-portativnyj-analizator-zagryazneniya-vozdukha-xiaomi-smartmi-pm25-detector-klwjcy01zm-vdj6001cn.html

[4] Нановредители: чем опасны ультрадисперсные частицы — Режим доступа: https://www.stena.ee/blog/nanovrediteli-chem-opasny-ultradispersnye-chastitsy

Наук. керівник – д.т.н., доц. Киричук Ю.В.

УДК 681.5

В. С. Олійник, студент групи ПМ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ БУДИНКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. У статті наведена структура побудови системи моніторингу будинку з використанням хмарних технологій. Описані переваги використання хмарних технологій. Наведена та описана схема обміну даними між компонентами системи.

Ключові слова: мікроконтролер, датчик, MQTT, HTTP, Telegram, хмарний сервіс.

ВСТУП

Останнім часом широкої популярності набувають системи розумного будинку та інтернету речей (Internet of Things). І це закономірно, так як кожна людина хоче контролювати свій будинок та бути захищеною від несподіваного потопу чи пожежі. Існує багато різноманітних систем, але одна із ключових проблем – висока ціна. Описана система у статті – це вирішення проблеми високої ціни завдяки використанню хмарних технологій.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Smart home або розумний дім – це зручне налаштування будинку, де приладами та пристроями можна автоматично керувати віддалено з будь-якого місця, де є підключення до Інтернету, за допомогою мобільного або іншого мережевого пристрою. Пристрої в розумному домі з’єднані між собою через Інтернет, що дозволяє користувачеві дистанційно керувати такими функціями, як безпека дому, температура, освітлення [1].

Є два види підключення розумного будинку: дротове та бездротове.

Переваги дротового розумного будинку:

- надійність, так як немає різних перешкод у вигляді стін або нестабільного зв’язку;
- швидкість передачі інформації також буде швидше, ніж передача по бездротовому каналу зв’язку;
- збільшений термін служби, так як немає необхідності замінювати живильні елементи в різних пристроях розумного будинку.

Недоліки дротової системи:

- висока вартість розробки проєкту й монтажу системи, так як потрібно провести кабелі до кожного пристрою окремо, а це можуть бути сотні, а то і кілометри дротів;
- монтаж системи необхідно довіряти тільки компаніям і фахівцям, що спеціалізуються саме на певних марках і моделях системи;
- при ремонті будинку або квартири, необхідно врахувати місце установки інформаційних та керуючих панелей.

Переваги бездротової системи:

- легке та швидке встановлення системи;
- дану систему можна встановлювати з готовим ремонтом;
- вартість є низькою в порівнянні з провідною системою.

Недоліки бездротової системи:

- слабка перешкодозахищеність зв'язку;
- регулярна заміна живильних елементів [2].

СТРУКТУРА СИСТЕМИ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ

На відміну від класичних систем розумного будинку та систем безпеки будинку, де є центральний контролер, через який компоненти взамодіють, дана система бездротова та децентралізована. Датчики не залежать один від одного. Кожен датчик під'єднаний до мікроконтролера, який у свою чергу передає покази датчика на сервер через WiFi. Тому датчик та мікроконтролер являє собою автономний компонент системи. Уся інфраструктура знаходиться на хмарних серверах, що робить систему більш безпечною, ефективною та швидко налаштовуваною. Такий підхід дозволяє спростити монтаж системи, так як потрібно тільки налаштувати підключення до хмарних сервісів та розташувати датчики по будинку.

У такій системі можна моніторити параметри, такі як: температура та вологість. Також задля безпеки можна встановити датчик детектування диму, датчик протікання води, датчик відкриття дверей. Цей мінімальний набір датчиків дозволить підвищити безпеку будинку.

Варто також відмітити, що така система реалізується на фоні нестачі електронних компонентів на ринку. Тому завдяки простоті та невибаглиовсті дана система є привабливою.

Для управління системою та отримання даних використовується мессенджер Telegram. Telegram – це хмарний сервіс для обміну повідомленнями. Використання даного месенджеру є вдалим рішенням, так як він є поширеним і користувачам не потрібно встановлювати додаткове програмне забезпечення. У Telegram є можливість створювати ботів. Боти — це сторонні програми, які працюють усередині месенджера Telegram. Користувачі можуть взаємодіяти з ботами, надсилаючи їм повідомлення, команди та вбудовані запити. Боти керуються за допомогою HTTP-запитів до Telegram API. Тому, використовуючи Telegram бота, можна взаємодіяти із користувачами месенджеру.

Система використовує для передачі даних протокол MQTT.

MQTT – це клієнт-серверний транспортний протокол обміну повідомленнями. Він легкий, відкритий, простий і розроблений таким чином, щоб його можна було легко реалізувати. Ці характеристики роблять його ідеальним для використання в багатьох ситуаціях, включаючи обмежені середовища в контексті інтернету речей (IoT), де потрібен невеликий обсяг коду та висока пропускна здатність мережі [3].

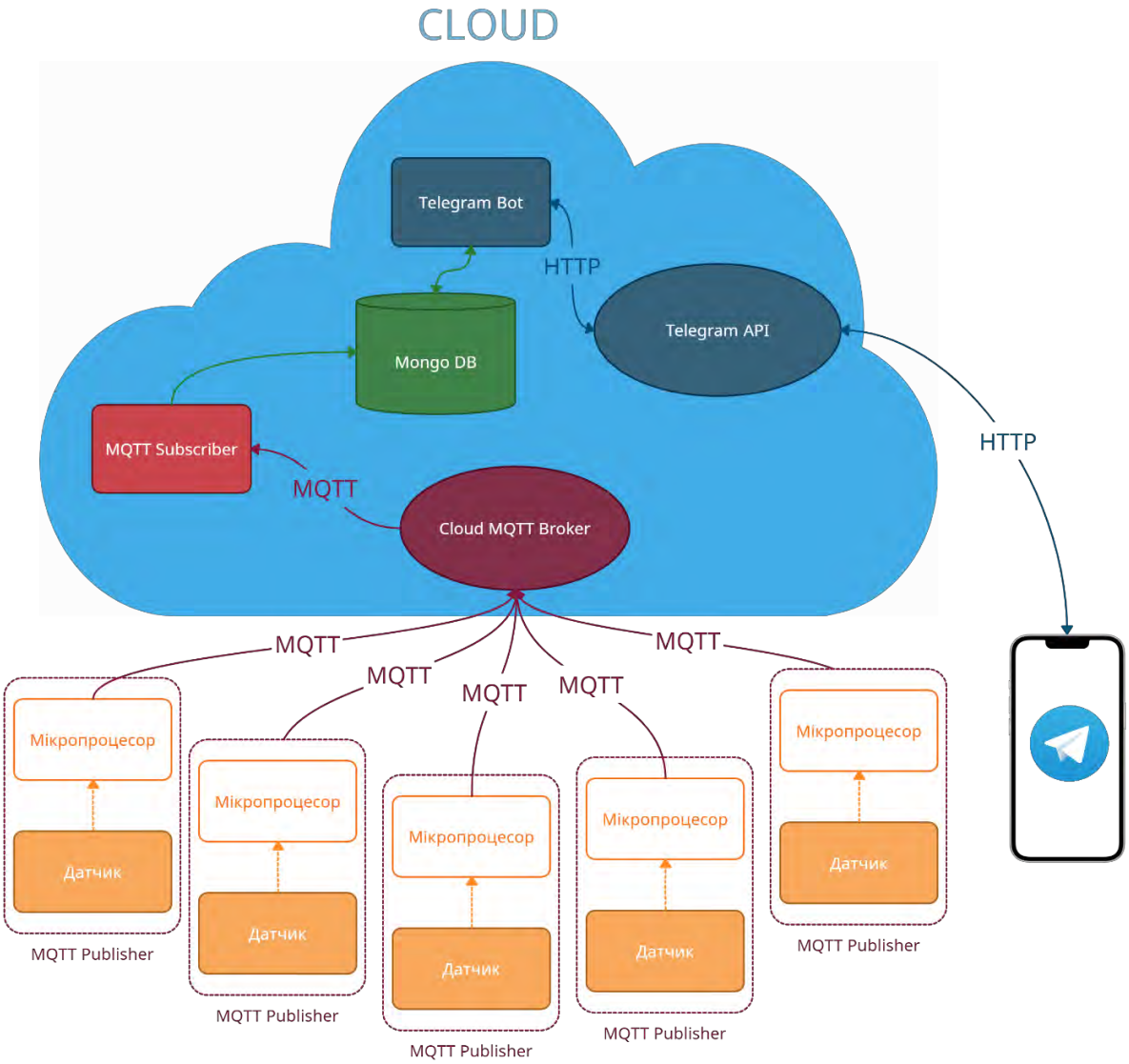


Рис. 1. Схема взаємодії та обміну даними у системі

На рис. 1 наведено схему взаємодії та обміну даними. Мікропроцесор із датчиком виступають у цій системі MQTT видавцями (MQTT Publisher) та в безперервному режимі відправляють дані через протокол MQTT до Cloud MQTT брокера. Далі брокер відправляє отримані дані від MQTT видавців до MQTT підписників (MQTT Subscriber). MQTT підписник – це сервер, що відразу отримує передану інформацію та записує її у базу даних Mongo DB. Коли користувач робить запит у Telegram боті, то бот звертається до бази даних Mongo DB і видає користувачу запитану інформацію. Також при екстрених ситуаціях користувач отримує сповіщення.

Мікропроцесори – важлива складова системи, так як вони обробляють покази датчика та передають їх на сервер. Для таких цілей потрібен мікропроцесор, обладнаний WiFi модулем та в той же час енергоефективний і недорогий у ціні. Проаналізувавши доступні на ринку мікропроцесори, найкращим виявився процесор ESP-32. ESP32 — це серія мікроконтролерів типу SoC (System on a chip), що мають інтегровані контролери Wi-Fi і Bluetooth, низьке енергоспоживання і невисоку ціну [4].

ВИСНОВКИ

Таким чином, було розроблено структуру децентралізованої системи моніторингу будинку з використанням хмарних технологій. Використання хмарних технологій дозволяє зменшити витрати на обслуговування, встановлення та налаштовування компонентів, так як усі компоненти системи, крім необхідних, винесені у хмарні сервіси. Також завдяки використанню MQTT протоколу підвищена надійність та швидкість передачі даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Smart Home [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.investopedia.com/terms/s/smart-home.asp (дата звернення: 18.11.2021)

[2] What are the types and features of smart homes [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.smarthouse.ua/en/kakie-byvayut-umnye-doma-vidy-i-osobennosti.html (дата звернення: 18.11.2021)

[3] Introducing the MQTT Protocol [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part-1-introducing-mqtt/ (дата звернення: 18.11.2021)

[4] ESP32 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/ESP32 (дата звернення: 18.11.2021)

Наук. керівник – к.т.н., доц. Гришанова І. А.

УДК 621.643

А. А. Сакута, студентка гр. ПК-01, ст. викл. Толочко Т.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ СКЛАДОВОЇ ШВИДКОСТІ ПОТОКУ ПОВІТРЯ ЗА ДОПОМОГОЮ НАПІРНОЇ ТРУБКИ ПІТО

Анотація. Описано методику опрацювання значної кількості експериментальних даних: проведення розрахунків, представлення результатів експериментів у графічному вигляді з використанням Exel.

Ключові слова: напірна трубка Піто, швидкість потоку повітря, об'ємна епюра швидкостей

ВСТУП

При експериментальному визначенні поздовжньої складової швидкості потоку повітря в трубопроводі прямокутного поперечного перерізу з використанням напірної трубки Піто є необхідність в опрацюванні великої кількості числових вимірювань адже чим більше експериментів буде проведено і у більшій кількості контрольних точок, тим точніше висновки будуть відповідати реальній картині. Після проведення експериментів необхідно провести значну кількість розрахунків. Після визначення швидкості потоку повітря у багатьох контрольних точках поперечного перерізу трубопроводу доцільно отримані результати представити у вигляді об'ємної епюри швидкостей.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ СКЛАДОВОЇ ШВИДКОСТІ ПОТОКУ ПОВІТРЯ В ТРУБОПРОВОДІ

Для експериментального визначення поздовжньої складової швидкості потоку повітря в трубопроводі прямокутного поперечного перерізу можна використати рідинний манометр з нахиленою трубкою. Напірні трубки Піто використовується для відбору динамічного тиску потоку повітря, який рухається по трубопроводу. При вимірюваннях поздовжню вісь напірної трубки розташовують перпендикулярно торцевому зрізу трубопроводу, встановлюють її в область перерізу трубопроводу і визначають величину L - переміщення вільної поверхні робочої рідини в похилій трубці відносно нульової поділки шкали. Чим більше контрольних точок торцевого поперечного перерізу трубопроводу, у яких буде виміряний тиск, тим достовірніше буде висновок про загальну картину. Крім того для досягнення більшої точності визначення L проводять багаторазово у кожній контрольній точці і використовують у подальшому середнє значення.

Таким чином, отримують велику кількість вимірювань, які у подальшому треба опрацювати.

Розглядається трубопровід, у якого розміри поперечного перерізу внутрішнього каналу прямокутної форми складають 100х30 мм. Якщо тричі вимірювати у 40 точках (10х4), тобто з кроком 11,111 мм по горизонталі та 10 мм по вертикалі, отримуємо 120 числових значень L –довжини стовпчика рідини в манометрі (табл. 1).

Таблиця 1. Результати вимірювань

Горизонтальні перерізи	***Цикли вимірювань***	***Точки горизонтальних перерізів Довжина стовпчика зрівноважуючої рідини L, мм***									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	47	53	63	67	69	70	61	53	46	37
	2	31	42	51	55	56	56	52	48	43	36
	3	36	42	49	53	54	56	52	46	42	35
2	1	46	54	54	52	53	58	57	56	53	42
	2	44	54	54	52	53	57	58	56	52	42
	3	46	53	55	52	52	58	57	57	51	43
3	1	40	53	53	48	49	56	58	56	53	41
	2	42	52	52	49	49	55	58	57	54	41
	3	41	52	53	50	48	56	57	58	55	42
4	1	33	45	46	42	35	44	46	45	42	32
	2	33	45	45	40	39	43	46	44	42	33
	3	34	44	45	39	39	43	45	46	44	36

Для кожного з 120 значень *L* визначається динамічний тиск в паскалях (Н/м2) за співвідношенням *P=L*2,* де *2* – постійна приладу при відповідному нахилу трубки манометра.

Далі для кожного із 120 значень визначається швидкість потоку повітря в м/с у відповідних точках за формулою $V = (2P/\rho)^{1/2,}$ де ρ – густина повітря, ($\rho = 1{,}205$ *кг/м3*).

Далі визначається середня швидкість потоку повітря і отримується таблиця-матриця – розподілу швидкості потоку повітря в *м/с* у контрольних точках прямокутного торцевого поперечного перерізу трубопроводу (табл. 2).

Таблиця 2. Швидкість потоку повітря у відповідних точках *V, м/с*

Горизонтальні перерізи	***Цикли вимірювань***	***Точки горизонтальних перерізів***									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	11,189	12,293	13,409	13,896	14,052	14,171	13,502	12,748	12,037	10,931
2	2	12,267	13,347	13,430	13,138	13,222	13,836	13,795	13,675	13,138	11,854
3	3	11,666	13,180	13,222	12,753	12,710	13,593	13,836	13,755	13,388	11,713

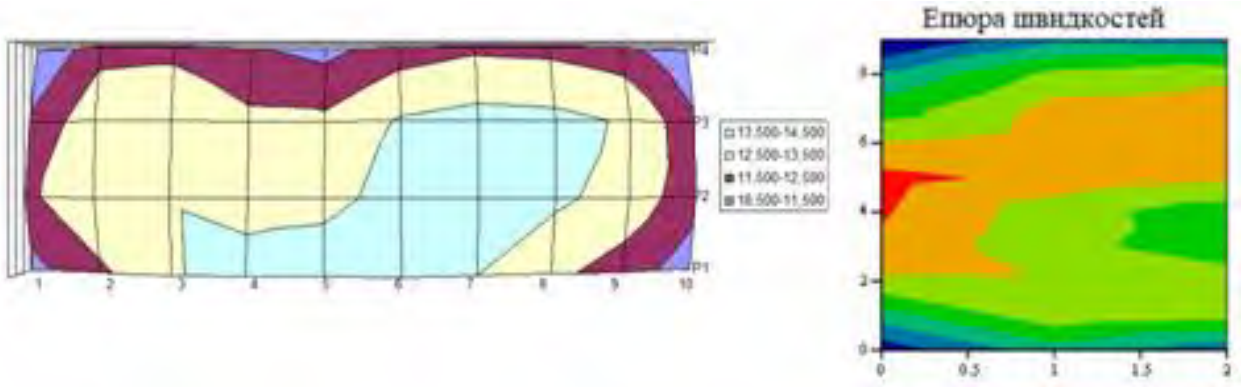


Рисунок 1. Епюра швидкостей потоку повітря у відповідних точках перерізу виконана у Excel та MathCAD

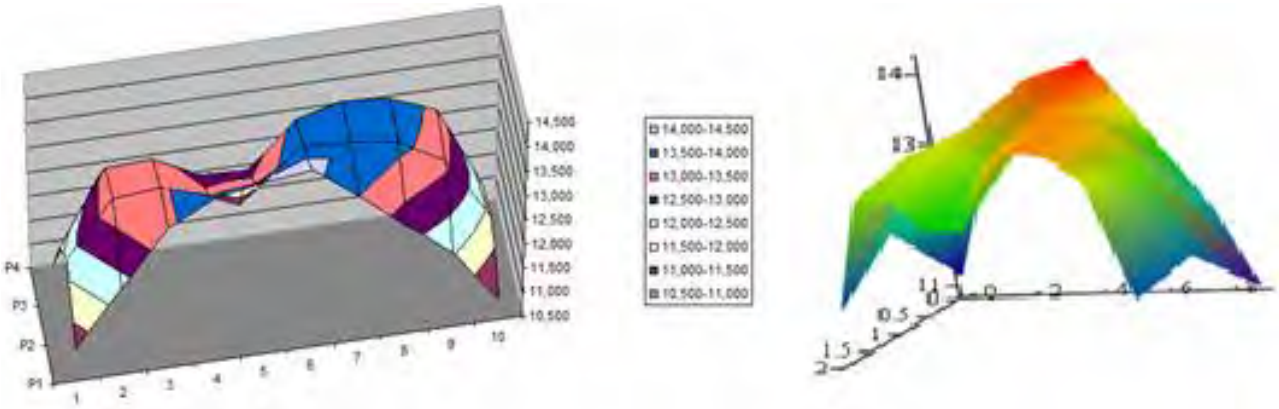


Рисунок 3. Об’ємна епюра швидкостей потоку повітря у відповідних точках перерізу, виконані у Excel та у MathCAD

Використання Excel та MathCAD дозволяє спростити опрацювання великої кількості експериментальних даних (провести необхідні розрахунки, знайти середнє значення великої кількості експериментів), а також наглядно представити результати у вигляді інформативних графіків. Це полегшує та поліпшує аналіз результатів досліджень і дозволяє зробити вірні висновки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Експериментальна механіка [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Інформативність фізичних процесів» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», уклад. О. К. Нікітін, В. М. Зайцев. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,59 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 138 с.

[2] Методи та засоби вимірювання параметрів технологічних процесів. Домашня контрольна робота [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп’ютерно-інтегровані технології проектування приладів» спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / О. К. Нікітін, Т. О. Толочко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,39 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 46 с

[3] Приладобудування та автоматизація. Терміни і визначення. Ч.1 [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студ. спеціальностей 151 «Автоматизація

та комп'ютерно-інтегровані технології», освітня програма «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів», 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», освітня програма «Інформаційно-вимірювальні системи та технології в приладобудуванні» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. К. Нікітін, В. М. Зайцев, Т. О. Толочко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,29 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 203 с.

[4] Сизоненко, П. В. Експериментальне визначення параметрів тяги повітряних гвинтів для малогабаритних літальних апаратів / П. В. Сизоненко, О. К. Нікітін // XI Науково-практична конференція студентів та аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2018 р., м. Київ, Україна : збірник статей / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ. – Київ : Центр учбової літератури, 2018. – С. 281–283

[5] Беспалов В. О. Методика оптимізації геометричних розмірів чутливих елементів вимірювальних перетворювачів сили складної форми / Беспалов В. О., Гераїмчук М. Д., Нікітін О. К. // Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування : збірник наукових праць. – 2006. – Вип. 31. – С. 79–85.

Наук. керівник – ст.викл., Толочко Т.О.

УДК 539.376

В.В. Ходячий, аспірант гр. ПМ-81ф, доц. Нікітін О.К.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ІНФОРМАТИВНІСТЬ КОНСОЛЬНОЇ БАЛКИ

Анотація. В матеріалі розглядається деформація балки при двух різних станах. Один при статичному навантажені на консольну балку, інший – при ударному навантаженні. Також в статі проведенні розрахунки цих навантажень.

Ключові слова:. пружна деформація, консольна балка, ударне навантаження.

ВСТУП

Одним з питань галузей промисловості, які мають справу с сипкими матеріалами, є питання, пов'язані з визначенням витрат сипких матеріалів. Досить великий перелік сипких матеріалів обумовлює необхідність розробки спеціалізованих засобів вимірювання витрат [1]. Одними з методів визначення витрат сипких матеріалів, є методи, побудовані на взаємодії вільного гравітаційного потоку сипкого матеріалу з елементами пружних перетворювачів. Визначення окремих параметрів цих процесів розглядається в наведених матеріалах.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Консольна балка з вантажем показана на рисунку 1.

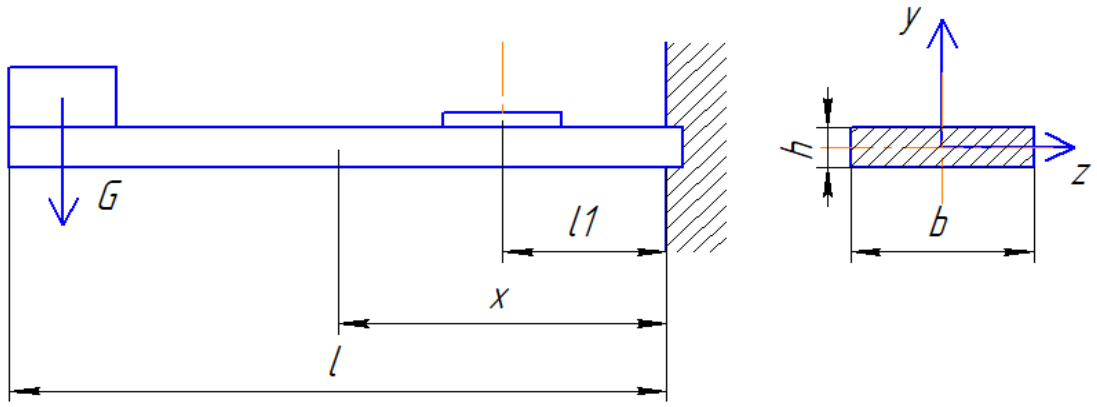


Рисунок 1. Консольна балка

Енергія, що накопичується в балці при згині, дорівнює [1, 2]:

$$E_p = \int_0^l \frac{M^2 dx}{2EI_z} \tag{1}$$

або

$$E_p = \int_0^l \frac{EI_z}{2}\left(\frac{d^2 y}{dx^2}\right)^2 dx,$$

де M – згинаючий момент; E – модуль пружності матеріалу балки; Iz – момент інерції поперечного перерізу балки відносно осі z.

Згинаючий момент в поперечному перерізі становить

$$M = G(l - x). \tag{2}$$

де G – вага твердого тіла; l – довжина балки; x – довжина до центру балки.

Підстановкою (2) до рівняння (1) отримаємо

$$E_p = \int_0^l \frac{G^2(l-x)^2\,dx}{2EI_z} = \frac{G^2 l^3}{6EI_z}. \qquad (3)$$

Тіло вагою G при згині балки здійснює роботу

$$A = \frac{G\delta_{CT}}{2}, \qquad (4)$$

де δcm – переміщення вільного кінця балки під статичною дією вантажу.

Якщо зрівняти праві частини виразів (3) і (4), отримаємо

$$\frac{G\delta_{CT}}{2} = \frac{G^2 l^3}{6EI_z},$$

що дозволяє визначити прогин балки на відстані *l* від закладення

$$\delta_{cm} = \frac{G^2 l^3}{6EI_z}. \qquad (5)$$

Зв'язок між переміщенням перерізу, в якому діє сила G, і відносними деформаціями поверхневих шарів балки ε на відстані *x* від жорсткого закладення балки має вигляд:

$$G_{\max} = G = \frac{Mh}{2I_z},$$

$$\varepsilon = \frac{G}{E} = \frac{Mh}{2I_z} \rightarrow EI_z = \frac{Mh}{2\varepsilon}. \qquad (6)$$

де *h* – товщина балки.

Підставляємо рівняння (6) до рівняння (4) і знаходимо:

$$\varepsilon = \frac{3Mh}{2Gl^3}\delta_{cm},$$

$$\varepsilon = \frac{3\cancel{G}(l-x)h}{2\cancel{G}l^3}\delta_{cm} = \frac{6(l-x)G}{Ebh^2},$$

де *b* – ширина балки.

Розглянемо деформацію балки при ударному навантажені (рис. 2).

Припускаємо, що робота тіла при ударі повністю перетворюється в енергію деформації вигину балки. Враховуємо, що зігнута вісь балки при ударі має таку саму форму, як і при статичному вигині. В такому випадку сила повинна дорівнювати [2, 3]:

$$F = \frac{3EI_z\delta}{l^3}.$$

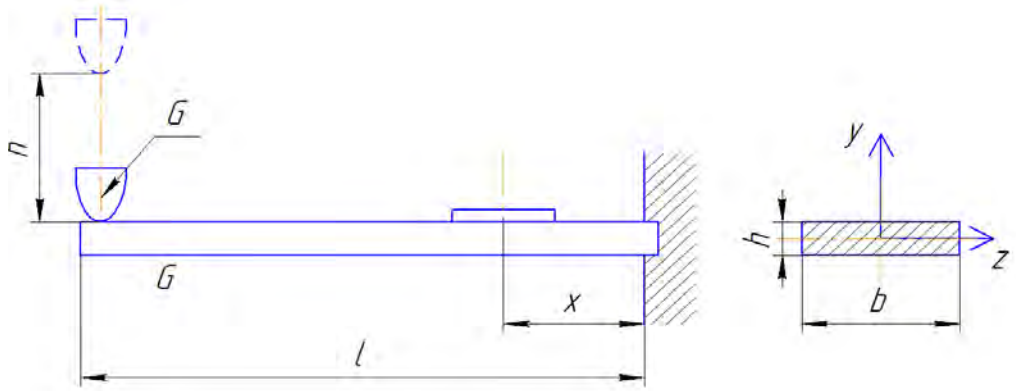


Рисунок 2. Ударне навантаження на балку

Повна енергія, що накопичувалась в балці, дорівнює роботі сили F

$$A = \frac{F\delta}{2} = \frac{3EI_z}{2l^3}\delta^2, \qquad (7)$$

де δ – повне переміщення вільного кінця при ударі.

Вантаж *G* падає з висоти *h* на кінець консольної балки і зумовлює її вигін. Після удару о балку вантаж продовжує рухатись донизу викликаючи згін балки. Внаслідок опору балки швидкість руху тіла поступово знижується до нуля. В цей момент прогин балки буде найбільшим і повна робота, вироблена вантажем перетворюється в енергію деформації балки

$$A = \frac{1}{2}G(h+\delta).$$

Енергія деформації при згині балки визначається залежністю (7). Тоді рівняння для визначення *δ* набуває виду

$$\frac{1}{2}G(h+\delta) = \frac{3EI_z}{2l^3}\delta^2,$$

звідки

$$\delta = \delta_{cm}\sqrt{\delta_{cm}^2 + \frac{1}{g}\delta_{cm}V^2},$$

де $\delta_{cm} = \frac{Gl^3}{3EI_z}$; $V = \sqrt{2gh}$; *V* – швидкість тіла в момент дотику до балки; *g* – прискорення вільного падіння.

У випадку *h>>δcm* рівняння набуває виду:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{g}\delta_{cm}V^2}.$$

При визначенні впливу маси балки на найбільший прогин будемо припускати, що зігнута вісь балки при ударі має таку ж форму, як і при статичному згині. Тоді можна показати, що наведена маса консольної балки становить:

$$m_н = \frac{33}{140}\cdot\frac{ql}{g},$$

де *q* – вага одиниці довжини балки.

Загальна швидкість, що встановлюється в перший момент удару, дорівнює

$$V_a = \frac{G}{G + \frac{33}{140}ql}V.$$

Повна кінетична енергія після встановлення загальної швидкості *Va* дорівнює

$$E_k = \frac{V_a^2}{2g}\left[G + \frac{33}{140}ql\right] = \frac{GV^2}{2g}\cdot\frac{1}{1+\frac{33}{140}\frac{ql}{G}}.$$

Враховуючи, що

$$\frac{GV^2}{2g} = Gh,$$

отримуємо

$$\delta = \sqrt{\frac{\delta_{cm} V^2}{g} \cdot \frac{1}{1 + \frac{33}{140}\frac{ql}{G}}} .$$

Відносна деформація поверхневих шарів балки на відстані x від закладення буде дорівнювати:

$$\varepsilon_k = \frac{3(l-x)h}{2l^3}\left[\frac{2Gl^3 h}{3EI_z(1+\frac{33}{140}\frac{ql}{G})}\right]^{1/2} .$$

ВИСНОВКИ

Результатом роботи є отримання аналітичної залежності для визначення відносної деформації консольної балки при ударі, що доцільно використовувати при розробці гідродинамічних витратомірів сипких речовин. Також ці матеріали можна використовувати при дослідженні потому сипкого матеріалу з взаємодією твердих тіл, для визначення його витрати.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

[1] Кремлевский П. П. Измерение расхода многофазных потоков / П. П. Кремлевский. – Л: Машиностроение, 1982. – 214 с.

[2] Тимошенко С. П. Сопротивление материалов Том первый / С. П. Тимошенко. – М: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 379 с.

[3] Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов: учебник для втузов. – 9-е изд., перераб. / В.И. Феодосьев. – М.: Наука, 1986. – 512 с.

Секція 5.
Ефективні інженерні рішення у інформаційно-вимірювальних технологіях. Технології аналітичного та екологічного приладобудування

UDC 613.646

E.A. Kirilenko, student; Morozova I.V., postgraduate; Bozhko K.M., PhD, associate professor

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

FUZZY MODEL OF AIR DUST CONCENTRATION IN KYIV FOR PM2.5 AND PM10

Abstract. Authors presents the fuzzy model of air dust concentration. The dust model allows the application of algorithms and methods of artificial intelligence. The authors have made a brief overview of simulation of dust emission in different countries and regions. Previously, fuzzy logic models were not enough use in these studies. However, these models are widely used in medicine. The authors hope that their modest contribution to fuzzy modelling of environmental problems will attract the attention of other researchers. In this work, we used the results of measurements that carried out at the meteorological stations in Kyiv. The authors' fuzzy model makes it possible to simulation into account two channels for measuring dust: PM2.5 and PM10.

It was found that in the Mamdani algorithm it is necessary to apply the "or" logic. This makes it possible to increase the influence of each channel on the negative assessment of the environment. The Mamdani algorithm in the "and" logic does not give strict restrictions on the concentration of dust in the atmospheric air for each of the measuring channels (PM2.5 and PM10) separately.

Keywords: dust emissions, particulate matter, PM10, PM2,5, fuzzy logic, Mamdani algorithm, AQI.

INTRODUCTION

Particulate matter (PM) is small airborne particles. Some particulate matter is natural and some is man- made. In general, the smaller the particle the deeper it can be inhaled into the lung. A type of gravimetric sampler used for measuring ambient concentrations of PM10 or PM2.5.

PM10. Particles which pass through a size-selective inlet with a 50 % efficiency cut-off at 10 micrometers aerodynamic diameter, as defined in ISO 7708:1995, Clause 6[1].

PM2.5. Particles which pass through a size-selective inlet with a 50 % efficiency cut-off at 2.5 micrometers aerodynamic diameter, as defined in ISO 7708:1995, Clause 7.1 [1].

Dust emission modelling for different countries and regions is currently in many works. Modeling of dust emissions (PM10 and PM2,5) in Mediterranean region is executions in [2-3]. Experimental research of dust deposition in Iran published in [4].

In Poland researched dust emission (PM2,5) in atmospheric air in urban agglomeration of Lublin [5].

More than two hundred meteorological stations monitor the Kyiv air (among other things, they measure the concentration of PM2.5 and PM10 dust) in real time [6]. The objective of this study is to apply fuzzy logic [7] to the air quality model in Kyiv (for dustiness PM2.5 and PM10). Fuzzy models are widely used today various expert systems.

APPROUCHES AND METHODOLOGY

For numerical gradation when monitoring the air, a special technique is used. The Air Quality Index (AQI) is used by government agencies to inform the public how polluted the air is at present or how polluted to become. Public health risks increase as the AQI rises. The air quality index includes, among other components, the PM2.5 dust concentration. The total dust in the air (PM2.5 and PM10) does not have a separate

index. AQI is the sum of several relative concentrations of principal substances of the same weight. The AQI calculated as a point scale.

The authors propose to apply fuzzy modeling to take into account two dust factors: PM2.5 and PM10. Input data for the model were from monitoring stations in Kyiv. The calculations were in the MATLAB program (fuzzy logic module).

RESULTS OF FUZZY MODELLING

In the city of Kyiv, there are currently 328 stations of air monitoring, of which 122 are November 2021, 18, in operation. Monitoring stations were installed by: “SaveDnipro”, “luftdaten.info”, “Eco City”, “AirVisual”, “AirPol”, “Kyiv Smart City”, “LUN Misto”, “Taras Shevchenko National University of Kyiv”, “Ukrainian Hydrometeorological Center”, “European radiological data exchange system”, “Kyiv City State Administration”, “Airly”, “PurpleAir”.

Stations in the Shulyavka area on a fragment of the Kyiv map with colored circles. The numbers in circles represent AQI [Fig. 1].

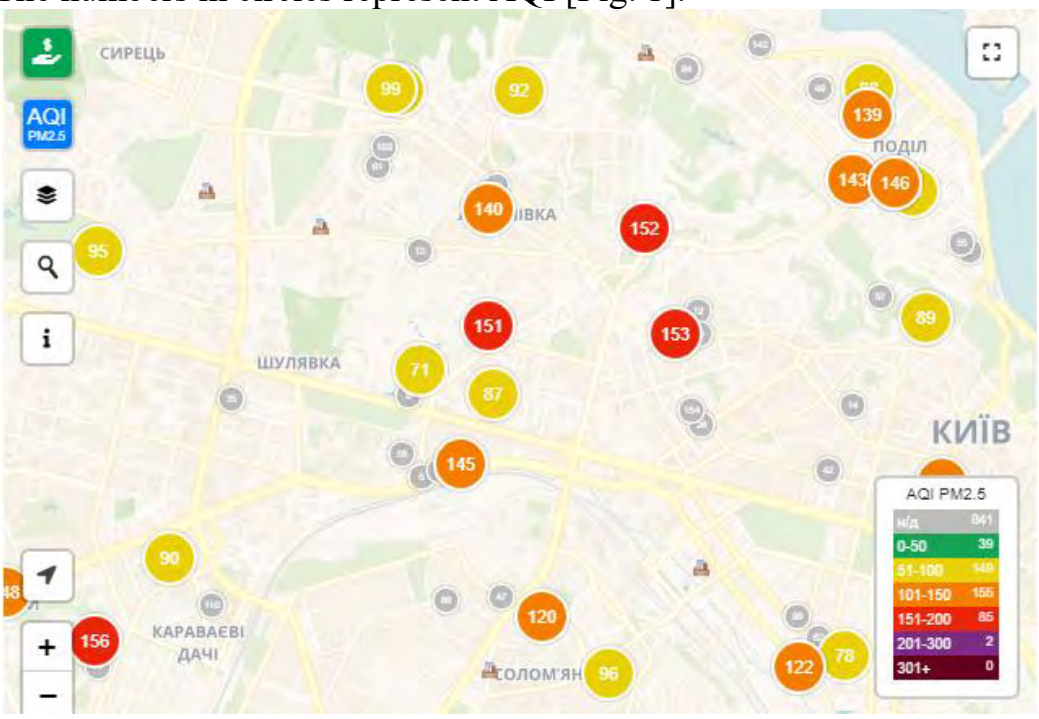


Figure 1. – Mape of Shulyavka area: AQI represent November 2021, 18, 21-00

Results of AQI, dust concentration measurements (in micrograms in cubic meter) and fuzzy modeling (“AirDust” in scale [0; 100] balls) presents in Table 1.

Table 1. Air quality in stations of Shulyavka area, November 2021, 18, 21-00

№	Address of station	Operator	AQI	PM2.5	PM10	AirDust
1	Borshchahivska, 13	LUN Misto	145	57,4	78,3	52
2	Kyrylo-Mefodijivska, 3	Luftdaten.info	87	38,7	68,6	55
3	Mytrofana Dovnar-Zapolskoho, 3	LUN Misto	151	67,6	85,5	59,4
4	Tbilisky provulok, 4	Luftdaten.info	71	32,2	100,6	59,3

The authors have developed two fuzzy models for air dust content. One of the models has inference rules in the AND logic, the other – in the OR logic.

The following parameters were set in the simulations:

- model type – Mamdani;
- the number of inputs is two: “InputPM2.5” and “InputPM10”;
- the number of output is one (“AirDust”);
- the type of input membership functions is Gaussian (“PM2.5green”, “PM2.5yellow” and “PM2.5red”; “PM10green”, “PM10yellow” and “PM10red”);
- the type of output membership functions is triangular (“DustGreen”, “DustYellow” and “DustRed”);
- the range of first input is 0-75 microgram in cubic meter;
- the range of second input is 0-300 microgram in cubic meter;
- the range of output is 0-100 balls.

The surface of modeling present in Fig. 2 and calculation results – in Fig. 3.

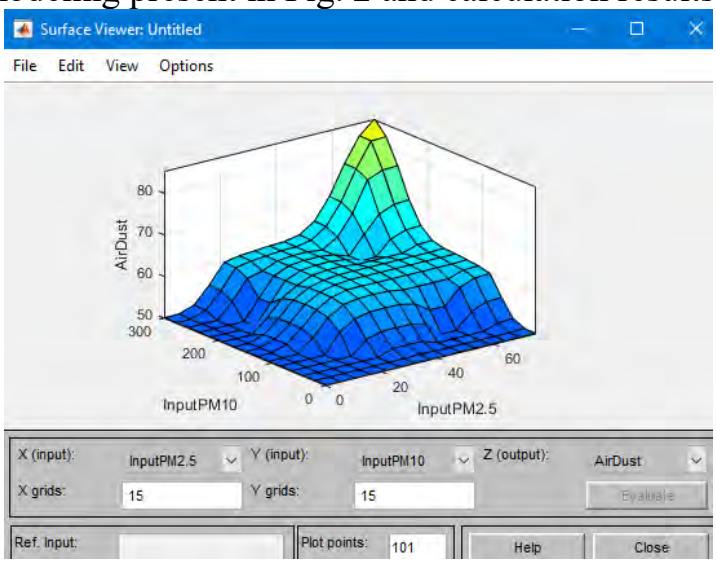


Figure 2 – Surface viewer of air dustiness for rules logic type OR

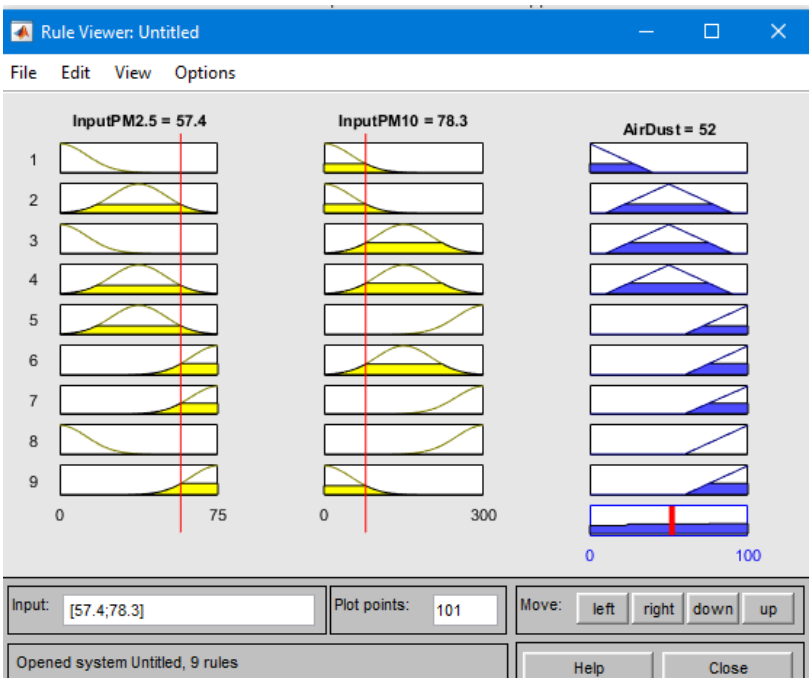


Figure 3 – Calculation of “AirDust” in fuzzy logic mode: logic type is OR

The integral indicator of dust content AD ("Air Dust") can differ significantly from the AQI (Air Quality Index) – see columns "AQI" and "AirDust" in table 1. This fact by the presence of sources other than dust (only PM2.5) in the AQI definition.

The dust scale takes into account the maximum dust concentration. With an adaptive scale, we get more differences in the dust assessment.

CONCLUSIONS

In a fuzzy model, the authors proposed an integral indicator ("AirDust" – AD) of air dust content by two types of particles simultaneously – PM2.5 and PM10.

It was found that in the Mamdani algorithm it is necessary to apply the "or" logic. This makes it possible to increase the influence of each channel on the negative assessment of the environment. The Mamdani algorithm in the "and" logic does not give strict restrictions on the concentration of dust in the atmospheric air for each of the measuring channels (PM2.5 and PM10) separately.

The fuzzy model tested on input data from four meteorological stations in Kyiv in real time mode. Localization of sources – Shulyavka area.

These studies can continued to refine the dust content scale in fuzzy model (nonlinear scale, extending rules, third input function, adaptive range for dust concentration PM2.5 and PM10, etc.).

This fuzzy logic model also allows you to get a relative rating of air dust concentration for each localization.

REFERENCES

[1] ISO 7708:1995. Air quality – Particle size fraction definitions for health-related sampling. – 1995. [Actual from 1995].

[2] Flaounas, E.; Kotroni, V.; Lagouvardos, K.; Klose, M.; Flamant, C.; Giannaros, T. Sensitivity of the WRF-Chem (V3.6.1) model to different dust emission parametrisation: Assessment in the broader Mediterranean region. //Geoscientific Model Development, 2017, Issue10, Pages 2925–2945.

[3] Saidou, C.; Abdoul, A.; Kanike, R.; Jia, H.; Tang, Y.; Tong, S. Evaluation of dust extinction and vertical profiles simulated by WRF-Chem with CALIPSO and AERONET over North Africa. J. //Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. Volume 199, Issue 3, March 2020, 105213, Pages 1-12. DOI: 10.1016/j.jastp.2020.105213.

[4] Foroushani, M.; Opp, C.; Groll, M.; Nikfal, A. Evaluation of WRF-Chem Predictions for Dust Deposition in Southwestern Iran. //Atmosphere, 2020, Issue 11, Pages 757 – 780.

[5] Marczak H. Particulate matter in atmospheric air in urban agglomeration. //Journal of Ecological Engineering. Volume 18, Issue 3, May 2017, pages 149-155. DOI: 10.12911/22998993/63361.

[6] https://www.saveecobot.com/ru/maps/kyiv

[7] Abhijit Pandit. Mathematical Modeling using Fuzzy Logic Applications to Sustainability. – CRC Press. Taylor and Francis Group. – 2021. – 212 p.

УДК 677.017

В.І.Артемчук, аспірантка гр. ПІ-11ф, О.М.Матяш, аспірант гр. ПІ-11ф, М.О. Григорчук, магістр гр. ПІ-12мп, О.П. Бочкова, магістр гр. ПІ-12мп, д.т.н., проф. Здоренко В.Г.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АКТУАЛЬНІСТЬ БЕЗКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. Великий обсяг виробництва текстильних матеріалів потребує оперативного моніторингу їх якості через безпосереднє визначення їх технологічних параметрів в процесі вироблення готової продукції. Зазначене доцільно здійснювати із використанням безконтактних методів контролю.

Ключові слова: ультразвуковий безконтактний контроль, текстильні матеріали, технологічні параметри.

ВСТУП

Розвиток текстильного виробництва сьогодні в Україні повинен задовольняти наукову та виробничу сфери економіки та сприяти процесу інтеграції вітчизняної галузі до світового міжнародного ринку, а також задовольняти інтереси споживачів та забезпечувати конкурентоспроможність готової продукції.

Прибуток підприємств легкої промисловості в основному залежить від забезпечення високої якості продукції, а кожна грошова одиниця, яка витрачається на вирішення поставленого завдання, компенсується в декілька разів та надає можливість зменшити брак на виробництві.

АКТУАЛЬНІСТЬ БЕЗКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

В даний час розвиток суспільства обумовлений зростанням вимог до якості продукції. Конкурентоспроможність товарів вітчизняних виробників текстильної продукції залежить від її попиту та постійного розширення асортименту різних матеріалів із підвищенням їх якості.

Текстильні матеріали мають великий попит, їх використовують для виготовлення одягу різного призначення, від елементів побутового одягу до виготовлення технічного трикотажу та іншого. Текстильні матеріали на ринку різних споживачів, потребують постійного контролю їх технологічних параметрів не тільки на етапі готового виробу, але і під час їх вироблення, що дасть можливість забезпечити їх належні якісні характеристики. Із розширенням асортименту та підвищенням якості продукції, українські виробники зможуть зайняти провідні позиції в світовому експорті текстильної продукції.

Сьогодні проблеми виробничого процесу виготовлення текстильних матеріалів по’вязані з тим, що налаштування технологічного обладнання можна перевіряти за дійсними значеннями технологічних параметрів матеріалів, які визначаються руйнівними лабораторними методами. Великий спектр вжитку матеріалів спричиняє суттєве навантаження на лабораторії контролю, адже для перевірки якості необхідно зібрати багато зразків текстильного матеріалу, тому при виявлення відхилень від норм виробництва матеріалу швидко усунути недоліки не є можливим, це призводить до зниження якості матеріалу, внаслідок

- збільшення браку, а також до простою обладнання, що тягне за собою надлишкові витрати енергоресурсів. Це робить неможливим проведення безперервного контролю параметрів в процесі виробництва, який необхідний для забезпечення високих якісних характеристик матеріалу. Тому безконтактні методи із використанням сучасних комп'ютерно-інтегрованих систем контролю технологічних параметрів текстильних матеріалів допоможуть суттєво підвищити якісні показники готової продукції при мінімальних витратах сировини.

Для вирішення поставленого завдання реалізації постійного оперативного контролю якості матеріалів через їх технологічні параметри необхідно застосовувати безконтактні методи вимірювального контролю, оскільки тільки вони можуть забезпечити моніторинг параметрів матеріалів в режимі реального часу. Як альтернативу лабораторному контролю можливо впровадити безперервний контроль технологічних параметрів текстильних матеріалів із використанням сучасних комп'ютерно-інтегрованих систем на основі безконтактних методів.

Для втілення даної ідеї на практиці потрібно отримати аналітичні залежності, які, в свою чергу, пов'яжуть інформативні параметри ультразвукових хвиль з технологічними параметрами текстильних матеріалів, що дозволить розробити безконтактні методи вимірювального контролю цих параметрів.

Актуальним завданням при розробці адаптивних безконтактних методів вимірювального контролю технологічних параметрів текстильних матеріалів є застосування кількох інформативних параметрів ультразвукових хвиль, які надходять до приймаючих перетворювачів системи, що забезпечить визначення додатково зміни структури текстильного матеріалу у порівнянні з еталоном. Дані методи й засоби повинні забезпечити жорсткий контроль виготовлення продукції з дотриманням стандартів технологічних параметрів для виконання нормативних вимог до якості самого матеріалу.

Одними із основних технологічних параметрів текстильних матеріалів є поверхнева густина, лінійна густина та об'ємна щільність матеріалу, величини яких необхідно постійно контролювати в процесі виробництва. Враховуючи особливості вимірювання та контролю даних параметрів їх необхідно визначати за допомогою комп'ютерно-інтегрованих систем застосовуючи безконтактні методи, що дасть можливість системі оперативно реагувати на зміну їх величини в процесі виробництва.

ВИСНОВОК

Таким чином, попит на продукцію текстильних матеріалів спонукає виробників до збільшення асортименту даної продукції та підвищення її якості. Причому основною вимогою до забезпечення необхідної якості текстильних матеріалів є швидкий контроль їх технологічних параметрів в процесі виготовлення, що допоможе також мінімізувати витрати сировини.

Отже, для підвищення якості виробів із текстильних матеріалів необхідно на виробництві використовувати безперервний контроль їх технологічних

параметрів за допомогою безконтактних методів, а саме для: поверхневої густини, лінійної густини та об'ємної щільності текстильних матеріалів з врахуванням їх натягу на технологічному обладнанні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Здоренко В.Г. Дослідження проходження імпульсного ультразвукового сигналу крізь тканину при контролі поверхневої щільності / В.Г. Здоренко, С.В. Барилко // Вісник ХНУ. — 2013. — №3. — С. 90—96.

[2] Здоренко В.Г. Технологічний контроль текстильних матеріалів / В.Г. Здоренко, С.В. Барилко, О.В. Барилко // Метрологія та прилади. – 2017. – №5. – С. 86 – 88.

[3] Здоренко В.Г. Технологічний контроль пористості текстильних матеріалів із складною структурою / В.Г. Здоренко, С.В. Барилко, А.С. Дяченко // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2017. – №1. – С. 105 – 112.

[4] Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах / Л.М. Бреховских. – М.: Наука, 1973. – 343 с.

[5] Костюков А.Ф. Модель регистрации признаков многослойной структуры с помощью колебаний / А.Ф. Костюков // Вестник АГАУ. — 2010. — № 3. — С. 94—98.

[6] Акустический метод исследования тканей / А. Н. Григорьев, В.А. Берестенев, Л.А. Флексер, И.Р. Бренер // Текстильная промышленность. – 1976. – №7. – С. 75 – 76.

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

УДК 615.47

Н.О. Більчук, студентка гр.ПВ-81, к.т.н. ст.викл. Морозова М.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МЕТОДИ ТА АСПЕКТИ ВИМІРЮВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ

Анотація. Розглянуто методи вимірювання артеріального тиску, фактори, етапи, аспекти та підходи, що впливають на його вимірювання. Проведено огляд і порівняння відомих методів вимірювання артеріального тиску. Розкрито нюанси використання методів, з врахуванням умов вимірювання.

Ключові слова: діастолічний, систолічний, пульс, тиск, метод.

ВСТУП

До відносно недавнього часу вимірювання артеріального тиску (АТ) було дуже простим: використовувалася єдина методика (аускультативний метод) для отримання однієї пари чисел (систолічного та діастолічного) характеристики стану артеріального тиску окремого пацієнта. Хоча цей метод добре слугує для оцінки ризиків гіпертонії та її лікування, але стає все більш очевидним, що цей метод дає неточний опис того, що насправді відбувається. Артеріальний тиск є надзвичайно динамічним явищем, яке залежить від багатьох факторів: психологічного стану людини, часу доби, прийому медикаментів. Нині існує цілий шквал досліджень, що розглядають ці аспекти артеріального тиску, і кінцевою метою є покращення оцінки ризику та наслідків лікування гіпертонії [1, 2]. Насьогодні розроблено міжнародні й національні рекомендації з профілактики, лікування хворих на артеріальну гіпертонію. Величина рівня артеріального тиску впливає на обрання підходів щодо обстеження та ведення таких пацієнтів, перебіг захворювання. Невідкладні стани в клініці внутрішніх хвороб (кома, кардіологічний шок, гіпертонічний криз, еклампсія), гемодинамічний контроль при реанімації та анестезії, проведення функціональних проб, - вимагають точної оцінки величини систолічного та діастолічного артеріальних тисків (САТ, ДАТ). Отже, визначення АТ має бути жорстко регламентованим, що накладає певні вимоги як до умов вимірювання, так і до приладів, що реєструють АТ [2].

НЕІНВАЗИВНІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ

Існує кілька основних непрямих методів вимірювання артеріального тиску, які найбільше поширені в клінічній практиці, є актуальними насьогодні та використовуються у медичній сфері. Залежно від принципу, покладеного в основу їх роботи, розрізняють: пальпаційний, аускультативний, осцилометричний методи. Із точки зору метрології ці методи визначають величину АТ за допомогою вимірювання певної фізичної величини (оптичної проникності, електричного опору і т.п.), функціональний зв’язок якої з АТ вважатиметься відомим [6]. Вказано декілька варіацій протидії тиску з використанням манжетів під дією тиску, які застосовують для стиснення гілки артеріального кровообігу (класично - плечової артерії).

Неінвазивні (або «непрямі») методи вимірювання артеріального тиску приведено в таблиці 1 [4].

Таблиця 1. Неінвазивні (непрямі) методи вимірювання артеріального тиску

Непрямі методи вимірювання артеріального тиску			
Метод	***Систолічний***	***Діастолічний***	***Середній***
Пальпація	Приблизно	Немає	Немає
Промивання	Приблизно	Немає	Немає
Аускультативний	Виміряний	Виміряний	Немає
Осцилометричний	Похідне	Похідне	Виміряний
УЗД	Так	Так	Немає

МЕТОД ПАЛЬПАЦІЇ

Метод Ріва-Роччі, який передбачає поступове стискання та розтискання кінцівок в області артерії і пальпацію її нижче місця здавлювання. При дії тиску в манжеті та появі пульсу визначається САТ. При помітному зниженні наповнення пульсу або появі прискорення пульсу вимірюється ДАТ.

Метод пальпації дозволяє визначити тільки систолічний тиск, при використанні виключно манометра. Збільшують кількість повітря у манжеті до зникнення пульсації, під час зниження тиску в манжеті пальпують променеву артерію. Значення, отримані з манометра при появі першої пульсової хвилі, і визначають величину систолічного тиску. Усі наступні зниження тиску в манжеті не впливають на характер пульсації, тобто тиск не змінюється. Отже, визначити діастолічний тиск неможливо [3].

МЕТОД ПРОМИВАННЯ

Це метод містить в собі кілька етапів, перший з яких - це знекровлення кінцівки, на яку накладено джгут, тугою стискаючою пов’язкою. Наступна дія - це поступове зниження тиску в манжеті, поки безкровна та зблідла кінцівка знову не стане нормального кольору («почервоніє») [4].

АУСКУЛЬТАТИВНИЙ МЕТОД

Традиційний метод вимірювання АТ, який існує з 1905 р. і був запропонований Н. С. Коротковим. Насьогодні даний метод визнаний як референтний метод неінвазивного визначення артеріального тиску, не враховуючи досить завищені значення для ДАТ та знижені для САТ.

Традиційний аускультативний метод вимірювання використовує надувну манжету, що охоплює кінцівку, у поєднанні зі стетоскопом для виявлення звуків, що видаються потоком крові, коли вона потрапляє під манжету. Манжета надувається до точки, коли тиск, який вона чинить на нижню руку, є достатньо високим, щоб зупинити потоки крові під ним, щоб не було чутно жодних звуків кровотоку. При зниженні тиску в манжеті, тиск, що передається від манжети до стінок підлеглих артерій, зменшується до точки, коли кровотік відновлюється, і починають чути звуки. Ці звуки різняться за інтенсивністю і зазвичай припиняються в точці найнижчого тиску в артеріях до наступного пульсу. Початковий звук наближається до пікового (систолічного), а кінцевий - до розслаблення (діастолічного) тиску в артерії. Прослуховування цих звуків та їх інтерпретація вимагає тренування, може ускладнюватися, якщо є порушення слуху або є значний шум навколишнього середовища (див. рис. 1) [5].

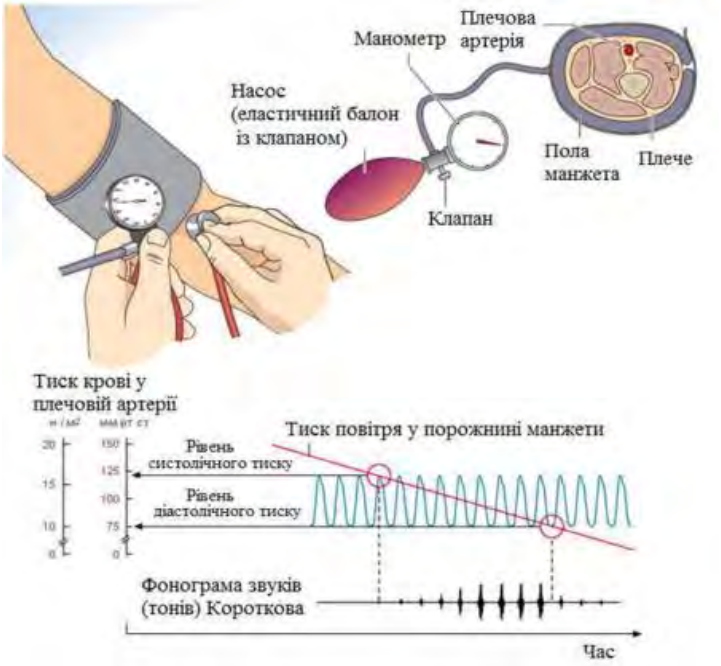


Рис. 1. Аускультативна методика вимірювання АТ [2]

ОСЦИЛОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД

Метод є найбільш поширеним, адже вважається точним і достовірним, але водночас має більш складний аналіз біосигналів порівняно з іншими методами [6]. У даний час осцилометричний метод використовується приблизно у 80% всіх автоматичних та напівавтоматичних приладів визначення артеріального тиску. У порівнянні з аускультативним, осцилометричний метод більш стійкий до шумового впливу і переміщення манжети по руці, дозволяє проводити вимірювання через тонкий одяг, а також при наявності вираженого «аускультативного провалу» і слабких тонах Короткова [2].

Осцилометрична методика вимірювання АТ припускає, що з кожною артеріальною пульсовою хвилею відбувається невелике підвищення і зниження об’єму кінцівки, що, у свою чергу, викликає підвищення, а потім зниження тиску в манжеті, який можна виявити за допомогою твердотільного датчика. Коли манжет, що оточує кінцівку, надувають електронним насосом (або вручну),

підвищення тиску в манжеті в кінці призводить до припинення надходження артеріальної крові в нижню кінцівку, і пульсація припиняється. Це фіксується пристроєм, який продовжує надувати манжет ще секунду-дві, щоб переконатися, що потік повністю зупинився. У цей момент надування припиняється, і відкривається клапан, що дозволяє тиску в манжеті повільно зменшуватися. Тиск у манжеті ретельно контролюється пристроєм. Спочатку він виявляє лише безімпульсне зниження тиску. Коли тиск в манжеті падає нижче пікового тиску артеріального пульсу, пристрій починає виявляти невелику хвилю тиску, що відображає різницю між тиском в манжеті та тиском в артерії. При подальшому спусканні манжета ці різниці тиску стають більшими, поки манжет не починає відходити від кінцівки і не буде виявлено меншу пульсацію об'єму. Отже, пристрій реєструє серію пульсових хвиль, які спочатку плоскі, потім дуже незначні, потім збільшуються до піку, а потім зменшуються, поки їх майже не можна виявити (див. рис. 2) [2, 5].

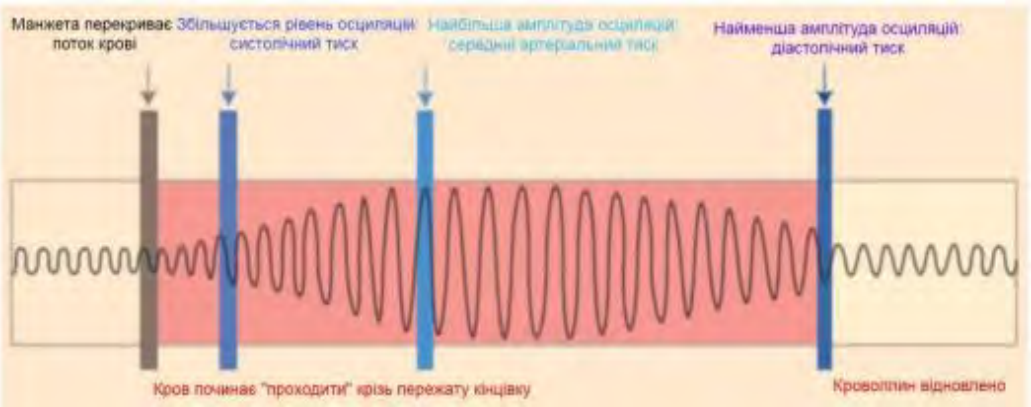


Рис. 2. Осцилометричний метод вимірювання АТ [2]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Thomas G. Pickering. New Ways of Measuring Blood Pressure // *American Journal of Hypertension*. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: https://academic.oup.com/ajh/article/19/10/988/524695

[2] Тонометри. Методи та прилади вимірювання артеріального тиску // Лекція 07.12.2020 р. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/139559/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%A2%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8.pdf

[3] L. A. Geddes. *Handbook of Blood Pressure Measurement* // Springer Science & Business Media. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://books.google.com.au/books?hl=en&lr=&id=eFivBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=%E2%80%99+Handbook+of+Blood+Pressure+Measurement&ots=ZEz1ZUk39t&sig=zpTJIUp7mWCZeL68zR0gM02sejM

[4] Invasive and non-invasive measurement of blood pressure // DerangedPhysiology. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://derangedphysiology.com/main/cicm-primary-exam/required-reading/cardiovascular-system/Chapter%20752/invasive-and-non-invasive-measurement-blood-pressure

[5] Philip S. Lewis. Oscillometric measurement of blood pressure: a simplified explanation. A technical note on behalf of the British and Irish Hypertension Society // Journal of Human Hypertension. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://www.nature.com/articles/s41371-019-0196-9#Sec2

[6] Завадостійке вимірювання артеріального тиску // Магістерська дисертація. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://ros.kpi.ua/wp-content/uploads/Download/Study/Magistersky_dysertaciy/Sikorskiy.pdf

Наук. керівник – к.т.н., ст.викл. Морозова М.М.

УДК 551.508.54

М.В. Дзюба, студент гр. ПН-з01мп, д.т.н., проф. Здоренко В.Г.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІТРОВИХ ПОТОКІВ

Анотація В даній статті розглянуто спосіб побудови ультразвукового сенсора швидкості та напряму вітрових потоків, в якому застосовується залежність зміни часу проходження ультразвуку від швидкості і напряму руху повітряного середовища.

Ключові слова: *анемометр, швидкість вітрового потоку, ультразвуковий метод.*

ВСТУП

Більшість сучасних цифрових метеорологічних станцій, які представлені на ринку, не обладнані сенсорами швидкості та напряму вітрових потоків. Проте, ці параметри є досить важливими для багатьох метеорологічних спостережень.

Сенсор швидкості повітряного потоку (анемометр) – це прилад для вимірювання потоків та напрямку руху повітря та газів. Це стосується як обмежених потоків, наприклад, руху повітря в повітропроводах, так і необмежених потоків, наприклад, атмосферного вітру. Анемометри мають, перш за все, метеорологічне призначення, адже зміни таких параметрів, як швидкість та напрям вітру вказують на зміни погодних умов, попереджають про наближення грози, шторму, інших небезпечних природних явищ, що є дуже важливим як для пілотів, моряків, інженерів, так і для багатьох інших сфер життєдіяльності [1].

Одними з найбільш сучасних і високоточних анемометрів є ультразвукові. Пристрої даної категорії ґрунтуються на визначенні швидкості ультразвуку на приймачі в залежності від показників потоку повітряних мас. У порівнянні з класичними методами вимірювання ультразвуковий принцип вимірювання дозволяє проводити безінерційні виміри поточних значень вітру з високою точністю і достовірністю. Особливо цей метод підходить для вимірювання значення поривів і максимальних значень вітрового потоку [2].

ОПИС СХЕМИ РОБОТИ СЕНСОРА

При побудові сенсора була використана трикутна схема розташування 3 випромінювачів і приймачів ультразвуку. Такий варіант виконання сенсору дозволяє вимірювати швидкість і напрямок тільки горизонтальних потоків повітря. Для більшості метеорологічних досліджень інформації про швидкість та напрям двох компонент вітрового потоку цілком достатньо, проте використання трьох ультразвукових перетворювачів дозволяє спростити схему та значно зменшити її габарити. Схема розташування ультразвукових перетворювачів показана на рисунку 1, де A, B, C – це випромінювачі і приймачі ультразвуку, розташовані по кутах рівностороннього трикутника.

Час проходження звуку між точками B і A позначимо tx, A і C позначимо ty, C і B позначимо tz, Відстань між випромінювачами позначимо через l, вектор між точками OW – є вектором швидкості вітру, δ - кут між швидкістю вітру і

вектором OA будемо відраховувати від OA по ходу годинникової стрілки. Кут між векторами OA і OB 2/3π, а між OA і OC – 4/3π.

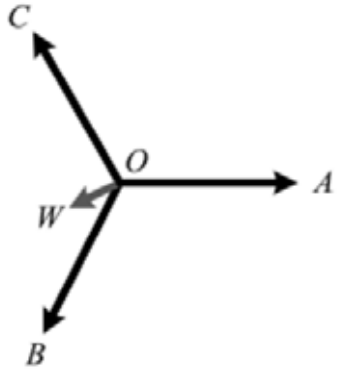


Рисунок 1. – Схема розташування ультразвукових перетворювачів

З огляду на доплерівській ефект від проходження звуку через рухоме середовище, можна записати наступну систему рівнянь [3].

$$\begin{cases} \dfrac{l}{t_x} = v_з + v_в \cos\delta, \\ \dfrac{l}{t_y} = v_з + v_в \cos(\dfrac{4\pi}{3} + \delta), \\ \dfrac{l}{t_z} = v_з + v_в \cos(\dfrac{2\pi}{3} + \delta), \end{cases} \quad (1)$$

де *vз* – швидкість ультразвуку при даній температурі, вологості повітря та атмосферному тиску, *vв* – швидкість вітру.

Крім того, швидкість звуку залежить від температури повітря *T*, парціального тиску водяної пари *e* та атмосферного тиску *p* і може бути визначана по формулі (2):

$$v_з = 20,067\sqrt{(1+0,32e/p)\cdot T}, \quad (2)$$

Величину впливу параметру *e* в останній формулі можна визначити знаючи значення відносної вологості повітря *r*, використовуючи відомий аналітичний зв'язок між ними [4].

Знаючи швидкість ультразвуку, знайдену із системи рівнянь (1), можна визначити *t0* – час проходження ультразвуку без впливу вітру:

$$t_0 = \frac{l}{v_з}, \quad (3)$$

Із системи (1) кут *δ* визначається як функція arctg, але так як область значень tg від (-π/2;π/2), то необхідно систему рівнять (1) подати у наступному вигляді:

$$\begin{cases} \dfrac{l}{t_x} = v_з + v_в \cos(\alpha), \\ \dfrac{l}{t_y} = v_з + v_в \cos(\beta), \\ \dfrac{l}{t_z} = v_з + v_в \cos(\gamma), \end{cases} \quad (4)$$

де α – кут між OW і вектором OA, β – кут між OW і вектором OC, γ – кут між OW і вектором OB.

Для отримання кута δ трикутна геометрія давача перетворюється в полярні координати, вектор OA вибирається спрямованим на північ – позначається як 0°, захід – як 90°, південь – як 180°, схід – як 270°. Виникає необхідність попівняти *tx, ty, tz* з *t0,* так як область визначення arccos від 0 до π. Після чого можна знайти кут δ.

Метод ультразвукової анемометрії має ряд наступних переваг:

– висока чутливість вимірювань (до 0,01 м/с за швидкістю вітру);

– відсутність впливу радіаційних перешкод від прямих сонячних променів;

– мала вага та габарити;

– низький рівень енергоспоживання;

– повна автоматизація процесу вимірювання та обробки метеоданих;

– подання результатів вимірювання метеорологічних параметрів у зручному для інтерпретації вигляді.

Також, важливою перевагою запропонованого методу є виключення впливу параметрів атмосфери (температури, вологості, висоти над рівнем моря) на вимірювання швидкості ультразвуку. Вплив цих факторів виключається при вимірюванні часу проходження ультразвуку в обох напрямках, хоча час проходження ультразвуку в одному напрямку залежить від цих параметрів [5].

ВИСНОВКИ

Запропонований варіант розміщення ультразвукових випромінювачів та приймачів дозволяє спростити конструкцію приладу. У сенсора також відсутні рухомі частини, що підвищує його надійність, а виключення впливу параметрів атмосфери на швидкість звуку, в результаті проведення вимірів в обох напрямках, дає можливість застосовувати такий прилад в різних кліматичних умовах і отримувати дані про швидкість і напрям вітрових потоків з однаковою точністю. Виходячи з цього, можна сказати, що розглянутий сенсор цілком підходить для використання у багатьох цифрових метеорологічних станціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Види анемометрів [Електроний ресурс] Режим доступу: http://simvolt.ua/anemometr-prilad-dlya-viznachennya-shvidkosti-ta-napryamku-rukhu-potoku/

[2] Анемометри. Застосування різних видів анемометрів. [Електроний ресурс] – Режим доступу: http://ecount.com.ua/artikle_102.html.

[3] Ермаков М.С. Разработка алгоритма определения параметров ветра ультразвуковим методом // «Automation of control processes» № 3 (49) 2017.

[4] Бердникова А. С. Разработка портативного комплекса для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра, Инженерная школа информационных технологий и робототехники — Томск, 2019 – 115 с.

[5] Семенченко Б.А. Физическая метрология – Аспект Пресс, 2002 - 415 с.

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

УДК 621.315.611

А.В. Довгаль, студент гр. ПА-91ф, д.т.н., проф. Туз Ю.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ НІТРИД-АЛЮМІНІЄВИХ ІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ПІДСИЛЮВАЧА.

Анотація. В цій статті розглядається проблема тепловідведення потужності від підсилювача на загальний корпус приладу та проблеми ємнісної інтерференції, що виникають внаслідок діелектричного зв'язку.

Ключові слова: ємність, теплопровідність, підсилювач.

ВСТУП

Високовольтні високочастотні схеми дуже чутливі до ємнісного впливу загальної конструкції. Додаткова ємність, яка може бути утворена неоптимальним розміщенням компонентів, може значно вплинути на роботу пристрою в цілому. В ході експерименту, для зменшення ємнісного зв'язку між підсилювачем та загальною конструкцією був обраний сплав алюміній нітриду.

ПІДГОТОВКА ТЕКСТУ СТАТТІ

Нітрид алюмінію (AlN) - чудовий матеріал для використання, якщо потрібна висока теплопровідність та електроізоляційні властивості, що робить його ідеальним матеріалом для використання в системах силової електроніки та підсилювачах. Нітрид алюмінію має коефіцієнт теплового розширення та властивості електроізоляції, що дуже відповідає властивостям матеріалу кремнієвої пластини, що робить його корисним матеріалом для електроніки, де висока температура та розсіювання тепла часто є проблемою. Для застосувань, що включають високочастотну або високочастотну схему, притаманна низька електрична ємність цих ізоляторів запобігає втраті потужності сигналу на електричної інтерференції між ланцюгами. Крім того, AlN є загальною альтернативою оксиду берилію (BeO) у напівпровідниковій промисловості, оскільки він не є небезпечним для здоров'я при обробці[1].

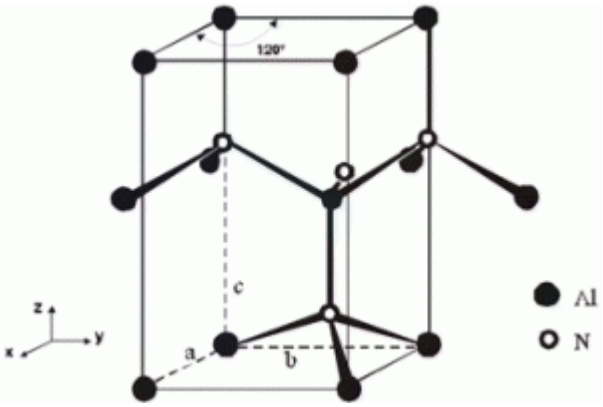


Рисунок 1. AlN хімічна сполука

Рішення тепловідведення з високочастотних підсилювачів з окремим віртуальним живлення не обмежується лише процесом розміщення компонентів на радіаторах. Високочастотні високовольтні схеми дуже чутливі до будь-якого ємнісного зв'язку між сигналами та живленням. Додаткова паразитна ємність, що з'являється від не ідеальності побудови, є негативним явищем, яке створює додаткові струми витікання. Такі струми є особливо значущими на високих частотах та можуть кардинально впливати на роботу системи в цілому.

Експериментальний підхід побудови підсилювальної схеми з віртуальним нулем та окремими незалежними джерелами напруг дає можливість об'єднувати

каскади окремих операційних підсилювачів для розширення робочого діапазону напруг.

Так як окремі підсилювачі потребують значних за розмірами радіаторів для розсіювання тепла одною з критичних проблем побудови такого підсилювача є забезпечення тепловідведення з мінімальним ємнісним зв'язком між окремими силовими та сигнальними каскадами системи. Загальна потужність, яку здатен розсіювати підсилювач оцінюється в 120Вт. Через таку значну кількість розсіювання енергії конструкція такого пристрою передбачає кріплення окремих підсилювачів до основи корпусу для покращення тепловідведення та активний вентиляторний обдув. Кріплення підсилювачів до корпусної пластини створює додатковий ємнісний зв'язок між корпусом операційного підсилювача та спільною шиною.

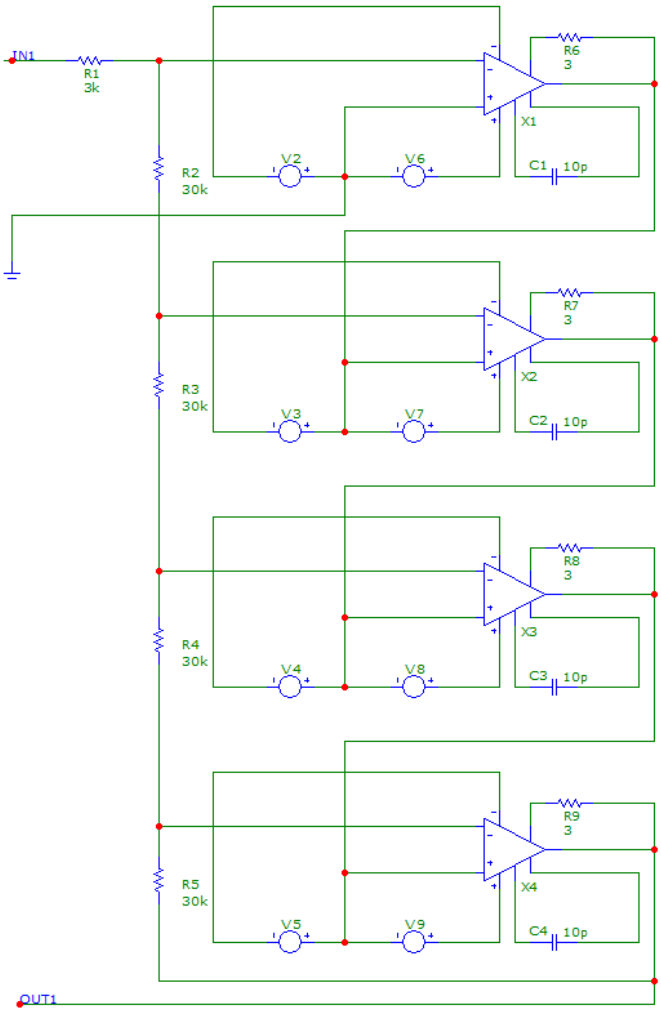


Рисунок 2. Схема високовольтного підсилювача

Як уже було зазначено вище, саме через паразитний ємнісний зв'язок схема стає надчутливою до високочастотних сигналів, що створює проблеми збудження системи та спотворення вихідної форми.

Для прикладу частота 100кГц та робоча напруга 2000В створює 25мА струму витоку та 50Вт втрат потужності при ємнісному зв'язку 20пФ між останнім та першим каскадами (3).

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi * 100 * 10^3 * 20 * 10^{-12}} = 79.58k, \quad (1)$$

$$Ilk = \frac{U}{X_c} = \frac{2000V}{79.58k} = 0.025A \quad (2)$$

$$Plk = U * I = 2000V * 0.025A = 50W \quad (3)$$

Підсилювачі Apex PA94 в корпусі DQ12 розміщені на керамічній підкладці з берилій оксиду, що забезпечує над високу теплопровідність та ізоляційні характеристики, але є токсичним і небезпечним для людини. При розміщенні підсилювача на радіаторну пластину, експериментально було визначено

паразитний ємнісний зв'язок між корпусом підсилювача та загальною шиною заземлення, що складає 18пФ.

Рішення зменшення ємнісного зв’язку поляг віддалені корпусу операційного підсилювача від загальної шини шляхом розміщення додаткового проміжного шару теплопровідного ізолятора.

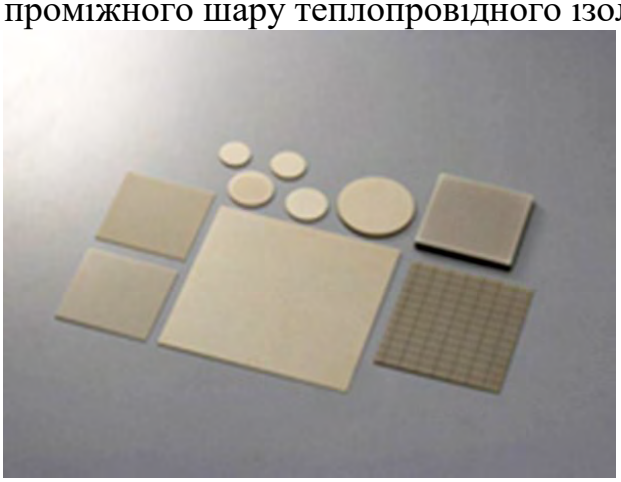


Рисунок 3. Ізоляційні пластини на основі нітриду алюмінія

Використання нітрид-алюмінієвого теплопровідного ізолятора товщиною 5мм дозволяє значно поліпшити вплив конструкції на появу ємнісного зв’язку з шиною заземлення. Віддалення підсилювача на 5мм від радіаторного елемента зменшує паразитну ємність до 4пФ зберігаючи високі показники теплопровідності. Саме нітрид алюмінію та його висока електроізоляційна властивість забезпечує безпечну робочу напругу від 4000 вольт, а низька ємнісна властивість робить AlN ідеальним кандидатом для використання в якості ізоляційних пластин для високовольтних підсилювачів[2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Волков, А.И., Жарский, И.М. Большой химический справочник / А.И. Волков, И.М. Жарский. - Мн.: Современная школа, 2005. - 608 с ISBN 985-6751-04-7.

[2] Xu, Y. S. Thermally conducting aluminum nitride polymer-matrix composites / Y. S. Xu, D. D. L. Chung, C. Mroz // Composites Part a-Applied Science and Manufacturing. — 2001. — Vol. 32, ¹ 12. — P. 1749 – 1757.

[3] Брудзь В.Г. Справочник показателей качества химических реактивов / В.Г. Брудзь - Мн.: Химия, 1968. - 528 с ISBN 985-6751-04-6.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Туз Ю.М.

УДК 628.1

М.П. Коваленко, студент гр. ПА-01мп, к.т.н., доц. Добролюбова М.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЗНЯТТЯ ТА ПЕРЕДАЧА ПОКАЗНИКІВ СПОЖИТОЇ ХОЛОДНОЇ ТА ГАРЯЧОЇ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ WI-FI МОДУЛЯ

Анотація. Стаття присвячена автоматизації процесу зняття та передачі показників лічильників холодної та гарячої води. Розглянуті існуючі аналогічні рішення та їх головні недоліки. Представлені результати розробки системи автоматичного зняття та передачі показників.

Ключові слова: гаряча вода, холодна вода, показники лічильника, зняття показників, передача показників, автоматизація, esp32, wi-fi.

ВСТУП

В сучасному світі вже й не знайдеш оселі, де не буде хоча б одного лічильника. Лічильники електричної енергії встановлюються в будинках як сільських мешканців, так і в квартирах міських. Також в побуті широко використовуються газові лічильники, хоча в сучасних новобудовах надають перевагу електроенергії. Прилади обліку холодної та гарячої води також є буденною справою.

Всі лічильники виконують одну основну функцію: вони дозволяють визначити кількість спожитого ресурсу, зазвичай це кількість спожитої електроенергії або газу. Завдяки отриманим показам споживач має змогу контролювати правильність розрахунків при наданні комунальних послуг [1].

Для формування рахунків за спожиту холодну або гарячу воду потрібно знати кількість використаного ресурсу, тому кожен з нас щомісяця відправляє показники лічильника до підприємства, послугами якого користується. Процес зняття та передачі показників простий – потрібно дістатися до вимірювального приладу та передати його покази до відповідного пункту. Але є певні нюанси: не завжди лічильник знаходиться в зручному місці, про передачу показів можна банально забути або ж якщо ви поїхали у відпустку, то потрібно просити когось із знайомих, щоб вони передали показники замість вас.

Покази лічильника використовуються не лише для передачі кількості спожитих послуг, але і для повірки вимірювального приладу, тому що неповірений лічильник не може бути приладом обліку. Повірка вимірювального приладу спожитої холодної або гарячої води, відповідно до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», має виконуватися кожні чотири роки [2]. Для цього прилад потрібно передати підприємству, яке має ліцензію на діяльність з повірки приладів обліку води.

Забезпечення автоматизованого зняття показників дозволить позбавити мільйони українців щомісячного контакту з лічильником, а підприємствам, що надають послуги, завчасно виявляти несправності в роботі приладів обліку. Віддалений доступ до лічильників надає змогу підприємствам одночасно знімати показники у всіх квартирах в будинку та звіряти їх з показниками загального лічильника – якщо дані не будуть співпадати, то це може свідчити про втручання користувачів в роботу облікового пристрою, або ж неправильну передачу показників.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зараз на ринку представлені моделі лічильників, які можуть автоматично передавати показники, але різноманіття таких приладів не достатньо, щоб задовольнити потреби користувачів. Переважна більшість таких пристроїв має високу ціну та потребує додаткового обладнання для функціонування, що є надлишковим при простому знятті та передачі показників. Деякі пристрої передають отримані значення напряму до підприємства, що надає послуги, не повідомляючи користувача про розмір отриманих значень.

Виходячи з вищесказаного, було прийняте рішення розробити власну систему автоматизованого зняття та передачі показників лічильника. Вона дозволяє налаштувати дату і час зняття показників, вказати куди необхідно відправити отримані дані, наприклад, месенджер, портал надавача послуг, перегляд показів в реальному часі.

Система базується на дешевій платі ESP32-CAM, до складу якої входить Wi-Fi/Bluetooth модуль ESP32-S, камера OV2640 та роз’єм для microSD карт пам’яті (дивись рис. 1). Роздільна здатність матриці камери – 2 мегапікселі. Разом з модулем ESP32-S на платі задля підсвітки встановлено потужний білий світлодіод, керування яким здійснюється через GPIO [3].

Рисунок 1. Плата ESP32-CAM та камера OV2640

Основні характеристики плати:

- підтримка 802.11 b/g/n/e/i Wi-Fi мереж;
- максимальна частота мікроконтролера 240 МГц;
- об’єм ОЗП 520 Кб вбудованої та 4 Мб зовнішньої PSRAM;
- об’єм ПЗУ чіпу ESP32 448 Кб ;
- об’єм ПЗУ зовнішній чіп на платі 32 Мбіт
- напруга живлення 5В;
- максимальне споживання струму 350 мА;
- діапазон робочих температур -20°C..+85°C;
- розміри 40.5 на 27 мм.

Підтримка інтерфейсу I2C дає можливість використовувати модуль камери та отримувати дані з неї в паралельному режимі під апаратним управлінням.

Програмувати даний модуль можна через Arduino IDE або розширення PlatformIO IDE для Microsoft Visual Studio Code [4].

Принцип роботи дуже простий:

1. Модуль встановлюється напроти лічильника для того, щоб камера могла захопити покази.
2. На старті модуль підключається до мережі Wi-Fi.
3. За допомогою будь-якого браузера здійснюється перехід на IP-адресу модуля, де можна налаштувати роботу приладу або переглянути зображення з камери (дивись рис. 2).

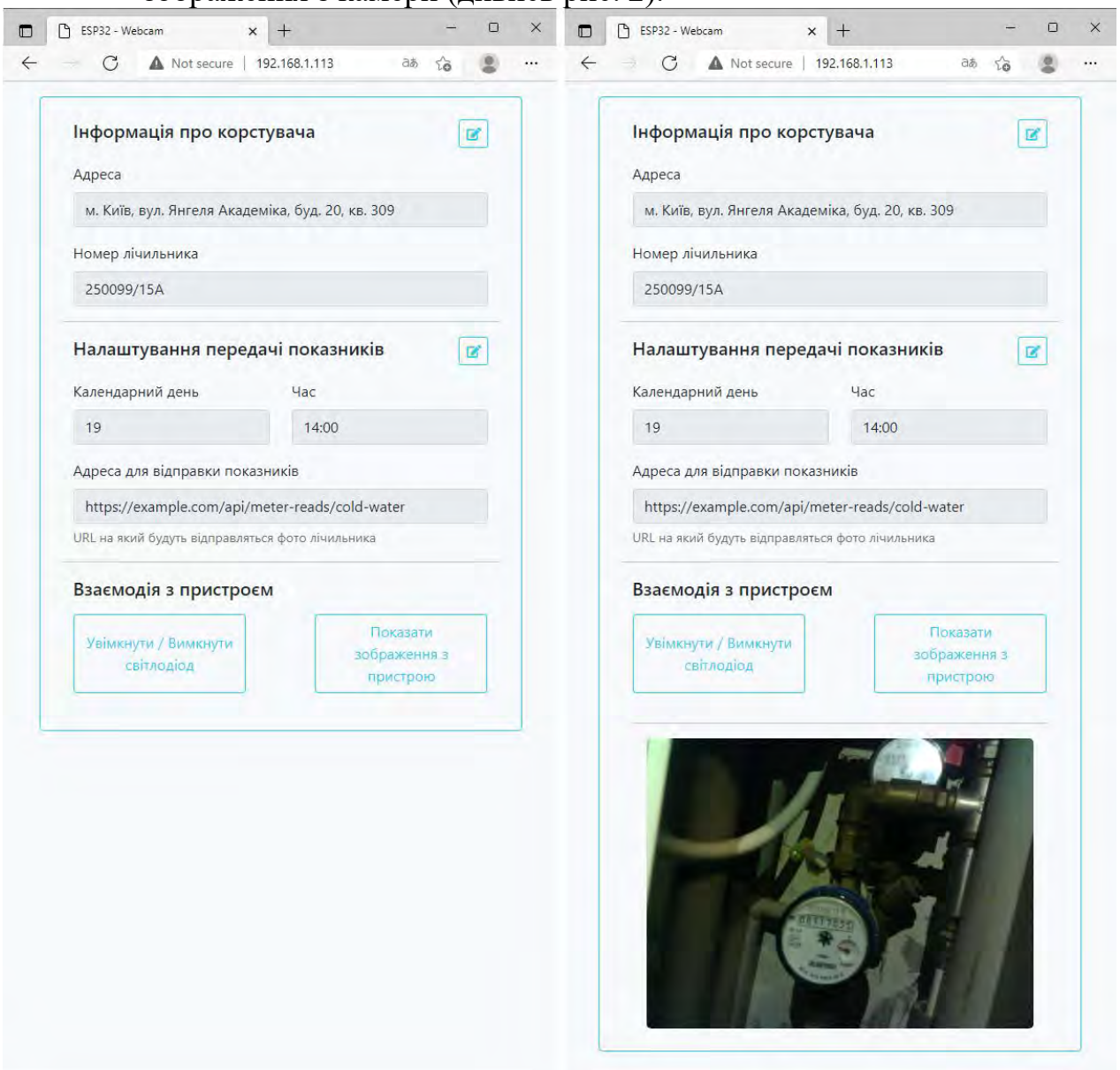


Рисунок 2. Сторінка з налаштуваннями пристрою

Сторінка з налаштуваннями роботи пристрою ділиться на 3 частини:

1. Інформація про користувача.
2. Налаштування передачі показників.
3. Взаємодія з пристроєм.

Перша частина призначення для ідентифікації користувача, тут вказується адреса та номер вимірювального пристрою. Друга частина відповідає за налаштування зняття та передачі показників лічильника: день і час відправки,

URL адреса, на яку потрібно відправити знімок лічильника разом з інформацією про користувача. Третя частина слугує для прямої взаємодії з пристроєм – натискаючи на відповідні кнопки можна керувати встановленим на платі світлодіодом або переглядати зображення з камери в реальному часі. Також планується додати можливість збереження отриманих фото на SD карту для створення архіву з показниками та взаємодії з популярними месенджерами для попереднього відправлення отриманих результатів користувачу.

Апаратна реалізація системи автоматизованого зняття та передачі показників наведена на рисунку 3.

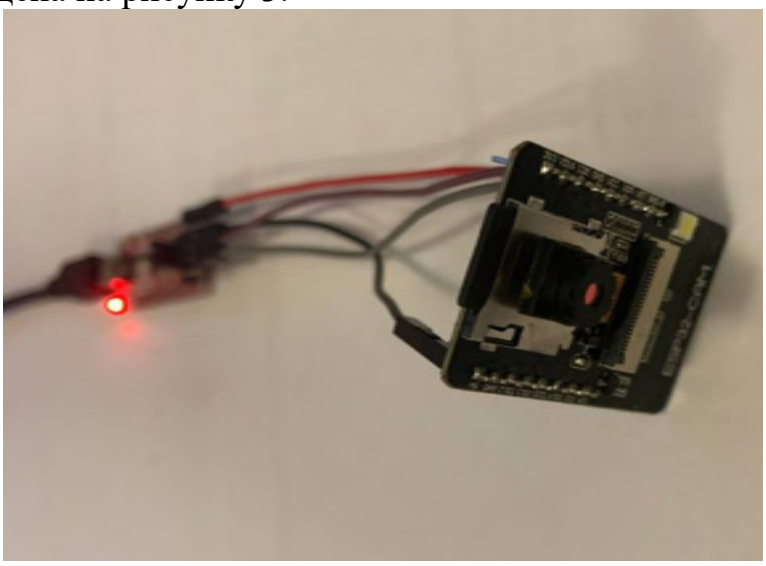


Рисунок 3. Система автоматизованого зняття та передачі показників

ВИСНОВКИ

Отже, було розроблено систему автоматичного зняття та передачі показників лічильника холодної та гарячої води, яка має низьку вартість та містить всі необхідні користувачу опції, а саме: налаштування дати та часу передачі показників, налаштування каналу передачі отриманих даних, перегляд зображення з камери в реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Закон України «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання» [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2119-19#Text – Дата доступу: 02.11.2021.

[2] Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text – Дата доступу: 02.11.2021.

[3] ESP32 Series Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf – Дата доступу: 02.11.2021.

[4] PlatformIO [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://platformio.org/ – Дата доступу: 02.11.2021.

Наук. Керівник – к.т.н, доц. Добролюбова М.В.

УДК 621.307.1

К.В. Кунцов, студент гр. ПН-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ МІСТА КИЇВ

Анотація В статті наведено результати експериментального дослідження викидів сміттєспалювального заводу «Енергія» до вдосконалення та після. Проведено оцінку отриманих результатів вимірювання шкідливих викидів.
Ключові слова : тверді побутові відходи, сміттєспалювальний завод «Енергія».

ВСТУП

Стрімкий розвиток побудови сміттєспалювальних заводів припав на середину восьмидесятих років минулого сторіччя. Кількість твердих побутових відходів, вироблених у різних країнах з середини 1980-х років наступна (один мільйон тон на рік): понад 130 у США, близько 35 у Японії, 20 у Великобританії, 13 в Італії та 12 у Франція [1-3]. Річний приріст кількості ТПВ на той час становив не менше 3%, а в деяких країнах — до 10%. Даємо ці деталі, бо саме тоді був побудований завод «Енергія». І в його роботі є такі показники щодо утворення відходів. Для розвантаження міста вистачило одного плану. Однак часи змінюються, змінилися різні компоненти сміття, а також кількість сміття, а сміттєспалювальний завод є єдиним в Україні та досі працює.

Склад твердих відходів неоднорідний і включає 26-30% за масою макулатури, чорних і кольорових металів (2-5% і більше), харчових відходів (20-40% і більше), скла (4-6). %), текстиль (4-6%) та інші. Склад твердих відходів істотно різниться від країни до країни, тому проблеми утилізації та переробки по суті однакові [1].

Аналіз світової практики утилізації відходів показує, що найпоширенішим способом вирішення проблеми твердих побутових відходів, як це було кілька століть тому, є захоронення: 85-90% твердих побутових відходів, що утворюються в США, експортується на звалища, у Великобританії - 90%, у Німеччині – 70%, у Швейцарії – 20-25%, в Японії – близько 35% [1, 2].

При організації контрольованих сміттєзвалищ (полігонів) враховують гідрографію та рельєф території, проводять гідрогеологічні дослідження (підземні води, опади тощо) та захищають дно полігону відповідним захисним матеріалом (наприклад, бітумним нейлонова тканина). ґрунту тощо), видалення газу зі сміттєзвалищ, встановлення вентиляційних труб або комбінації проникних і герметичних покриттів. Місце розташування сміттєзвалища слід вибирати поза зоною поширення водоносного горизонту. Відходи на перевірених полігонах можна ущільнювати за допомогою спеціальних тракторних компресорів або тракторних ущільнювачів.

Наведемо як приклад роботу сміттєспалювального заводу «Енергія» та результати експериментального дослідження забруднюючих речовин, що скидаються в атмосферу сміттєспалювальним заводом.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дані параметрів джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу: показник висоти H, і діаметру D, швидкості V, об'єму парогазоповітряної суміші W_0 взято з технічних даних звіту про інвентаризації газових викидів заводу «Енергія» при спалюванні твердих побутових відходів. Параметри викидів забруднюючих речовин в атмосфері для розрахунку ГДВ наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Перелік забруднюючих речовин, що скидаються в атмосферу сміттєспалювальним заводом «Енергія»

Назва речовини	***ГДК, мг/м³***	***ГДК, мг/м³***	***Клас небезпеки***	***Викид небезпечних речовин, т/рік***
1	2	3	4	5
Зола (зважені частинки)	0,5	0,15	3	115,240
Окис вуглецю	5,0	0,3	4	1287,00
Окиси азоту	0,085	0,04	2	175,04
Діоксид сірки	0,5	0,05	3	39,54
Хлористий водень	0,2	0,2	2	151,64
Фтористий водень	0,02	0,005	2	4,11
Формальдегід	0,035	0,003	2	3,08
Ацетон	0,35	0,35	4	18,01
Бензол	1,5	0,1	2	151,58
Толуол	0,6	0,6	4	10,30
Стирол	0,04	0,002	2	0,103
Нафталін	0,003	0,003	4	0,0103
Бензапірен	-	0,001	1	0,002265
Ртуть	-	0,0003	1	0,0185
Свинець	-	0,0003	1	0,072
Хромовий ангідрид	0,0015	0,0015	1	0,086
Кадмій	-	0,0003	1	0,00175
Цикл з'єднання	0,2	0,2	2	0,035
Мідний окис	-	0,002	2	0,0072

Аналіз результатів розрахунку концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери в районі сміттєспалювального заводу «Енергія» показує наступне. Сума максимальних приземних концентрацій (у частках ГДК), створюваних викидами заводу «Енергія», для зважених частинок (золи), оксидів азоту, окису вуглецю, сірчистого ангідриду, хлористого водню, фтористого водню, формальдегіду, ацетону, бензолу , діоксинів, солей ртуті, свинцю, кадмію, цинку, міді, хрому, бензапірену прогнозується на рівні 10^{-2} – 10^{-5} часток ГДК.

З метою зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу планується виконати наступні заходи. Як додатковий ступінь очищення димових газів

проектується попереднє очищення напівсухим вапном. Згідно з даними літератури та запорізьким ученим-розробникам цей спосіб очищення знаходить широке застосування для очищення димових газів при сміттєспалюванні. Принцип методу полягає в хімічній нейтралізації кислот, гідроксидом кальцію та адсорбції солей важких металів та інших сполук, що містяться в димових газах, з подальшим їх з'єднанням як у самому реакторі, так і в електрофільтрі.

Досвід експлуатації такої системи очищення за кордоном свідчить про її високу ефективність. Ступінь очищення газів від O_2 та HCl становить 97 – 99%, хлорованих, ароматичних та інших вуглеводнів – 97,8 – 99,8%, ртуті – 85 – 98%, інших солей важких металів – 99,5 – 99,8%. Для зниження утворення забруднюючих речовин при спалюванні ТПВ планується оптимізувати процес горіння в топці шляхом підтримування температури не нижче 800°С та скорочення подачі вторинного повітря. Планується впровадити автоматизовану систему контролю процесу спалювання ТПВ, що дозволить стабілізувати процес та контролювати у викидах вміст оксидів азоту, оксиду вуглецю, діоксиду сірки, діоксиду вуглецю та кисню.

Наведемо показники викидів забруднюючих речовин від згорання ТПВ сміттєспалювального заводу «Енергія» до та після проведення заходів щодо вдосконалення роботи заводу, а саме з реконструкції тракту димових газів за електрофільтрами с заміною на більш ефективні види устаткування для газової очистки і вдосконалення процесів термічної переробки ТПВ у таблиці 2.

Таблиця 2 – Числові показники викидів забруднюючих речовин від згорання ТПВ сміттєспалювального заводу «Енергія»

Викиди забруднюючих речовин				
Назва речовини	***Після заходів***		***Після заходів***	
	г/с	***т/рік***	***г/с***	***т/рік***
1	2	3	4	5
Окис сірки	1,69	39,54	0,169	3,954
Оксиди азоту	7,48	175,04	4,61	131,28
Діоксин	1,5x10-6	0,35x10-6	1,5x10-9	0,35x10-7
Хлористий водень	6,48	151,64	0,324	7,58
Фтористий водень	0,776	18,16	0,0388	0,908
Формальдегід	0,132	3,08	0,0132	0,308
Ацетон	0,77	18,01	0,077	1,801
Бензол	6,48	151,58	0,648	15,158
Толуол	0,44	10,30	0,044	1,03
Стирол	0,044	0,103	0,0044	0,0103
Нафталін	0,0044	0,0103	0,00044	0,00103
Бензапірен	0,000097	0,02265	0,0000097	0,002265
Ртуть	0,000792	0,0185	0,000118	0,00277
Свинець	0,0031	0,072	0,000155	0,0036
Хромовий ангідрид	0,00037	0,0086	0,0000185	0,00043
Окис кадмію	0,000075	0,00175	0,0000037	0,0000875
Цинк	0,0015	0,035	0,000035	0,00175
Окис міді	0,0003	0,0072	0,000015	0,000036

Як видно з показників викидів забруднюючих речовин до та після виконання заходів, кількість викидів суттєво знизилась. Для окису сірки отримано зниження показників в 10 раз; для оксидів азоту – на 0,25 % у перерахунку від початкових показників; для діоксину – у 10 раз знижено попередні показники; для хлористого водню – у 20 раз знижено попередні показники; для формальдегіду – у 10 раз знижено попередні показники; для ацетону – у 10 раз знижено попередні показники; для бензолу – у 10 раз знижено попередні показники; для толуолу – у 10 раз знижено попередні показники; для стиролу – у 10 раз знижено попередні показники; для нафталіну – у 10 раз знижено попередні показники; для бензапірену – у 10 раз знижено попередні показники; для ртуті – у 6,66 раз знижено попередні показники; для свинцю – у 20 раз знижено попередні показники; для хромового ангідриду – у 20 раз знижено попередні показники; для окису кадмію – у 20 раз знижено попередні показники; для цинку – у 20 раз знижено попередні показники; для окису міді – у 20 раз знижено попередні показники.

ВИСНОВКИ

Завод з термічної переробки побутових відходів «Енергія» має проектну потужність річної переробки твердих побутових відходів 355 тисяч тон або 973 тони у добу. Відповідно до санітарних умов для заводу такою продуктивністю необхідна санітарно-захисна зона розміром у 500 метрів. Фактично у теперішній час від площі заводу до будівель Харківського масиву становить 1,5 – 2,0 кілометри, а до житлової забудови масиву «Осокорки-Північний» приблизно 1200 метрів.

Тому, головні зусилля для запобігання несприятливому впливу станції очищення стічних вод на повітряний басейн повинні бути зосереджені на скороченні або ліквідації виділення шкідливих газів у самому джерелі їх утворення. Це завдання може бути вирішено шляхом удосконалення технологічних способів очищення стічних вод, що попереджають утворення та виділення газів, а також застосуванням способів та засобів локалізації та уловлювання газів, що виділяються. Принципова можливість вирішення цього завдання підтверджується позитивним досвідом низки економічно розвинених країн Західної Європи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Lipowski Budwig «Smieci irodem energii. Aura», - 1986.- № 8, s. 24-25, 39.
[2] John Bruce. «Oregon Incinerator offsets Durindding Landfill capacity», World wastes.-1987, № 6., pp.36-40.
[3] Баскова І. П. «Параметричні і газоаналітичні системи промислового моніторингу» [Текст] / І. П. Баскова, З. Д. Безрук, В. П. Приміський // Приладобудування: стан і перспективи: IV наук.-техн. конф., 26-27 квітня 2005 р. : тези доп. – Київ, 2005. – С.172.

УДК 621.307.1

К.В. Кунцов, студент гр. ПН-01мп, к.т.н., доц. Маркіна О.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД БОРТНИЦЬКОЇ СТАНЦІЇ АЕРАЦІЇ

Анотація В статті описано структурну схему роботи очисних споруд першої черги Бортницької станції аерації та наведено результати експериментального дослідження показників процесу очищення стічних вод Бортницької станції аерації за наведеною схемою.

Ключові слова : стічні води, станція аерації.

ВСТУП

Впровадження в екологічність та здоров'я міського повітря є комплексним підходом і наукових основ проектування високоефективного устаткування з знезараження токсичних речовин і знезараження патогенних мікроорганізмів, що входять до складу випаровування господарсько-побутових стічних вод Бортницької станції аерації міста Київ США, близько 35 у Японії, 20 у Великобританії, 13 в Італії та 12 у Франції [1-3]. Станція призначена для очищення міських стічних вод лівобережної та правобережної частин Києва. Станція має три черги очисних споруд загальною продуктивністю 400 тис. м3/добу. Роботи очисних споруд трьох черг Бортницької станції аерації показано на рисунку 1. На очисні споруди надходить суміш стічних вод: побутових, фекальних та промислових підприємств, що містять забруднення органічного та мінерального походження: жири, білки, вуглеводи та мінеральні кислоти (луги), а також групу біологічних та бактеріологічних речовин. На станції застосовується комплекс споруд для ущільнення, знезараження та підсушування опадів.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Якість очищення стічних вод на очисних станціях каналізації залежить від обраної технології та характеризується, як основними технологічними показниками процесу, так санітарно-хімічними та санітарно-біологічними показниками. Повний санітарний аналіз стічних вод включає визначення температури, кольору, запаху, pH, прозорості, завислих речовин, азоту загального та амонійного, нітритів і нітратів, окислюваності перманганатної та біхроматної, біохімічної потреби в кисні, розчиненого кисню, хлоридів, фосфатів та фосфатів.

Робота очисних споруд характеризується тривалістю обробки, ефектом затримання завислих речовин, вологістю ущільненого осаду та активного мулу. Наведемо приклад структурна схема роботи очисних споруд першої черги Бортницької станції аерації. Зазначимо, що загалом черг 3, але на прикладі першої, ми хочемо показати результати очищення стічних вод, адже забруднені води надходять саме на неї, а на наступні черги вже після певної очистки. За структурною схемою роботи очисних споруд першої черги Бортницької станції аерації розробимо технологічну схему першої черги очисних споруд. Споруди для очищення стічних вод, що подаються насамперед, займають територію 64,3

га та розраховані на очищення стічної води у кількості 668,0 тис. м3/добу. Склад споруд включають: грабельне відділення з механічними решітками – 1 шт., пісколовки горизонтальні розміром (м) 21,6 х 6,0 – 8 шт., первинні радіальні відстійники діаметром 40 м – 14 шт., аеротенки розміром (м) 120 х 48 х 5 – 3 шт., вторинні радіальні відстійники діаметром 40 м – 12 шт., мулоущільнювачі діаметром 40 м – 2 шт., преаератор перетином (м) 24 х 108 1 шт., метантенки об'ємом по 5200 м3 – 8 шт., газгольдери ємністю 3000 м3 – 2 шт., мулові майданчики площею 8 х 105 м2 – 1 шт., піскові майданчики площею по 1250 м2 – 2 шт., водопідводящі та водовідвідні канали.

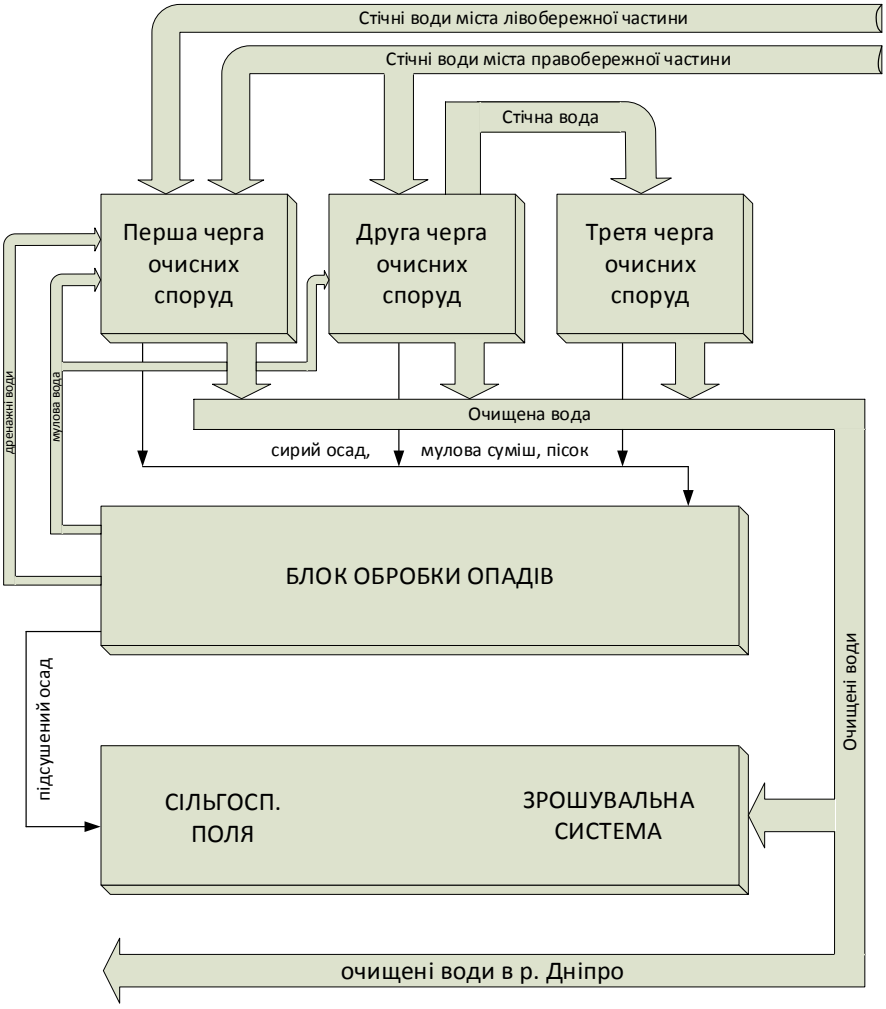


Рисунок 1 – Структурна схема роботи очисних споруд першої черги Бортницької станції аерації

Виконані розрахунки показали, що дзеркало поверхні відкритих споруд першої черги очисних споруд БСА становить 46620 м2, мулових площадок – 8 х 105 м2, каналів – 336 м2. Об'єми грабельного відділення і метантенків становлять 53600 м3. Очисні споруди виконані у відкритому варіанті, мають сумарну поверхню випаровування 103540 м2. Загальна площа відкритих каналів становить 92166 м2, а мулових майданчиків відповідно 11,7 х 106 м2. Все це створює сприятливі умови для випаровування стічної рідини з очисних споруд та забруднення навколишнього середовища продуктами гниття органічних речовин. Наведемо технологічні показники процесу очищення стічних вод Бортницької станції аерації за технологічною схемою, яку ми навели вище по тексту.

Таблиця 1 – Технологічні показники процесу очищення стічних вод Бортницької станції аерації

Викиди забруднюючих речовин				
Назва речовини	***Після заходів***		***Після заходів***	
	г/с	***т/рік***	***г/с***	***т/рік***
1	2	3	4	5
Окис сірки	1,69	39,54	0,169	3,954
Оксиди азоту	7,48	175,04	4,61	131,28
Діоксин	1,5x10-6	0,35x10-6	1,5x10-9	0,35x10-7
Хлористий водень	6,48	151,64	0,324	7,58
Фтористий водень	0,776	18,16	0,0388	0,908
Формальдегід	0,132	3,08	0,0132	0,308
Ацетон	0,77	18,01	0,077	1,801
Бензол	6,48	151,58	0,648	15,158
Толуол	0,44	10,30	0,044	1,03
Стирол	0,044	0,103	0,0044	0,0103
Нафталін	0,0044	0,0103	0,00044	0,00103
Бензапірен	0,000097	0,02265	0,0000097	0,002265
Ртуть	0,000792	0,0185	0,000118	0,00277
Свинець	0,0031	0,072	0,000155	0,0036
Хромовий ангідрид	0,00037	0,0086	0,0000185	0,00043
Окис кадмію	0,000075	0,00175	0,0000037	0,0000875
Цинк	0,0015	0,035	0,000035	0,00175
Окис міді	0,0003	0,0072	0,000015	0,000036

ВИСНОВКИ

У роботі наведено технологічні показники процесу очищення стічних вод Бортницької станції аерації за технологічною схемою. Санітарний аналіз стічної води в дані роботи очисних споруд свідчить, що на Бортницькій станції аерації використовується досить сучасна технологія. Якість очистки відповідає вимогам санітарних органів, наявність в очищеній воді домішок не перевищує ГДК. Санітарно-гігієнічні показники осаду стічних вод і роботи очисних споруд наведено у наступному підрозділі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Безрук З. Д. «Методи і засоби контролю викидів сміттєспалювального заводу», Метрологія та прилади. –2014. – № 2. – С.47- 52.

[2] Баскова І. П. «Параметричні і газоаналітичні системи промислового моніторингу» [Текст] / І. П. Баскова, З. Д. Безрук, В. П. Приміський // Приладобудування: стан і перспективи: IV наук.-техн. конф., 26-27 квітня 2005 р.: тези доп. – Київ, 2005. – С.172.

[3] Ye.V. Pyrozhenko, V.V. Sebko, V.G. Zdorenko, N.M. Zashchepkina , O.M. «Markina Informative testing method of beer sewage samples for mini-breweries» / Journal of Archives of Materials Science and Engineering 2020; 1 (106): 28-41.

УДК 681.200

І.О. Куций, студент гр. ПВ-01мп, к.т.н., доц. Мокійчук В.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ РАДІОАКТИВНОГО ВИПРОМІНЕННЯ

Анотація. Вимірювання радіоактивного випромінення актуальне не тільки у військово-цивільному житті, але і у медицині, авіації, лісовому або сільському господарстві. У доповіді розглянуто класифікацію дозиметричних приладів за призначенням, за типом сенсорів, за видом вимірювань випромінення.

ВСТУП

Атомні частинки (електрони, атоми, іони) за умови достатньо великої енергії поглинаючись в газі, здатні викликати його іонізацію. Ця здатність визначає експериментальні способи реєстрації подібних випромінювань і їх кількісні характеристики. Методи реєстрації заряджених ядерних часток полягають в реєстрації або вимірюванні великого числа іонізованих ними атомів або молекул. Нейтральні частинки можуть іонізувати лише невелике число частинок, передавши їм свою енергію. Виниклі при цьому заряджені частинки реєструються по їх здатності іонізувати простір, або інертні гази. В цьому і полягає суть детекції радіоактивного випромінення.

ТИПИ ПРИСТРОЇВ ВИЗНАЧЕННЯ ВИПРОМІНЕННЯ

Індикатори – прилади радіаційної розвідки. Їх задача – банальна індикація наявності\відсутності випромінення і орієнтовна оцінка їх потужності. Оснащені найпростішими звуковими\світловими сигналізаторами.

Рентгенометри – призначені для вимірювання потужності дози рентгенівського, або гамма-випромінення.

Радіометри – використовуються для виявлення та визначення ступені радіоактивності забруднених поверхонь, обладнання, предметів побуту, об`ємів повітря або ґрунту.

Дозиметри – призначені для визначення сумарної дози локального опромінення. Індивідуальні дозиметри мають бути малогабаритними , і призначені в основному для вимірювання гамма-випромінення.

ТИПИ ДАТЧИКІВ ВИПРОМІНЕННЯ

Більшість пристроїв детекції радіоактивного випромінення працюють на основі іонізаційного методу. Іонізаційний метод – це визначення наявності випромінення за допомогою виявлення збудження атомів або молекул речовини. Основними вузлами пристроїв являється детектор випромінення, як основний составний елемент – іонізуюча камера, газорозрядний лічильник, кристалл або сцинтилятор; електрична схема для перетворення імпульсів від детектора; засіб зняття інформації (стрілочні прилади, рідкокристалічні екрани, або передача інформації по бездротовому зв`язку).

Іонізуючі камери. Іонізуючі камери можуть мати циліндричну або паралелепіпедну форму. Конструктивно являють собою систему, що є пустотілим електропровідним циліндром та коаксіально розташованим електропровідним стрижнем. Зовнішній електрод з`єднаний з позитивним

контактом джерела живлення. В Іонізаційній камері електрони під дією сил електричного поля переміщуються до відповідних електродів, що обумовлює появу струму на контактах. Величина цього струму залежить від величини впливу зовнішнього опромінення іонізаційної камери.

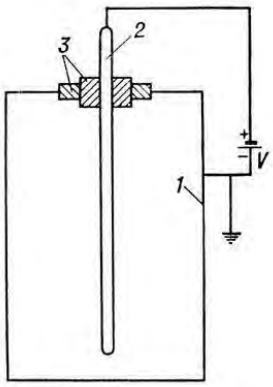


Рисунок 1. Іонізуюча камера: 1 – циліндр, позитивний електод; 2 – електропровідний стрижень; 3 – ізолятори.

Газорозрядні лічильники. Суть явища лавинної іонізації, на основі якої працюють газорозрядні лічильники заключається в наступному: на електрон, що знаходиться в просторі між електродами лічильника діє сила напруженості електричного поля. В процесі переміщення між електродами під дією напруженості швидкість електрона збільшується, відповідно зростає його кінетична енергія. На своєму шляху електрон зіштовхується з нейтральними атомами та молекулами, наділяючи їх своєю кінетичною енергією. При великих значеннях напруженості електричного поля кінетична енергія електрона, якою він наділений внаслідок прикладеної різниці потенціалів – може перевищувати потенціал іонізації молекул газового наповнення лічильника. В такому випадку зіткнення електрона з нейтральною молекулою буде супроводжуватись іонізацією і в робочому об`ємі лічильника з`явится ще пара іонів. І процес цей зростатиме з часом. [2]

Типовим прикладом є лічильник Гейгера. Він являє собою відносно просту конструкцію, складається з герметичної сталевої або скляної колби, що заповнена інертним газом (неон, аргон). В середині колби знаходиться електроди – анод та катод. Для полегшення виникнення електричного розряду між анодом та катодом всередині колби створюється знижений тиск. Анод датчику підключається до високоомного навантаження, а катод до заземлення. Коли заряджена радіоактивна частинка зіштовхується з колбою (катодом) вона вибиває деяку невелику кількість електронів, що опиняються у просторі між електродами (в інертному газі). Під дією напруги накачки, що подається на анод - електрони, що знаходяться в інертному газі починають прямувати до аноду. Під час свого шляху до аноду електрони іонізують інертний газ, вибиваючі вторинні електрони, що створює приріст кількості електронів (явище лавинної або ударної іонізації) який призводить до появи розряду між катодом та анодом, після чого газовий проміжок між анодом та катодом датчику стає струмопровідним, що обумовлює імпульс струму на навантажувальному резисторі. Надалі, високий опір навантажувального резистора створює падіння

напруги (під час розряду), внаслідок чого різко зменшується різниця потенціалів на виводах датчика. Після чого розряд не може підтримуватись, і він припиняється (до появи наступної радіоактивної частинки). Таким чином і формуються імпульси на катоді датчику, які потім детектуються транзисторним ключем.

На практиці для реєстрації елементарних частинок застосовуються лічильники Гейгера-Мюллера в поєднанні з фотоелектронними помножувачами і електронними схемами гасіння. Фотоелектронний помножувач (ФЕП) є електронним приладом, в якому спеціальні матеріали імітують фотоелектрони під дією світлового випромінювання, а виникаючий фотоелектронний струм посилюється за допомогою вторинної емісії спеціальних електродів діодів. В теперішній час створені ФЕП з коефіцієнтом посилення до 10. Вихідний струм ФЕП без інерційний, змінюється при зміні падаючого світлового потоку до частот порядку тисяч мегагерц, що обумовлює його застосування в поєднанні з лічильниками Гейгера- Мюллера. [2]

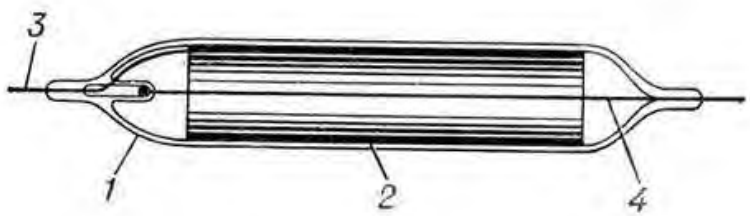


Рисунок 2. Газорозрядний лічильник: 1 – герметично запаяна скляна трубка; 2 – тонкий шар міді, що є катодом; 3 – вивід катоду; 4 – анод, тонка сталева нитка.

Кристалічні лічильники. Кристалічними лічильниками є напівпровідникові матеріали, що використовуються для реєстрації частинок великої енергії. Якщо до напівпровідникового кристалу з великою шириною забороненої зони прикласти різницю потенціалів, то в ланцюзі струму не буде унаслідок великого опору такого напівпровідника. Але якщо в напівпровідник потрапляє частинка з великою енергією, то виникає велике число вільних носіїв в зоні
провідності, то через лічильник протече імпульс струму, який створює імпульс напруги на зовнішньому опорі. Величина імпульсу струму пропорційна числу первинно створених електронів. Тривалість імпульсу визначається часом збирання електронів і складає величину порядку 10^-7 сек. Кристалічні лічильники мають високу ефективністю для γ-квантів.

Для кристалічних лічильників використовуються кристали хлористого срібла, колоїди талія, сульфіди цинку і кадмію, алмаз. Кристали CdS використовуються для реєстрації рентгенівського проміння, германієві прилади з p-, n-переходом використовуються для виявлення окремих α-частинок. [1]

Сцинтиляційні лічильники. Ідея методу полягає у тому, що при проходженні іонізуючих частинок через деякі речовини в них збуджується флюоресценція. Спалахи світла реєструються візуально або за допомогою фотопомножувача. Для цього кристал, що сцинтиляцює, розміщується перед вхідним вікном фотопомножувача. При проходженні однієї іонізуючої частинки через антрацен створюється близько 6000 фотонів на 1 МЕв втраченої енергії. Пропорційність

між втраченою енергією і величиною сцинтиляційного імпульсу спостерігається для електронів і протонів, дещо гірше для α -частинок.

Процеси, що протікають в сцинтиляційних детекторах при потраплянні в сцинтилятор зарядженої частинки , можна умовно розділити на 5 стадій:

1) Поглинання енергії частинки в сцинтиляторі
2) Збудження атомів та молекул сцинтилятора за рахунок поглинання в ньому енергії радіоактивної частинки та випускання квантів видимого світла – фотонів;
3) Проліт фотонів до фото помножувача
4) Поглинання фотонів в катоді і випускання ним фотоелектронів
5) Помноження фотоелектронів системою дінодів фотоелектронного помножувача і концентрація електронів на аноді.

Сцинтиляційні лічильники мають велику роздільну здатність в часі, оскільки час висвічення у речовинах, що використовуються порядку 10-8с. Ефективність органічних сцинтиляційних лічильників розміром в 1 см для γ-квантів складає біля 10%, що у багато разів більше ефективності звичайного лічильника Гейгера-Мюллера. Для важких неорганічних речовин ефективність для γ-квантів зростає до 100%. Простота конструкції, велика ефективність для γ-квантів, велика роздільна здатність в часі, пропорційність світлового імпульсу обумовлюють все більше їх використовування для виявлення частинок і вимірювання їх характеристик. Для лічильників використовуються йодний натрій, нафталін, антрацен, стільбен та інші тверді і рідкі речовини. [4]

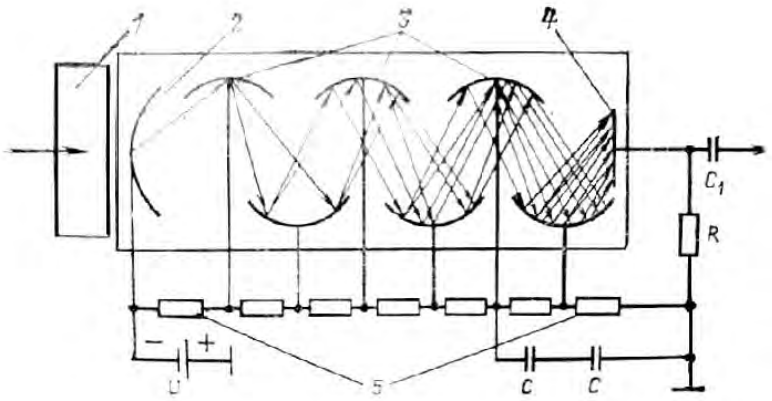


Рисунок 3. Сцинциляційний лічильник: 1 – робоче вікно; 2 – фотокатод; 3 – система помножувачів; 4 – анод; 5 – дільник помножувачів.

СУЧАСНИЙ РІВЕНЬ РОЗВИТКУ ПРИЛАДІВ

Наочним варіантом сучасного підходу до реалізації дозиметричних приладів є дозиметричне обладнання для контролю медичної апаратури – RaySafe X2 – система контролю отриманої дози персоналом та пацієнтами під час медичних процедур, пов`язаних з рентгенівським обладнанням. [5]

Рисунок 4. Система контролю RaySafe X2: 1 – базова станція (base unit); 2 – детектор Survey sensor; 3 – X2 CT Sensor; 4 - X2 MAM Sensor; 5- X2 R/F Sensor; 6 – X2 Light Sensor.

Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс відображає дозу, потужність дози, середню енергію і час, а також форму потужності дози. Для подальшого спрощення операції на дисплеї відображається індикатор потужності дози в реальному часі, а зумер забезпечує типовий «опитувальний» звук, прямо пропорційний потужності дози. Завдяки двом різним режимам запуску, ручним і автоматичним, датчик також є відмінним інструментом для вимірювання малих доз в первинному пучку рентгенівської машини. До складу системи входять наступні сенсори:

Survey Sensor. Універсальний датчик X2 Survey в основному використовується для проведення вимірювань витоку і розсіювання в діагностичних рентгенівських апаратах. Він заснований на енергоємної кремнієвої диодной матриці. На відміну від іонізуючої камери під тиском, датчик на основі кремнію може бути відправлений по повітрю і землі без будь-яких ньюансів

X2 CT Sensor. Датчик X2 CT - дуже надійне рішення для використання в польових умовах. Він встановлюється безпосередньо в середину комп`ютерного томографу. Унікальною особливістю сенсора X2 CT є здатність вимірювати час експозиції і потужність дози. Ці функції стають в нагоді при роботі з томографічним обладнанням.

X2 MAM Sensor. Даний сенсор використоввуєтся для вимірювання випромінення у мамографічних апаратах.

RaySafe X2 R/F Sensor. Датчик X2 R/F з його удосконаленою технологією запобігає впливу заломлень на вимірювання, тобто зміна інтенсивності рентгенівських променів, випромінюваних апаратом в залежності від напрямку випромінювання.

Датчик X2 R/F можна використовувати у всіх задачах рентгенографії без необхідності вибору діапазонів або режимів. Він здатний вимірювати всі радіологічні параметри, такі як доза, потужність дози, енергію, час експозиції, імпульси, частота імпульсу і доза/імпульс – за одну експозицію. Енергія і потужності дози можуть бути проаналізовані безпосередньо на базовому блоці.

Датчик X2 R/F може використовуватися на рентгенографічних і рентгеноскопічних приладах, а також в стоматологічних машинах і на апаратах комп`ютерної томографії. [5]

Така конструктивна реалізація дозволяє дослідити рівні рентгенівстького випромінювання широкого кола медичного рентгенівського обладнання. Єдиною перепоною до застосування є висока вартість. Тому розроблення власних альтернативних систем вимірювання є і залишається актуальною задачею.

ВИСНОВКИ

У статті приведено основні типи розповсюджених датчиків, що покривають потреби радіометрії та дозиметрії, їх конструкцію, принцип дії. Розглянуто комплексну систему RaySafe X2 для дозиметрії рентгенівського обладнання, комп`ютерних томографів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Максимов М. Т., Оджагов Г. О. Радиоактивные загрязнения и их измерение. Энергоатомиздат, 1986.
[2] Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности. МАГАТЭ, 2011.
[3] Корогодін В.І., Кольтовер В.К. Основи радіоекології. Вища школа, 2003.
[4] Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу – Електронно-фотонні методи в Екології. Факультет електроніки КПІ, 2013.
[5] RaySafe X2 - система для вимірювання параметрів рентгенівського обладнання та контролю дози персоналу (Медичний Дозиметр). [Електронний ресурс] – режим доступу: https://brom.ua/uk/raysafe-x2-ukr

Науковий керівник: к.т.н., доц. Мокійчук В.М.

УДК 681.5

Д.В. Лущик, студент гр. ПА-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЧУТЛИВІСТЬ РІЗНОВИДІВ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ

Анотація. В статті досліджується чутливість контрольних карт на основі середньої довжини серії в залежності від допустимого зміщення процесу.

Ключові слова: контрольні карти, чутливість, середня довжина серії, розлад процесу.

ВСТУП

Завданням статистичного управління процесами є забезпечення та підтримка процесів на прийнятному та стабільному рівні, гарантуючи відповідність продукції та послуг встановленим вимогам [1]. Головний статистичний інструмент для цього — контрольна карта.

Контрольна карта — це графічний засіб застосовування статистичних методів, важливість яких для керування виробничими процесами була вперше показана доктором Уолтером Шухартом у 1924 р. [2].

Контрольні карти Шухарта використовують для оцінки того, чи перебуває технологічний процес, процес обслуговування чи адміністративного управління у статистично керованому стані.

Одним із головних критеріїв ефективності контрольних карт є чутливість.

МЕТА РОБОТИ

Дослідити чутливість контрольних карт на основі середньої довжини серії (СДС) в залежності від допустимого зміщення процесу.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Чутливість контрольних карт — це здатність до виявлення розладнання технологічного процесу, яка оцінюється на основі СДС, що визначається числом вибірок з моменту розладнання процесу до його виявлення контрольною картою, тобто виходу точок параметрів процесу за граничні значення [3].

СДС є математичним очікуванням кількості вибірок, необхідним для прийняття рішення про наявність розладнання [4]. Якщо розладнання немає, то ідеальним значенням СДС є нескінченність. У цьому випадку, на практиці стоїть завдання зробити значення СДС якомога більшим. І навпаки, за присутності зміщення, ідеальне значення СДС повинно становити 1, що відповідає виявленню зміщення на першому контрольному кроці.

Для статистичного регулювання процесу застосовують різні різновиди контрольних карт, які за схемою побудови можна поділити на три групи [5]:

- прості контрольні карти (карти Шухарта);
- контрольні карти з попереджувальними межами, що є модифікацією простих контрольних карт;
- контрольні карти кумулятивних сум.

Наведені три види контрольних карт відчутно відрізняються по чутливості виявлення розладу, що відображено у табл. 1, де наведені дані залежності

середньої довжини серії L різних видів контрольних карт від допустимого зміщення процесу δ, приведеного в одиницях стандартного відхилення σ.

Таблиця 1. Середня довжина серії різних видів контрольних карт [4]

№ п/п	***Допустиме зміщення процесу δ***	***Середня довжина серії L(δ)***		
		Контрольна карта кумулятивних сум з використання V-маски	***Проста контрольна карта Шухарта***	***Контрольна карта Шухарта з попереджувальними межами***
1	0,0	931,0	741,0	556,0
2	0,2	198,0	308,0	223,0
3	0,4	60,0	200,0	134,0
4	0,6	27,0	120,0	75,0
5	0,8	15,0	72,0	43,0
6	1,0	10,0	44,0	26,0
7	1,2	7,8	28,0	16,0
8	1,4	6,3	18,0	11,0
9	1,6	5,3	12,0	7,4
10	1,8	4,6	8,7	5,4
11	2,0	4,0	6,3	4,1
12	2,2	3,6	4,7	3,2
13	2,4	3,3	3,7	2,6
14	2,6	3,0	2,9	2,2
15	2,8	2,8	2,4	1,9
16	3,0	2,6	2,0	1,7

Наочна ілюстрація даних із табл.1, в діапазоні СДС від 0 до 50 контрольних кроків, зображена на Рис.1.

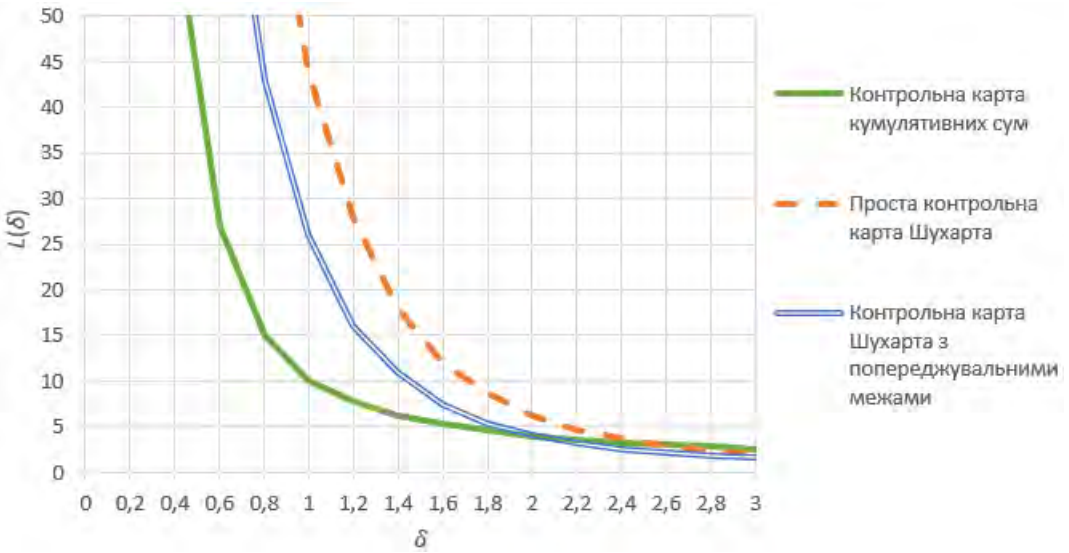


Рисунок 1. Середня довжина серії різних видів контрольних карт

З даних табл. 1 і Рис. 1 видно, що, при нульовому допустимому зміщенні процесу, для контрольних карт кумулятивних сум значення СДС є більшим, ніж для інших карт Шухарта. Таким чином, карти кумулятивних сум мають найнижчий рівень помилкових сигналів, адже чим більше значення СДС для

цільового значення, тим нижче ймовірність помилкових сигналів. Натомість, для контрольної карти Шухарта з попереджувальними межами значення СДС є значно меншим.

Для зміщень менше 2σ, СДС контрольних карт кумулятивних сум менша, ніж СДС будь-яких інших карт з найбільш швидкою реакцією на зміщення процесу. Це особливо відчутно в області від $0{,}4\sigma$ до $1{,}6\sigma$.

Для зміщень більше 2σ, контрольна карта Шухарта з попереджувальними межами швидше реагує на зміщення процесу, ніж два інших види карт, але при цьому карти Шухарта мають більш високий рівень помилкових сигналів [4].

ВИСНОВКИ

Загалом, прості контрольні карти виявляють розладнання найменш чутливо з-поміж інших двох видів карт. Це можна пояснити тим, що характеристики, що визначають стан технологічного процесу, розглядаються незалежно одна від одної, тобто кожен наступний результат вибіркового контролю не враховує попередні дані.

Контрольні карти з попереджувальними межами займають проміжне місце між простими картами Шухарта та картами кумулятивних сум. Краща ефективність в порівнянні з простими контрольними картами пояснюється наявністю, крім меж регулювання, попереджуючих меж, які побудовані у зоні меж регулювання [5].

Контрольні карти кумулятивних сум є найбільш чутливими до зміщення процесу, адже для оцінки стану технологічного процесу використовуються всі дані накопичених сум вибіркових статистик, тобто враховуються як поточні дані, так і попередні вибірки. Таким чином, рішення, що приймаються на підставі інформації з багатьох вибірок, є більш достовірними, ніж рішення, засновані на результатах лише однієї вибірки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Завгородня Є.Є. Статистичні методи контролю якості: навч. посіб. / за ред. Є.Є. Завгородня, О. Є Снітко. Старобільськ : Альма-матер, 2017. – 74 с.

[2] Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта (ISO 7870-2:2013, IDT): ДСТУ ISO 7870-2:2016. – [Чинний від 2016-09-01]. – (Національний стандарт України).

[3] Володарський Є. Т., Добролюбова М. В., Клєвцова М. О. Аналіз чутливості контрольних карт Шухарта // Інформаційні системи, механіка та керування. – 2017. – №. 17. – С. 51-60.

[4] Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 4. Карти кумулятивних сум (ISO 7870-4:2011, IDT): ДСТУ ISO 7870-4:2016. – [Чинний від 2016-09-01]. – (Національний стандарт України).

[5] Виды контрольных карт, применяемые для статистического регулирования технологических процессов —— [Електронний ресурс] — URL: https://studfile.net/preview/2152073/page:15/

Наук. керівник – д.т.н., проф. Володарський Є.Т.

УДК 681.5

Д.В. Лущик, студент гр. ПА-01мп, д.т.н., проф. Володарський Є.Т.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ШВИДКОДІЯ МЕТОДУ КОВЗНОЇ РЕГРЕСІЇ

Анотація. В статті досліджується швидкість визначення розладу технологічного процесу на підставі методу ковзної регресії в залежності від величини зміщення та числа послідовних контрольних точок, за якими будується ковзна лінія регресії.

Ключові слова: контрольні карти, ковзна регресія, зміщення, швидкість виявлення розладу.

ВСТУП

При будь-якому виробничому процесі чи наданні послуг існує мінливість параметрів продукту внаслідок наявності великої кількості випадкових або постійних факторів, що призводять до відхилень параметрів технологічних процесів. Дослідження такої мінливості надає можливість виявити причини та запобігти різним видам втрат для виробника, а також забезпечити знаходження процесу у статистично керованому стані. Основним інструментом статичного управління процесами є контрольні карти.

Контрольна карта — це графічний засіб застосовування статистичних методів, важливість яких для керування виробничими процесами була вперше показана доктором Уолтером Шухартом у 1924 р. [1]. Метою контрольних карт є визначення неприродних змін в даних для процесів, які повторюються, і надання критеріїв для виявлення недоліків статистичного керування [2].

На теперішній час, існує велика кількість різновидів і підходів до побудови контрольних карт, серед яких є модифікація карт кумулятивних сум з використанням ковзних ліній регресії, що дозволяє підвищити швидкість виявлення зміщення технологічного процесу.

МЕТА РОБОТИ

Дослідити чутливість до визначення розладу технологічного процесу за модифікованими картами кумулятивних сум з використанням ковзних ліній регресії в залежності від зміщення та числа послідовних контрольних точок, за якими будується лінія регресії.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В запропонованій модифікації карт кумулятивних сум [3], для часового зменшення затримки у виявленні моменту появи розладнання технологічного процесу вводиться, обумовлене тільки впливом випадкових величин, граничне значення допустимих відхилень $tg\theta_{\lim}$:

$$tg\theta_{\lim} = \frac{\delta\sigma_0}{2}, \qquad (1)$$

де δ – нормоване допустиме зміщення процесу;

$\sigma 0$ – нормоване стандартне відхилення процесу.

Таким чином, достатньою ознакою зміщення характеристик процесу буде вихід поточного значення тангенсу кута нахилу лінії $tg\theta_i$, що утворюється n

послідовними контрольними точками, за одну із наступних меж (відповідно для позитивного та негативного зміщень):

$$tg\theta_i > tg\theta_{\lim}; \quad (2)$$

$$tg\theta_i < -tg\theta_{\lim}. \quad (3)$$

При цьому, щоб зменшити кількість отриманих хибних сигналів, пропонується ввести додатковий критерій, при якому прийняття рішення про стан технологічного процесу вважатиметься достовірним, якщо у випадку перевищення поточним значенням $tg\theta_i$ граничної межі $tg\theta_{\lim}$, чотири останні послідовні контрольні значення *Y*, що використовувалися у побудові ковзної лінії регресії, зростають:

$$Y_{i-3} < Y_{i-2} < Y_{i-1} < Y_i. \quad (4)$$

Логічно, що у випадку $tg\theta_i < -tg\theta_{\lim}$, додатковим критерієм буде:

$$Y_{i-3} > Y_{i-2} > Y_{i-1} > Y_i. \quad (5)$$

Для перевірки ефективності даного підходу з наведеними критеріями, було промодельовано випадковий процес з нормальним розподілом, в який вводилось нормоване зміщення δ відповідне 0.1σ0, 0.2σ0, …, 3σ0, і, в залежності від даного зміщення, використовуючи наведені вище критерії, визначалась швидкість виявлення цього зміщення при різній кількості *n* точок, що використовуються для побудови ковзної лінії регресії. Результати дослідження зображені на Рис. 1., де мірою швидкості виявлення зміщення є середня довжина серії *L(σ)* — математичне очікування кількості контрольних кроків, необхідних для ухвалення рішення про наявність змін [4].

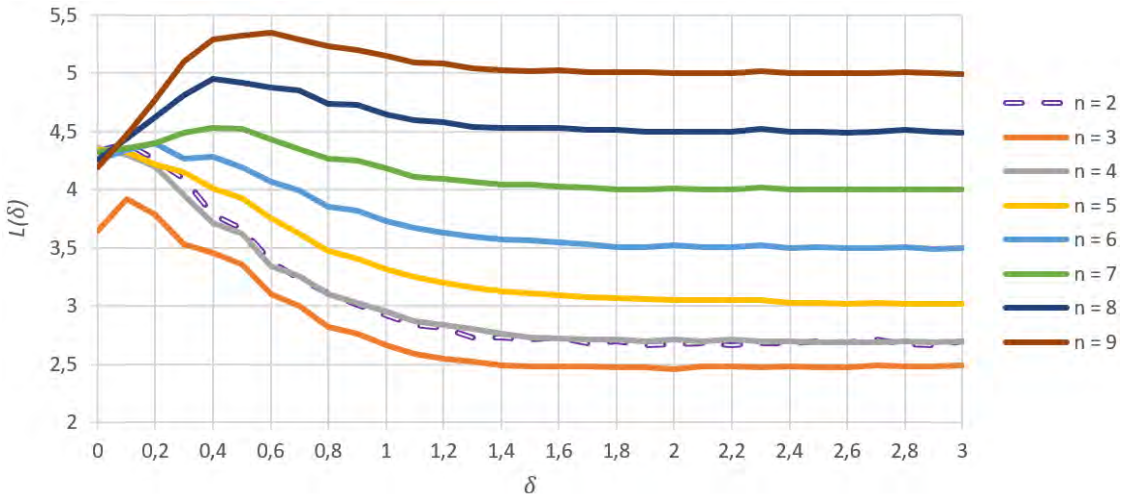


Рисунок 1. Середня швидкість визначення розладу

Таку поведінку графіків при малих значеннях зміщення можна пояснити тим, що при малих зміщеннях виникає велика кількість хибних результатів, а саме: наведений вище алгоритм визначення наявності розладу знаходить даний розлад або раніше за його фактичне введення, або не знаходить його взагалі. І в тому і в іншому випадку це є помилковою роботою алгоритму при таких зміщеннях. Тому ми вилучаємо такі результати з масиву даних і підраховуємо їх кількість. Залежність кількості помилкових рішень від значень зміщень, при різних *n* ковзної регресії, наведена на Рис. 2.

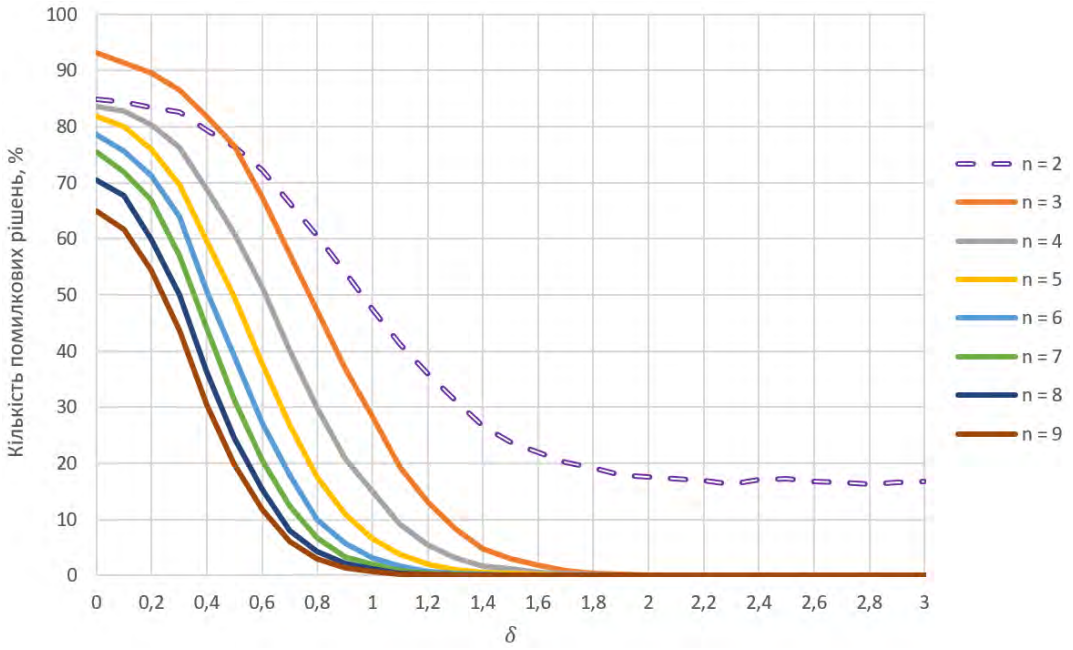


Рисунок 2. Помилковість визначення розладу

Таким чином, зіставивши обидва графіки, можна зробити висновок, що значення швидкості визначення розладу є стабільними, а найголовніше достовірними, тільки для таких значень зміщення, при яких кількість хибних спрацювань даного алгоритму для даного *n* точок дорівнює нулю.

Наприклад, при зміщенні 0.2σ0 для *n=3* послідовних точок, у 89.35% випадків алгоритм знаходив зміщення або раніше його введення, або не знаходив його взагалі, тому визначати швидкість для даного зміщення по тим 10.65% вдалих результатів не є коректним, що і відображено в отриманій завищеній середній швидкості рівній 3.62 контрольних кроки, коли натомість при зміщеннях, що не дають помилкових результатів, середня швидкість є стабільною і рівною 2.5 контрольних кроків.

Проте, середня швидкість не відображає мінімальну необхідну кількість кроків, якої буде достатньо для гарантованого визначення наявності зміщення тим чи іншим видом ковзної регресії. Тому, проаналізувавши отримані дані, було округлено результати в сторону більшого значення кількості контрольних кроків, що зображено на Рис. 3.

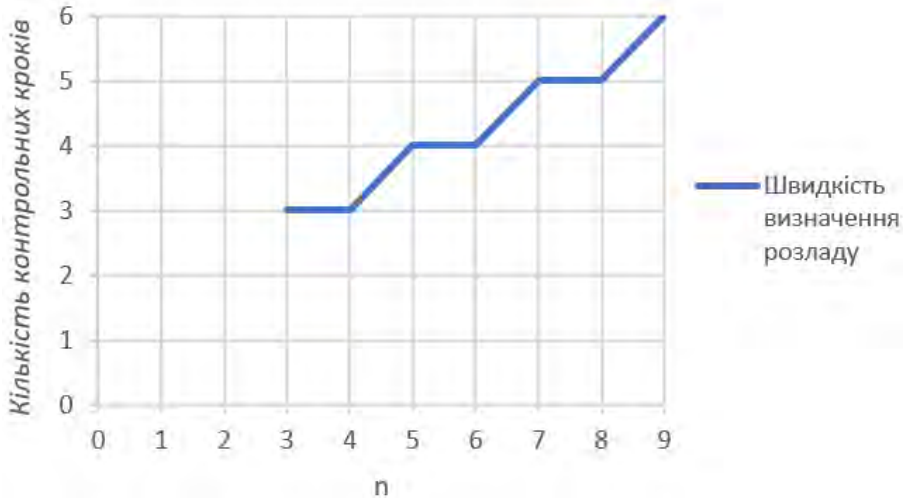


Рисунок 3. Швидкість визначення розладу

Відображення результатів на Рис. 3 починається з $n=3$ ковзної регресії, адже згідно Рис. 2, критерії даного підходу не дозволяють регресії за двома контрольними точками досягти безпомилкового встановлення розладнання навіть при великих значеннях зміщення.

Таким чином, з Рис. 3 можна зробити висновок, що зі збільшенням кількості послідовних контрольних точок n, за якими будується ковзна регресія, зростає і кількість контрольних кроків, необхідних для встановлення зміщення.

Проаналізувавши всі вище наведені залежності, можна встановити, що швидкість виявлення зміщення є стабільною для кожного n ковзної регресії, при умові відсутності помилкових результатів алгоритму, які виникають при невеликих значеннях зміщення.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень було встановлено, що збільшення кількості послідовних n точок для побудови ковзної лінії дозволяє зменшити значення зміщення, при якому може бути достовірно визначена наявність розладу.

Встановлено, що результати швидкості можна вважати дійсними лише у випадках відсутності помилкових результатів алгоритму.

Визначено, що швидкість встановлення наявності розладнання, при значеннях зміщень, для яких не виникає помилкових результатів, не залежить від величини зміщення, а я стабільним показником, що відображений на Рис. 3. В свою чергу, це є перевагою у порівнянні з деякими іншими видами карт, в яких, в залежності від зміщення, може падати чи зростати показник середньої довжини серії.

Отримано тенденцію росту кількості контрольних кроків визначення зміщення від кількості послідовних n точок ковзної регресії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 1. Загальні настанови (ISO 7870-1:2014, IDT): ДСТУ ISO 7870-1:2016. – [Чинний від 2016-09-01]. – (Національний стандарт України).

[2] Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта (ISO 7870-2:2013, IDT): ДСТУ ISO 7870-2:2016. – [Чинний від 2016-09-01]. – (Національний стандарт України).

[3] Потоцький І. О. Методи встановлення інтервалів калібрування еталонів та засобів вимірювальної техніки : автореф. дис. … канд. техн. наук : спец. 05.01.02 «Стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення» / Потоцький Ігор Олексійович ; КПІ. — К., 2020. — 22 с.

[4] Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 4. Карти кумулятивних сум (ISO 7870-4:2011, IDT): ДСТУ ISO 7870-4:2016. – [Чинний від 2016-09-01]. – (Національний стандарт України).

Наук. керівник – д.т.н., проф. Володарський Є.Т.

УДК 681.1

Д.В. Мальцев, студент гр. ПІ-11мп, к.т.н., доц. Богомазов С.А.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО ЗБОРУ СЕНСОРНИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ АСИНХРОННИХ ПРОГРАМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. У статті наведено аналіз особливостей організації систем віддаленого збору сенсорних даних на основі асинхронних програмних технологій із використанням мікрофреймворку Spring WebFlux, який забезпечує підтримку реактивного програмування для веб-додатків, написаних із використанням Spring-framework.
Ключові слова: Spring mvc, Spring webflux, Java

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогоднішній день системи віддаленого збору інформації відіграють важливу роль у нашому житті. Вони використовуються як у побуті, так і на великих підприємствах у якості систем технічного контролю і діагностики.

Важливу роль у таких системах відіграє здатність серверного програмного забезпечення до швидкої обробки і передачі отриманих даних.

За імперативного підходу до розробки програмного забезпечення, програма — це послідовність інструкцій, які виконуються послідовно в тому порядку, в якому вони були написані розробником. Програма очікує повного завершення попередніх дій перед тим, як почати виконання наступних кроків. Під час виконання операції, особливо якщо це операція зберігання в базу даних чи взаємодія з користувачем, потік, який викликав цю задачу, блокується і очікує [1]. Цей процес дуже ресурсомісткий, і тому виникає задача аналізу й дослідження систем збору сенсорних даних із використанням асинхронних програмних технологій.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Більшість мов програмування підтримують паралельне виконання, але створення і синхронізація паралельних потоків - досить складна задача, і тому для реалізації паралелізму було використано веб-фреймворк із реактивним стеком Spring WebFlux.

Spring WebFlux – це мікрофреймворк для мови програмування Java, який забезпечує підтримку повністю асинхронного і неблокуючого веб-стеку, що дозволяє обробляти більшу кількість одночасно отриманих запитів порівняно зі стандартним MVC [2].

Термін “реактивний” відноситься до моделей програмування, які побудовані, як реакції на зміни. Наприклад: мережеві компоненти, які реагують на завершення операцій введення-виведення або контролери інтерфейсу користувача, які реагують на натискання клавіші. У цьому сенсі неблокуючі потоки забезпечують реактивність, тому що замість того, щоб бути заблокованими й чекати на завершення поточної операції, фреймворк реагує на подію і передає задачу обробки інформації будь-якому вільному у той час потоку.

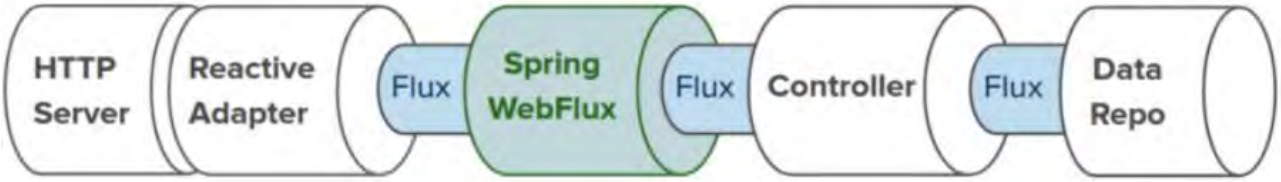


Рисунок 1. Архітектура реактивного програмного забезпечення з використання Spring WebFlux

Будь-який додаток, із використанням даного фреймворку, складається з 5 основних частин:

1. HTTP Server;
2. Реактивний адаптер (WebFlux не сумісний із веб-сервером Netty, який за замовчуванням поставляється разом із фреймворком);
3. Spring WebFlux;
4. Контролер;
5. Репозиторій для роботи з базою даних.

У якості HTTP сервера за замовчуванням використовується веб-сервер Netty. Netty – це клієнт-серверне середовище неблокуючого введення-виведення для розробки мережевих додатків Java [3].

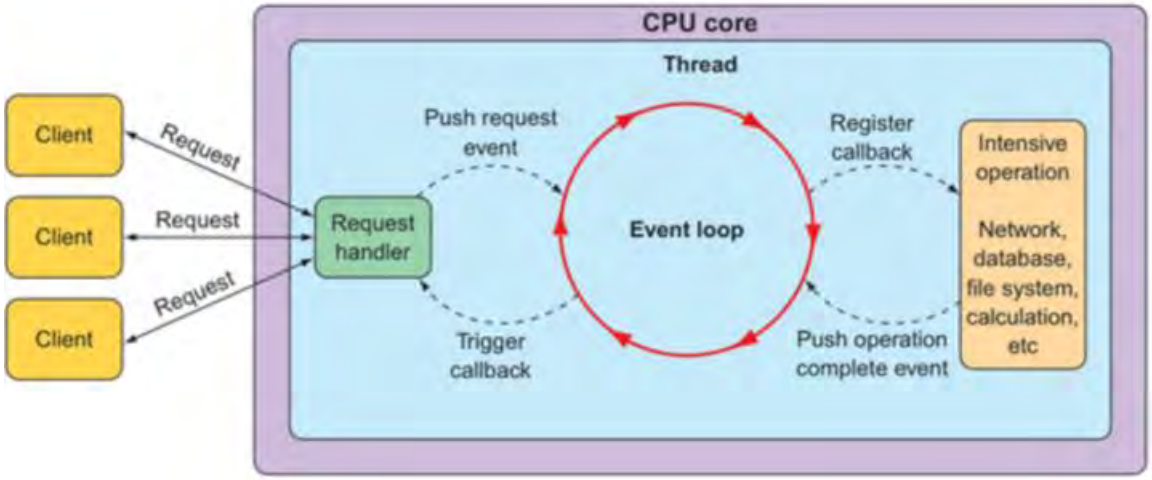


Рисунок 2. Принцип роботи асинхронних систем для виконання великої кількості операцій з обмеженою кількістю потоків

Для обробки великої кількості запитів на вході в Netty в нескінченному циклі знаходиться потік виконання. Цей цикл делегує виконання всіх операцій в пул асинхронних потоків. У той самий час відбувається реєстрація функції зворотного виклику (колбек, callback). Ця функція буде викликана після того, як потік, якому було передано інформацію на обробку, завершить свою роботу. Колбеки потрібні для передачі обробленої інформації назад до клієнта. Після делегування операції в пул потоків, головний потік продовжує виконання циклу й оброблює наступні запити.

На основі асинхронного підходу розроблено програмне забезпечення демонстраційної мережевої системи моніторингу температурних параметрів дизельних двигунів. Розроблений пристрій реалізує п’ять вимірювальних каналів (температура води на вході дизеля, температура води на виході правого

і лівого блоків дизеля, температури масла на вході і температури масла на виході дизеля). В якості датчиків температури було використано платинові термометри опору. Мікропроцесорний блок вимірювання температури виконує вимірювання опору та розраховує температуру за відповідною залежністю. Отримані значення температури передаються по інтерфейсу I2C на модуль Electric Imp [4]. Пристрій imp001 зчитує інформацію від блоку вимірювання і надсилає її агенту в хмарне середовище для подальшої обробки і передачі на асинхронний сервер.

Програмне забезпечення асинхронної системи віддаленого збору даних з використанням платформи Electric Imp складається з трьох частин:

1. Код пристрою;
2. Програма, яка працює на сервері Electric Imp Cloud;
3. Програмне забезпечення асинхронного сервера та сервера бази даних.

Кожен пристрій має власного агента, який розташований в impCloud. Він забезпечує надійний і безпечний зв'язок між пристроєм і користувацькими серверами. Для зв’язку агенту з хмарою використовується протокол HTTP, що полегшує взаємодію з іншими програмами. Програмне забезпечення пристрою imp001 і агента написано на мові Squirrel. Для написання програмного забезпечення для системи віддаленого збору температурних параметрів дизельних двигунів використано середовище розробки impCentral. Пристрій отримує данні від блоку вимірювання температури через протокол I2C і відправляє отримані данні власному агенту. Агент отримує дані, які йому надіслав пристрій, і передає їх далі на асинхронний сервер для подальшої обробки та зберігання

ВИСНОВОК

Таким чином, була реалізована асинхронна програмна система, яка буде виконувати велику кількість паралельних операцій із меншою кількістю потоків. Це дозволить розробляти великі системи обробки даних із використанням менш потужних пристроїв, не погіршуючи загальну продуктивність системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Craig Walls “Spring in Action, 5th edition” — Shelter Island, NY, 2019. - 499p.
[2] Web on Reactive Stack. [Online]. Available: https://docs.spring.io/spring-framework/docs/current/reference/html/web-reactive.html#webflux-why-reactive. Accessed on: November 27, 2021.
[3] Netty [Online].Available:https://en.wikipedia.org/wiki/Netty_(software) Accessed on: November 27, 2021.
[4] Мальцев Д.В., Богомазов С.А. Організація системи Інтернету речей на базі платформи ElectricImp // Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 419-421

Наук. керівник – к.т.н., доц. Богомазов С.А.

УДК 536.629

Д.В. Морозов, студент гр. ПН-01мп, к.т.н., доц. Маркіна О.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДАТЧИКУ ДИМУ ШЛЯХОМ ПРАВИЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ФОТОПРИЙМАЧА

Анотація В статті наведено результати експериментального дослідження викидів сміттєспалювального заводу «Енергія» до вдосконалення та після. Проведено оцінку отриманих результатів вимірювання шкідливих викидів.
Ключові слова : тверді побутові відходи, сміттєспалювальний завод «Енергія».

ВСТУП

Датчики диму відносяться до засобів захисту здоров'я, життя, майна людини. Надійність, точність, селективність, швидкодія та усунення можливості хибних спрацювань датчику це ті напрямки, по яким можливо проводити вдосконалення датчику диму. Кроки науковців з дослідження та вдосконалення конструкцій є актуальними завжди [1-3]. Адже саме науковці задають можливий напрямок зміни конструкції та надають результати досліджень, що підкріплюють або спростовують початкову ідею.

Вдосконалення існуючої конструкції датчику диму, що має широке застосування, ми спробували провести шляхом корегування конструкції датчику. Зосередили свої зусилля на фотоприймачі датчику, ми запропонували ідею експериментального дослідження співвідношення частоти вимірювань до швидкодії мікроконтролеру датчику диму під різними кутами розташування фотоприймача.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження з корекції оптичної схеми ми виконували застосуванням аерозолів, адже саме їх властивості, частинки, їх форма, структура відповідають властивостям, частинкам, формі та структурі диму. Хоча існує і різниця, просто необхідно обрати правильний аерозоль, що був ідентичним диму.

Корекція оптичної схеми заснована на серії вимірювань кількості хибно позитивних вимірюваннях, які були обумовлені однаковою чутливістю в пропонованій оптичній схемі щодо частинок диму різних розмірів, що перебували в атмосфері. Наведемо результати експериментальних досліджень щодо визначення залежності чутливості датчику диму до різнорозмірних частинок аерозолів по відношенню до кута розташування фотоприймача датчику диму. Результати дослідження наведемо у Таблиці 1.

Хочемо зазначити, що градація кута нахилу фотоприймача змінювалась під час проведення експерименту, тому нема чіткої градацію показників. Такі дії були спричинені результатами, які ми отримували щодо кількості хибно позитивних спрацювань.

Таблиця 1 – Результати експериментального дослідження з визначення співвідношення частоти вимірювань до швидкодії мікроконтролеру датчику диму

Кут розташування фотоприймача	***Кількість хибно позитивних спрацювань***	***Кількість вимірювань***
1	2	3
0	14	1800
10	12	1800
20	11	1800
30	10	1800
40	9	1800
50	8	1800
55	5	1800
60	3	1800
65	2	1800
67	2	1800
69	1	1800
70	0	1800
72	3	1800
74	4	1800
80	8	1800
90	7	1800

Як видно з Таблиці 1, при куті нахилу фотоприймача у 55º, відбувається зниження хибних спрацювань. Тому після цього показника кута була змінена градація до 5º. Однак при проведенні дослідження з кутом нахилу у 65º, ми побачили ще більш суттєве зниження хибних спрацювань до 2 і це при кількості вимірювань 1800.Тому ми прийняли рішення змінити крок градації кута нахилу ще раз до 2º. При проведенні вимірювань під кутом у 67º, ми отримали кількість хибних спрацювань 2.

Було проведено наступне вимірювання за кутом 69º, і отримано кількість хибних спрацювань 1. Ми знов змінили градацію кута нахилу до 1º. Проведене вимірювання за кута у 70º, дозволило отримати нульовий показник хибних спрацювань. При проведенні експериментального дослідження з кутом у 72º, отримано кількість хибних спрацювань 3. Відбувається зростання кількості хибних спрацювань.

Наступним кутом нахилу при дослідженні було 74º, отримано кількість хибних спрацювань 4. Ми провели вимірювання під кутом нахилу при дослідженні 80º, отримано кількість хибних спрацювань 8., і останнім вимірювання проведено під кутом у 90º, отримано 7 хибних спрацювань. З описаного вище можемо зробити висновок, що необхідно провести вдосконалення конструкції фотоприймача, та розташувати його під кутом у 70º, що усуває можливість хибних спрацювань датчику диму.

Вимірювання проводилися в темній кімнаті, де приймачі інфрачервоного випромінювання були зафіксовані кронштейном, що дозволяв змінювати кут

нахилу. Було проведено тестове вимірювання, яке показало відсутність сигналу і, отже, відсутність інших факторів перешкод, крім аерозолів.

Другий етап проведення експериментального вимірювання виконувався з поданням атмосферного повітря. З пробами проведено цикл вимірювань, за результатами яких визначено кількість помилкових спрацьовувань датчику диму. Як ми вже зазначали, що при 70º необхідно розташовувати фотоприймач інфрачервоного випромінювання, це дозволить не мати хибних спрацювань. Тому нашими рекомендаціями щодо вдосконалення конструкції датчику диму є наступне: попередню оптичну схему датчику диму необхідно модифікувати на основі отриманих даних.

ВИСНОВКИ

Ми запропонували ідею для проведення експериментального дослідження з визначення впливу кута нахилу фотоприймача датчику диму на швидкодії мікроконтролеру датчику по відношенню частоти вимірювань. Виявилось, що швидкодія у попередній конструкції була забезпечена необхідними показниками, для того щоб вчасно помітити дим та унеможливити пожежу. Однак, виявилось, що існує таке поняття як хибно позитивне спрацювання при високій швидкодії датчику. У роботі наведено результати експериментального дослідження яким чином впливає швидкодія на кількість хибно позитивних вимірювань з додаванням конструкційної зміни щодо розташування фотоприймача. Виявилось, що кут нахилу фотоприймача значно впливає на показник хибних спрацювань. Звісно, якщо при 1800 вимірюваннях показник хибних спрацювань не перевищував 14, то це дуже низький рівень.

Однак, якщо датчик використовується у літаках, то навіть одне спрацювання під час польоту може викликати паніку у пасажирів та низку позаштатних дій, що призведе до термінової посадки літака у найближчому аеропорті, так і не долетівши до місця призначення. Ми зазначили тільки найскромніші наслідки, а в дійсності вони можуть приймати різний характер.

За отриманими результатами можемо зробити висновок, що необхідно провести вдосконалення конструкції фотоприймача та розташувати його під кутом у 70º, що усуває можливість хибних спрацювань датчику диму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Дашковський О.А., Дремлюга В.Я., Єременко С.І., Раллєв І.М., Скіцунов С.В., «Система пожежної сигналізації рухомих об’єктів», [Електронний ресурс]: / Режим доступу: http://www.ukranalyt.com.ua/st_9.htm

[2] Маркіна, О.М. «Аналізатор діоксиду вуглецю в учбових приміщеннях» / О.М.Маркіна, Д.О.Муштрук // Приладобудування: стан і перспективи: XVIII Міжнар. наук.-техн. конф., 15–16 травня 2019 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2019. – С. 106-107.

[3] Баскова І. П. «Параметричні і газоаналітичні системи промислового моніторингу» [Текст] / І. П. Баскова, З. Д. Безрук, В. Ф. Примиский // Приладобудування: стан і перспективи: IV наук.-техн. конф., 26-27 квітня 2005 р. : тези доп. – Київ, 2005. – С.172.

УДК 54.07

Д.А. Невгод, студентка гр. ПА-01мп, к.т.н., доц. Добролюбова М.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СПИРТОВОГО ПАЛИВА В УМОВАХ МАЛИХ ТА СЕРЕДНІХ ПІДПРИЄМСТВ АГРАРНОГО СЕКТОРА

Анотація. Стаття присвячена розгляду особливостей оцінки якості спиртових дистилятів. Розглянуті показники якості, необхідні при визначенні придатності спирту для його використання у якості альтернативного джерела енергії для автомобілів.

Ключові слова: спиртові дистиляти, якість, альтернативні джерела енергії, двигун внутрішнього згорання.

ВСТУП

На даний момент у світі існує дві глобальні проблеми – виснаження сирої нафти та забруднення повітря за рахунок спалювання сухого листя. Багато років поспіль різними країнами проводяться інтенсивні дослідження з метою з'ясування альтернативи викопному паливу. Альтернативні види палива отримують з ресурсів, відмінних від нафти.

При використанні в двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ) ці види пального призводять до меншого забруднення повітря, в порівнянні з бензиновим паливом, і більшість з них є більш економічно вигідними, в порівнянні з викопним паливом, зважаючи на те, що вони є поновлюваними.

Найпоширенішими видами палива, які використовуються в якості альтернативного пального, є природний газ, пропан, метанол, етанол і водень, а також використання електроенергії.

Одним із способів утилізації сухого листя є проведення процедури гідролізу та їх подальшого зброджування з метою отримання спиртової суміші [1]. Саме такий спосіб утилізації допомагає вирішити обидві екологічні проблеми: забруднення повітря чадними газами та збереження невідновлюваних ресурсів у випадку використання спирту в якості палива.

Існують два способи застосування спирту в якості пального для автомобільних двигунів – при частковій (до 20 %) і при повній заміні бензину і дизельного палива. Високі антидетонаційні якості визначають переважне використання спирту в двигунах внутрішнього згорання з примусовим (іскровим) запалюванням. У такому випадку стандартний двигун не потрібно переробляти для роботи на бензо-спиртовій суміші.

У зв’язку з актуальністю вирішення такої проблеми, було прийнято рішення про створення програмно-апаратного комплексу для розпізнавання показників якості спиртових дистилятів для забезпечення можливості одночасної утилізації листя та створення якісного палива в домашніх умовах [2].

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Створений програмно-апаратний комплекс дозволяє дослідити характеристики власноруч виготовленої спиртової суміші з метою визначення її придатності до подальшого використання у двигунах внутрішнього згорання та генераторах.

Для моделювання та аналізу була обрана двозонна модель двигуна [3-5]. Його камера згорання поділена на дві області – для незгорілого і спаленого газу. Для згорілого (1) і незгорілого (2) заряду застосовується перший закон термодинаміки:

$$\frac{dm_b u_b}{da} = -p_c \frac{dV_b}{da} + \frac{dQ_F}{da} - \sum \frac{dQ_{Wb}}{da} + h_u \frac{dm_b}{da} - h_{BB,b} \frac{dm_{BB,b}}{da}. \quad (1)$$

$$\frac{dm_u u_u}{da} = -p_c \frac{dV_u}{da} - \sum \frac{dQ_{Wu}}{da} + h_u \frac{dm_B}{da} - h_{BB,u} \frac{dm_{BB,u}}{da}. \quad (2)$$

де dm_u - зміна внутрішньої енергії в циліндрі, $p_c \frac{dV}{da}$ - робота поршня, $\frac{dQ_F}{da}$ - введення тепла паливом, $\frac{dQ_W}{da}$ - втрата тепла стінками, $h_u \frac{dm_B}{da}$ - потік ентальпії з незгорілої зони в зону спалювання за рахунок перетворення заряду в продукти згорання. Тепловим потоком між двома зонами можна знехтувати. $h_{BB,u} \frac{dm_{BB,u}}{da}$ – це потік ентальпії через продування, u і b в нижньому індексі – це незгорілий і спалений газ.

При цьому сума об'ємів зони повинна дорівнювати об'єму циліндра, а сума змін об'єму – зміні об'єму циліндра (3):

$$\frac{dV_u}{da} + \frac{dV_b}{da} = \frac{dV}{da}. \quad (3)$$

Для всіх інших параметрів, наприклад, для визначення тепловтрат стінки, використовуються моделі, подібні до однозонних моделей з відповідним розподілом на дві зони.

Таким чином було проведено дослідження впливу сумішей етанолу (E0, E5, E10, E20, E30, E50) та бензину на викиди вуглекислого газу (CO). І зроблено висновок про те, що збільшуючи вміст етанолу в змішаному паливі, викиди CO зменшуються [6]. Причиною цьому є збагачення киснем за рахунок використання етанолу, в якому збільшення частки кисню сприяє подальшому окисленню CO в процесі вихлопу двигуна (рис. 1).

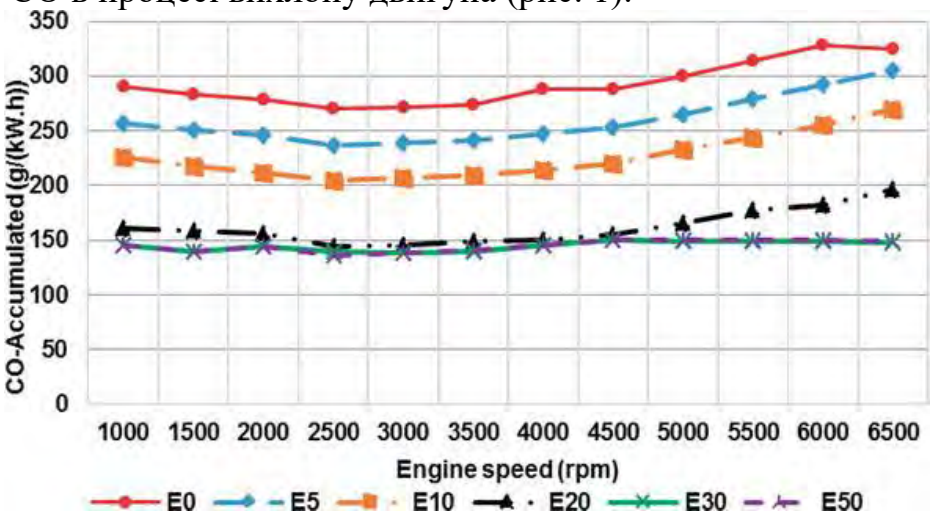


Рисунок 1. Вплив суміші етанол-бензин на викиди CO

Отже, в зв'язку з тим, що використання спирту у якості палива є економічно та екологічно вигідне, розробка програмно-апаратного комплексу набуває актуальності і є важливим кроком для переходу на такі альтернативні джерела енергії.

Основними функціями даного комплексу є вимірювання та виведення на екран показників мутності спиртового розчину, що і є основним критерієм придатності власноруч виготовленого етанолу до використання у двигунах. Зовнішній вигляд апаратного комплексу представлений на (рис. 2)

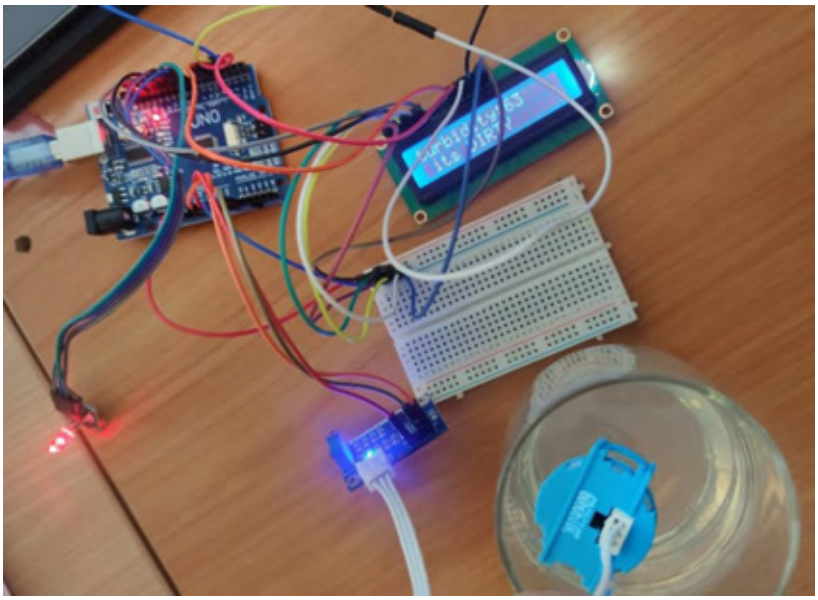


Рисунок 2. Зовнішній вигляд апаратного комплексу для визначення параметрів спиртових дистилятів

До складу апаратного комплексу для визначення параметрів спиртових дистилятів входять:

1) Arduino Uno
2) Датчик для визначення мутності рідини
3) Модуль датчика потоку рідини TS-300B Sensor
4) Світлодіод
5) LCD-дисплей 1602

Схема підключення для комплексу представлена на (рис. 3).

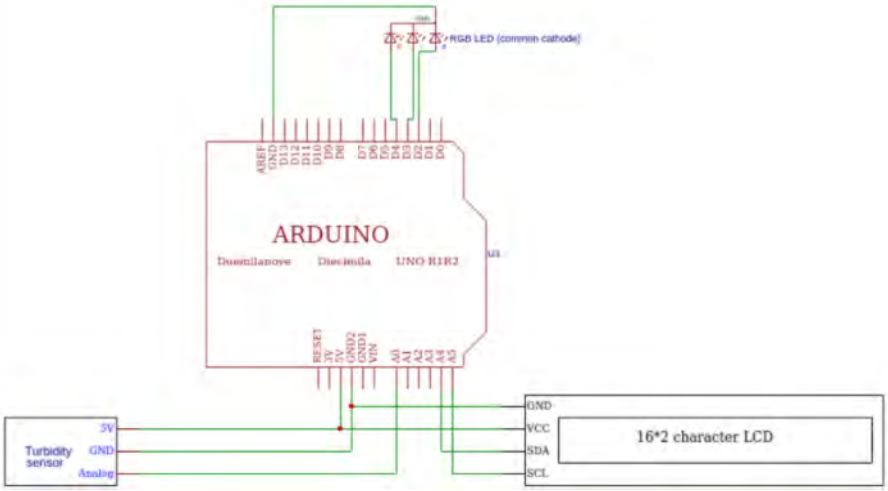


Рисунок 3. Схема підключення комплексу для вимірювання параметрів спиртових дистилятів

ВИСНОВКИ

Отже у ході досліджень можна побачити, що зі збільшенням вмісту етанолу, концентрація CO зменшується. А найнижчі викиди CO досягаються при використанні змішаного палива, що містить 50-відсотковий етанол (E50). Таким чином даний комплекс допомагає без перешкод оцінити якість власноруч виготовленого спиртового продукту, що в свою чергу полегшує процес утилізації сухого листя та сприяє екологічній безпеці. Слід зазначити, що з метою запобігання виникненню критичних станів вимірювання система додатково оснащена світловою сигналізацією, яка попереджує про критичні стани вимірювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Дослідження небезпеки від спалювання сухого листя. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.bbc.com/ukrainian/features-russian-45642028 – Дата доступу: 23.11.2021.

[2] Iliev S. Investigation of N-butanol blending with gasoline using a 1-d engine model, 2017. – С. 385-391.

[3] Varol Y, Oner C, Oztop HF, Altun S. Comparison of methanol, ethanol, or n-butanol blending with unleaded gasoline on exhaust emissions of an SI engine. – від 2014. – № 38. – С. 938-948.

[4] Pourkhesalian A, Shamekhi A, Salimi F. Alternative fuel and gasoline in an SI engine: A comparative study of performance and emissions characteristics. 2010. – № 89. – С. 1056-1063.

[5] Altun S, Oztop H, Oner C, Varol Y. Exhaust emissions of methanol and ethanol-unleaded gasoline blends in a spark ignition engine. Thermal Sciencep., 2013. – С. 291-297.

[6] Iliev S. Developing of a 1-D combustion model and study of engine characteristics using ethanol-gasoline blends. In: Proceedings of the World Congress on Engineers. ., 2014. – С. 978-988.

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

UDC 631.811.98.006.91

M.H. Panasenko, student of group PV-01mp, PhD, professor Eremenko V.S.
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

MONITORING SYSTEM OF ECOLOGICAL PARAMETERS OF RECREATION AREAS

Abstract. This article presents a system for monitoring the ecological parameters of recreation areas. And also a diagram of the operation of this system is presented.

Keywords: Internet of Things, Information measuring system, ecological issues.

PROBLEM STATEMENT

Currently, the market is full of devices, systems and sensors to monitor various environmental parameters. Air pollution, the level of ultraviolet radiation, temperature, humidity - this information is considered commonplace, as it provides data on which we make appropriate decisions: how to dress today, which beach is safe to visit, etc.

As progress is always moving forward, humanity is trying to optimize and digitize all areas of its activities. Polling systems manually, as it was in the 80s, is no longer relevant, and we want to get all the information on our mobile device. This has been made possible by cloud storage and the acceleration of the Internet.

WHY DO WE NEED THIS SYSTEM AND WHAT DOES IT DO

Most modern measurement and transmission systems are made using microcontrollers (such as the Arduino family), which allows you to get a relatively inexpensive and resource-efficient system for measuring and transmitting measured information to cloud storage and display to the user if necessary. Sampling such data for a certain period allows you to predict, which in turn helps the user to make the appropriate decision [1].

Environmental monitoring stations use systems whose measurement range depends on weather conditions and the necessary informative parameters. For example, in meteorological systems, humidity, ambient temperature, ultraviolet radiation, air quality, etc. are measured. Also, they use aquatic environment monitoring subsystems that use the parameters of the aquatic environment: water temperature, pH, turbidity, etc. depending on the required parameters. Such data usually enters the cloud storage, then is entered into a file or enters the database API, after which the results are processed and displayed to the user if necessary. All calculations are performed on the backend according to certain algorithms, for example, linear regression [2] to decide on the acceptability of measuring parameters [3].

An example of such a system provided below.

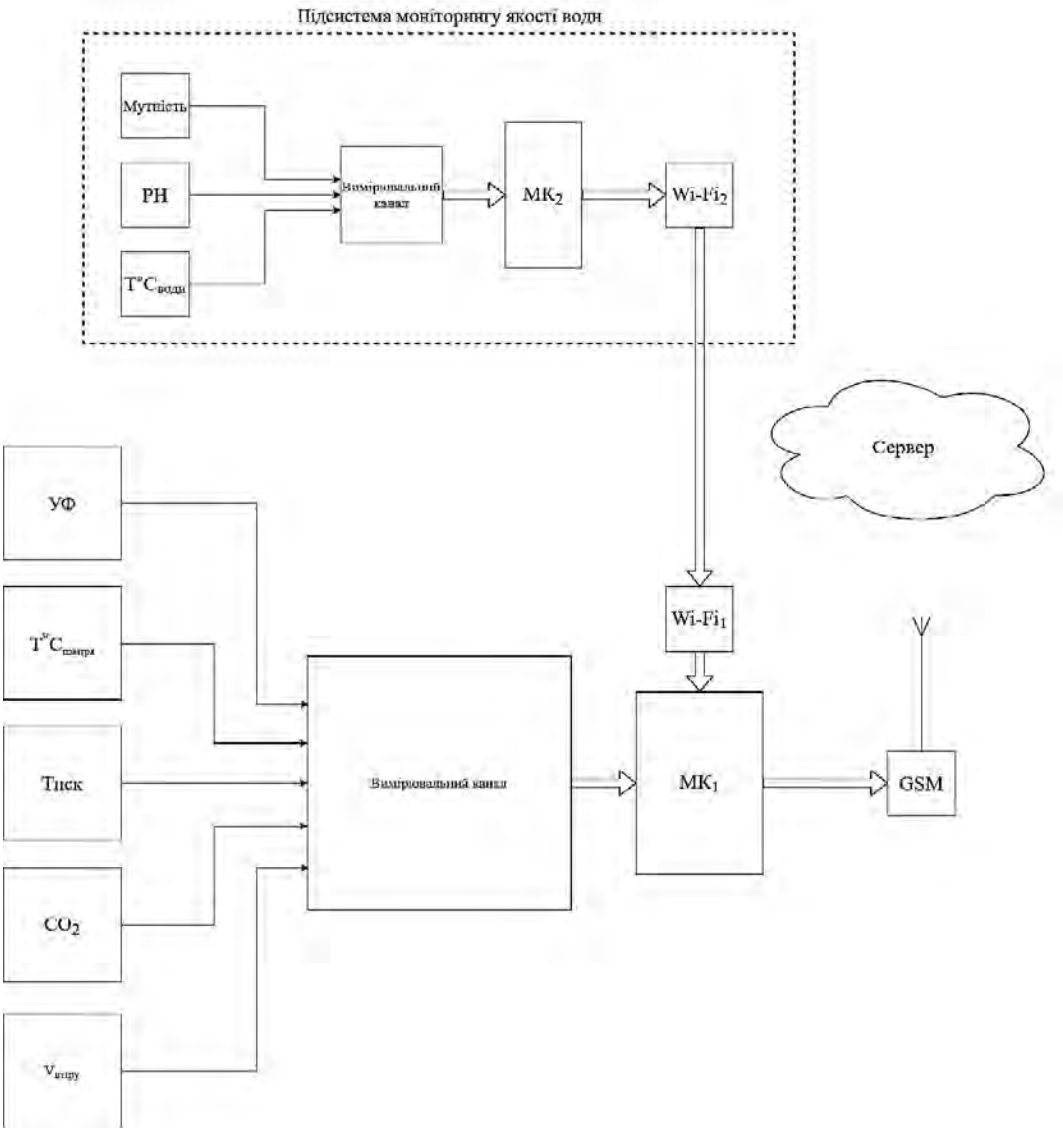


Figure 1 - Block diagram of the system

The figure shows:

- Мутність – turbidity measuring channel
- pH – Aquatic acidity probe Aquatic acidity probe
- T – temperature measuring channel
- MK1/MK2 – microcontroller
- Wi-Fi1/ Wi-Fi2 – short-distance data exchange channel
- УФ(UV) – ultraviolet measurement channel
- Тиск - pressure measuring channel
- Vвітру – wind speed
- CO2 – carbon dioxide measurement channel
- GSM – data transmission channel to the server
- Сервер(Server) – database

The monitoring subsystem is a set of primary converters of physical quantities into a digital value.

Primary measuring converters of parameters of physical quantities into digital ones.

The measuring channel acts as a receiver, which receives signals from the measuring transducers.

The microcontroller of the Arduino family receives a signal through the measuring channel and, using the built-in ADC, converts the signal into a digital value.

The software acts as a transmitter of the received data using a Wi-Fi module to the cloud storage (database). With which the user receives information upon request.

GSM / GPRS can be used - data transmission over a long distance with information about the position of the device, Wi-Fi transmission - is limited by the radius of the router, it is best used in production, limited by the capabilities of the transmitter, the latter is wired data transmission for local research[4].

REFERENCES

[1] Panasenko M. Information measuring system of water quality : дис. техн. наук / Panasenko Mariia – Kyiv, 2020.

[2] sklearn.linear_model.LinearRegression [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.linear_model.LinearRegression.html.

[3] Carrier Lifetime Measurement for Characterization of Ultraclean Thin p/p+ Silicon Epitaxial Layers [Електронний ресурс] // ARIZONA STATE UNIVERSITY – Режим доступу до ресурсу: https://core.ac.uk/download/pdf/79566475.pdf.

[4] LMT89 2.4-V, 10-µA, SC70 Temperature Sensor [Електронний ресурс] // Texas Instruments – Режим доступу до ресурсу: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmt89.pdf?ts=1617476892229&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F.

УДК 504.3.054

В.А. Пасічник, студентка гр. ПН-01мп, к.т.н., асист. Івасенко В.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ВИКИДІВ ВІД РОБОТИ УТИЛІЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН

Анотація. Розглянуто проблеми та джерела забруднення повітря при утилізації гумових виробів (автомобільних шин). Проведено вимірювання масових концентрацій, та валових викидів забруднюючих речовин, що викидаються в повітря від утилізаційної установки.
В результаті роботи розглянуто та проаналізовано результати вимірювань та вплив утилізаційної установки.
Ключові слова: утилізаційна установки, автомобільні шини, забруднення.

ВСТУП

Останнім часом в зв'язку з активним зростанням кількості автомобілів, безперервно зростає і кількість використаних автомобільних шин. В Україні щорічно утворюється більше 180 тис. т відпрацьованих автомобільних шин, але з них перероблюється лише 10% [1]. інша частина вивозиться на звалище. При складуванні відбувається накопичення на значних територіях, що породжує екологічну проблему відчуження земель, забруднення грунтів та водойм. Для прикладу у країнах Європейського Союзу (ЄС) щорічно утворюється 3,19 млн. т автомобільних шин, 91 % яких перероблюються. В результаті отримують матеріал для повторного використання або вироблення енергії.

Одним із перспективних методів переробки відпрацьованих шин, є термічне деструкція. В процесі такої обробки отримується твердий вуглевмісний залишок, вуглеводневий конденсат, газ і метал (залишок металевого корда). В залежності від умов отримання цих матеріалів вони можуть бути повторно використані в різних виробництвах.

При рішенні екологічної проблеми утилізації шин важливим є питання екологічності технологій їх переробки. Для оцінки впливу на довкілля при термічній утилізації потрібно розглянути всі етапи виробництва, визначити джерела утворення небезпечних продуктів.

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

В світі розроблено та впроваджена велика різноманітність технологій утилізації автомобільних шин. Основуючись на них створюються екологічно прийнятні технології утилізації. Питанням екологічності переробних технологій при утилізації гумових виробів розглянуто в роботах Шмандія В.М., Вамболь В.В. [2], Маркіної Л.М., Крива М.С. [3]. Запорожця О.І., Нікітченко Ю.О. [4].

Проблема вибору та застосування екологічно безпечного методу утилізації гумових виробів в Україні є не вирішеною, основуючись на досвіді розвинутих країн можуть бути створені екологічно прийнятні технології утилізації.

МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою даної роботи є установки з утилізації автомобільних шин з використання методу термічної деструкції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Розглянути принцип роботи установки з утилізації автомобільних шин на основі термічної деструкції.

2. Визначити масову концентрацію забруднюючих речовин при роботі на газовій суміші.

ОПИС МЕТОДУ І СИСТЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ШИН

Переробка автомобільних шин основується на способі термічної деструкції, в процесі якої утворюється сировина у вигляді: паливо пічне, вуглецевий залишок, газова суміш та металобрухт. Під терміном «термічна деструкція» розуміють розклад органічних речовин під дією температури без доступу повітря, в результат чого відбуваються деструкційні перетворення.

Структура гуми являє собою складну багатокомпонентну систему. При дії температури на гуму, спочатку розриваються найбільш слабкі з'єднання. Продукти розпаду полімерних ланцюгів вступають в повторні реакції між собою, в результаті яких утворюються низько молекулярні і високомолекулярні зв'язки – смоли, важки осмолені залишки і вуглець. Отже гума не переходить рідкий стан в поступово втрачає частину свого складу у вигляді газоподібних продуктів, а після видалення летких речовин залишаються смоловидні продукти [5,6]. Склад і фізико-хімічні властивості продуктів переробки гуми змінюється в залежності від температури і тиску в котлі-утилізаторі [7]. Часто за критерій оптимальності проведення процесу переробки приймають максимальний вихід рідкої фракції і вихід газу.

В результаті деструкції утворюється газова суміш, що в основному складаються з H_2, H_2S, CO, CH_4, C_2H_6, C_3H_8, вуглеводні з низьким значеннями молекулярної маси.

Отримуючи в процесі переробки вторинну сировину у вигляді рідкої фракції, вуглецевого залишку, металобрухту та газової суміші, яка використовується для нагріву реактора установки. Але на даний час проведено недостатньо досліджень у визначені величин викидів від роботи установки на даному типу палива і не оцінено екологічність його використання.

Згідно досліджень Криви М.С. [3], газова суміш являє собою висококалорійний газ з теплотою згорання від 38,7 до 47 мДж/кг. Приблизний склад метан - 37,3 - 74,44%; етан - 7,6 - 12,6%; пропан 3,7 - 15,4%; водень - 3,76 - 15,1%; оксид вуглецю - 2,1 - 15,3%; діоксид вуглецю - 3,3 - 17,5%; бутан - 0,5 - 2,7%; этилен – 0,3 - 3,1%; пропілен – 0,9 - 6,1%; бутилен – 0,1-5,2%; кисень – 0,02- 0,85%, сірководень – 0,22%.

Порівнюючи з складом природного газу, вміст елементів газової суміші може змінюватись в широких діапазонах, також до її складу входять сірчані сполуки, що при використанні газової суміші як енергоносія призводить до додаткового забруднення продуктами окиснення сірки. Також наявні низькомолекулярні вуглеводні та частки рідкої фракції. Всі ці особливості складу впливають на кінцеві продукти згорання газової суміші.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводились на установці термічної деструкції автомобільних шин. Етап процесу утилізації – термічний розпад вихідної сировини, пальне – газова суміш (несконденсований газ). Установка обладнана двома димовими трубами викиду продуктів згорання. Місцями відбору проб були вибрані вертикальні ділянки димових труб. Параметри джерел викиду котла утилізації гумових виробів наведено в таблиці 1.1. Відбір проб і вимірювання проведені відповідно до ДСТУ 8725:2017, ДСТУ 8726:2017, ДСТУ 8812:2018. Вимірювання масової концентрації суспендованих твердих частинок не диференційованих за складом виконувалося згідно МВВ №081/12-0161-05, для вимірювання масових концентрацій застосовувався засіб вимірювальної техніки ОКСИ–5М–5НД.

В таблиці 1.2 наведені результати вимірювання середніх концентрацій (мг/нм^3) забруднюючих речовин приведених до нормальних умов (0 °С, та 760 мм.рт.ст) та стандартного вмісту кисню 3% (рідке та газоподібне паливо), а також потужність викиду (г/с) по кожному джерелу викиду.

Таблиця 1.1 - Параметри джерел викиду котла утилізації гумових виробів

Параметр	***Котел утилізатор***	
	Труба №1	***Труба №2***
Діаметр,мм	200	200
Швидкість , м/с	4,6	4,2
Температура, °С	244	241
Тиск, мм.рт.ст	740	740
Об'ємна витрата, нм^3/с	0,0743	0,0682
Концентрація кисню, %	17,9	18,4

Таблиця 1.2 - Параметри джерел викиду котла утилізації гумових виробів

Забруднююча речовина	***Котел утилізатор***			
	Труба №1		***Труба №2***	
	Масова концентрація, мг/нм^3	Масовий викид, г/с	Масова концентрація, мг/нм^3	Масовий викид, г/с
Діоксид азоту	627,1	0,008024	616,15	0,00607
Оксид вуглецю	673,55	0,008619	664,62	0,006547
Діоксид сірки	40,65	0,00052	34,62	0,000341
Суспендовані тверді частинки не диференційований за складом	218,74	0,002569	216,38	0,002322

Як по компонентному складу газової суміші (наявність домішок сірки), так і по речовинах, що утворюються в результаті згорання, цей продукт розпаду гуми можна віднести до таких видів палива як дизельне пальне або мазут. Адже вплив на навколишнє середовище при їх згоранні подібні.

За результатами вимірювання встановлено, що наявні перевищення нормативу гранично допустимих викидів по суспендованих твердих частинках не диференційований за складом, що становить 150 мг/нм^3. Для вирішення цієї

проблеми доцільно буде встановлювати газо-пилоочисне обладнання, що зменшить викиди суспендованих частинок і забезпечить дотримання екологічних норм.

ВИСНОВОК

При переробці шин методом термічної деструкції необхідно пам'ятати про те, що під час термічного розкладу гуми, відбувається виділення небезпечних газів. При використанні цих газів як паливо в топці утилізаційної установки, відбувається викиди шкідливих газів з перевищенням екологічних норм. Для зниження екологічного навантаження навколишнє середовище технологічними процесами рекомендується обладнувати їх пило-газоочисним устаткуванням. В такому випадку екологічно безпечна технологія утилізації шин створить екологічно безпечні умови проходження процесу утилізації і виключить санітарне забруднення території.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Global ELT Management – A global state of knowledge on collection rates, recovery routes, and management methods [Електронний ресурс]: – Режим доступу : Proposal_A4_3col (wbcsd.org) — 02.2018.

[2] Вамболь С.А., Шахов Ю. В., Вамболь В. В., Петухов И. И. Математическое описание процессов разделения газовых смесей, образующихся при термической утилизации отходов. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. № 1/2 (79). DOI : 10.15587/1729- 4061.2016.60486

[3] Маркіна Л. М. Модельні дослідження переробки органічних відходів методом багатоконтурного піролізу з отриманням альтернативного палива. Зб. наук. праць НУК. Миколаїв. 2008. № 4. С. 101–109, Маркіна Л. М., Крива М. С. Забезпечення екологічної безпеки при термічної утилізації гумо-технічних відходів. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2019. Т. 30 (69), № 1. С. 41-50.

[4] Запорожець О. І., Нікітченко Ю. С. Оцінка екологічних ризиків при складуванні зношених автомобільних шин на звалищах. Восточно-Эвропейский журнал передовых технологий. 2013. № 2/11. С. 19-24.

[5] Ямпольский Ю. П. Элементарные реакции и механизм пиролиза углеводородов. Москва, 1990. − 216 с.

[6] Рижков С. С., Маркіна Л. М., Крива М. С. Аналіз особливостей фізикохімічних процесів багатоконтурного циркуляційного піролізу органічних відходів. Зб. наук. праць НУК. Миколаїв, 2012. № 5−6. С. 117–123.

[7] Федоеев С. Д. Теория технологических процессов. Основы теории термической деструкции углеродистых материалов: курс лекцій. Москва, 1982. С. 48.

УДК 621.317

Р.О. Потієнко, студент гр. ПА-81, к.т.н., доц. Ю.С. Шумков
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КОНТРОЛЬ СКЛАДНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

Анотація. Висока продуктивність контролю складних електричних кіл може бути досягнута на основі прямих методів вимірювання з використанням випробувальних сигналів спеціальної форми. Наведений приклад ілюструє процедуру контролю параметрів складних електричних двополюсників за методом нулів і полюсів. Випробувальний сигнал відтворює модель інверсної функції імітансу електричного кола, що контролюється, таким чином, що ВС під час перетворення компенсує функцію імітансу кола. При цьому відгук на виході перетворювача «імітанс-напруга» при номінальних значеннях параметрів електричного кола має вигляд одиничної ступінчастої функції (номінальний відгук). Нулі і полюси електричного кола, які відміні від номінальних та не скомпенсовані, дають відхилення відгуку від номінального. Це спрощує процедуру контролю.

Ключові слова: випробувальний сигнал, багатоелементне двополюсне електричне коло, інверсна модель, функція імітансу, метод нулів і полюсів.

ВСТУП

За рахунок зовнішніх комутацій полюсів багатополюсне електричне коло (плата друкованого монтажу) під час контролю параметрів елементів кола може бути зведено до трьохполюсного електричного кола, де контрольований двополюсник (ДП), який має провідність $Y(s,\alpha_{X_T})$ або опір $Z(s,\alpha_{X_T})$, – це гілка трикутника [1]. Інші гілки – шунтуючи опори $Z_{1,2ш}$ інших елементів плати друкованого монтажу. За рахунок включення трикутника у вимірювальну схему (перетворювач «імітанс-напруга»), яка забезпечує спеціальний режим полюсах трикутника, можна виділити контрольований ДП електричним шляхом. А саме виключити вплив шунтуючих опорів інших елементів плати. Струм через ДП чи напруга на полюсах ДП буде визначатися тільки параметрами самого ДП. Висока продуктивність систем контролю складних електричних кіл може бути досягнута на основі прямих методів вимірювання з використанням випробувальних сигналів спеціальної форми [2,3]. Розробка методів, які дозволяють спростити процедуру контролю та підвищити продуктивність, є актуальної.

МЕТА РОБОТИ

Метою статті є аналіз процедури контролю параметрів складних електричних кіл за методом нулів і полюсів.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розглянемо приклад контролю параметрів послідовного R,C-двополюсника (рис. 1). Контрольований ДП R2,C2 – це є гілка трьохполюсного кола. Резистори R5, R6 – шунтуючи опори. Підключення до перетворювачу «імітанс-напруга» забезпечує режим заданого струму через контрольований ДП. Струм через ДП, якій відтворює інверсну функцію імітансу ДП, задається генератором випробувального сигналу (ВС) спеціальної форми [4]. Номінальна вихідна напруга перетворювача «імітанс-напруга» має ступінчасту форму, а її відхилення від номінальної відтворює відхилення окремих параметрів R,C-двополюсника, за яким здійснюється контроль.

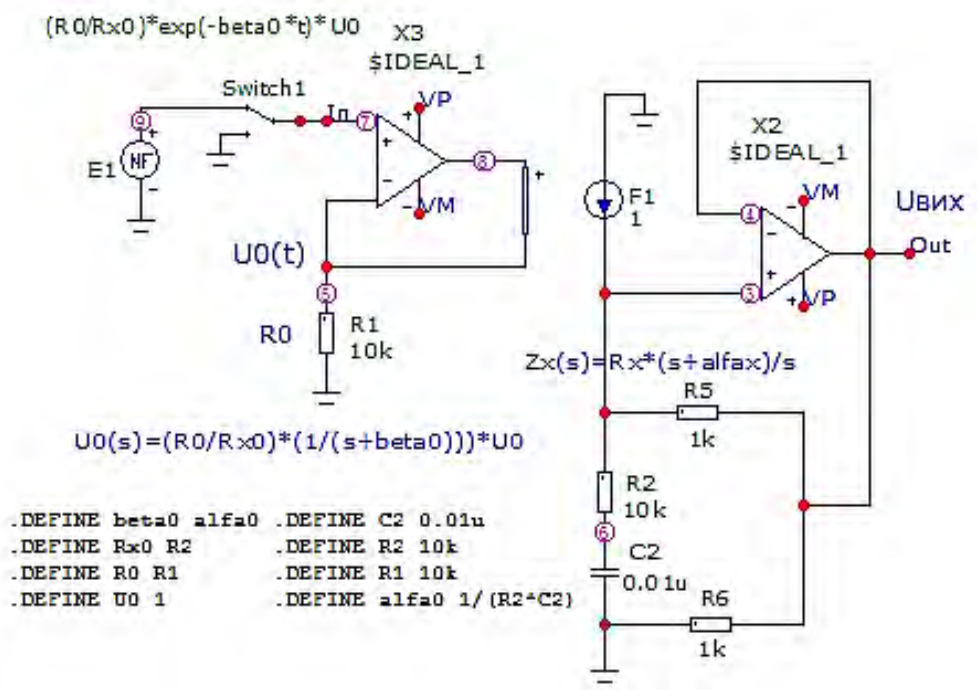
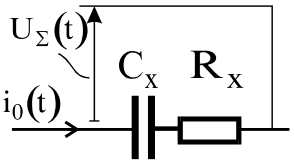


Рисунок 1. Визначення параметрів послідовного R,C - двополюсника: перетворювач «імітанс-напруга»



Імпеданс

$$Z(s)=R_X\cdot\frac{s+\dfrac{1}{R_X C_X}}{s}$$

$$R_X=R_{X0}+\Delta R_X,$$
$$C_X=C_{X0}+\Delta C_X.$$

Модель ідеального ВС

$$i_{B0}(t)=\begin{cases}\dfrac{U_0}{R_{X0}}\cdot e^{-\frac{1}{R_{X0}C_{X0}}\cdot t}, & t\ge 0;\\ 0, & t<0.\end{cases}$$

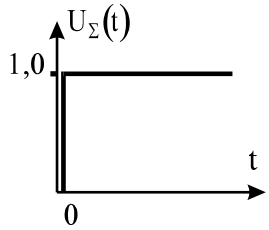
<u>Умова синтезу ВС</u>

$$I_{B0}(s)\cdot Z_{X0}(s)=\frac{1}{s}\times U_0$$

Операторне зображення ВС

$$I_{B0}(s)=\frac{1}{R_{X0}}\cdot\frac{U_0}{\left(s+\dfrac{1}{R_{X0}C_{X0}}\right)}$$

$$\overline{U}_\Sigma(t)=1(t)\ \text{В}$$



Якщо

$$U_0=1\text{В};$$
$$C_X=C_{X0},$$
$$R_X=R_{X0};$$
$$U_C(0_-)=0.$$

Модель ідеального ВС (інверсна функція імпедансу $Z_{X0}(s)$):

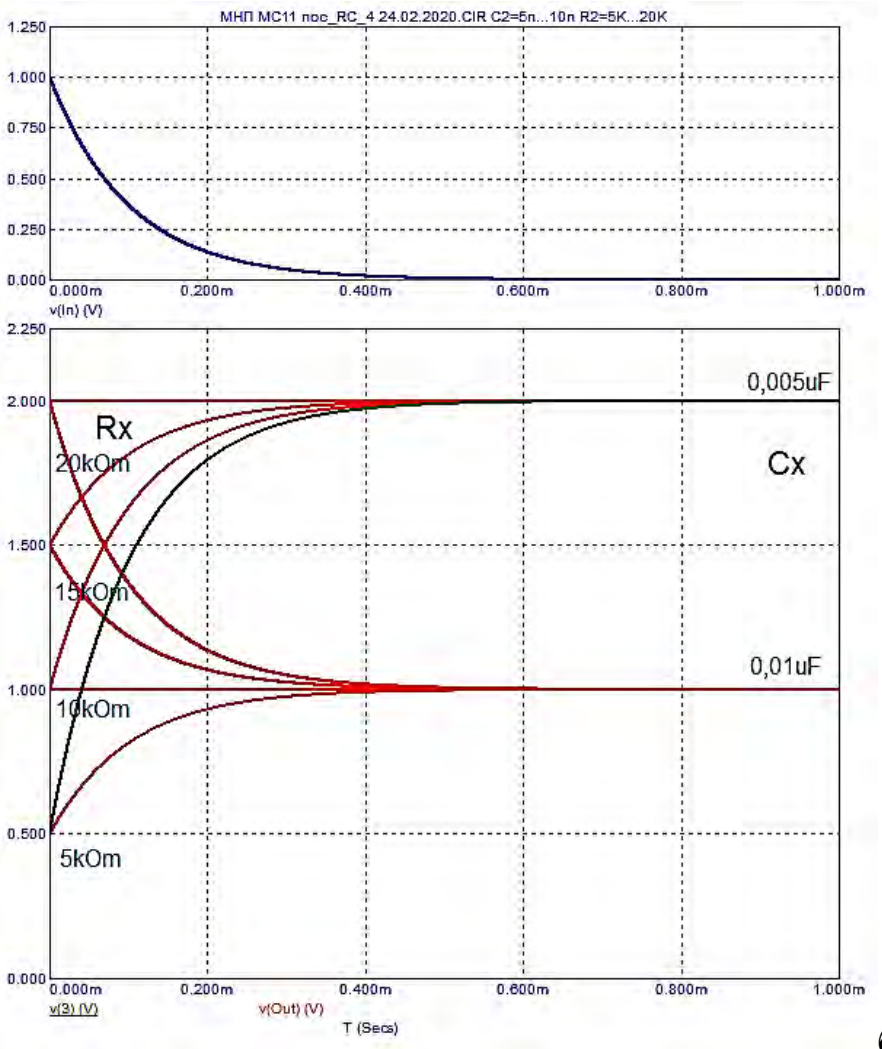
$$I_{B0}(s)=\frac{1}{Z_{X0}(s)}\cdot\frac{1}{s}\times U_0=\frac{s}{R_{X0}(s+1/R_{X0}C_{X0})}\cdot\frac{1}{s}\times U_0=\frac{1}{R_{X0}(s+1/R_{X0}C_{X0})}\times U_0;$$

Уніфікований відгук

$$U_{вих}(s)=I_{B0}(s)Z_X(s)=\frac{R_X(s+1/R_X C_X)}{s\,R_{X0}(s+1/R_{X0}C_{X0})}\times U_0=$$

$$=\frac{R_X(s+\alpha_{X_T})}{R_{X0}\cdot s\,(s+\beta_{B0_T})}U_0;\quad \alpha_{X_T}=1/R_X C_X;\quad \beta_{B0_T}=1/R_{X0}C_{X0}.$$

$$U_{\text{вих}}(s)=\frac{R_{\text{X}}(s+\alpha_{\text{X}_\text{T}})}{R_{\text{X0}}\cdot s\,(s+\beta_{\text{B0}_\text{T}})}U_0=\frac{R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}}\cdot\frac{1}{(s+\beta_{\text{B0}_\text{T}})}U_0+\frac{R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}}\cdot\frac{\alpha_{\text{X}_\text{T}}}{s(s+\beta_{\text{B0}_\text{T}})}U_0\,;$$



б)

Рисунок 2. Визначення параметрів послідовного R,C - двополюсника:
відгук, якщо $C_{\text{X}}=0{,}01\mu\text{F}\ \&\ C_{\text{X}}=0{,}005\mu\text{F}$ $R_{\text{X}}\in[5\text{kOm};20\text{kOm}]$ – змінюється з кроком $\Delta R=5\text{kOm}$

$$U_{\text{вих}}(t)=\frac{R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}}e^{-\beta_{\text{B0}_\text{T}}t}U_0+\frac{R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}}\frac{\alpha_{\text{X}_\text{T}}}{\beta_{\text{B0}_\text{T}}}(1-e^{-\beta_{\text{B0}_\text{T}}t})U_0=$$

$$=\frac{R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}}e^{-\beta_{\text{B0}_\text{T}}t}U_0+\frac{C_{\text{X0}}}{C_{\text{X}}}(1-e^{-\beta_{\text{B0}_\text{T}}t})U_0=U_{\text{Rx}}(t)+U_{\text{Cx}}(t)\,,\quad t\ge 0\,.$$

де $U_{\text{Rx}}(t)=\dfrac{R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}}e^{-\beta_{\text{B0}_\text{T}}t}U_0$; $U_{\text{Cx}}(t)=\dfrac{C_{\text{X0}}}{C_{\text{X}}}(1-e^{-\beta_{\text{B0}_\text{T}}t})U_0$, $t\ge 0$.

Контроль параметрів за відхилення відгуку від номінального:

$$U_{\text{вих}}(t)\cong(1+\frac{\Delta R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}})e^{-\beta_{\text{B0}_\text{T}}t}U_0+(1-\frac{\Delta C_{\text{X}}}{C_{\text{X0}}})(1-e^{-\beta_{\text{B0}_\text{T}}t})U_0=$$

$$=1\cdot U_0+\frac{\Delta R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}}e^{-\beta_{\text{B0T}}t}U_0-\frac{\Delta C_{\text{X}}}{C_{\text{X0}}}(1-e^{-\beta_{\text{B0T}}t})U_0=$$

$$=1\cdot U_0+\frac{\Delta R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}}U_0\cdot\Psi_{\text{R}_{\text{X0}}}(t)-\frac{\Delta C_{\text{X}}}{C_{\text{X0}}}U_0\cdot\Psi_{\text{C}_{\text{X0}}}(t),\quad t\geq 0.$$

Визначення параметрів в окремих точках перехідного процесу:

$$\lim_{t\to 0}U_{\text{вих}}(t)=U_{\text{вих}}(0)=\frac{R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}}U_0;\qquad R_{\text{X}}=\frac{U_{\text{вих}}(0)}{U_0}R_{\text{X0}}.$$

$$\lim_{t\to\infty}U_{\text{вих}}(t)=U_{\text{вих}}(\infty)=\frac{C_{\text{X0}}}{C_{\text{X}}}U_0;\qquad C_{\text{X}}=\frac{U_0}{U_{\text{вих}}(\infty)}C_{\text{X0}}.$$

Умови інваріантності : $t\to 0$, $t\to\infty$

$$U_{\text{Rx}}\cong\lim_{t\to 0}U_{\text{вих}}(t)=\left(1+\frac{\Delta R_{\text{X}}}{R_{\text{X0}}}\right)U_0=\left[1+\delta R_{\text{X}}\right]U_0;\ U_{\text{Cx}}\cong 0;\ \text{ при } t\to 0\ U_{\text{Cx}}(t)\to 0.$$

$$U_{\text{Cx}}\cong\lim_{t\to\infty}U_{\text{вих}}(t)=\left(1-\frac{\Delta C_{\text{X}}}{C_{\text{X0}}}\right)U_0=\left[1-\delta C_{\text{X}}\right]U_0;\ U_{\text{Rx}}\cong 0\ \text{ при } t\to\infty\ U_{\text{Rx}}(t)\to 0.$$

ВИСНОВКИ

Наведений приклад ілюструє процедуру контролю параметрів складних електричних двополюсників за методом нулів і полюсів. Випробувальний сигнал відтворює інверсну функцію імітансу кола, що контролюється, таким чином, що ВС в процесі перетворення компенсує функцію імітансу електричного кола. При цьому відгук на виході перетворювача «імітанс-напруга» при номінальних значеннях параметрів електричного кола має вигляд одиничної ступінчастої функції. Нулі і полюси електричного кола, які не скомпенсовані, тобто відміні від номінальних, дають відхилення відгуку від номінального. Це спрощує процедуру контролю складних електричних кіл, забезпечує можливість інваріантного визначення окремих R, L, C -параметрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Байда, Н.П. Микропроцессорные системы поэлементного диагностирования РЭА / Н.П. Байда, И.В. Кузьмин, В.Т. Шпилевой. – М.: Радио и Связь, 1987. – 256 с.

[2] Мартяшин, А.И. Основы инвариантного преобразования параметров электрических цепей / А.И. Мартяшин, К.Л. Куликовский, С.К. Куроедов, Л.В. Орлова. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 216 с.

[3] В.І. Губар, Ю.С. Шумков, та Б.П. Хіміченко, «Вимірювання параметрів електричних кіл із застосуванням випробувальних сигналів спеціальної форми», *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*. №5, с. 133-140, 2010.

[4] Ю.С. Шумков, М.В. Грашенко, та В.С. Дараган, «Формування випробувальних сигналів спеціальної форми на основі експоненціальних сплайнів», *Механіка гіроскопічних систем,* Вип. 35, с. 30-40, 2018.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Шумков Ю.С.

УДК 378.146; 65.011.56

Р.Р. Рудницький, студент гр. ПН-01мп, А.М. Мазуренко, студент гр. ПН-81
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АГРЕГАЦІЇ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Анотація Метою даного дослідження є аналіз доцільності застосування методів агрегації даних в інформаційній системі контролю освітнього процесу. Приділена увага завданню автоматизації контролю освітнього процесу із застосуванням сучасних інформаційно-технічних засобів. Розглянуто перспективи застосування систем CRM архітектури в діяльності освітнього закладу. Наведено приклади використання методів агрегації та фільтрації даних які базуються на технологіях запитів до БД реляційного типу, що дозволяє більш повно оцінювати вибрані аспекти освітнього процесу.

Ключові слова: агрегація даних, REST API, освітній процес, CRM-система, контроль, реляційна БД.

ВСТУП

Сучасні інформаційні технології відіграють значну роль у багатьох галузях людської діяльності. Це призводить до зростання ролі інформаційних процесів, необхідності застосування методів та засобів їх автоматизації під час обробки, зберігання та використання інформації.

Особливо важливим є забезпечення об’єктивного контролю інформаційних процесів у сферах, які використовують інформативні параметр, що базуються на суб’єктивній оцінці та залежать від факторів, які важко детермінуються. Однією з таких сфер є освіта (початкова, середня, вища, профільна та ін.), головним критерієм оцінки якості якої є наявність певних компетенцій (знань, умінь та навичок) слухачів у процесі навчання. Для досягнення вищезазначеної мети та цілей в навчальному закладі, що реалізує освітні послуги, застосовується система керування освітнім процесом.

МЕТА РОБОТИ

Керування освітнім процесом (в широкому розумінні) включає перелік положень, що забезпечують діяльність спрямовану на досягнення основної мети та цілей навчального процесу та повинно вирішувати наступні завдання:

1) оцінка стану – визначення місця об'єкта керування відповідно до мети;

2) планування – визначення напрямів переміщення об'єкта керування в новий стан, що можна вважати більш наближеним до цілей, що стоять перед ним;

3) організація освітнього процесу, тобто створення необхідних умов, (структур, колективів, ресурсів тощо) для виконання запланованих заходів;

4) мотивація – створення спонукальних мотивів для людей, які виконують заплановані заходи;

5) контроль результатів – дозволяє формувати зворотній зв’язок у системі керування освітнього процесу із врахуванням поставленої мети та цілей [1].

Вищезазначені завдання можуть реалізовуватися з певним ступенем автоматизації, застосуванням інформаційних систем та систем контролю (прикладного програмного забезпечення). Такі системи використовується для адміністрування та контролю за навчальним процесом, збору кадрової інформації про студентів, науково-педагогічних працівників (НПП) та результатів контролю знань (домашні завдання, тестування, практичні заняття,

лабораторні роботи). Інформаційна система має охоплювати всі основні педагогічні процеси навчального закладу та надавати інформацію для прийняття управлінських рішень.

В останні роки в роботі освітніх закладів знайшли застосування інформаційні системи контролю освітнього процесу корпоративного типу на базі CRM архітектури. CRM-системи (*скорочення від англ. Customer Relationship Management – системи управління взаємовідносинами з клієнтами*) являють собою програмне забезпечення призначене для автоматизації стратегій взаємодії із клієнтами, оптимізації маркетингу та покращення обслуговування клієнтів шляхом збереження інформації про клієнтів та історію взаємовідносин з ними, встановлення та покращення процедур керування процесами та контролю результатів роботи [2].

При роботі систем CRM архітектури в освітньому закладі часто виникає необхідність в розширенні функціоналу програмного забезпечення для контролю освітнього процесу, що дозволяє проводити пошук залежностей між сутностями які входять до бази даних (БД) інформаційної системи. Для цього доцільним є використання методів агрегації та фільтрації даних що базуються на технологіях запитів до БД що дозволяє більш повно оцінювати вибрані аспекти освітнього процесу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результатом використання CRM-системи в діяльності будь-якої організації є автоматизація процесів спрямованих на покращення взаємодії з клієнтами. CRM-система, у випадку застосування в контролі навчального процесу, перш за все дозволяє розподілити ролі та обов’язки його учасників. Для даного типу системи ролі можуть бути розподілені відповідно до потреб:

- учень/студент;
- керівник/адміністрація освітнього закладу;
- вчителі/викладачі (НПП).

Для кожної ролі система задовольняє певний інтерес. Для студентів це доступ до розкладу занять, тестів, іспитів, учбових матеріалів та програм, електронного журналу, відомостей про внесення оплати за факультативні та додаткові заняття, тощо.

Для керівника (адміністрації) закладу важливо спостерігати та аналізувати ефективність роботи співробітників, корегувати фінансові витрати, отримувати комплексні звіти. Отриманий зворотній зв’язок із освітнім процесом дозволяє ефективно проводити рекламну кампанію навчального закладу.

Для викладачів (НПП) CRM-система це чудовий інструмент для перегляду та корегування розкладу занять, аналізу успішності учнів та збереження результатів тестів та іспитів.

Основною проблемою в застосуванні цього рішення, є опрацювання даних як на вході у систему, так і на виході, тобто для відображення користувачу. Враховуючи достатню кількість сутностей, які між собою взаємодіють, система має мати зручну архітектуру для впровадження змін та оновлень.

Це є особливо актуальним для комплексних звітів та запитів агрегації (фільтрування) даних за певними ознаками (наприклад: предмет, викладач чи аудиторія). При цьому модель даних має враховувати взаємозв'язки між сутностями. Для вирішення завдань зазначеного типу добре підходять реляційні СУБД (системи управління базами даних), наприклад, SQL бази даних. SQL це мова структурних запитів або декларативна мова програмування для взаємодії користувача з базами даних.

Для створення CRM-систем існує декілька підходів, а саме – RPC, SOAP, REST, GraphQL та інші, менші відомі підходи. Для роботи із реляційною базою даних що відображає сутності які характеризують освітній процес та їх взаємозв'язки найбільш доцільним є застосування архітектура сервісу запитів (агрегації даних) у RESTful стилі.

REST *(з англ. REpresentational State Transfer)* це репрезентативна передача стану API, що являє собою не архітектурне рішення для побудови системи, а скоріше набір архітектурних правил і принципів, за допомогою яких можна створити RESTful сервіс для агрегації даних в СУБД та їх подальшої фільтрації. За одним з принципів REST архітектури, система має бути розділена на серверну частину та клієнтську частину. Для кожної з частин вибираються свої технології направлені на виконання відповідних завдань [3].

Для керівника освітнього закладу, або людини відповідальної за процес контролю за навчальним процесом навчального закладу, важливо отримувати аналітичну інформацію про якість роботи викладачів, для того, щоб оцінити поточний стан навчального процесу та спланувати можливі варіанти для його покращення. Якщо розглядати критерії оцінки педагогічної діяльності з точки зору рівня кваліфікації викладача, то критерії отримуємо наступні [4]:

- професійний рівень діяльності викладача;
- результативність професійної діяльності викладача;
- комунікативна культура.

Більшість критеріїв можливо оцінити об'єктивно тільки за допомогою аналізу відповідного спеціаліста чи відгуків від колег чи слухачів. Тобто з точки зору системи , такий вид критеріїв не підходить, оскільки система агрегує та аналізує кількісні характеристики. Тому у розробленій системи особлива увага приділяється результативності професійної діяльності викладача , а саме рівню навченості студентів.

Рівень навченості студентів буде характеризуватись рівнем їх успішності, тобто рівнем оцінок, які вони отримали протягом певного періоду часу. Оскільки розглядається саме якість роботи викладача, то агрегація успішності студентів буде проводитись відповідно до предмету та групи пов'язаних з викладачем. На моделі даних це виглядає наступним чином (рис. 1).

Модель даних показує взаємодію вчителя та оцінок студентів, через зв'язок сутностей *Teachers(викладачі)* та *Lessons(уроки)* за допомогою введення допоміжною таблиці *Lesson_Teachers*. В свою чергу *Lessons* пов'язана з *Marks(оцінки)* та *Education_Groups(навчальною групою)*, в яку входять *Students(студенти)*. Отримати дані по викладачу та успішності студентів можна

за допомогою фільтрування доступних викладачів, а також за допомогою сортування за прізвищем.

Дана модель взаємодії дозволяє провести вибір потрібного викладача та групи, по якій буде здійснена вибірка. Відповідно до вибраної групи викладача, на інтерфейсі відображається графік успішності групи за певний період часу. За замовчуванням це один навчальний семестр або 10 календарних тижнів. За шкалу оцінок береться середня оцінка всіх учнів групи по вибраному предмету за один календарний тиждень.

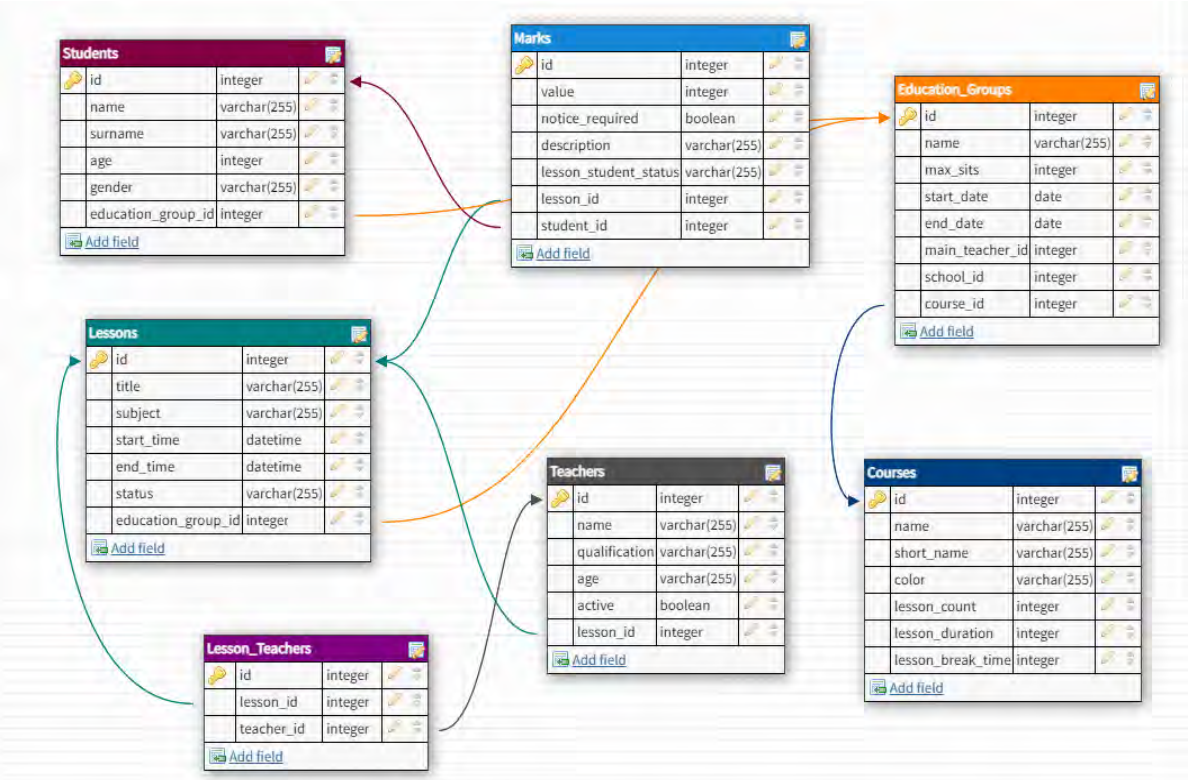


Рисунок 1. Модель даних у БД для відображення взаємодії викладача та успішності студентів

В результаті, було отримано п'ять графіків успішності для п'яти різних груп, де викладають п'ять різних викладачів один предмет – «Вища математика». З точки зору оцінки успішності студентів, такі графіки є малоінформативними, тому важко оцінити рівень знань студентів. Проте першочерговим завданням було дати просту та об'єктивну оцінку роботи викладача і такий варіант оцінки цілком підходить для цієї задачі.

Важливою перевагою застосування методів агрегації (фільтрації) даних в CRM-системах є можливість будувати порівняльні моделі саме для додаткових параметрів. Наприклад, при додаванні параметра «Учений ступінь викладача» можна відобразити стовпчасту діаграму, яка будете містити значення додані користувачем. Тому, маючи п’ять викладачів з попередніх прикладів, та врахувавши наявність у 2 осіб вченого ступеня та трьох – без нього, можна отримати залежність успішності студентів від наявності вченого ступеню у конкретного викладача, що є додатковим параметром контролю якості навчального процесу.

ВИСНОВКИ

Інформаційна процедура контролю освітнього процесу відображає відповідність фактичних результатів функціонування системи керування освітнім процесом її кінцевим цілям. Застосування методів агрегації даних у інформаційній системі керуванні освітнім процесом дозволяє контролювати максимально повний та достовірний набор даних про засвоєння знань слухачами та рівень їх взаємодії із навчальним персоналом. Це дозволяє своєчасно виявити недоліки в навчанні, визначити причини їх виникнення та оперативно вжити заходів щодо їх усунення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Меньшикова Н.В. Информационные системы организации и управления учебным процессом: Курс лекций. // Под ред. И.А. Сусловой. Екатеринбург: 2008. – 74 с.

[2] What is CRM system? Full Guide: Definition & Benefits/ Creatio – Режим доступу: www.URL: https://www.creatio.com/page/what-is-crm – 18.11.2021 р.

[3] Documenting APIs: A guide for technical writers and engineers/ Idrather-bewriting Course Overview – Режим доступу: www.URL:https://idrather-bewriting.com/learnapidoc/#about-rest-apis – 15.11.2021 р.

[4] Документація. Положення про атестацію педагогічних працівників: (офіц. текст: за станом на 6 вересня 2021 р.) / Міністерство освіти і науки України. [Електронний ресурс]. – 21 с. – Режим доступу: https://mon.gov.ua/storage/app/media/gromadske-obgovorennya/2021/09/06/Polozh.pro.atest.ped.prats.06.09.pdf

Наук. керівник – д.т.н., проф. Защепкіна Н.М.

УДК 531.7

Д.В. Тимофєєв, студент гр. ПН-01мп, к.т.н., доц. Маркін М. О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВПЛИВ ДЖЕРЕЛА ОСВІТЛЕННЯ НА ТОЧНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДНЬОЇ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ЗДОРОВ'Я

Анотація. В статті наведено результати експериментального дослідження світло-сигнальних характеристик спроектованої інформаційно-вимірювальної системи для проведення попередньої діагностики стану здоров'я. Вимірювальну систему побудовано на основі оптичного мікроскопу та цифрової відеокамери. Оптичний мікроскоп має власне вбудоване джерело освітлення об'єкту. У роботі запропоновано у якості джерела освітлення обрати галогенну лампу. Отримано результати експериментального дослідження робочих діапазонів сигналів для кожного з джерел інформаційно-вимірювальної системи. Аналіз результатів дозволив зробити висновки щодо кращого з поміж двох запропонованих джерел.

Ключові слова: попередня діагностика, стан здоров'я, кров.

ВСТУП

Для проведення попередньої діагностики стану здоров'я людини ми обираємо один параметр, що здатен інформувати про стан здоров'я пацієнта, і це кров. Звісно, медичне співтовариство може зауважити, що таке обмежене дослідження за показником крові не є достатнім для встановлення діагнозу, але ми і не претендуємо на повноцінне діагностування. Ми хочемо спроектувати просту систему, що швидко дасть відповідь на запитання чи є запальний процес чи ні. Одразу зазначимо, що ми не будемо розглядати наступні параметри, що інформують про стан здоров'я: частота серцевого ритму, тиск, обсяг легень та інші. Ми обрали саме аналіз крові тому, що це перший аналіз, який необхідно зробити для визначення стану здоров'я.

Як відомо найбільшого поширення здобув наступний показник крові, а саме швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ). Як відомо визначення ШОЕ є одним з найбільш часто виконуваних лабораторних досліджень крові. Тому це є першим маркером запальних процесів у організмі людини. Зазначимо і другий маркер, що вказує на запалення в організмі людини, а саме реактивний білок, що у світовому класифікаторі медичних визначень записується наступним чином (CRP) - глікопротеїн, що належить до білків гострої фази запалення, які беруть участь у імунній відповіді.

За основну мету ми обрали провести експериментальні дослідження з виявлення конгломератів з червоних клітин зразка крові, які свідчать про захворювання крові у пацієнта та визначення геометричних розмірів клітини крові, адже за їх розмірами можна діагностувати запальний процес. Розмір червоної клітини крові становить 6 мікрометрів. Саме на такий показник ми повинні орієнтуватись при дослідженні. Однак, щоб збільшити точність вимірювання інформаційно-вимірювальної системи, ми пропонуємо визначити робочі діапазони сигналів з різними джерелами. І за результатами обрати краще.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Після визначення лінійного діапазону світлосигнальної характеристики з базовим та новим джерелом, ми визначимо, яке використовувати краще. Адже

саме його застосування дозволить нам провести вимірювання геометричних розмірів червоного тіла зразка крові з високою точністю.

Визначення світлосигнальної характеристики галогенної лампи розпочнемо з опису методики проведеного дослідження [1-3]. Світло-сигнальна характеристика дозволяє нам встановити робочий діапазон сигналів. Для цього на вхід вимірювальної системи подається освітлення певної кількості (регулюємо апертурною діафрагмою виставляючи розмір перекриття діафрагми, їх числові показники залежать від типу діафрагми) або у інший спосіб. А саме інтегрально. Для цього використовується ірисова діафрагма мікроскопу. Її поступово перекривають, рівень сигналу до якого необхідно перекрити діафрагму встановлюється внесенням у систему світлового фільтру, що здатен понижувати сигнал на постійну величину. Фільтр внесли, визначили рівень сигналу А1, фільтр прибрали – знизили рівень сигналу застосовуючи ірисову діафрагму. І так далі повторює цикл дій, до максимального перекриття діафрагми. Обираючи методику визначення світлосигнальної характеристики, ми можемо обрати тільки одну ту, що використовує оптичний об’єктив, адже у конструкції нашого мікроскопу відсутня ірисова діафрагма.

Розпочинаємо вибір обмежувача світлового потоку. Ми розглянули декілька об’єктивів та обрали Pancolar 1.8/50 Carl Zeiss. Такий вибір ми зробили через ряд переваг, до яких віднесли, високої якості оптика, більша кількість градуювань перекриття діафрагми у порівнянні з іншим зразками (1/8, 1/ 2,8; 1/ 4; 1/ 5,6; 1/ 8; 1/11; 1/ 16; 1/ 22). Об’єктив має зручне кільце для зміни показника перекриття діафрагми. Окрім наведених відношень D/f даний об’єктив дозволяє фіксувати перекриття діафрагми у проміжних ділянках. Наприклад, між 1/ 5,6 та 1/ 8, що є досить зручним. При побудові більш детальної світлосигнальної характеристики, якщо не буде достатньо інформативною світлосигнальна характеристика побудована з класичним набором показників перекриття відносного отвору об’єктиву, тоді розширимо.

Результати експериментальних досліджень світлосигнальної характеристики ІВС з світлодіодною та галогенною лампами отримано шляхом пониження відносного отвору діафрагми об’єктиву Pancolar 1.8/50 Carl Zeiss. Шкала пониження зазначена у таблиці. Початковий показник сигналу А виміряно без жодного перекриття відносного отвору. Хочемо зазначити, що кожен показник сигналу було отримано при мінімальній кількості вимірювань, що дорівнювала 10. При застосуванні формули з визначення мінімальної кількості вимірювань, можемо визначити, що ймовірність, з якою ми виміряли наш середній показник сигнал А, дорівнює 80 %.

Нами отримано результати рівня сигналів при різній освітленості, яку ми контролювали за допомого об’єктиву для кожного джерела, після чого ми побудували графічні зображення світло-сигнальних характеристик. Ми поєднали отримані результати, оскільки показники відносного отвору D/f об’єктиву, що ми використовували для проведення експериментальних досліджень одні й ті ж само, ми могли це зробити. Отриманий результат наведено на рисунку 1.

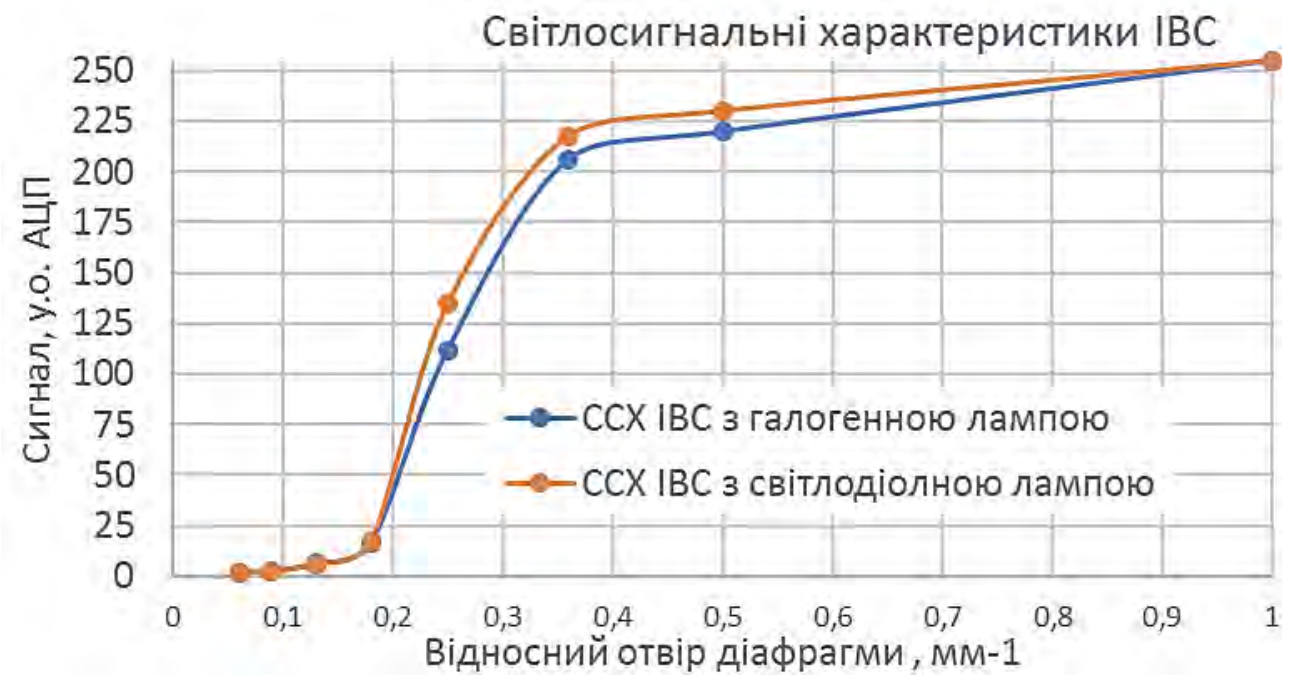


Рисунок 1 – Світлосигнальні характеристики ІВС з різними джерелами освітлення

Робочий діапазон сигналів у світлодіодної лампи вище у порівнянні з галогенною лампою на 21,2%. Таке значення отримано шляхом нескладних математичних розрахунків. Обираємо робочі діапазони сигналів для кожного джерела освітлення. Для світлодіодної лампи 20 – 180 у.о. АЦП, для галогенної 20 – 152 у.о. АЦП. Розраховуємо розмір діапазонів робочих сигналів, отримуємо для світлодіодної лампи 160 у.о. АЦП, а для галогенної 132 у.о. АЦП. У порівнянні цих результатів отримуємо 21,21 %. Тому робимо висновок, що застосовувати для вимірювання геометричних розмірів червоних тілець крові та виявлення конгломератів з червоних тілець, будемо з застосуванням світлодіодного джерела освітлення ІВС.

ВИСНОВКИ

У роботі ми навели результати експериментального дослідження світло-сигнальних характеристик спроектованої інформаційно-вимірювальної системи для проведення попередньої діагностики стану здоров’я. Оскільки вимірювальну систему побудовано на основі оптичного, який має власне вбудоване джерело освітлення об’єкту ми перевірили якою буде точність вимірювання для вимірювальної системи з кожним з запропонованих джерел, якщо дотримуватись вимоги проводити вимірювання у робочому діапазоні сигналів, тобто лінійній ділянці світло-сигнальної характеристики. Отримані нами результати свідчать, що ці діапазони дорівнюють для світлодіодної лампи 20 – 180 у.о. АЦП, для галогенної 20 – 152 у.о. АЦП. А точність вимірювання з галогенною лампою становить 10 ± 0,12 мкм, а для галогенної 10 ± 0,09 мкм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Маркіна О.М. «Оцінка похибки вимірювання геометричних параметрів за допомогою телевізійних інформаційно-вимірювальних систем» / М.О.Маркін, О.М.Маркіна // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування, – 2009. – Вип. 38. – С. 102-106.

[2] O. Markina «Lighting setting features of opto-electronic measuring system for controlling adhesive joints optical components» // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. – October 2017. Volume 84, Issue 2 PP. 49–57.

[3] Olga M. Markina, Maksym O. Markin, Maryna V. Filippova, Damian Harasim, Kanat Mussabekov, Azamat Annabayev, «The peculiarity of the construction of an optical-electronic system for measurement of geometrical parameters of objects in the micrometer range», Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104456B (7 August 2017).

Секція 6.
Новітні технології у проектуванні роботизованих систем в неруйнівному контролі, технічній та медичній діагностиці

УДК 621

М.О. Глущенко, студент гр. ПК-01мп, к.т.н., Богдан Г.А.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРИСТРОЇ ВІЗУАЛЬНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ, ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОЖЕЖ

Анотація. В даній статті ми освітлимо пристрої візуальної сигналізації. Розглянемо основні категорії монтування.

Ключові слова: Visual alarm devices, пристрої візуальної сигналізації, BRE.

ВСТУП

Пристрої звукової сигналізації або звукові сигнали вже давно використовуються для попередження мешканців будівлі під час пожежі та сприяння швидкій та ефективній евакуації. Хоча звукові сигнали часто вважаються найважливішим компонентом пристроїв сигналізації, їх самих не завжди достатньо, щоб попередити кожного мешканця будівлі про пожежу. Деякі особи з вадами слуху або люди, які працюють у гучному середовищі, можуть не почути звукові сигнали вчасно, що може призвести до втрати часу при евакуації. Тому, на сьогоднішній день, багато установ використовують пристрої візуальної сигналізації (visual alarm devices - VAD) як доповнення до звукових сигналів.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

У січні 2014 року в країнах Європи, було прийняте рішення про обов’язкове включення блоку VAD в системи пожежної безпеки, а з впровадженням стандарту EN54-23 [1-3] Європейським комітетом зі стандартизації (CEN), використання VAD значно зросло як в комерційних так і житлових будівлях. EN54-23 роз'яснює використання пристроїв візуальної сигналізації в системах виявлення пожежі та сигналізації для непобутових приміщень. Зокрема, в ньому викладені вимоги, методи випробування та критерії продуктивності VAD і гарантує, що всі параметри пристрою вимірюються однаково. Розглянемо більш детально, що таке пристрої візуальної сигналізації.

ПРИСТРІЙ ВІЗУАЛЬНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ (VAD)

VAD – це попереджувальний пристрій, призначений для використання в системі пожежної сигналізації, який був незалежно сертифікований, як відповідна вимогам стандарту на продукцію EN 54. Його зовнішній вигляд представлено на рис. 1

До його впровадження не існувало жодного промислового стандарту, який би регламентував довговічність, світловіддачу, критерії продуктивності або вимоги до встановлення візуального попереджувального пристрою. Тому різні виробники оцінювали свої пристрої по-різному – зазвичай за споживаною потужністю, а не за світловою потужністю. Все це, в значній мірі, сприяло підвищенню ризику використання невідповідних пристроїв і потенційно ставило під загрозу життя людей, яких вони мали захищати – людей з вадами слуху або людей, які носять захисні навушники.

Рисунок 1. Зовнішній вигляд visual alarm devices

Ось декілька причин чому використання VAD у поєднанні з сифонами, дає ефективний засіб оповіщення кожного мешканця в будівлі, спрощуючи швидку евакуацію та потенційно рятуючи життя.

- VAD працюють там, де немає гучних звуків;
- VAD можуть спричинити швидшу евакуацію;
- VAD спричиняють збій лише у разі надзвичайної ситуації.

ДОСЛІДЖЕННЯ BRE

Цей проект досліджував тривалість імпульсу VAD, порівнюючи реакції групи учасників на блимання ксенонових і світлодіодних пристроїв різної тривалості імпульсів. Використовували один ксеноновий пристрій, три світлодіодних пристрої холодного білого кольору (тривалістю імпульсів 40, 20 і 10 мілісекунд (мс)) і два світлодіодних пристрої теплого білого кольору (тривалістю імпульсів 40 і 20 мс).

Миготливі сигнали були представлені окремо 96 учасникам, які сиділи перед екраном і були зайняті письмовим завданням. Випробування проводилися в умовах високого та низького рівня навколишнього освітлення. Пристрої спалахували один за одним, починаючи з відстані 19 м, і поступово наближали до екрана, поки суб’єкти не реагували.

Аналіз цих даних показав, що зі скороченням тривалості імпульсу світлодіодних пристроїв підвищується їх ефективність привернення уваги. Він

також не продемонстрував суттєвої різниці у відповідях між теплими білими світлодіодними пристроями та холодно-білими світлодіодними пристроями. Ксенон і 10 мс холодний білий світлодіодний пристрій мали схожі реакції.

Ця робота призвела до змін у правилах США та Великобританії та вплинула на виробників VAD для виробництва пристроїв із меншою тривалістю імпульсів. Наразі проводяться подальші дослідницькі роботи щодо виявлення інших факторів, які впливають на ефективність візуального попередження про пожежу для людей.

ВИСНОВКИ

Беручи до уваги все вищесказане можна дійти висновку що пристрій візуальної сигналізації на даний час є одним з основних девайсів які застосовуються для запобіганню гибелі людей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Віддаленного доступу: Visual alarm devices. — Режим доступа: https://www.bregroup.com/

[2] Віддаленного доступу: EN 54-23 сертифіковані проблискові вогні. — Режим доступа: https://www.pfannenberg.com/en/know-how/signaling-technology/en-54-23-standard-for-visual-alarm/

[3] ДСТУ EN 54-23:2015 Системи пожежної сигналізації Частина 23. Оповіщувачі пожежні світлові (EN 54-23:2010, IDT)

Наук. керівник – к.т.н. Богдан Г.А.

УДК 004.89

М.Ю. Заболуєва, студентка гр. ПК-81
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ МОЛОЧНИХ ЗАЛОЗ

Анотація. Стаття присвячена аналізу шляхів вдосконалення медичних систем, за допомогою яких виконується діагностування захворювань молочних залоз за ультразвуковими знімками. Розглянуто перспективи застосування нейронних мереж в даній області. Запропоновано перспективну архітектуру нейронних мереж для автоматизованого аналізу ультразвукових зображень Розробка дозволяє значно зменшити долю невірних діагнозів та покращити ефективність методу діагностики.

Ключові слова: нейронні мережі, ультразвук, медична діагностика, глибинне навчання.

ВСТУП

У зв’язку з розвитком науки питання діагностики захворювань постійно переглядаються і вдосконалюються. На сьогоднішній день, ультразвукові дослідження широко використовуються для діагностики практично у всіх сферах медицини. Їх популярність пояснюється надійністю, доступністю, простотою та швидкістю отримання результатів.

З метою автоматизації, збільшення ефективності та покращення точності даного методу діагностики перспективно використовувати штучні нейронні мережі. Це допоможе уникнути значної частини помилок шляхом часткового виключення впливу людського фактору під час прийняття рішень.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Ультразвуком (УЗ) називають механічні коливання і хвилі у пружних середовищах в діапазоні частот 20000 – 1010 Гц. Ультразвукові хвилі мають певні властивості, що дозволяють використовувати їх в медицині, а саме: поширюються прямолінійно; здатні фокусуватися; проникають всередину органів; по-різному відбиваються від межі різної щільності [1].

Ультразвукова діагностика (УЗД) – процедура, яка передбачає влив на ділянку тіла високочастотних звукових хвиль з наступним отриманням зображення внутрішніх органів. Ультразвукова діагностика, на відміну від рентгенівської, не використовує небезпечного іонізуючого випромінювання. Оскільки зображення, отримане за допомогою ультразвуку, відображається в реальному часі, така діагностика дозволяє визначити структуру і проаналізувати рух внутрішніх органів та крові, що надходить у кровоносні судини.

Питання раннього виявлення патологій, диференціювання пухлин молочних залоз (МЗ) актуальні у зв'язку з високою захворюваністю та смертністю жіночого населення внаслідок онкології. Захворювання МЗ діагностуються у кожної четвертої жінки віком до 30 років і у 60% жінок старшого віку. Рак молочної залози займає одне з провідних місць серед усіх злоякісних новоутворень жінок в Україні та світі [2].

Згідно з роботою [3], перевагами ультразвукового методу діагностики патології МЗ є:

— відносна простота дослідження, економічність, невеликі витрати часу на одне дослідження;
— неінвазивність та безболісність, відсутність необхідності підготовки пацієнта до дослідження;
— висока роздільна здатність сучасного ультразвукового обладнання, високі показники діагностичної інформативності;
— можливість застосування при диференціальній діагностиці раку, деталізації обсягів пухлинного ураження;
— можливість динамічного спостереження шляхом фіксації зображення на термоплівці, відео- та цифрових носіях;
— можливість комп'ютерної обробки, збору інформації, її архівування, передачі за каналами зв'язку з отриманням віртуальних консультацій за системою телемедицини, Інтернету.

Всі зміни в МЗ поділяються на дві основні групи: пухлинні та непухлинні. Діагностика захворювань МР завжди повинна здійснюватися з позицій онкологічної настороженості. Раннє виявлення раку (або його виключення на момент дослідження) – основне завдання лікаря-діагноста, спеціаліста УЗД. З метою підвищення достовірності поставленого діагнозу, у складі систем опрацювання даних ультразвукових систем перспективно використовувати штучні нейронні мережі. Даний клас моделей машинного навчання останніми роками показує провідні результати в області класифікації зображень [4]. У зв’язку зі складністю та важливістю постановки правильного діагнозу, нейронні мережі можуть бути використані в складі систем підтримки прийняття рішень. Такі системи не призначені для визначення остаточного діагнозу, але дозволяють лікарю звернути свою увагу на потенційно небезпечні структури на ультразвукових знімках. Це значно зменшує ймовірність пропустити патологію чи припуститись лікарської помилки, ціною якої може стати життя пацієнта.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

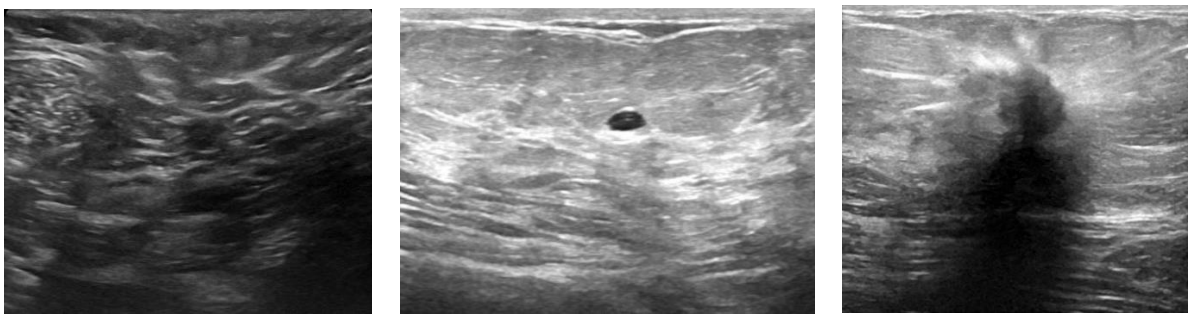
На основі нейронної мережі та графічного середовища розробки LabVIEW можна створити програмне забезпечення діагностичної системи, яка буде автоматизовано ставити ймовірний діагноз на основі аналізу ультразвукового зображення.

Для створення програмного забезпечення найбільш доцільно використати згорткову нейронну мережу. Ця архітектура за рахунок застосування спеціальної операції - згортки, дозволяє зменшити кількість інформації, що зберігається в пам'яті, і краще справлятися з зображеннями вищої роздільної здатності та виділяти такі опорні ознаки, як ребра, контури, грані, за допомогою яких можна розпізнати фрагменти текстур, що повторюються, які далі можуть скластися в фрагменти зображення. Також завдяки можливості класифікувати зображення, згорткові нейронні мережі активно застосовуються у медицині, адже можна навчити нейронну мережу класифікувати хвороби [5].

Для реалізації програмних алгоритмів для навчання нейронних мереж пропонується використовувати мову Python. Інструкції, написані на Python,

легко читають і розуміють інші люди. Крім того, ця мова дуже популярна і застосовується у багатьох галузях, включаючи наукові дослідження, освіту, глобальні інфраструктури, а також аналіз даних та штучний інтелект [6].

З метою навчання нейронної мережі можна використовувати 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 [7].



а б в

Рисунок 1. Приклади ультразвукових зображень структури молочних залоз: а – патологія відсутня, б – доброякісна пухлина, в – злоякісна пухлина

Значною складністю у реалізації цього проекту є відсутність в Україні цифрових даних у вільному доступі. Однак, у випадку впровадження в медичну систему запропонованого програмного забезпечення, стане можливим поповнення бази даних лікарями, які зможуть зберігати цифрові ультразвукові знімки, тим самим накопичуючи навчальну базу та збільшуючи точність результатів роботи нейронної мережі.

Окрім постановки діагнозу, інтерфейс запропонованої системи може містити інструменти для вимірювання розмірів, визначення щільності та інших параметрів пухлини. Діагностику можна проводити в режимі реального часу, оскільки середовище LabVIEW містить зручні інструменти для підключення зовнішніх приладів до ПК. Крім того, описаний підхід характеризується високою адаптивністю. Тобто у майбутньому можна буде навчити нейронну мережу класифікувати інші захворювання, що розширить межі використання даної автоматизованої системи.

ВИСНОВКИ

Рак молочної залози є однією з найпоширеніших причин смерті жінок у всьому світі. Раннє виявлення допомагає зменшити рівень летальності. Запропонована автоматизована система для діагностування захворювань молочних залоз на базі нейронних мереж може спростити працю лікарів та збільшити точність у постановці діагнозу. Відкрита база даних ультразвукових знімків молочної залози може дати хороший результат в задачах класифікації, виявлення та сегментації раку молочної залози за допомогою нейронних мереж. Можна зробити висновок, що використання нейромережевих систем діагностики має великий потенціал.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Физические основы использования ультразвука в медицине: учебное пособие. / И. И. Резников, И. И. Федорова, В. Н. Фаустов и др. — К.: РНИМУ, 2015. — 97 с.

[2] Носовець, О. К. Створення інформаційної системи для прогнозування перебігу раку молочної залози після проведеного лікування / О. К. Носовець, Ю. Є. Скорик // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". — 2018. — № 8(1). — С. 93-96.

[3] Сенча, А. Н. Ультразвуковое исследование молочных желез. Шаг за шагом. От простого к сложному: учеб. / А. Н. Сенча. — К.: МЕДпресс-ин форм, 2018. — 184 с.

[4] 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.

[5] Тарик, Рашид. Создаем нейронную сеть: учебник / Рашид Тарик; пер. с англ. — С.Пб.: ООО «Альфа-книга», 2017. — 272 с.

[6] Sarah Guido, Andreas Müller. Introduction to Machine Learning with Python. A guide for Data Scientists. — O'Rilly Media, 2016. — 285p.

[7] Al-Dhabyani W, Gomaa M, Khaled H, Fahmy A. Dataset of breast ultrasound images. Data in Brief. 2020 Feb; 28:104863.

Наук. керівник – доктор філософії, ас. Момот А.С.

УДК 620.179.14

В.В. Лемешенко, студент гр. ПК-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗОВАНІ ПРИЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ НА БАЗІ СМАРТФОНА

Анотація. Сьогодні неруйнівний контроль – це міждисциплінарна галузь науки та технологія, яка слугує для забезпечення безпечної експлуатації складних технічних систем за умов багатофакторних ризиків. У цьому сенсі необхідно враховувати нові інформаційні технології, що ґрунтуються на інтелектуальному сприйнятті, принципах розпізнавання, повсюдній мережевій інтеграції. В роботі розглянуто ультразвуковий дефектоскоп, що використовує смартфон для обробки результатів випробувань, а також передачі їх безпосередньо до центру обробки інформації з потужним обладнанням, або у хмарне сховище, що дозволить отримати доступ до оперативної інформації для дослідження та обробки будь-яким фахівцем у будь-якій точці світу.

Ключові слова: смартфон, бездротова передача даних, ультразвукова дефектоскопія, неруйнівний контроль.

ВСТУП

Майбутнє неруйнівного контролю (НК) пов’язане з процесами, що характеризуються більшою точністю, меншою кількістю помилок і більшою ймовірністю виявлення дефектів, а також експлуатаційними даними, які доступні в будь-який час і в будь-якому місці. На сьогодні основними проблеми в галузі НК є:

1. Комп’ютер має складні інтерфейси користувача, тому процес попередньої конфігурації системи та процес вимірювання часто є складним і трудомістким.
2. Наявність неефективних робочих процесів.
3. Складність інтерпретації даних томографічних вимірювань, які можуть суттєво відрізнятися у різних операторів.
4. Висока складність процедури випробування, яка включає перевірку та калібрування датчиків, документування процесу вимірювань та відхилень від встановленої процедури, інтерпретацію результатів, тощо.
5. Кількість даних постійно збільшується - виникає проблема їх обробки та зберігання.

Тому необхідно розглядати нові інформаційні технології НК, які засновані на інтелектуальному сприйнятті, принципах розпізнавання, повсюдній мережевій інтеграції. В даний час завданням є фактична бездротова передача інформація від різних типів первинних перетворювачів до систем збору та обробки даних. Бездротова передача даних дає змогу автоматизувати систему НК, спрощує конструкцію пристрою та робить його мобільним. Це полегшує тестування об’єктів складного профілю для оператора [1].

КОНСТРУКЦІЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА

В більшості випадків ультразвукові (УЗ) дефектоскопи складаються з двох функціональних блоків: перетворювача та блоку обробки інформації. Обмін інформацією між цими блоками зазвичай відбувається за допомогою кабелю , а останнім часом бездротових мереж, які використовують технологію Bluetooth. Один з недоліків цієї технології є мала дальність передачі інформації. Крім того, радіус дії значно залежить від перешкод навіть в одному приміщенні. Цю проблему можна вирішити за допомогою окремого датчика з модулем «Bluetooth» та смартфона. Датчик забезпечує збір первинної інформації про

об'єкт тестування та передачу даних на короткі відстані у вигляді окремих пакетів даних, зібраних за певний період часу або в режимі «Реальний час».

Смартфон отримує пакети даних від датчика і може обробляти їх «на місці» або за допомогою технології GSM передавати дані для подальшої обробки, формування звіту та складання карти тестування. На практиці ультразвуковий апарат складається з датчика і смартфона. Практично пристрій може включати сервер і ПК, які розташовані на віддаленій відстані від місця тестування. Запропонований дефектоскоп також може бути використаний як УЗ товщиномір. Узагальнена блок-схема пристрою представлена на рисунку 1.

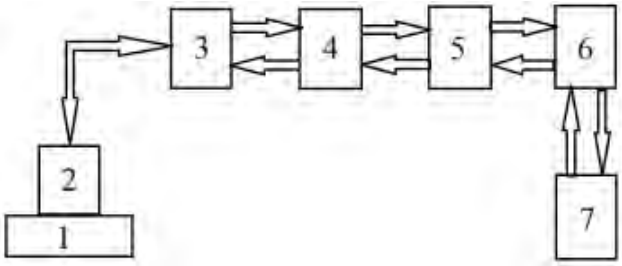


Рисунок 1. Узагальнена структурна схема дефектоскопа: 1 – об’єкт випробування; 2 – електроакустичний перетворювач; 3 – мікроконтролер (МК); 4 – модуль «Bluetooth»; 5 – смартфон; 6 – сервер; 7 – персональний комп’ютер (ПК)

Сенсорна плата містить первинний електроакустичний перетворювач, МК і модуль «Bluetooth». Працює він таким чином: сигнал від первинного перетворювача надходить на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), де перетворюється в цифровий код. Далі, сигнал передається через інтерфейс UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) МК на «Bluetooth» модуль. Він в свою чергу відправляє отримані дані для подальшої обробки на смартфон. На смартфоні встановлено програмне забезпечення для процедури тестування, яке реалізує запропонований алгоритм роботи. Цей алгоритм забезпечує обробку отриманого сигналу, формує звіти з налаштуваннями користувача та синхронізується з хмарними сервісами для передачі даних. Смартфон також може виконувати роль ретранслятора для передачі даних на значну відстань (до сотень і тисяч кілометрів) [2].

ОПИС РОБОТИ СМАРТФОНА В РЕЖИМІ УЗ ТОВЩИНОМІРА

Принцип роботи ультразвукового товщиноміра заснований на генерації коротких радіоімпульсів з високочастотним заповненням у досліджуваний об'єкт [3]. Часовий інтервал між передніми фронтами імпульсу випромінювання та імпульсом, відбитим від протилежної сторони об’єкту контроля (ОК), буде пропорційним вимірюваній товщині. Для забезпечення роботи смартфона в режимі УЗ товщиноміра запропоновано комп’ютерну програму, яка працює в операційній системі Android (версія 8.0 і вище). Меню «Пуск» програми дозволяє перевірити смартфон на готовність отримувати дані від датчика, і при необхідності активувати модуль «Bluetooth». Підключення до смартфона і меню вибору дозволяє підключити його безпосередньо до сенсорного модуля «Bluetooth» або до віддаленого сервера. Коли смартфон підключений до датчика,

ви можете побачити на екрані смартфона зображення електричних сигналів, які надходять від первинного перетворювача.

Програма надає можливість ввести швидкість поширення ультразвуку в об'єкті та вибрати необхідні точки перевірки для вимірювання інтервалу часу між двома імпульсами.

При необхідності передачі даних тестування на віддалену відстань використовується опція «отримання даних», яка забезпечує підключення датчика до сервера. У цьому випадку смартфон виконує роль ретранслятора і передає отримані дані в хмарне сховище, звідки можна отримати доступ до даних для обробки іншим пристроєм, наприклад, комп'ютером або іншим смартфоном [2].

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю з 2009 року [4] займається розробкою приладів технічної діагностики з бездротовою передачею даних. В даний час ведуться роботи з підготовки багатомовного меню програми та забезпеченню автоматичного вибору максимумів при визначенні відстані між опорним та ехо імпульсами.

ВИСНОВКИ

Представлено УЗ дефектоскоп, що складається з сенсорного блоку, який включає в себе первинний електроакустичний перетворювач, мікроконтролер, модуль «Bluetooth», та смартфона. Обмін інформацією між сенсором і смартфоном відбувається через бездротову мережу за технологією «Bluetooth».

Для забезпечення роботи смартфона в режимі УЗ дефектоскопа в середовищі операційної системи Android розроблено програмний модуль. Смартфон оснащений програмним забезпеченням для виконання процедури тестування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Baev A.R., Mayorov A.L., Asadchaya M.V., Konovalov G.E., Sergeeva O.S. Transformation and Scattering of Surface Waves on the Acoustic Load to Ultrasonic Evaluation and Measurements. Part 2. The object to study – solid with ledge. Devices and Methods of Measurements, 2018, vol. 9, no. 2, pp. 142–154.

[2] Petrik, V. Using wireless data transmission in eddy current nondestructive testing / Valentin Petrik, Anatoliy Protasov, Kostiantyn Syeryy, Iuliia Lysenko // Приборостроение - 2017: материалы 10-й Международной научно - технической конференции, 1-3 ноября 2017 года, Минск, Республика Беларусь / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О. К. Гусев [и др.]. - Минск: БИТУ, 2017. - С. 74-76.

[3] Єрмолов І.Н., Ланге Ю.В. Неруйнівний контроль: Посібник: 7 т. (ред. В.В. Клюєв). Vol. 3, Ультразвукове дослідження. М.: Видавництво Відбувається Машинобудування, 2004, 864 с.

[4] Кустовський, О. Л. Бездротовий акустичний дефектоскоп / О. Л. Кустовський, В. Ф. Петрик, Р. С. Савченко // Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання : матеріали II науково-практичної конференції, 25–26 листопада 2009 року. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. – С. 79.

Наук. керівник –к.т.н., доц. Петрик В.Ф.

УДК 621.19

В.П. Малько, студент гр. ПК-11мн
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КООРДИНАТНА РЕЄСТРАЦІЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ

Анотація. Розглянуто системи координатної реєстрації в дефектоскопії. Визначені переваги на недоліки різних методів визначення координат перетворювачів. Проаналізовано існуючі методи визначення координат перетворювачів. Запропоновано використання фазового методу з метою підвищення ефективності та точності визначення координат перетворювачів дефектоскопа.

Ключові слова: визначення координат, неруйнівний контроль, фазовий метод, автоматизовані системи.

ВСТУП

На сьогоднішній день, завдяки стрімкому розвитку технологій виробництва необхідність використання засобів неруйнівного контролю (НК) стрімко зростає. Це зумовлено можливістю проведення контролю без руйнування складових виробу або всього виробу. Для визначення розмірів та положення дефектів виробів з більшою точністю та швидкістю, а також для вилучення суб'єктивної похибки, необхідно використовувати автоматизовані засоби НК. Їх важливою складовою є система координатної реєстрації інформації положення первинного вимірювального перетворювача.

Перспективність використання таких систем полягає у можливості моніторингу та побудови карт контролю, які містять інформацію не тільки про параметри сигналів від дефектів, але й дані про їхнє розташування на поверхні об'єктів контролю. Головними перевагами таких систем є висока швидкість визначення координат дефектів, висока точність, портативність, адаптивність, а також відсутність суб'єктивної похибки. Крім цього отримані дані про дефекти та їх координати зберігаються в пам'ять обчислювального пристрою. Згідно отриманих даних можна проводити спостереження за розвитком дефектів, відслідковувати появу нових дефектів, проводити додаткові дослідження виявлених дефектів іншими методами НК, а також виконувати оцінку загального стану об'єкта контролю.

В загальному вигляді система координатної реєстрації складається з випромінювача, встановленого на корпусі перетворювача, двох приймальних антен на встановлених на базах для визначення декартових координат на площині, або трьох - для просторових координат, а також блоку обробки даних [1]. Крім цього в корпусі дефектоскопа встановлюється ще одна допоміжна антена, призначена для компенсації відхилення перетворювача дефектоскопу від нормалі. Сигнали випромінювача надходять на приймальні антенами з різними затримками в часі, отримані сигнали опрацьовуються блоком обробки даних, який вираховує координати положення перетворювача.

Вченими розроблено багато способів визначення координат, але більшість методів основана на визначенні часової затримки між надісланим та прийнятим сигналом. Саме від точності вимірювання часової затримки залежить похибка визначення координат положення перетворювача. Тому пошук більш точного методу вимірювання координат є актуальною задачею визначення положення дефекту.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Для визначення координат положення перетворювача було винайдено багато методів, які використовують різні принципи вимірювання та сигнали різної фізичної природи, але найпопулярнішими з них стали: механічні, ультразвукові, оптичні, радіохвильові та фазові.

Одним з характерних прикладів ультразвукових систем визначення координат датчиків наведено в роботі [1]. Авторами була запропонована система реєстрації координат зображена на рис.1. Система призначена для знаходження координат положення датчика в декартовій системі координат, складається з ультразвукового випромінювача 3 з частотою генерації сигналу від 40 до 50 кГц встановленого на корпусі перетворювача дефектоскопа, двох ультразвукових приймачів 1,2 та блоку обробки даних (на рисунку не показаний). Згенерований акустичний сигнал поширюється у просторі зі швидкістю *C* і приймається двома ультразвуковими приймачами встановлених на одній висоті з ультразвуковим випромінювачем дефектоскопа. Ультразвукові датчики розташовані на відстані бази один від одного. Значення відстаней визначаються завдяки вимірюванню часових затримок τ_{31}, τ_{32} між сигналами перетворювача 3 та приймачів 1 та 2. Отримані дані затримок передаються в блок обробки даних, який визначає координати перетворювача.

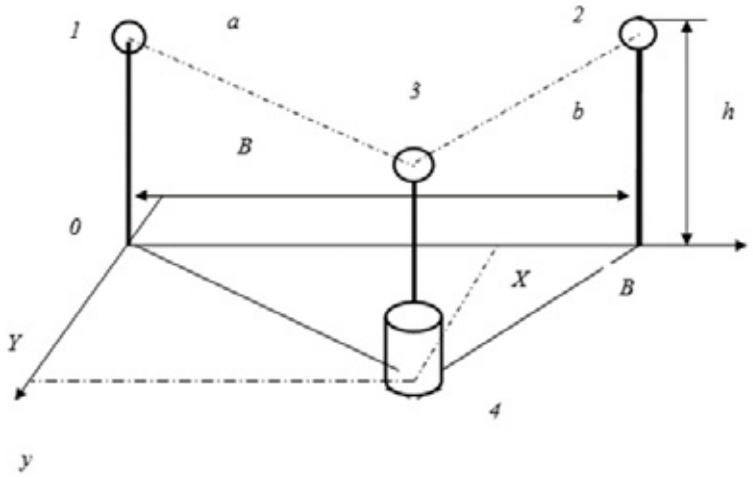


Рис. 1. Схема ультразвукової системи визначення координат положення перетворювача

Приведемо формулу залежності відстані від часової затримки:

$$l_{31} = C_1 \cdot \tau_{31}; \quad l_{32} = C_1 \cdot \tau_{32}. \tag{1}$$

Для визначення просторових координат на корпусі дефектоскопа встановлюється два ультразвукових випромінювача, а прийом сигналів здійснюється 3 ультразвуковими приймачами.

Недоліками такої системи є необхідність компенсації впливу температури на швидкість звуку та вплив швидкості переміщення перетворювачів на значення координат. Перевагою є незначна загальна похибка визначення координат, що не перевищує 5 мм, менша ніж в механічних системах. Існує можливість модернізації системи завдяки використанню фазового методу для більш точного визначення часової затримки, як результат зменшення загальної похибки [2].

Іншою системою визначення координат перетворювача є система приведена в роботі [3]. Авторами була приведена інерційна система структурна схема якої зображена на рис. 2. Система складається з датчика лінійних прискорень 1, датчика напруженості магнітного поля 2 та датчика кутових швидкостей 3. Для реалізації системи був використаний метод безплатформенної інерційної навігації.

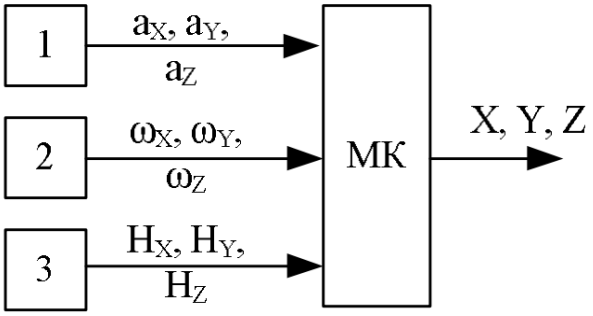


Рис. 2. Структурна схема інерційної системи реєстрації координат перетворювача

Використання такої системи має ряд недоліків: наявність великої похибки вимірювання, що накопичується з часом, зумовленою складністю розрахунків, а саме використанням подвійного інтегрування для отримання значення координат. Перевагами такої системи є захист від спотворення сигналів ультразвукових та радіохвильових датчиків, а також відсутність впливу зовнішніх умов на результат вимірювання.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На основі аналізу попередніх робіт, можна сформувати загальні вимоги до універсальної система реєстрації координат перетворювача. Система повинна мати високу точність, швидкодію, адаптивність до різних методів контролю, повинна мати можливість визначення просторових координат.

Для оцінки можливостей різних методів визначення координат проведено порівняльний аналіз відомих систем дефектоскопії з координатною реєстрацією. Результати аналізу зведені в табл.1.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика систем дефектоскопії

Назва	***Виробник***	***Метод визначення координат***	***Кількість координат***	***Похибка визначення координат***
САУЗК «Унискан-ЛуЧ КТ-7»	OKOndGROUP	механічний	3 координати	+-10мм
SONISCAN	Компанія «OEM»	механічний	2 координати	+-10мм
A1214 EXPERT	NDT-club	ультразвуковий	3 координати	+-1 мм
A1550 IntroVisor	КЛАБ-КОМПЛЕКТ	ультразвуковий	3 координати	+-1 мм

Згідно наведеної таблиці використання систем з ультразвуковим методом визначення координат дефектів дає значно більшу точність ніж механічні тому, є перспективним використовувати ультразвукові системи реєстрації координат.

Крім цього, для отримання більш точних результатів можна модернізувати звичайний ультразвуковий метод визначення координат. Для цього необхідно змінити спосіб визначення часової затримки, наприклад, використовувати фазовий метод. По-перше, така система використовує метод безконтактного визначення координат, по-друге, наявна можливість визначення просторових координат, по-третє, система використовує фазовий метод [4], який дозволяє з високою точністю визначити часову затримку по кожній координаті і буде більш захищеною від дії зовнішніх акустичних завад.

Для визначення координат необхідно знати два параметра: швидкість поширення хвиль в середовищі та часову затримку. Тому при використанні фазового методу визначення часової затримки, похибка відхилення реальних координат від визначених дуже мала.

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день існує багато способів визначення координат перетворювачів в автоматизованих системах неруйнівного контролю. Використання систем з технологією визначення координат перетворювачів реалізує можливість створення автоматизованих систем НК, які дають змогу визначати координати дефектів з високою точністю, швидкодією, та без впливу суб’єктивної похибки на результат вимірювання. В завданнях визначення координат потрібна синхронізація даних ультразвукових приймачів та випромінювачів встановлених на перетворювачі дефектоскопа. Також на результат впливає правильність вибору метода визначення часової затримки, саме від нього залежить точність визначення координат перетворювачів. Тому вибір більш досконалого методу визначення часової затримки, наприклад, фазового, дозволить модернізувати систему та отримати результати з високою точністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Фазовимірювальні системи неруйнівного контролю [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології», спеціалізації «Комп'ютерно-інтегровані технології неруйнівного контролю та діагностики» / С. М. Маєвський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,52 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 288 с.

[2] Маєвський С.М. Координатна реєстрація в дефектоскопії / С.М. Маєвський, К.М. Сєрий. – Львів: ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2011. – 116с.

[3] Дергунов О. В. Методи реєстрації координат в дефектоскопії / О. В. Дергунов, Ю. В. Куц. // Обробка інформації в складних технічних системах. – 2014. – №5. – С. 31–35.

[4] Куц Ю. В. Застосування модулярної арифметики у багатошкальних фазових вимірюваннях / Ю. В. Куц. // Метрологія та прилади. – 2017. – №5. – С. 98–105.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Куц Ю.В.

УДК 62.529.4

В.П. Малько, студент гр. ПК-11мн
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ РОБОТІВ

Анотація. Розглянуто переваги на недоліки використання нейронних мереж для організації переміщення роботів. Проаналізовано існуючі методи визначення оптимальних напрямів руху робота та картографії середовищ. Запропоновано використання нейропроцесорів в якості апаратного ядра нейронних мереж для автоматизації алгоритмів переміщення автономних роботів з метою підвищення ефективності та точності організації руху.

Ключові слова: роботизована система, нейропроцесори, нейронні мережі, глибинне навчання.

ВСТУП

На сьогоднішній день, в багатьох сферах широко використовуються роботизовані системи різного призначення. Розвиток таких систем неможливий без використання штучного інтелекту, який не тільки полегшить роботу оператору, але й дозволить покращити основні характеристики, забезпечить збільшення швидкості обробки завдяки та дозволить проводити управління роботизованою системою в реальному часі. Виходячи з переваг роботизованих систем з штучним інтелектом постає питання про апаратну реалізацію таких систем [1].

Для апаратної реалізації алгоритмів роботи нейронних мереж використовуються нейропроцесори. Нейропроцесорами називаються спеціальні інтегровані процесори призначені для апаратного прискорення роботи алгоритмів нейронних мереж та цифрової обробки сигналів у режимі реального часу. Особливістю такого процесора є вища швидкодія нейронних мереж в порівнянні зі звичайними сигнальними процесорами [2].

Для забезпечення організації руху роботизовані системи повинні мати можливість побудови карт місцевості та орієнтації за ними, що дозволить реалізувати досягнення місця призначення без зіткнень опираючись на показання датчиків орієнтації.

Використання розглянутих систем забезпечить досягнення місць призначення з підвищеною точністю та забезпечить можливість орієнтації роботизованого пристрою в місцях зі складною структурою рельєфу. Крім цього, використання автоматизованих систем на базі нейропроцесорів дозволить зменшити економічні, соціальні затрати та зменшити габаритні розміри, завдяки використанню інтегральних мікросхем.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Один з прикладів реалізованих систем призначених для організації руху роботів та заснованих на використанні нейропроцесорів представлений в роботі [3]. Автори розробили новий підхід до створення роботів-маніпуляторів. Для реалізації робота була використана багатошарова нейронна мережа без вчителя, яка була реалізована завдяки використанню нейропроцесора. Стійкість нейронної мережі забезпечується якісним аналізом та теорією Ляпунова, яка дозволяє забезпечити роботу нейронної мережі при нестандартних ситуаціях.

Завдяки використанню об'єднаних нейронних та систолічних обчислень, датчиків орієнтації та автоматичному проведенню навчання нейронної мережі, робот переміщується в нестаціонарному середовищі без зіткнень та колізій.

Ще одна роботизована система з використанням нейронних мереж описана в роботі [4]. Авторами був розроблений мобільний робот з трьома незалежними ведучими колесами, що однаково розташовані під кутом 120 градусів один від одного, крім цього особливістю робота є розроблений чіп з інтегрованим нейропроцесором. Чіп має вбудований модуль оптимізації руху на основі алгоритмів організації руху колон мурах (АСО). Інтелектуальна система призначена для планування, відслідковування та стабілізації траєкторії руху. Саме завдяки розробленому методу АСО та визначенню оптимальних параметрів роботизована система має високу продуктивність, швидкість обробки та точність переміщень.

Іншим прикладом є організація руху безпілотних автомобілів, для реалізації алгоритмів якої використовується нейропроцесор на платі Drive PX-series. Для аналогічних літальних апаратів відомий процесор на інтегрованих чіпах Movidius Myriad 2 [5]. Також використання нейропроцесорів можливе в роботизованих системах неруйнівного контролю. Нейропроцесори дозволяють організовувати інтелектуальний рух роботів та виявляти дефекти конструкцій в важкодоступних або обмежених місцях [6].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На основі аналізу попередніх робіт, можна сформувати концепцію універсальної роботизованої системи, створеної з використанням нейропроцесорів та призначеної для організації руху мобільних роботів. Використання нейронної мережі, запущеної на основі нейропроцесора, забезпечить високу швидкість обробки даних завдяки їх паралельній обробці. Це дозволить отримати високу точність переміщення пристрою та зменшити габаритні розміри робота.

Одними з головних складнощів інтелектуальної організації руху роботів є швидкодія та точність оброблення нейронних карт, отриманих в процесі руху робота. Саме для вирішення цих завдань доцільно використати нейропроцесори, які завдяки наявності великої кількості ядер дозволять на рівень збільшити швидкість обробки даних. Крім цього, завдяки спеціальним архітектурам нейромереж, робот буде навчатись в процесі розрахунку напряму руху та зможе більш точно визначати своє положення та положення цілі.

Для реалізації програмних алгоритмів роботи системи рекомендовано використовувати сукупність двох послідовних багатошарових нейронних мереж, реалізованих на нейропроцесорі. Для встановлення початкових знань нейронної мережі може використовуватись навчання на основі розробленої растрової карти місцевості. Після встановлення початкових навчальних даних нейронна мережа, на базі нейропроцесора продовжить процес навчання на основі отримуваних даних з датчиків орієнтації. До таких датчиків належать ультразвукові далекоміри, камери денного та нічного бачення, інфрачервоні камери тощо.

В запропонованому варіанті є дві нейронні мережі, які підключені послідовно, і вхідними даними другої нейронної мережі є вихідні дані першої, яка призначена для визначення одного з сегментів напрямів руху згідно даних датчиків орієнтації. Друга нейронна мережа дозволяє розрахувати азимутальний крок руху робота. На основі азимута та визначеної відстані першої нейронної мережі визначається траєкторія руху мобільного робота.

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день, актуальним є питання розробки правильного способу визначення траєкторії руху роботизованих систем, призначених для використання у промисловості та неруйнівному контролі. Так як застосування нейронних мереж в пристроях навігації роботів стало дуже популярним, важливим є питання реалізації апаратної частини нейронної мережі. Для вирішення цієї проблеми ефективно використовувати нейропроцесори.

Використання нейропроцесорів є найкращим рішенням завдяки високій швидкодії, можливості реагування на нестандартні ситуації, а також зменшення габаритних розмірів пристроїв. На основі нейропроцесорів реалізуються пристрої, які не тільки мають високу швидкість аналізу даних та більш точно визначають об’єкти на нейронних картах, а також і навчаються в ході роботи, що дозволяє оминати навіть не визначені раніше завади. Для отримання більш точних та оптимальних траєкторій переміщення роботів необхідно не тільки оптимізувати процес сканування, а й визначити правильні параметри нейромережевих моделей та характеристики нейропроцесорів для їх апаратного прискорення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Momot A. Deep learning automated data analysis of security infrared cameras / A. Momot, I. Skladchykov // Slovak international scientific journal. – 2021. – №52. – pp. 13–16.
[2] Perelman Y. The Neuroprocessor / Y. Perelman, R. Ginosar. – NY: New York: Springer, 2008.
[3] Graf. A neural controller for collision-free movement of general robot manipulators / Graf, LaLonde. // International Conference on Neural Networks. – 1988. – №1. – С. 77–84.
[4] Hsu-Chih H. Intelligent motion control for omnidirectional mobile robots using ant colony optimization / Huang Hsu-Chih. // Applied Artificial Intelligence. – 2013. – №27. – С. 151–169.
[5] Bakshi S. A Highly Efficient SGEMM Implementation using DMA on the Intel/Movidius Myriad-2 / S. Bakshi, L. Johnsson. // 32nd International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing. – 2020
[6] Малько В. П. Використання нейронних мереж для організації руху роботів / В. П. Малько. // Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Погляд у майбутнє приладобудування”, 18-19 травня 2021р. – с.288–290.

Наук. керівник – доктор філософії, ас. Момот А.С.

УДК 621

Д.В. Маснуха, студент гр. ПК-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИЯЛЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ДЕФЕКТІВ В ОБ'ЄКТАХ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

Анотація. В даній статті розглядається важлива для неруйнівного контролю тема, а саме виявлення поверхневих та підповерхневих дефектів в об'єктах контроля, що мають складну геометричну форму. Стаття складається з вступу, опису основних принципів та висновків.

Ключові слова: Хвилі Релея, поверхневі дефекти, ультразвук.

ВСТУП

Виявлення поверхневих та підповерхневих дефектів в об'єктах, що мають складну геометричну форму, особливо при наявності радіусних переходів у сполучених поверхнях, є дуже важливою та складною задачею неруйнівного контролю (НК). На практиці застосовуються різноманітні методи НК для вирішення цього завдання. Серед найпоширеніших методів можна виділити такі, як: магнітний, травлення деталі кислотою, гідравлічний, нагріву деталі, пневматичний, ультразвуковий та інші. Відомо, що на вибір того чи іншого методу виявлення поверхневих дефектів впливає форма об'єкту контролю, тип матеріалу з якого він виготовлений та вид дефекту.

Дана стаття присвячена використанню ультразвукового методу НК для виявлення поверхневих дефектів, тому що він простий у використанні, надійний та має високу чутливість до дефектів різного типу.

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ

Ультразвуковий метод контролю заснований на здатності ультразвукових коливань поширюватись у металі на великій відстані у вигляді спрямованих пучків і відбиватись від дефектів у наслідок різкої зміни щільності середовища. Причому контроль об'єктів зі складною геометричною формою поверхні ефективно виконувати за допомогою хвиль Релея, що здатні поширюватися в важкодоступних місцях на великі відстані.

Хвилі Релея застосовують для виявлення поверхневих дефектів деталей різноманітних форм: стрижнів, пружин, колінчатих валів, балок, проволоки, суцільних та порожнистих круглих виробів і т.д. За допомогою хвиль Релея можна виявити всі види дефектів поверхні, поверхневого та підповерхневого шару: тріщини, пори та порожнисті області, подряпини, розшарування, сторонні включення та інші [1-3].

Поверхневі дефекти (Рисунок 1) характеризуються малою товщиною в одній площині та значними геометричними розмірами в двох інших. Найчастіше поверхневі дефекти зустрічаються на місцях стику двох орієнтовних ділянок кристалічної решітки. Вони можуть бути представлені у вигляді границь зерен, границь фрагментів всередині зерна та границь блоків всередині фрагментів.[1]

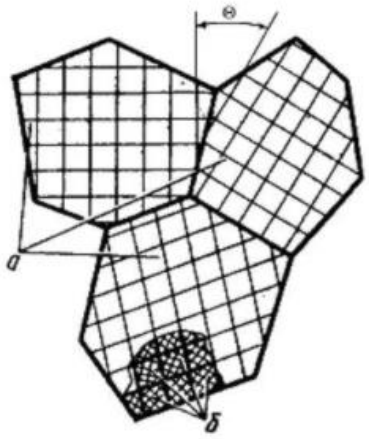


Рисунок 1. Границі зерен, фрагментів і блоків

Поверхневі хвилі поширюються вздовж вільної (ненавантаженої) ділянки поверхні твердого тіла. У хвилях Релея рух частинок відбувається по еліптичних орбітах, при цьому більша вісь еліпсу направлена перпендикулярно до вільної поверхні(Рисунок 2).

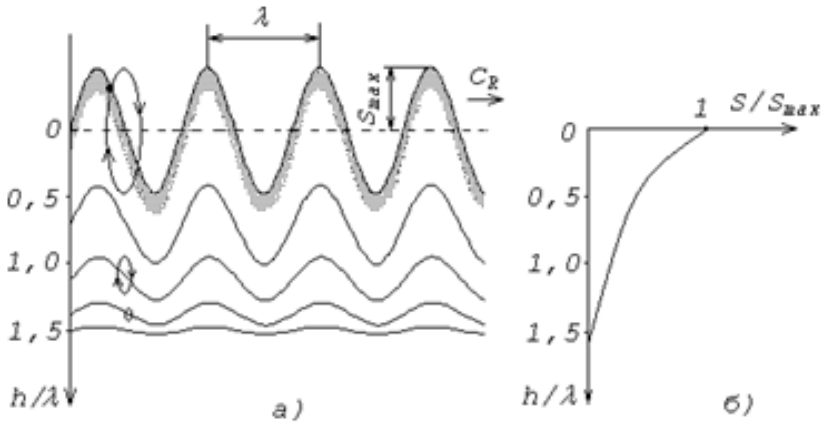


Рисунок 2. Схематичне зображення хвиль Релея: а) на вільній поверхні; б) характер розподілу амплітуди акустичного тиску по глибині

Коли хвиля досягає глибини λ, її інтенсивність зменшується до 5% від інтенсивності на поверхні. Тому можна вважати, що на глибину 1.5 λ хвиля Релея майже не проникає. Саме ця особливість дозволяє використовувати хвилі Релея для виявлення поверхневих дефектів.

Для створення поверхневих хвиль використовуються перетворювачі зі змінним кутом, які дозволяють змінювати кут введення. Їх застосовують для визначення оптимальних умов збудження хвиль Релея, хвиль в пластинах та стрижнях, коли потрібно плавно регулювати кут нахилу перетворювача. На рисунку 3 приведені приклади можливих конструкцій таких п’єзоелектричних перетворювачів [4-5].

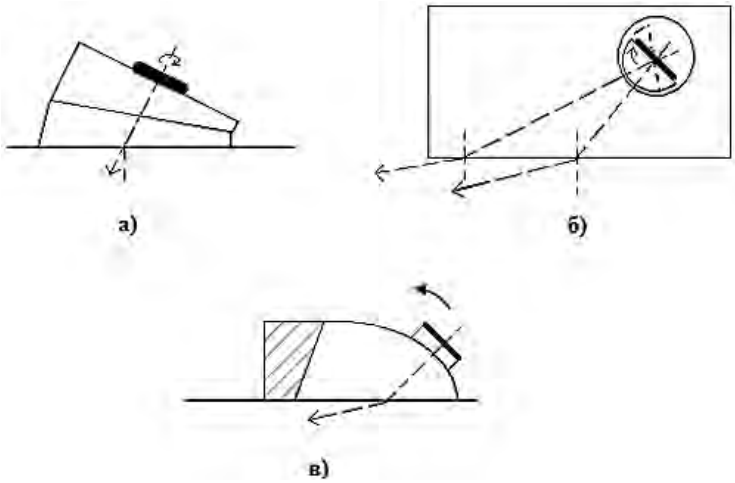


Рисунок 3. Перетворювачі зі змінним кутом введення

ВИСНОВКИ:

В даній статті проведено аналіз методів виявлення поверхневих дефектів та обрано, як найбільш ефективний, ультразвуковий метод контролю. Розглянуто можливі об'єкти контролю та основні типи дефектів в них.

Подальші дослідження є доцільним направити на поглиблене дослідження трансформації та інтерференції різних типів хвиль в ультразвукових трактах та розробці методики контролю об'єктів зі складною геометрією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Маснуха, Д. В. Автоматизована система для контролю поверхневих дефектів / Д. В. Маснуха // XIV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 18-19 травня 2021 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С. 295–297. – Бібліогр.: 3 назви.

[2] Галаган Р.М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р.М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.

[3] Неразрушающий контроль : справочник : в 7 т. Т. 3: Ультразвуковой контроль. / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге ; под ред. чл.-корр. РАН В.В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2004. – 832 с.

[4] Галаган Р.М. Анализ погрешностей измерения скорости распространения ультразвуковой волны в многофазных порошковых материалах. Часть 1: влияние субъективной погрешности / Р.М. Галаган, Г.А. Богдан // Вісник Національного Технічного Університету України «КПІ». Серія приладобудування. – Київ. – 2015. – № 49(1). – С. 53-60.

[5] Галаган Р.М. Анализ погрешностей измерения скорости распространения ультразвуковой волны в многофазных порошковых материалах. Часть 2: влияние инструментальной и методической погрешностей / Р.М. Галаган, Г.А. Богдан // Вісник Національного Технічного Університету України «КПІ». Серія приладобудування. – Київ. – 2016. – № 51(1). – С. 52-57. Наук. керівник – к.т.н., Богдан Г.А.

Наук. керівник – к.т.н., Богдан Г.А.

УДК 620.179.1

М.С. Опришко, студент гр. ПК-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ПРОКАТУ

Анотація. В даній статті розглянуто переваги та недоліки використання електромагнітно-акустичних перетворювачів в автоматизованих системах контролю листового прокату. Описано основні фізичні особливості та способи реалізації даного методу, розглянуто можливості зменшення впливу завад та можливі шляхи збільшення швидкодії системи.

Ключові слова: Електромагнітно-акустичний перетворювач, дефектоскопія, листовий прокат, ультразвуковий контроль.

ВСТУП

В сучасному світі велика кількість виробів виготовляється за допомогою прокатки: листи, труби, заготівлі, рейки та ін. Вимоги до якості цієї продукції постійно зростають та забезпечуються неруйнівними методами контролю (НК), серед яких основним є ультразвуковий (УЗ). Значні обсяги виробництва металовиробів потребують виконувати УЗ контроль з високою швидкістю сканування, в гарячому та холодному стані, зачищати поверхню об'єктів контролю. Але традиційні контактні методи у багатьох випадках не можуть забезпечити швидкий та якісний УЗ контроль. Аналогічні проблеми мають місце при експлуатації різних об'єктів та виробів, наприклад, з лакофарбовими або пластиковими покриттями, які необхідно видаляти перед проведенням УЗ дефектоскопії, а потім відновлювати після контролю, що значно здорожує технологію НК. Вирішити зазначені недоліки традиційного методу УЗ контролю можливо за рахунок застосування безконтактних методів збудження та прийому ультразвукових імпульсів, серед яких найбільш розвиненим вважається електромагнітно – акустичний (ЕМА).

ПРОБЛЕМИ «ТРАДИЦІЙНИХ» МЕТОДІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ

Системи, які реалізують «традиційні» методи контролю листового прокату (імерсійний, променевий, щілинний), мають загальну ознаку – в них обов’язково використовується контактна рідина (рис.1) в якості проміжного середовища (найчастіше вода), між перетворювачем та об’єктом контролю (ОК) [1].

Необхідність застосування контактних рідин доволі часто конфліктує із сучасними технологіями металургії. Стає все важче забезпечити вимоги щодо швидкості переміщення, температури, крім того, використання п’єзоелектричних перетворювачів вимагає підготовки поверхні для введення ультразвуку в метал, зокрема створення шорсткості поверхні не нижче класу 5 [2]. Навіть додавання інгібіторів до води часто призводить до корозії ОК, що є суттєвим недоліком, так як псується товарний вид продукції.

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

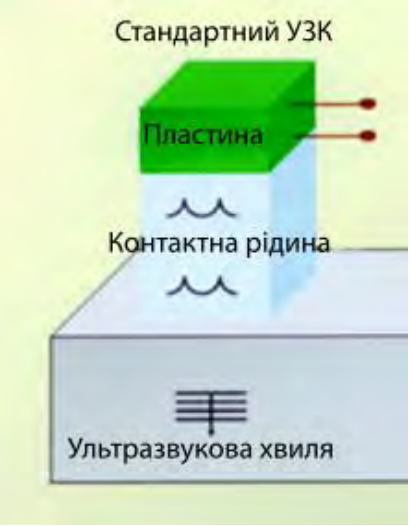


Рисунок 1. Приклад використання контактної рідини при звичайному ультразвуковому контролі

Системи, які реалізують безконтактні методи збудження акустичних хвиль за допомогою електромагнітно-акустичних перетворювачів, або ж скорочено ЕМАП (рис.2), значно розширюють можливості проведення ультразвукового контролю за забрудненої та шорсткої поверхні ОК, високої та низької температурах, а також у тому випадку, якщо застосування контактної рідини неможливе.

Електромагнітно-акустичне перетворення, дає змогу безконтактно збуджувати в об’єкті контролю акустичні хвилі різного типу з різною поляризацією [3]. Сучасна елементна база дозволяє створювати дефектоскопи та товщиноміри на основі ЕМАП, що працюють з робочим зазором до 10 мм. Тобто, між поверхнею ОК та поверхнею перетворювача може знаходитися фарба, пластик, бруд, повітря та інші непровідні середовища товщиною до 10 мм. Сама акустична хвиля, при цьому формується безпосередньо в об’єкті контролю і не спотворюється контактним середовищем. Механізм утворення механічних коливань від електричних коливань під час ЕМАП можна розділити на три складові: магнітострикція, взаємодія через силу Лоренца та магнітна взаємодія. Для контролю сталевих виробів у більшості випадків використовується ЕМАП через силу Лоренца.

Рисунок 2. Схематичне зображення ЕМАП

Ще однією перевагою ЕМАП є те, що поверхня ОК не навантажується, при цьому виключаються проблеми пов'язані з реверберацiйними процесами, явищами на межі розділу середовищ, шарі контактної або імерсійної рідини.

Оскільки акустичні хвилі збуджуються та поширюються безпосередньо в об’єкті контролю, акустичний тракт ЕМА-дефектоскопа дуже простий, змінити картину хвильового поля можуть лише неоднорідності в ОК.

Вважається, що поперечні хвилі котрі поширюються по нормалі до поверхні є більш чутливими до деяких видів дефектів. Оскільки вони поширюються удвічі повільніше за повздовжні, підвищується роздільна здатність під час контролю луна-методом.

Акустичний контакт для п’єзоелектричних перетворювачів в багатьох випадках є слабшим, ніж електромагнітний контакт ЕМАП з об’єктом контролю. На бездефектних ділянках листового прокату коливання опорного донного сигналу не перевищують 4-6 дБ. ЕМА перетворювачі не чутливі до кута нахилу перетворювача щодо поверхні введення акустичної хвилі. Від нахилу

перетворювача змінюється лише рівень сигналу, напрямок хвилі, і як наслідок часове положення луна-сигналів не залежить від нахилу перетворювача.

Використання поперечних хвиль певної поляризації дозволяє з високою чутливістю виявляти важкодоступні та складно орієнтовані тріщини, навіть якщо їх площина є паралельною до напрямку прозвучування.

До недоліків ЕМАП відносять їх порівняно низьку чутливість та низьку захищеність від завад.

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЗАВАД ТА ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ СИСТЕМИ

Значно підвищити чутливість ЕМА-системи можна за допомогою застосування когерентної обробки прийнятих сигналів [4]. Завада, що має випадкову амплітуду та фазу не корелює з корисним сигналом, її середнє значення (за великим числом тактів) на точці часової осі, яка нас цікавить, прямує до нуля.

В теорії, за допомогою когерентного накопичення корисного сигналу можна отримати як завгодно велике співвідношення сигнал/шум. Наприклад, після стократного когерентного накопичення ($N = 100$), рівень корисного сигналу буде перевищувати рівень шумів на 20 дБ, але «добування» корисного сигналу з шумів відбувається за законом $N/2$ (N – число накопичень), а тому на цей процес потрібно витратити деякий час tK.

Якщо T – період надходження інформативного сигналу (період відправлення зондувальних імпульсів), NH - необхідна кількість накопичень, SH і SN – відповідно необхідне та вихідне відношення сигнал/шум, то:

$$t_K = T(S_H/S_N)^2 \quad (1)$$

З даного виразу можна зрозуміти, що за допомогою застосування когерентного накопичення можна отримати необхідну чутливість, яка обмежена швидкодією системи реєстрації дефектів. Швидкодію можна збільшити завдяки зменшенню часу T між сусідніми зондуючими імпульсами.

Зондуючі імпульси в «звичних» дефектоскопах посилаються через певні проміжки часу (T = const). Частота відправлень імпульсів розраховується так, щоб реверберaційні процеси від попереднього імпульсу закінчились, доки не почнеться наступний імпульс. В деяких випадках для розпізнавання чи виключення хибних імпульсів змінюють частоту зондуючих імпульсів.

Для уникнення небажаних наслідків реверберaційних завад період відправлень зондуючих імпульсів варіюють за певним алгоритмом, що може значно підвищити їх ефективну частоту [5]. Комбінуючи метод когерентного накопичення та варіацію періоду відправлень зондуючих імпульсів можна досягти підвищення швидкодії системи (зменшення параметру tK).

Варіація інтервалів між зондуючими імпульсами (*T-параметра*), може здійснюватися за випадковим законом, але шляхом комбінацій когерентного накопичення з більш складними варіаціями інтервалів зондуючих імпульсів можна досягти більшого ефекту.

Іншим підходом може стати розробка сучасних методів аналізу даних ультразвукового контролю із використанням глибинного навчання. Як відомо,

штучні нейронні мережі показують високу завадостійкість та ефективність роботи в умовах нелінійностей, що може мати позитивний вплив у випадку їх застосування для аналізу даних, отриманих за допомогою ЕМАП [6].

ВИСНОВКИ

Аналіз літературних джерел показує, що існує цікавість до використання електромагнітно-акустичних перетворювачів для ультразвукового безконтактного контролю якості металопрокату. Розроблено нові електромагнітно-акустичні перетворювачі, які дозволяють контролювати мідні трубки, алюмінієві листи, рейки, зварні шви та інші ОК.

Показано перспективність використання імпульсного намагнічування виробів, що дозволяє збільшувати індукцію магнітного поля до 2…3 Тл. Однак необхідно вирішувати питання зменшення шумів Баркгаузена. Крім того, у випадку контролю феромагнітних виробів типу труб, заготовок, рейок, листів тощо, необхідно вирішувати питання сильного тяжіння перетворювача до металу, а при використання постійних магнітів – налипання окалини. Використання електромагнітно-акустичних перетворювачів може покращити економічну ефективність застосування пристроїв та установок для дефектоскопії, особливо при автоматичному контролі великих обсягів катаних виробів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю. – 2019.
[2] Неразрушающий контроль: справочник: в 7 т. Под общ. Ред. В.В. Клюева. Т.3: ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – м.: машиностроение, 2004. – 864 с.
[3] Иванов Э. А., Степуро А. В. Электромагнитно-акустические преобразователи (ЭМАП) // Современные направления в технологии машиностроения и в управлении качеством-2014. – 2014. – с. 23.
[4] Ляшенко Г. А., Полянова Н. В. Шляхи удосконалення ультразвукових діагностичних систем // Актуальні проблеми автоматики та приладобудування. – с. 60.
[5] Салам Б. И др. Современное состояние методов и средств ультразвукового контроля проката с применением электромагнитно-акустических преобразователей. – 2019.
[6] Момот А.С. Застосування нейромережевих технологій для вирішення обернених задач неруйнівного контролю / А. С. Момот, Р. М. Галаган. // XVI Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», 16-17 травня 2017 р., м. Київ, Україна : збірник тез доповідей. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – С. 144.

Наук. керівник – доктор філософії., ас. Момот А. С.

УДК 371.134

Д.В. Петренко, студент гр. ПК-01мн
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПЕРСПЕКТИВА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ НЕРУЙНІВНГО КОНТРОЛЮ

Анотація. Стаття присвячена аналізу використання нейронних мереж в різних галузях людської діяльності. У роботі приведено опис використання нейронних мереж, досліджено актуальність удосконалення теплового неруйнівного контролю за допомогою штучного інтелекту. Актуальність даної роботи полягає у аналізі нейромережевих технологій та їхнього використання в різних галузях, зокрема і в тепловому неруйнівному контролі для його подальшого удосконалення.

Ключові слова: неруйнівний контроль, композиційні та багатошарові матеріали, нейронні мережі.

ВСТУП

На сьогоднішній день спостерігається активне зростання інтересу до використання нейронних мереж в різних сферах людської діяльності для вирішення різноманітних задач. Типовими задачами, які вирішуються за допомогою штучних нейронних мереж є: задачі класифікації, кодування та декодування інформації, розпізнавання зображень, автоматизація процесу ухвалення рішень, прогнозування, управління та інше. Вони використовуються у багатьох сферах і галузях людської діяльності, таких як: медицина, економіка, обробка інформації, зв’язок та безпека охоронних систем.

Прикладом використання нейронних мереж у медицині є діагностика захворювань. Системи для попередження інфаркту міокарда та інших серцево-судинних захворювань використовуються в госпіталях Англії для зниження можливості їх виникнення. Такі технології також успішно використовуються в діагностиці онкологічних захворювань.

В економіці, а саме в фінансовій сфері, використовуються системи управління кредитними ризиками. Банки США використовують їх для оцінки вірогідності завдання збитків від несвоєчасного повернення кредитів. Такі обчислення базуються на оцінці кредитної історії клієнта, стабільності його основних фінансових показників, та багатьох інших критеріях. Таким чином нейромережеві технології дають змогу точно встановити потенційних неплатників які наносять збитки банкам. Також важливими сферами застосування нейронних мереж в галузі економіки є: оцінка вартості нерухомості, прогноз ситуації на фондовому ринку, прогнозування динаміки біржових курсів, оптимізація грошових та товарних потоків та інше.

Нейронні мережі використовуються у проектуванні та оптимізації зв’язку. З їх допомогою успішно вирішується завдання, знаходження оптимального шляху трафіку між вузлами (управління маршрутизацією потоків), у сфері телекомунікацій. Також вони використовуються для отримання ефективних рішень, швидкого кодування та декодування даних, стиснення відеоінформації у сфері проектування нових телекомунікаційних мереж.

У галузі безпеки та охоронних системах нейромережі використовують для розпізнавання голосу, автомобільних номерів, ідентифікації осіб, аналіз аерокосмічних знімків, виявлення підробок, моніторингу інформаційних потоків, розпізнавання підписів, відбитків пальців та ніше.

ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

Сьогодні, в умовах промислової революції «Індустрія 4.0», розвиток неруйнівного контролю спрямований на зростання рівня автоматизації технологічних процесів у цій галузі [1]. Застосування нейронних мереж може суттєво підвищити ступінь автоматизації процедури контролю та підвищити його результативність.

Системи нейронних мереж можуть застосовуватися в тепловому неруйнівному контролі для розв'язання широкого кола задач [2]. За допомогою спеціальних алгоритмів навчання, нейронні мережі набувають здатності автоматично виявляти приховані складні закономірності у взаємозв'язках між вхідними даними. Вони здатні вирішувати задачі з багатьма параметрами, а також ефективно працювати зі складними нелінійними залежностями, таким чином вони можуть бути застосовані в якості класифікаторів образів та засобів побудови регресивних моделей. Характер температурного сигналу отриманого за результатами активного теплового контролю, залежить від великої кількості різних факторів [3], таких як: параметри нагріву, час вимірювання, товщина об'єкта контролю його теплофізичні властивості, геометричні розміри дефектів та глибина їх залягання, та інше. Всі ці фактори складним чином пов'язані між собою, це значно ускладнює побудову математичних моделей для розв'язання задач дефектометрії [4].

Наприклад, у випадку навчання нейронних мереж на зразках (рис. 1) для обробки послідовностей термограм на її вхід подаються теплові профілі у пікселях термограм. Зразки дефектних та бездефектних профілів позначаються номером класу (0 – бездефектний, 1 – дефектний). В результаті навчання нейронна мережа виявляє приховані залежності у температурних профілях, які притаманні певному класу дефектів або бездефектним ділянкам.

Рисунок 1. Зовнішній вигляд експериментального зразка

За допомогою проведеного експерименту зі зразками виготовленими з композиційних матеріалів (рис.1), які мають дефекти у вигляді повітряних включень, були отримані наступні результати, які показані на рис.2: а) дефект у

вигляді кола, б) дефект у вигляді квадрата, в) дефект який має форму трикутника, та на зображенні г) бачимо бездефектний зразок.

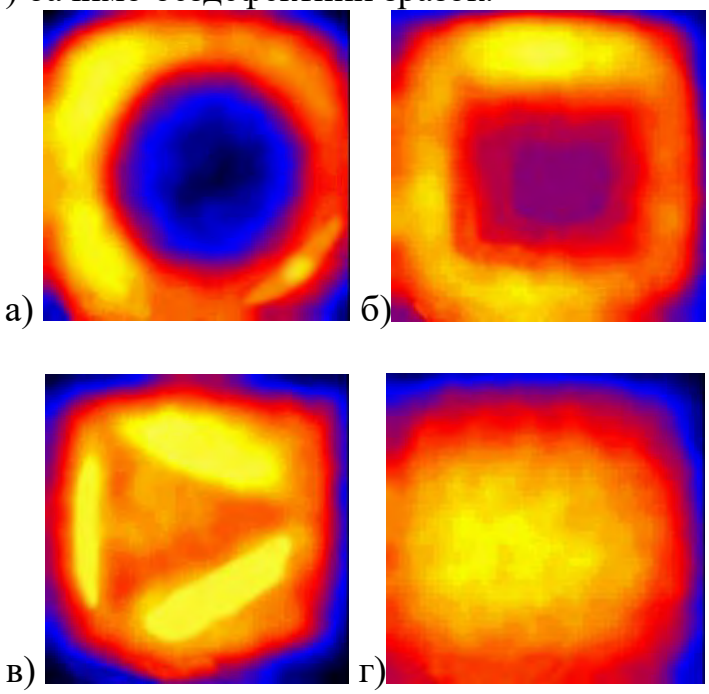


Рисунок 2. Експериментальні зразки з багатошарових композиційних матеріалів: а – зразок з дефектом (коло), б – зразок з дефектом (квадрат), в – зразок з дефектом (трикутник), г – бездефектний зразок

ВИСНОВКИ

Провівши аналіз можливостей та роботи нейронних мереж було запропоновано їхнє використання в тепловому неруйнівному контролі. Тому актуальним є удосконалення саме цього напрямку неруйнівного контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Petryk V. Smartphone-Based Automated Non-Destructive Testing Devices / V.F. Petryk, A.G. Protasov, at al// Devices and Methods of Measurements 2020, vol. 11, no. 4, pp. 272–278

[2] А. С. Момот та Р. М. Галаган, «Тепловізійний контроль електрообладнання із застосуванням штучних нейронних мереж,» в Збірник тез доповідей 4-тої науково-практичної конференції студентів і молодих учених «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання», ІваноФранківськ, 2013.

[3] Protasov A. Reconstruction of the Thermal Field Image from Measurements in Separate Points. / Conf. proceed. of IEEE Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium, Aug 29-31, Kyiv, Ukraine. 2017, pp. 89-92.

[4] Протасов А. Г. Метод статистической обработки результатов импедансного метода контроля / А. Г. Протасов // Фізико-хімічна механіка матеріалів (Львів). – 2016. – №4. – С. 137-141.

Наук. керівник – Протасов А. Г.

УДК 004.89

І.О. Складчиков , студент гр. ПК-11мп, доктор філософії, ас. А. С. Момот
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛЕЙ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ДЕТЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ІНФРАЧЕРВОНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

Анотація. В даній роботі розглянуто існуючі методи глибинного навчання для автоматизованого виявлення об’єктів на інфрачервоних зображеннях. Проаналізовано актуальність застосування даних моделей на сьогоднішній день та пріоритетність точності розпізнавання об’єктів над швидкістю. Розглянуто мережі R-CNN, YOLO та EfficientDet. Проаналізовано ефективність даних моделей та зроблено висновки щодо можливості їх використання в системах термографічного контролю безпеки.

Ключові слова: глибинне навчання, виявлення об'єктів, інфрачервоні зображення.

ВСТУП

Тепловізійні камери міцно зайняли своє місце серед засобів комп'ютерного бачення. Вони відмінно вирішують поставлені перед ними завдання і дозволяють створювати технічно і економічно ефективні системи. Інфрачервоні камери пройшли довгий шлях від дуже дорогих пристроїв до продукту широкого використання з високою надійністю і доступною ціною, і вони продовжують вдосконалюватися з кожним роком. На сьогоднішній день, спектр застосування тепловізійних систем досить різноманітний: діагностика та ремонт друкованих плат, енергетична галузь, неруйнівний контроль композиційних матеріалів, технічні засоби контролю безпеки, медицина, мисливська та військова промисловості, автоматизоване управління.

Доцільність використання тепловізорів визначається особливостями самих технічних засобів. У системах контролю безпеки інфрачервоні камери – це пристрої спостереження, які більш ефективні для розпізнавання об'єктів, ніж традиційні відеокамери. Якість розпізнавання за допомогою тепловізора не залежить від часу доби. Це дає можливість створювати системи цілодобового моніторингу об'єкта, що охороняється. Системи, призначені для контролю безпеки, застосовуються для захисту периметра аеропортів, залізниць, кордонів, будинків, агрокомплексів та інших об'єктів. Аналіз отриманої інформації може бути автоматизований за допомогою технологій штучного інтелекту [1].

МЕТА РОБОТИ

Тепловізійне обладнання в даний час забезпечує повний і точний аналіз поведінки на основі алгоритмів глибинного навчання. Це включає виявлення таких подій: перетин лінії, вторгнення, вхід до зони, вихід із зони тощо. Інтелектуальне виявлення людини/транспортного засобу може зменшити частоту виникнення помилкових сигналів тривоги, викликаних тваринами, вібрацією, падаючим листям та іншими несуттєвими подіями або об'єктами. Це дозволяє значно підвищити точність роботи системи та алгоритму формування сигналу тривоги [2].

Актуальним і важливим завданням є визначення архітектури глибинної мережі, яка дозволить виявити об'єкт з найбільшою точністю. Оскільки сучасні інфрачервоні камери не мають високої частоти кадрів, швидкість розрахунків

моделі глибинного навчання відходить на другий план. Однак для моніторингу в режимі реального часу частота обробки даних не повинна бути нижче 20-25 Гц. Цей факт необхідно враховувати при виборі відповідної моделі для розпізнавання об'єктів. Крім того, завдання виявлення об'єктів в інфрачервоних зображеннях ускладнюється низькою деталізацією теплових відбитків цих об'єктів, що пов'язано з фізичними особливостями природи інфрачервоного випромінювання [3]. Тому модель глибинного навчання повинна бути в цілому узагальнюючою та мати високу адаптивність.

Для оцінки якості моделей детектування об'єктів використовується метрика mAP (mean Average Precision) – показник середньої коректності розпізнавання різних класів об’єктів. Цей показник обчислює середню достовірність правильних відповідей в діапазоні від 0 до 1 для всіх класів об'єктів, які вміє розпізнавати модель. Для кожного класу середня коректність розпізнавання (Average Precision) визначається як площа області під кривою Precision-Recall. Чим вище значення цього показника, тим менше помилкових розпізнавань модель виконує на тестових даних.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Однією з перших моделей, успішно застосованих в задачах виявлення об'єктів на зображеннях, була мережа R-CNN (Regions with CNNs) [4]. У цій архітектурі на вхід мережі подається не все зображення одночасно, а окремі його регіони. Регіони обираються раніше за допомогою алгоритму вибіркового пошуку, який визначає ділянки зображення що, ймовірно, містять деякі об'єкти. В даний час модифікація архітектури Faster R-CNN забезпечує значення mAP до 35% при швидкості обробки даних близько 15 кадрів в секунду на наборі даних MS COCO [5]. Такі характеристики є відносно поганим показником для використання в термографічних системах контролю безпеки у реальному часі. Існує також модифікація Mask-RCNN, яка дозволяє не тільки виявляти об'єкти, але і вирішувати завдання семантичної сегментації зображення. Однак, швидкість роботи такої архітектури залишається невеликою.

Набагато більш високу продуктивність має мережева архітектура YOLO (You Only Look Once) [6]. Головна її особливість – це розпізнавання об'єктів за один прохід даних. В архітектурі YOLO немає явних циклів, що робить мережу швидкодіючою. YOLO використовує сітку попередньо визначених вікон – областей, в яких класифікуються об'єкти. На наборі даних MS COCO сучасні модифікації YOLO показують до 44% mAP зі швидкістю обробки даних до 70 кадрів в секунду [7]. Мережі цієї архітектури є одними з найшвидших в завданні детектування об'єктів, що робить їх перспективними для використання у складі термографічних систем реального часу. На рисунку 1 представлено приклад застосування мережі YOLOv3 для виявлення людини і собаки на інфрачервоному зображенні, наданому компанією Flir.

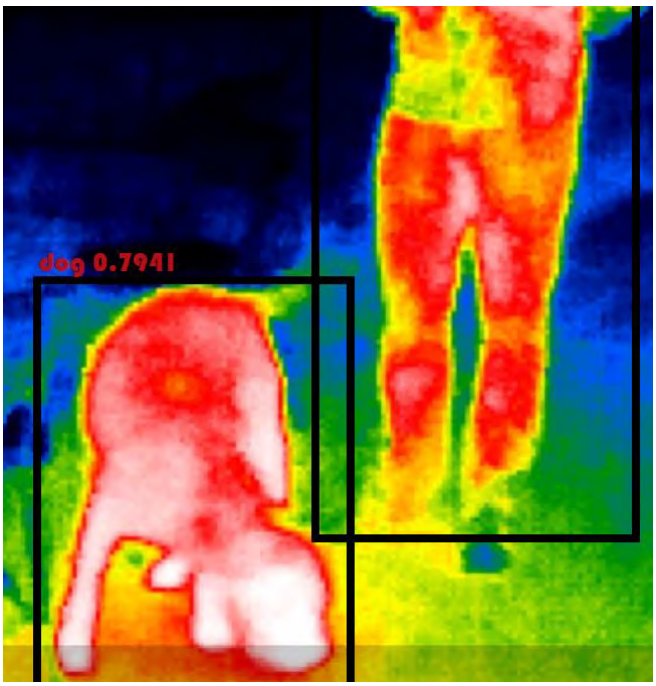


Рис.1. Виявлення людини та собаки на інфрачервоному зображенні за допомогою моделі YOLOv3

Ще одним перспективним класом нових моделей є EfficientNet, що виникли в результаті вивчення алгоритмів масштабування і балансування глибини і ширини (кількості каналів) згорткових глибинних мереж, а також впливу зміни роздільної здатності зображень на показники ефективності моделі. Автори роботи [8] пропонують новий складний метод масштабування, який рівномірно масштабує глибину/ширину/роздільну здатність з фіксованими пропорціями між ними. З існуючого методу під назвою «Пошук нейронної архітектури» для автоматичного генерації нових мереж і власного методу масштабування автори виводять новий клас моделей під назвою EfficientNets. Остання модифікація, названа EfficientDet, призначена для виявлення об’єктів на зображеннях і складається з EfficientNet як бази, до якої додається функціональний пірамідальний блок виявлення ознак BiFPN, а потім і «стандартний» класифікатор кадру. Ця мережа показує mAP до 46% при швидкості обробки даних близько 35 кадрів в секунду на наборі MS COCO [7]. Такі характеристики є оптимальним поєднанням швидкодії та точності детектування і розпізнавання об’єктів. Окрім того, мережі EfficientDet мають меншу кількість внутрішніх параметрів, ніж попередньо розглянуті архітектури, а отже і навчаються швидше.

ВИСНОВКИ

З огляду на швидкий розвиток глибокого навчання, описані моделі є актуальними тільки на момент публікації даної статті. Однак розглянуті класи моделей глибинних мереж вже давно є лідерами в області виявлення об'єктів. Усі ці моделі рекомендуються до розгляду в якості алгоритмів обробки інфрачервоних зображень у складі термографічних систем контролю безпеки. Оскільки в більшості областей застосування таких систем точність розпізнавання є більш пріоритетною, ніж швидкість, моделі EfficientDet представляють особливий інтерес. Слід зазначити, що порівняння ефективності

цих мереж здійснювалось на наборі зображень у видимому спектрі світла. Тому основним завданням для подальших досліджень є порівняння згаданих архітектур на наборі інфрачервоних зображень для отримання кількісних оцінок якості їх роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Galagan R. M. The use of ART-2 neural network for processing information signals of non-destructive testing / R. M. Galagan, A. S. Momot. // Proceedings of the IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). – 2017. – С. 981–985.

[2] Aggregating Deep Convolutional Feature Maps for Insulator Detection in Infrared Images / Z. Zhao, X. Fan, G. Xu та ін. // IEEE Access – 2017. – №5.- С. 21831–31839.

[3] Momot A. Deep learning automated data analysis of security infrared cameras / A. Momot, I. Skladchykov // Slovak international scientific journal. – 2021. – №52. – pp. 13–16.

[4] Girshick R. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation / R. Girshick, J. Donahue, J. Malik. // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2017. – С. 580–587.

[5] Derakhshani M. Assisted excitation of activations: A learning technique to improve object detectors / M. Derakhshani, S. Masoudnia, A. Shaker. // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2019. – С. 9201–9210.

[6] Du J. Understanding of Object Detection Based on CNN Family and YOLO / Du. // Journal of Physics: Conference Series,. – 2018. – №1004. – С. 12–29.

[7] Bochkovskiy A. Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection / A. Bochkovskiy, W. Chien-Yao, M. Hong-Yuan. // arXiv preprint arXiv:2004.10934. – 2020.

[8] Mingxing T. Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks / T. Mingxing, Q. Le. // International Conference on Machine Learning. PMLR. – 2019. – С. 6105–6114.

Наук. керівник – доктор філософії, ас. Момот А.С.

Секція 7.
Економічна ефективність використання систем біомедичного приладобудування та технологій

УДК 615.472

Б.О. Баталія, студент гр. ПБ-82
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АКУСТИЧНИЙ-ВІДЕОКАПСУЛЬНИЙ ЕНДОСКОП

Анотація. На сьогоднішній день, проблеми та захворювання шлунково – кишкового тракту набули величезного розмаху, серед яких запалення товстої та тонкої кишки, гастрити, панкреатити, кровотечі, хвороба Крона, поліпи, та багато інших. Велику кількість з них необхідно своєчасно діагностувати. Одним з новітніх методів діагностування таких хвороб є відеокапсульна ендоскопія, наразі існує достатня кількість моделей капсульних ендоскопів, але не один з них не може дати такого аналізу новоутворення, як дає звичайна ендоскопія в комбінації з біопсією, або ультразвуковою діагностикою. Саме тому дана тема потребує нового рішення, яке надасть змогу більш детально вивчати шлунково – кишковий трак за допомогою відеокапсул.

Ключові слова: ШКТ, капсульна ендоскопія, відеокапсула, акустичний - віеокапсульний ендоскоп, шлунково – кишковий тракт, ультразвуковий випромінювач, діагностика.

АНАЛЗ ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ ТА ПОСТАНОВКА ЦІЛІ

Капсульна ендоскопія – сучасний метод діагностування шлунково-кишкового тракту (ШКТ). Метод отримав широке поширення завдяки більш щадної, з точки зору пацієнта, процедурі діагностики. Капсульна ендоскопія дозволяє проводити діагностику захворювань ШКТ під час періодичної чи планової диспансеризації [1,2]. Суть методу зав’язана на використанні пристрою (капсульного ендоскопа), в складі якого знаходиться мініатюрна відеокамера. Капсула проковтується пацієнтом, та за час проходження по ШКТ виконує зйомку. Отримані матеріали аналізує лікар, ставить діагноз, та обирає методи лікування. На капсули накладаються певні обмеження, серед яких ємність джерела живлення, і як наслідок час автономної роботи, об’єм інформації, яку може обробити та зберегти капсула, не можливість взяти зразки підозрілої тканини, а також поверхневий аналіз, так, як камера здатна знімати тільки поверхню кишечника. Але не зважаючи на дану невелику кількість недоліків, у наш час існує певна кількість працюючих, та доволі популярних моделей капсульних ендоскопів від різних фірм [2].

Наразі дана технологія не дуже розвинена і тільки набирає обертів, що і пояснює відносно невелику кількість фірм виробників. Але існуючі моделі вже доволі широко використовуються і очевидно, що у найближчому майбутньому дана технологія займе своє місце і серед інших популярних методів діагностики шлунково-кишкового тракту.

У даній роботі проведено аналіз відповідних працюючих сучасних аналогів капсульних ендоскопів. Серед відомих виробників такі фірми, як IntroMedic, Olympus, Given Imaging, та Jinshan Science Technology. Усі вони відрізняються конструктивно та за відповідними характеристиками. У кожної з моделей є свої сильні сторони та недоліки. Аналіз технічних характеристик відеокапсульних ендоскопів представлено у табл. 1.

Проаналізувавши існуючі технічні рішення, можна побачити тенденцію рішення проблем пов’язаних з часом автономної роботи, якістю так кількість кадрів зйомки, а також вагою моделей. Але існує іще одна проблема, яка згадувалася вище.

Таблиця 1. Існуючі моделі відеокапсульних ендоскопів

Назва моделі	***Виробник***	***Розмір (мм.)***	***Вага (г.)***	***Кут огляду (°)***	***Кількість кадрів (/сек.)***	***Час роботи (год.)***	***Якість зображення (пікс.)***	***Вигляд***
MiroCam	IntroMedic	11/24	3,2	170	3	12	320×320	
EC1	Olympus	11/26	3,8	145	2	8	256×256	
PillCam SB2	Given Imaging	11/26	3,45	156	2	8	256×256	
OMOM Capsule	Jinshan Science Technology	13/28	6	140	2	9	256×256	

Неможливість проаналізувати новоутворення, так, як брати на аналіз проблемну тканину за допомогою методу немає можливості, і відеокамера надає лише поверхневий аналіз поверхні ШКТ. Отже основною ціллю даної роботи є аналіз та вирішення даної проблеми.

АНАЛІЗ ТА РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ

Поставлена нами мета вирішується модифікацією капсульного ендоскопа. Так, як можливості брати тканину новоутворення, як це роблять при проведенні класичної ендоскопії (шляхом проведення біопсії) немає, через те що додаткові конструкційні модулі такої складності значного збільшать розміри капсули і ускладнять її використання, було обрано шлях вирішення даної проблеми через сканування стінок кишечника ультразвуком. Це дасть змогу отримати зображення не тільки зовнішньої частини стінки кишечника (за допомогою відео камери), але і внутрішньої частини проблемної ділянки. Отримавши такий спектр інформації лікар зможе поставити діагноз та назначити необхідне лікування.

Дану модифікацію можливо виконати за допомогою додавання до відео-капсули декількох модулів (рис.1). Для проведення діагностики за допомогою ультразвуку та відео, капсула повинна містити такі модулі, як ультразвуковий перетворювач, та відеокамера з джерелом світла.

Враховуючи те, що необхідно отримати кругове зображення, наш ультразвуковий випромінювач повинен обертатися, тому ще одним модулем повинен бути обертальний механізм, який буде приєднаний до джерела живлення та коливальноінерційного механізму.

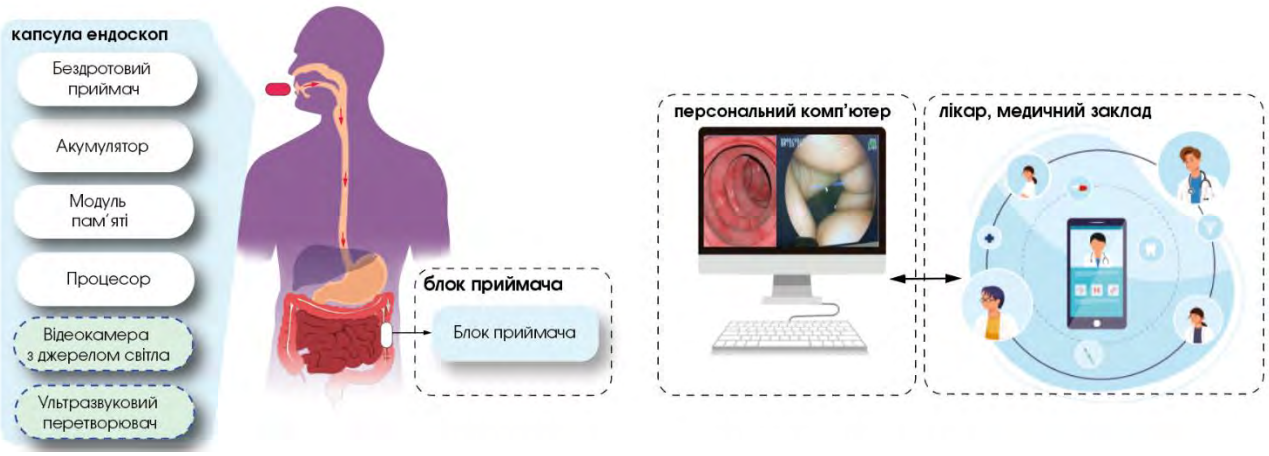


Рисунок 1. Принцип проведення капсульної ендоскопії [3]

За допомогою коливально інерційного механізму та електроприводу наша капсула приводиться до руху, створюючи циклічну знакозмінну силу інерції уздовж поздовжньої вісі корпусу для примусового переміщення пристрою по шлунково - кишковому тракту. Для того щоб її рух був направленим, на зовнішній частині корпусу розташовані конструктивні елементи у вигляді косих зубців, які створюють силу опору різну при русі капсули вперед та назад. Усі процеси регулюються контролером. Для передачі інформації (відео та ультразвукових зображень) до лікаря, у капсулі додатково встановлений модуль передачі інформації, та приймач для зворотного зв'язку (отримання команд на контролер). Останньою модифікацією для справної роботи нашого ультразвукового модулю має бути акустичне вікно в корпусі самої капсули. До матеріалу, з якого буде створено вікно, є декілька вимог. Перш за все він повинен захищати перетворювач від середи ШКТ, та ушкоджень, другою вимогою є те, що він не повинен бути токсичним для організму.

Серед задовольняючих вимогам матеріалів виділяється біосумісний метилметакрилат (ПММА), з імпедансом ($Z = 3{,}2 \cdot 10^7$ кг/м^{2}с $\cdot 10^7$ кг/м^{2}с), що є важливим показником для протектора. дана величина, відповідає більшості відеокапсульних ендоскопів на ринку [3].

Важливим показником якості зображення, яке можна отримати є відношення контрастності отриманого ультразвукового зображення до шуму (CNR). Знаходиться даний показник за наступною формулою:

$$\mathrm{CNR} = \frac{|\mathrm{mean_t} - \mathrm{mean_n}|}{\sqrt{\mathrm{sta_t^2} + \mathrm{sta_n^2}}} \tag{1}$$

Де $|\mathrm{mean_t} - \mathrm{mean_n}|$ — абсолютний контраст з точки зору різниці інтенсивності між об'єктом і його фоном, а $\sqrt{\mathrm{sta_t^2} + \mathrm{sta_n^2}}$ — шум зображення, що виражається в стандартному відхиленні фону [4].

Спираючись на проведені досліди на фантомах [5], ми можемо стверджувати, що зображення з достатнім для нас показником CNR можливі в даних умовах. В досліді на який ми посилаємося були отримані середні

результати CNR 6,5, 4,3 та 3,3, що є достатніми значеннями для розбірливого для лікаря зображення.

ВИСНОВКИ

В даній роботі проведено аналіз існуючих моделей відеокапсульних ендоскопів,та знайдено

їх недоліки. Обрано одину із найважливіших проблем – неможливість отримання більш детальної інформації про новоутворення. Запропоновано рішення даної проблеми, та склад капсули по модулям посилаючись на існуючі досліди та експерименти. В подальших роботах буде розвинена дана ідея, та її втілення в усю систему відеокапсульного ендоскопа, оптимізація розмірів, зовнішньої коонструкції капсули, таких її характеристик, як частота зйомки кадрів відеокамерою а також час автономної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Сергей Шумилин. Разработка специализированного микроконтроллера для капсульной эндоскопии [Електронний ресурс] / Сергей Шумилин // Микроконтроллеры и Микропроцессоры. – 2016. – Режим доступу до ресурсу:https://www.milandr.ru/upload/iblock/eb4/eb4ec1bc9a47ffdbd3f644df4f44d669.pdf.

[2] Баталія Б. О. ВІДЕОКАПСУЛЬНА ЕНДОСКОПІЯ / Б. О. Баталія. – 2021.// XIV Міжнародна наукова-технічна конференція «XIV Всеукраїнська науково- практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність Інженерних рішень у приладобудуванні».-К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021.-С.232-234.

[3] Баталія Б. О. ВІДЕОКАПСУЛЬНА ЕНДОСКОПІЯ / Б. О. Баталія. – 2020.// XV 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. – 2020.-С.252-255.

[4] ULTRASOUND CAPSULE ENDOSCOPY WITH A MECHANICALLY SCANNING MICRO-ULTRASOUND: A PORCINE STUDY / YONGQIANG QIU, YAOCAI HUANG, ZHIQIANG ZHANG та ін.]. // Elsevier Inc. – 2019. – С. 1922–1929.

[5] A.Konstantinidis. X-Ray and Ultrasound Imaging [Електронний ресурс] / A.Konstantinidis // Comprehensive Biomedical Physics. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: https://www.sciencedirect.com/topics/nursing-and-health-professions/contrast-to-noise-ratio.

[6] Xingying Wang. 1922 IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, VOL. 36, NO. 9, SEPTEMBER 2017Development of a Mechanical Scanning DeviceWith High-Frequency Ultrasound Transducer forUltrasonic Capsule Endoscopy / Xingying Wang, Vipin Seetohul, Ruimin Chen. // EEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING. – 2017. – №36. – С. 1922–1929.

Наук. керівник – асистент Яковенко І.О.

УДК 535

Д.В. Бондарєв, аспірант гр. ПА-01ф
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СТАНДАРТИ СВІТЛОРОЗСІЯННЯ ДЛЯ БІОМЕДИЧНОІ ФОТОМЕТРІЇ

Анотація. У даній роботі розглядаються основні стандарти світлорозсіяння, їх основні характеристики, а також та базові методи та компоненти приладів для дослідження оптичних властивостей матеріалів та середовищ.
Ключові слова: світлорозсіяння, стандарти, фотометрія.

ВСТУП

Стандарти світлорозсіяння відіграють важливу роль в промисловості при виробництві скла, дотриманні технологічних умов і процесів в поліграфії та сонячній енергетиці, а також в ході проведення наукових досліджень (аерокосмічних, біомедичних, моніторингу озону, калібрування оптичних приладів тощо). При цьому основними показниками світлорозсіювальних матеріалів та середовищ є коефіцієнти дифузного пропускання та відбиття. У ході оптичних досліджень існує потреба у калібрувальних стандартах дифузного відбиття (пропускання) для забезпечення високої точності вимірювальних приладів. У даній роботі розглянемо існуючі еталони та стандарти дифузного відбиття, затверджені, наприклад, Міжнародною комісією з освітлення (CIE) і розроблених Національним інститутом стандартів і технологій (NIST).

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є аналіз існуючих стандартів світлорозсіяння та методики еталонних вимірювань.

МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На сьогоднішній день можна зустріти велику кількість стандартів світлорозсіяння. Одним з перших був впроваджений стандарт «палена магнезія», а його відбиваюча здатність була визначена як 100% для порівняння на всіх довжинах хвиль. При відносній простоті виготовлення таких еталонів, дотримання технологічних процесів є визначальним при контролі кінцевих характеристик. При розробці сучасних стандартів світлорозсіяння використовують визначення «ідеально відбиваючого дифузора (PRD)». PRD – це теоретична ідеально-біла поверхня з відбиваючою здатністю, що підпорядковується закону Ламберта, яка практично не поглинає і відбиває все світло, що на неї потрапляє [1]. Оскільки матеріалу з такими характеристиками не існує, практична реалізація здійснюється шляхом абсолютного вимірювання коефіцієнту відбиття, а перше матеріальне втілення вважається первинним стандартом, який вимірюється у відповідності до визначення PRD [2]. У комерційних цілях використовують робочі стандарти, які калібрують за відповідним чином сертифікованим первинним стандартам. Робочі стандарти часто використовуються для рутинних досліджень [2]. Передача шкали дифузного відображення клієнтам у науково-дослідних та промислових галузях здійснюється шляхом калібрування комерційно доступних стандартів дифузного відображення.

Стандарти часто бувають круглої або прямокутної форми з діаметром або довжиною 50 мм. Найважливішим діапазоном довжин хвиль для стандартів дифузного відбиття є діапазон від 250 до 2500 нм. При наукових дослідженнях і промислових застосуваннях вважають, що найпоширеніші світлорозсіювальні матеріали мають незначні відхилення від PRD у цьому діапазоні. Проте ця теза невірна, оскільки кожен матеріал, з якого виготовлені стандарти дифузного відбиття, має значні відхилення від ідеалізованих припущень PRD.

Зараз використовуються різні види матеріалів для стандартів дифузного відбиття, які умовно можна розділити на чотири групи.

До першої відносять стандарти виготовлені на основі сульфат барію, який є білим кристалічним порошком. У минулому цю сполуку використовували, як стандарт білого кольору для колориметрії та фотометрії в серії стандартів Німецького інституту стандартизації (DIN) [3]. Зразки виготовлені тільки з $BaSO4$ – крихкі і не підходять для транспортування. У зв'язку з цим пізніше була розроблена версія стандарту, придатна для транспортування, зі спеціальною внутрішньою структурою. Стандарти відбиття на основі $BaSO4$ використовують для калібрування інтегруючих сферичних рефлектометрів Zeiss Elrefo. Протягом багатьох років Zeiss Elrepho де-факто став еталонним інструментом для паперової, целюлозної та картонної [3].

До наступної групи відносять опалове скло, найяскравішим представником цього класу є опал МС-20. Матеріалами з опалового скла, які були затверджені Європейською комісією, як стандартні матеріали, були зазначені в BCR-406 [4]. Ці зразки мають дві різні поверхні; одна сторона є глянцевою, а інша – матовою. Опалові скла В2М та МС-20 широко використовуються в Європі. Вони мають хороше очищення та довготривалу стабільність. Однак їх різке падіння коефіцієнта відбиття, починаючи з довжини хвилі 400 нм, робить їх непридатними для застосування при УФ освітленні.

Ще однією групою є керамічні стандарти відбиття. Їх розробка полягала у намірі створити постійні, єдині стандарти, які б тривалий час могли забезпечували перевірку роботи колориметрів. Початкова розробка була заснована на тому факті, що кераміка за своєю суттю є дуже міцна і стабільна в часі. Основний їх недолік те, що максимальний коефіцієнт відбиття близький до 0,9. Також, спостерігається значне падіння коефіцієнта відбиття, починаючи з 400 нм, а біля 250 нм він вже наближається до 0,1.

Пресований порошок PTFE (політетрафторетилену) є одним зі стандартів відбиття. Коли порошок PTFE використовується для виробництва стандарту відбиття, для досягнення максимального значення коефіцієнта відбиття понад 0,96 для діапазону довжин хвиль 250–2500 нм, то досягається щільність матеріалу 1 г/см3 і товщина в 10 мм. Недоліком матеріалу є його схильність до тривалої деградації, навіть при зберіганні в темряві. Це відбувається через леткі вуглеводневі домішки в смолі під час виробництва. Другим недоліком є швидке забруднення пилом через електростатичний заряд.

Для вимірювань дифузного відбиття CIE рекомендує шість різних конфігурацій інтегруючої сфери [1]. Загалом їх можна поділити на дві категорії: методи заміни та методи порівняння. Інтегруюча сфера типу заміни оснащена

одним портом, який використовується послідовно для обох вимірювань, спочатку для досліджуваного зразок, а потім еталону. Такий інструмент є простим за своєю конструкцією. Його можна побудувати дуже компактно. Так як дана категорія приладів не потребує ані рухомих частин, ані перемикання між різними променями в інтегруючій сфері.

Вибір матеріалу для використання в якості стандартного світлорозсіюючого матеріалу повинен враховувати не тільки фізичні властивості, а й застосування. Найважливішими властивостями, які слід враховувати були детально розглянуті в роботі [2].

Інтегруюча сфера методу порівняння — це така система, що використовує два порти для одночасного спостереження за зразком та еталоном. Такі системи мають механізм переміщення сфери або вхідного променя для перемикання між зразком і еталонним вимірюванням.

Також, шість конфігурацій рекомендується CIE для вимірювань коефіцієнта пропускання [1]. Більшість вимірювань коефіцієнта пропускання виконуються за допомогою комерційних спектрофотометрів, призначених для застосування в аналітичній хімії, налаштованих на вимірювання в нормальній/нормальній (0:0) геометрії. Потік падаючого випромінювання спрямований вздовж нормалі поверхні, а детектор з іншого боку зразка також розташований вздовж нормалі до поверхні. За допомогою такого розташування можна виміряти лише загальний коефіцієнт пропускання.

Загальний коефіцієнт дифузного пропускання можна виміряти за допомогою геометрії 0:d або еквівалентної оберненої геометрії d:0 за допомогою інтегруючої сфери. Коефіцієнт пропускання вимірюють шляхом розміщення зразка якомога далі від вхідного порту інтегруючої сфери. Коефіцієнт дифузного пропускання вимірюють шляхом розміщення зразка в контакті з портом сфери.

В роботах, які були проведенні NTST [5] для кількісного вимірювання коефіцієнта дифузного відбиття, використовуються два інструменти: інтегруюча сфера та збиральне дзеркало (наприклад, напівеліпсоїд). Останні розробки показали, що при дослідженні світлорозсіяння, зокрема біологічними середовищами, доцільно замість дзеркал напівеліпсоїдальної форми використовувати еліпсоїдальний рефлектор [6, 7]. Оскільки, це новий метод фотометрії то він потребує напрацювання еталонної бази.

Для проведення еталонних вимірювань фотометрії розроблено модель фотометра в основі якого лежить еліпсоїдальний рефлектор. Така методика досліджень має певні переваги, що обумовлені характеристиками еліпсоїдів обертання, за рахунок їхньої будови втрати є мінімальними. До складу системи входить тубус, який виконує роль тримача для призми заломлення та джерела світла. Два еліпсоїдальні рефлектори, що щільно прилягають до конусів, які використовуються для усунення потрапляння світла навколишнього середовища до об’єктивів. В якості приймачів використовуються камери с ПЗЗ матрицями. За рахунок рухомої частини система може досліджувати об’єкти різної товщини. Також його будова дозволяє одночасно проводити дослідження на пропускання та відбиття.

ВИСНОВОК

Дослідження показали, що не існує універсального стандарту при проведенні досліджень, які пов'язані з розсіянням світла. Стандартами розсіяння слугують матеріали, які максимально наближені до теоретичної моделі. Також різним є і обладнання для проведення фотометричних досліджень, яке має свої особливості. Тому для подальших досліджень з використанням фотометра, що містить такий компонент, як еліпсоїдний рефлектор необхідно підібрати стандарти які дозволять робити повірку та калібрування фотометру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Fairchild M. D. Color Appearance Models / Mark D. Fairchild., 2005. – 385 с. – (2).

[2] Höpe A. Diffuse Reflectance and Transmittance / Höpe // Spectrophotometry: Accurate Measurement of Optical Properties of Materials / Höpe. – Amsterdam: Academic Press Elsevier, 2014. – С. 179–219.

[3] DIN 5033-9:2018-04. Colorimetry - Part 9: Reflectance standard for calibration in colorimetry and photometry. [Чинний від 2018-04-01]. German technical standard , 2018. 12 с.

[4] Zwinkels J. Comparison of absolute d/0 diffuse reflectance factor scales of the NRC and the PTB / J. Zwinkels, W. Erb // Metrologia / J. Zwinkels, W. Erb., 1997. – С. 357–363.

[5] Hanssen L. M. Nonimaging optics and the measurement of diffuse reflectance / L. M. Hanssen, K. A. Snail // Nonimaging Optics: Maximum Efficiency Light Transfer / L. M. Hanssen, K. A. Snail. – San Diego, CA, United States, 1991. – С. 142–150.

[6] Bezuglyi M. A. Ellipsoidal reflectors in biomedical diagnostic / M. A. Bezuglyi, N. V. Bezuglaya // Biophotonics. – Riga. – 2013. DOI: https://doi.org/10.1117/12.2044606.

[7] Haponiuk A. Blood glucose analysis by Raman spectrophotometer with ellipsoidal reflector /A. Haponiuk, N. Bezugla, K. Vonsevych, M. Bezuglyi, A. Zilgaraeva, P. Kisala, S. Luganskaya, and S. Orazalieva // Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments. – 2021. DOI: https://doi.org/10.1117/12.2613340.

Наук. керівник – д.т.н., доц. Безуглий М.О.

UDC 57.087.1

E.O. Burkovskiy, student gr. PB-82, I.O. Yakovenko, assistant
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

DEVELOPMENT OF A MODULE FOR OBTAINING BIOMETRIC PARAMETERS FOR AUTHENTICATION IN MEDICAL SYSTEMS

Abstract. Automated identification using biometric authentication has a high level of protection of personal data, as it evaluates the physical parameters and characteristics of a particular person, which makes such access control more reliable. Due to the Covid-19 pandemic, the medical system is unprepared for such trials, where the incidence is increasing daily, causing a shortage of medical staff and facilities for diagnosis or emergency therapy. Therefore, today the urgent task is to develop automated medical systems that will expand the use of medical equipment and thus reduce the burden on medical staff. Automated systems must have a high degree of protection that will ensure the reliability of personal data during diagnostic procedures, excluding the influence of human factors of medical staff (fatigue, inattention that contributes to a number of errors that significantly affect the final plan of care). Existing medical devices and systems can be upgraded using the module for obtaining biometric parameters for authentication. An important step in the development of a module to automate the authentication process is the analysis, selection and integration of all necessary components for the assembly of the electrical system of the device.

Keywords: photoplethysmogram, dynamic signal, static signal, systole, diastole, heart rate monitor, authentication, identification, signal, fingerprint scanner, sensor, structural and functional diagram.

INTRODUTION

Currently, there are many ways to implement the module for biometric authentication. They all have their advantages and disadvantages. Some of the most effective are the retina scanner, face id and fingerprint scanner [1].

With the development of digital integration, there is a need for the introduction of biometric authentication in medical institutions to reduce the burden on medical staff and improve the quality of medical services. This is especially true of automated diagnostic systems and laboratory tests of biological material, where with the help of human biological characteristics is the confirmation of the patient's identity, which provides a high level of protection [2,3]. Since at each stage of the study there is a high possibility of human influence, which leads to incorrect diagnosis, or even falsification with subsequent illegal use, biometric identification uses information that can not be used by an outsider, as it is a characteristic of a person who is not may be falsified. The ideal method of establishing identity authentication is the use of biometric dynamic signals that provide control of the parameters inherent in a particular person and duplicate them for the purpose of substitution is impossible. But dynamic methods require complex algorithms for signal extraction and analysis.

When choosing the method of human authentication for the implementation of the module for obtaining biometric parameters for authentication, it was decided to combine static identification using a fingerprint scanner and simultaneous recording of dynamic indicators of the biological signal using a photoplethysmogram sensor (FPG). This decision was made because other methods have a number of shortcomings that are difficult to eliminate in today's pandemic. For example, face id cannot work in mask mode. Although the retina scanner has proven to be a fairly reliable method of authentication, it has some errors in the deformation of the eye due to time or certain injuries and is difficult to integrate into the module for obtaining biometric parameters for authentication [4].

In fact, it was thus decided to use a fingerprint scanner, and the combination with a pulse scanner will prevent falsification of the results of the biometric procedure.

The programming environment of the board microcontroller and the main components that will be built into the board are also selected. This module performs the function of recognizing the object that works with it by the presence of a pulse and subsequent authentication with a fingerprint.

CRITERIA AND STATEMENT OF THE PROBLEM

To solve this problem, a structural and functional scheme of the module for obtaining biometric parameters for authentication in medical systems was developed, which is presented in Fig.1

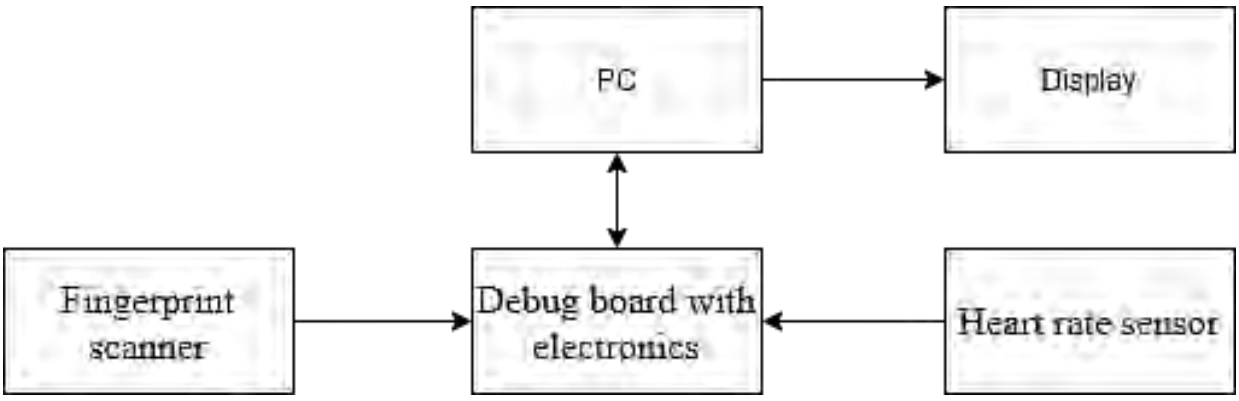


Fig.1 Structural and functional diagram of the device

The main criteria for designing the module were: mobility, small size, reliability, ease of setup and structure of the device. Also, an important factor is the wide and easy availability of electronics components used in this module, because if you need to replace or repair equipment, it will be easy to find all the necessary and compatible elements in the electronics market [1].

In order for the module to be mobile, small and versatile, it was decided to use an Arduino Uno Rev3 debug board. The FPM10A model was chosen as the fingerprint scanner, as this model is quite small, budget and can be customized using Arduino sketches, which is advisable using the selected board. The Arduino Pulse Sensor model was chosen as the heart rate sensor. This sensor is also convenient for the selected subject of the device, as it is also programmable and is compatible with Arduino.

The principle of operation is quite simple, but effective: the signal received from the heart rate sensor gives permission to scan the fingerprint, which in turn is transmitted to the PC via the board and displays the result of an attempt to authorize the person interacting with the device.

SELECTION OF COMPONENTS FOR IMPLEMENTATION

The development of the module should begin with the selection of the board on which it will be placed and to which the main operating sensors of the recognition system will be connected.

The Arduino Uno Rev3 debug board is a compact and multifunctional board based on the ATmega328P microcontroller. Its small size allows the board to be used in many robotic devices, Smart House systems and security systems.

Table 1. Technical characteristics of the Arduino Uno Rev3 board

Characteristics	***Parameters***
The amount of RAM	2 KB
Type of microcontroller	ATmega328P
Supply voltage	5 V
Analog inputs:	6 pcs.
Digital inputs-outputs	14
Recommended voltage	7-12 V
Permissible current of digital outputs	20Ma
Program memory	32Kb
Frequency	16MHz
The amount of non-volatile memory	1Kb
Size	68x53x15 mm

The FPM10A fingerprint scanner is a budget optical fingerprint scanner based on the ARM Cortex M 32-bit processor - Synochip AS608 (FPM10A). This model allows you to encrypt data. One of the features is that this model has an internal memory and automatically creates a database of fingerprints and performs comparisons with patterns of previously recorded fingerprints.

This scanner is compatible with many microcontrollers on the digital electronics market, and the settings are made using a utility from the manufacturer or sketches for the Arduino, which is convenient in this case. This scanner model has low power consumption and less than 1 second of image processing time.

Table 2. FPM10A fingerprint scanner specifications

Characteristics	***Parameters***
Supply voltage	3.6-6.0 V
Current	120 mA (140 mA max)
Imprint image processing time	<1.0 seconds
Sensor	Optical
The size of the sensor	14 mm x 18 mm
Signature size	256 bytes
Template size	512 bytes
Capacity	300 cells
Security levels	1-5
Interface	UART TTL
Data transfer rate	9600, 19200, 28800, 38400, 57600 (default is 57600)
Operating temperature	-20 C - +50 C
Permissible humidity level	40% - 85% RH
Overall dimensions	45 x 26 x 19 mm
Weight	15 gr

Arduino Pulse Sensor - is designed to measure heart rate and is based on the principle of optical measurement of reflected light flux from blood vessels.

Measurements are best done on the fingers or in the earlobes. The board has circuits that allow you to get the cleanest, noiseless output signal.

Table 3. Technical characteristics of the Arduino Pulse Sensor

Characteristics	***Parameters***
Supply voltage	3-5 V
Current	4-5 mA
Diameter	16 mm
Thickness	3 mm
Wavelength	565 nm

All these components are important components of the future module and will provide the highest quality identity authentication.

CONCLUSIONS

This paper analyses systems for fingerprint authentication and FPG signal. The main parameters for designing the electrical structure of the module for obtaining biometric parameters for authentication were identified. The programming environment of the board microcontroller and the main components that will be built into the board are also selected. These components include the Arduino Uno Rev3 debug board, the FPM10A fingerprint scanner, and the Arduino Pulse Sensor. The main technical characteristics of all components are described and the scheme of connection of modules to a board is offered.

REFETENCES

[1] Бурковський Є.О., Використання сигналів фотоплетизмограми для біометричної системи ідентифікації. Є.О. Бурковький-2020 //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. – 2020.-С.287-290.

[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, № 3(2020), С. 73–78, 2020. DOI: 10.20535/kpi-sn.2020.3.209881

[3] Яковенко, І. О. Biometrical identification on the basis of photoplethysmogram for automated medical systems // Перспективні технології та прилади. – 2019. – № 15. – С. 120–124.

[4] Преимущества и недостатки распознания человека по радужной оболочке глаза. bio-met.ru. — Режим доступу: http://bio-met.ru/glaza/35-preimuschestva-i-nedostatki-raspoznaniya-cheloveka-po-raduzhnoy-obolochke-glaza.html

Supervisor – assistant Yakovenko I.O.

УДК 621 : 616.1

О.С. Білик, студент гр. ПБ-з01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ КРОВІ

Анотація: В даній роботі розглянуто необхідність автоматичного моніторингу стану крові при діагностиці рівня глюкози в плазмі крові. Проведено класифікацію методів моніторингу стану крові, розглянуто недоліки та переваги інвазивних та неінвазивних методів. Розглянуто принципи роботи приладів, які працюють на основі даних методів. Проведено вибір та обґрунтування методу для автоматичного моніторингу стану крові.
Ключові слова: кров, моніторинг, діагностика, аналізи, глюкоза

ВСТУП

Так, як кров в організмі людини виконує значну кількість різноманітних функцій, спостерігається дуже велика кількість їх порушень. Класифікувати їх можна за наступними групами [1]:

1. Гемоглобінопатії — структурні порушення гемоглобіну, спричинені втратою ним здатності коректно виконувати свою роботу. Причиною цього, як правило, є певні конкретні генетичні причини.
2. Алейкії — проблеми, причиною яких є знижена кількість лейкоцитів у крові. Дефіцит певних різновидів лейкоцитів стає причиною різноманітних захворювань, таких, як нейтропенія при дефіциті нейтрофілів, і так далі.
3. Гемохроматоз — спадкові генетичні захворювання, що викликають підвищення концентрації заліза в крові
4. Моноклональна гаммапатія — клас захворювань плазматичних клітин, в ході яких має місце патологічна секреція імуноглобулінів неправильної структури або з неправильною формулою. В ході розповсюдження по організму «неправильні» білки порушують роботу інших органів.

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ

Моніторинг стану крові (на прикладі глюкози) являється питанням дуже важливим, так як цукровий діабет, як правило, призводить до змін в звичному способі життя, крім того, він вимагає самоконтролю та лікарської терапії. Доволі часто виявлення діабету та визначення його типу є настільки ж складною задачею, як і зняття підозр його наявності у людини [2].

Американська діабетична асоціація (ADA) приводить наступні основні параметри діагностики діабету [1]:

- A1C ≥ 6.5%;
- Концентрація глюкози в крові натщесерце (FPG) ≥ 126 мг/дл (7.0 ммоль/л);
- Концентрація глюкози в крові через дві години після прийняття їжі ≥ 200 мг/дл (11.1 ммоль/л) при оральному глюкозотолерантному тесті;
- Довільна концентрація глюкози в крові ≥ 200 мг/дл (11.1 ммоль/л).

Чіткі та універсальні критерії постановки діагнозу «цукровий діабет», базовані на визначенні рівня глюкози в крові, приведено в Таблиці 1.

Таблиця 1: Критерії цукрового діабету та порушення глюкозотолерантності

Діагностичне заключення	***Метод визначення***	***Вміст глюкози, ммоль / л***		
		Цільна кров	***Плазма***	
		Венозна	***Венозна***	***Капілярна***
Норма	Натщесерце	>3,3 <5,5	>4,0 <6,1	>3,3 <5,5
	Через 2 години після тесту	<6,7	<7,8	<7,8
Цукровий діабет	Натщесерце	>6,1	>7,0	>6,1
	Через 2 години після тесту або довільно	>10,0	>11,1	>11,1
Порушена толерантність до глюкози	Натщесерце	<6,1	<7,0	<6,1
	Через 2 години після тесту	>6,7 <10,0	>7,8 <11,1	>7,8 <11,1

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Засобами контролю концентрації глюкози в крові з найбільшою ефективністю є пристрої для вимірювання рівня глюкози в крові, індивідуальні пристрої самоконтролю. У випадку використання таких приладів проведення аналізів стає повністю автоматизованим. Для проведення аналізу необхідна мінімальна кількість крові, досить маленької краплі нанесеної на тест-смужку. Крім того, дані прилади, як правило, мають вбудовану пам’ять, яка дозволяє фіксувати результати попередніх тестів, що є дуже зручним при постійній діагностиці [2].

В різноманітті методів сучасної функціональної та лабораторної діагностики в основі яких лежить оцінка функціональних, морфологічних, біохімічних та генетичних параметрів організму, неінвазивними методами зайнята поки ще досить скромна ніша. Однак уже і в наші дні спостерігається стабільний та неухильний ріст обсягу неінвазивних технологій у діагностиці, так, як вони володіють наступними перевагами [3]:

- повне виключення потрапляння в організм шкідливих хвороботворних вірусів і бактерій та чужорідних речовин (ксенобіотиків);

- можливість запобігти променевому навантаженню на організм, наприклад, при проведенні рентгенологічних, ультразвукових та радіоізотопних методів дослідження;
- звільнення пацієнта від болю та неприємних відчуттів;
- методи, в основі яких лежить використання сенсорних і передаючих сигнали пристроїв, надають можливість вирішення двох значних медико-соціальних задач: моніторингу основних функціональних та біохімічних показників і створення дистанційних аларм-систем. Такі системи принесуть значну користь в якості засобу постійного постійного централізованого спостереження (наприклад з лікарні чи поліклініки) за хворими, які знаходяться в групах ризику (людьми з небезпекою раптової кардіальної смерті, гіпертонічною хворобою, цукровим діабетом і т.д.) та зроблять можливим надання своєчасної медичної допомоги в критичних станах.

Неінвазивні засоби моніторингу рівня глюкози поділяються на дермальні, підшкірні, епідермальні та комбіновані. Крім того неінвазивні методи можна класифікувати за видом досліджуваного матеріалу на ті, що аналізують тканинну рідину, рідини очей та піт. Є можливість дослідження таких частин тіла, як кінчики пальців, кутикула, мочки вуха або передпліччя. Дані методи включають в себе раманівську спектроскопію, спектральний аналіз в інфрачервоній (ІЧ) області, властивості поляризації та розсіювання, фотоакустичну спектроскопію [4].

Детальна класифікація методів дослідження рівня глюкози приведена на рисунку 1.

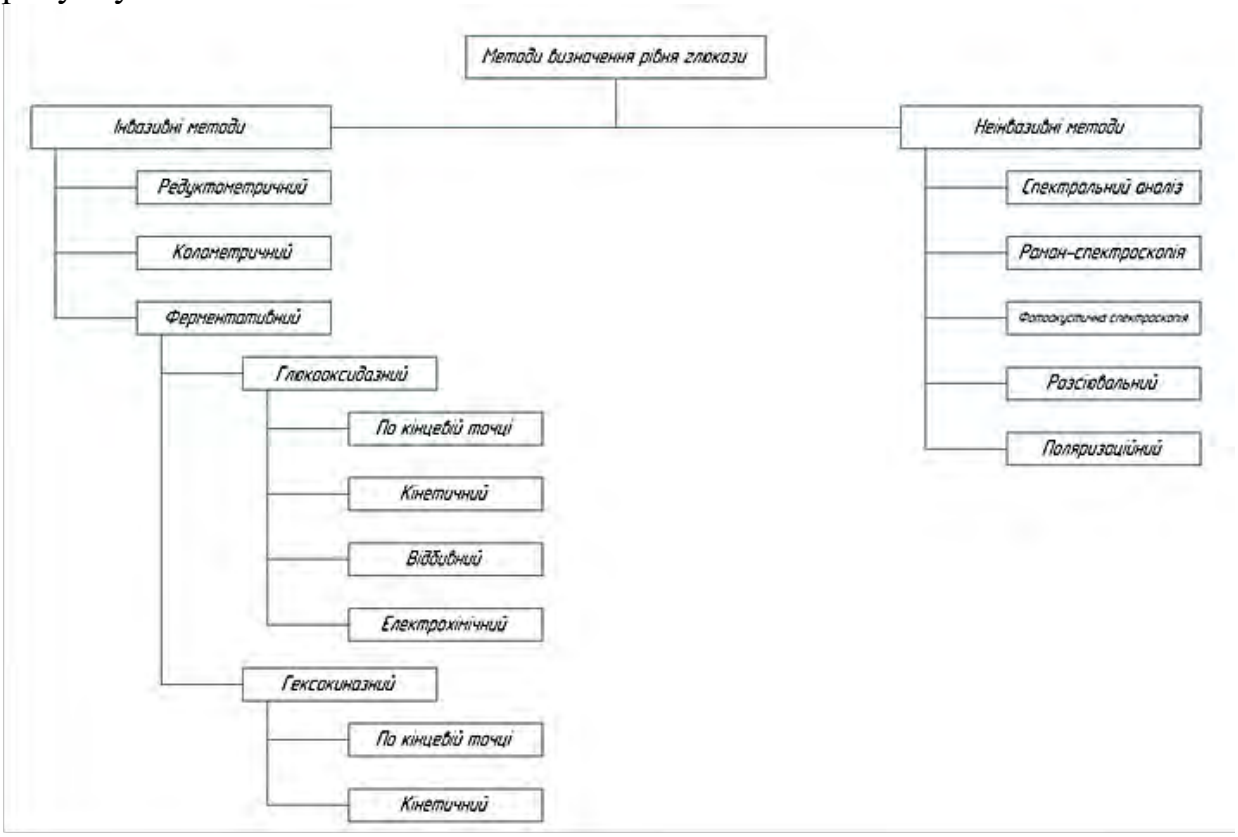


Рис. 1 Класифікація методів визначення рівня глюкози

ВИСНОВКИ

Було розглянуто автоматичний моніторинг рівня глюкози в крові, його специфіку та особливості. Приведено класифікацію методів, на основі чого обрано найбільш підходящий в даний час метод для його подальшої автоматизації та впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Білик, О. С. Прилад для вимірювання рівня глюкози в крові : дипломний проект … бакалавра : 6.051003 Приладобудування / Білик Олександр Сергійович. – Київ, 2019. – 87 с..

[2] T. Klotchko, Y. Zorko. The precision increase of ultrasound device for object's structures diagnostic / *Збірн. тез допов. XVII Міжнародної науково-техн. конфер. ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи*, 15-16 травня 2018 р., м. Київ, ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018, С. 133-134.

[3] Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Управление качеством лабораторных исследований. М: Медицина 2001.

[4] Вебстер Дж. Г. Медицинские приборы. Разработка и применение ./ Дж. Г. Вебстер, И.В. Камышко, Д.А. Калашник. – К: Медторг, 2004. – 620 с.

Наук. керівник – к.т.н., доцент, Клочко Т.Р.

УДК 615.837:615.47

І. О. Дупляк, студент гр. ПБ-82
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ІНГАЛЯЦІЇ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Анотація. Запропоновано автоматизовану систему інгаляції дихальної системи (АСІДС), яка використовує синглетний кисень (СК) і його суміші разом з дезінфікуючою властивістю явища озонування для різних способів впливу на біологічні тканини (БТ) дихальної системи. Автоматизована система забезпечує корегування і контроль вихідних параметрів суміші, таких як: температура, дисперсність, кількість і швидкість подання суміш під час процедури, і забезпечена зворотнім зв'язком для покращення ефективності терапевтичного впливу. Зроблена класифікація систем, запропонована структурна схема та принципово змінений підхід до побудови автоматизованої системи.

Ключові слова: автоматизована система інгаляції дихальної системи, синглетний кисень, біологічна тканина, автоматизований контроль, дихальна система.

ВСТУП

Кілька років поспіль весь світ, враховуючи Україну, потерпає від наслідків, які викликає вірусне захворювання COVID 19, тому не важко прослідкувати попит на інгаляційні терапевтичні і лікувальні пристрої/системи. На цій підставі метод на основі синглетного кисню (СК) знайшов широке застосування в різних напрямках клінічної та реабілітаційної медицини, і він вже сьогодні робить можливим різні варіації впливу в інгаляційній терапії [1]. Простота застосування, безпека та висока ефективність роблять метод СК популярним серед лікарів і пацієнтів. Метод СК є новим для терапії у світовій практиці, тому побудова систем в поєднанні з іншими явищами є доволі перспективним напрямком, що в подальшому розширить поле для експериментів та дослідів [2]. Зрозуміло, що необхідна велика база досліджень для з'ясування повного спектру механізму його дії, особливостей застосування при специфічних патологіях або функціональних розладах. В статті запропоновано класифікацію систем інгаляції, їх огляд на ринку та нову структуру автоматизованої системи АСІДС, що використовує метод СК [3].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ І КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ

Для коректної постановки задачі і висвітлення проблеми потрібно провести огляд діючих апаратів та систем інгаляційної терапії дихальних шляхів.

Зазвичай прості системи і апарати інгаляційного типу використовуються індивідуально в сім'ях, але більш складні і новітні прилади є тільки у застосуванні приватних і державних медичних установ, тому значна частина ринку таких систем розподілена між ними [4]. Системи нового покоління, більш складного типу використовують лікувальні засоби в поєднанні з паровою сумішшю, ультразвукові хвилі, синглетний кисень і озонування, а прості апарати використовують парову суміш, солеві розчини і мають більш просту будову. До сучасних і багатофункціональних можна віднести такі аналоги: «TherAir - Professional Model» («Therasage»), «ПОС-1» (виробництва «НМЦ Медінтех» Україна), «Omron Micro Air NE-U100-E» (Корпорація «OMRON» Японія) і «Ромашка 3» (виробник Росія) [5].

Пропонується загальна класифікації інгаляторів (див. рис. 1).

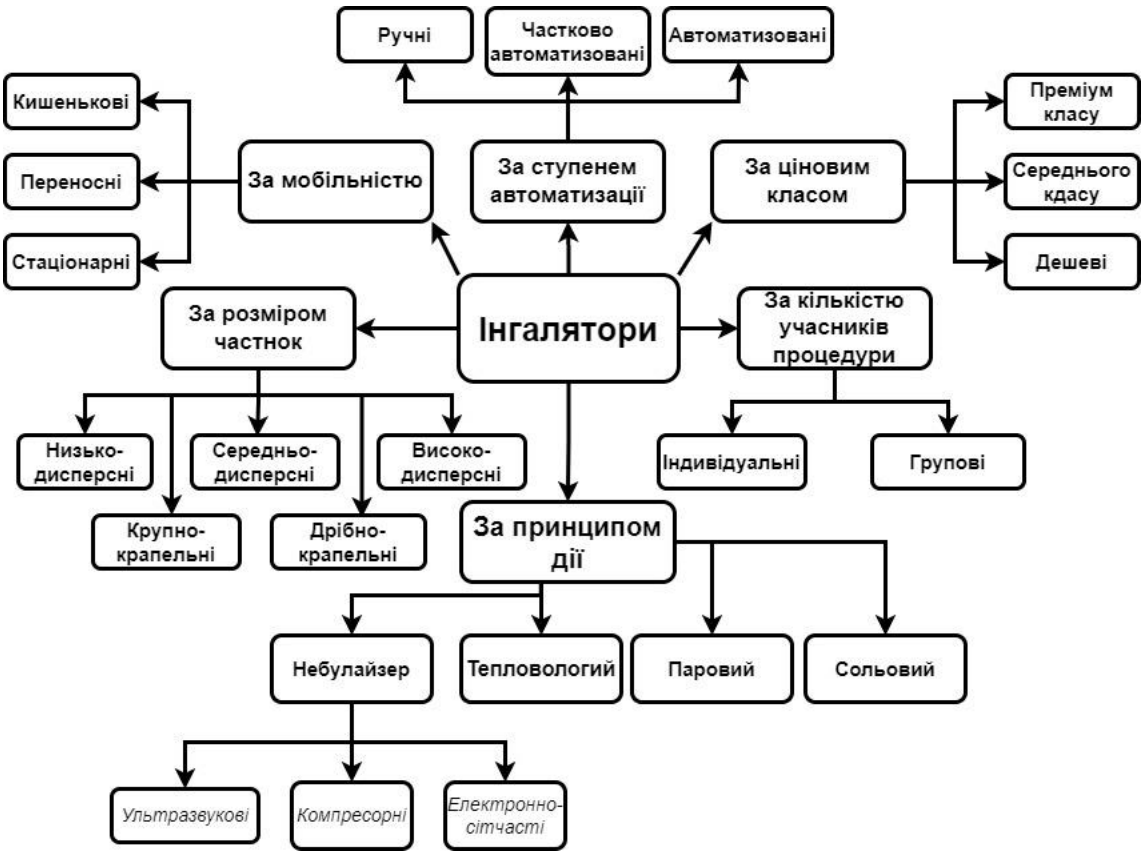


Рисунок 1. Загальна класифікація інгаляторів

Щодо інгаляторів такого принципу дії як: тепловологий, паровий і сольовий, то у них складно інтегрувати автоматизований адаптивний контроль параметрів і як правило їх відносять до більш простих. Розроблена система відноситься до класу небулайзерів. Є варіації компресорного і ультразвукового типів (можливе і їх поєднання). Вищезазначені аналоги також відносяться до вказаного класу, але у них є суттєвий недолік – недостатній рівень автоматизації. Розмір частинок залежить від функціональної будови системи/приладу. За споживницькими критеріями (мобільність і ціновий клас) прилади є дещо схожі. Розглянувши класифікаційні особливості можемо порівняти нашу систему з аналогами (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняння класифікаційних характеристик

Апарати та системи	Розмір частинок	Функціональні можливості	Ступінь автоматизації	Мобільність	Ціновий клас
АСІДС	Високо-дисперсні	Багато-функціональний	Високий рівень	Переносний	Середній
TherAir - Professional	Високо-дисперсні	Середній функціонал	Середній рівень	Переносний	Преміум
ПОС-1	Середньо-дисперсні	Середній функціонал	Середній рівень	Переносний	Середній
Omron Micro Air NE-U100-E	Низько-дисперсні	Низький функціонал	Низький рівень	Кишеньковий	Середній
Ромашка 3	Низько-дисперсні	Обмежений функціонал	Низький рівень	Переносний	Дешевий

З таблиці видно, що наше рішення має ряд переваг над представленими конкурентними приладами і системами, тому воно доцільне для подальшого розгляду і модернізації.

ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ТА СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ

Основною задачею розробки автоматизованої системи інгаляції дихальної системи є розширення функціональних можливостей і покращення користувацьких характеристик в порівнянні з аналогами за рахунок використання автоматизованої системи керування та контролю, що працює за допомогою інформації з різних датчиків [6]. В системі присутній озонатор, який забезпечує антибактеріальний ефект, що також додає функціональних можливостей і різноманітності впливу на біологічні тканини.

Спроектована нами автоматизована система має високо функціональну структурну схему (див. рис. 2).

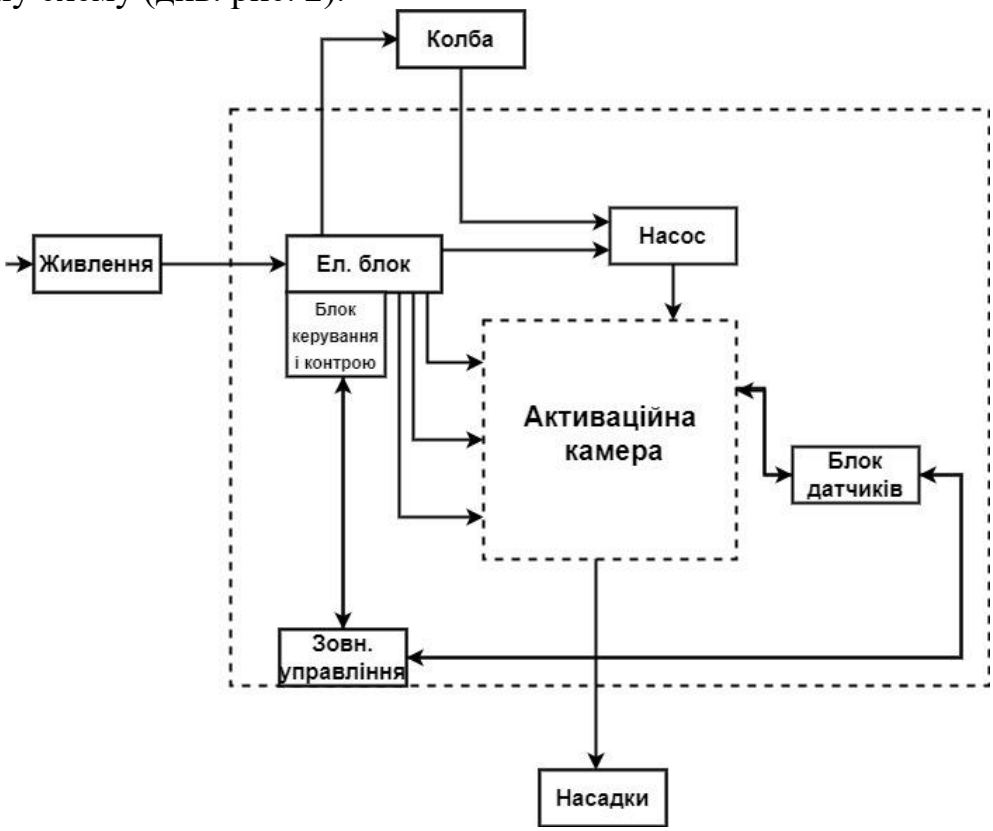


Рисунок 2. Структурна схема АСІДС

З рисунку 2 видно, що основним елементом є електронний блок, так як він поєднаний з основними блоками, в його складі знаходиться і система керування та контролю. В зміцненій колбі знаходиться рідина (дистильована вода), яка в подальшому перетворюється на пароводяну суміш і за допомогою компресорного насосу переміщується в блок активаційної камери. Активаційна камера є важливою складовою системи, так як в своєму складі містить озонатор і елементи, що продовжують термін існування синглетного кисню. Система блоку датчиків (температури, концентрації кисню, дисперсності) безпосередньо з’єднана з активаційною камерою, так як, за допомогою отриманих даних відбувається корегування вихідних параметрів процедури. На виході

активаційної камери під'єднуються різні системні насадки. В подальшому, в цьому місці буде передбачена зона ультразвукового розпилення лікарських речовин [7]. Блок зовнішнього управління приймає сигнали від датчиків і після цього передає їх до електронного блоку. В блоці зовнішнього управління присутня як система індивідуальних карток пацієнта так і ручний ввід параметрів. Ця система працює таким чином: на карті внесені певні режими, вставивши картку ви отримуєте налаштування для лікування визначеної лікарем хвороби чи профілактичного впливу.

ВИСНОВКИ

Проведено критичний аналіз та системний огляд і запропоновано класифікацію діючих інгаляційних приладів і систем. З приведеної класифікації та в напряму світових тенденцій розвитку - розроблена нова автоматизована система інгаляції дихальної системи АСІДС, яка має ряд переваг над світовими аналогами. Основною її перевагою є процес поєднання синглетного кисню і озонування, так як спочатку дихальні шляхи дезінфікуються, а після цього отримують позитивний терапевтичний чи лікувальний кисневий вплив. Також не менш важливим є досягнута краща керованість системи і вищий ступінь адаптивного контролю вихідних параметрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Терещенко, М.Ф., Тимчик, Г. С., Чухраєв, М.В., Кравченко, А.Ю. *Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої*: монографія . Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. –184 с.

[2] Дупляк І. О., Терещенко М. Ф., Чухраєв М. В. Система інгаляції і очищення із збагаченою озоном та ліками пароводяною сумішшю / Збірник матеріалів XX Міжнародної науково-технічної конференції "ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи", ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 18 – 19 травня 2021 р., Київ, Україна, 2021, с.109-112

[3] Інгалятори: призначення і види [Електронний ресурс] / - Режим доступу до ресурсу: http://vidpoviday.com/yakij-ingalyator-krashhe-vibrati-dlya-likuvannya.

[4] Виды, классификация и применение ингаляторов от аллергии [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://pro-allergiyu.ru/sovremennye-ingalyatory-pri-astme.html.

[5] Тимчик, Г. С., Терещенко, М. Ф. Матвієнко, А. М. Вплив процесів конвекції в рідині на похибку вимірювання теплопровідності методом прямого підігріву термістора, Наукові вісті НТУУ «КПІ», № 4, с. 121–130, 2017.

[6] Патент № SU 1771758 A1 Ультразвуковий інгалятор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.freepatent.ru

[7] Патент № RU(11) 2180273 Аерозольна мобільна установка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.freepatent.ru

Наук. керівник – к.т.н., доц. М.Ф. Терещенко.

УДК 621.317.7

Є.В. Маловічко, магістрант гр. ПВ-01мп, к.т.н. Щербань А.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНИЦПУ РОБОТИ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ НАСИЧЕННЯ КРОВІ КИСНЕМ

Анотація. Наведено принцип роботи систем вимірювання насичення киснем крові. Наведені основні поняття пульсоксиметрії, розглянуто їх тлумачення. Приведені залежності отриманого сигналу від серцевого циклу, показана формула та виведення цих залежностей. Показаний закон яким описується принцип роботи систем пульсоксиметрії.

Ключові слова: Пульсоксиметр, пульсоксиметрія, сатурація, насичення крові киснем, серцевий цикл.

ВСТУП

Важливіша людська потреба – це кисень, без кисню людина можете прожити в середньому не більше 5-7 хвилин. Увесь наш організм заточений на використанні кисню в свої роботі, тому так важливо стежити та контролювати постачання кисню до організму, та його концентрацію. Надходження кисню до нашого організму починається з вдиху, тобто з дихання. Дихання – це процес, який забезпечує надходження в організм людини кисню, використання його в окиснювальних процесах і видалення з організму вуглекислого газу. Насичення крові киснем є важливою характеристикою, та може вважатись показником загального стану організму.

Показник сатурації, який отримують шляхом пульсоксиметрії, використовують при багатьох різних ситуаціях. Пульсоксиметрія корисна в будь-яких умовах, де оксигенація пацієнта нестабільна, включаючи відділення інтенсивної терапії, операції, відновлення, невідкладну допомогу та відділення лікарні, пілотів у літаках, для оцінки оксигенації будь-якого пацієнта та визначення потреби в додатковому кисні.

Протягом останнього десятиліття пульсоксиметрія стала практикою, яка стрімко розвивається в багатьох областях клінічної медицини, включаючи шивдек та довготривалу допомогу. Незалежно від того, чи використовується як запобіжний засіб, чи як діагностичний інструмент, цей метод широко визнаний одним з найважливіших технологічних досягнень у моніторингу стану пацієнтів.[4]

МЕТА РОБОТИ

Головною метою роботи – є дослідження принципу роботи систем/приладів для визначення насичення крові киснем з подальшою розробкою шляхів покрашення та вдосконалення таких рішень.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Пульсоксиметр – медичний контрольно-діагностичний прилад або система для неінвазивного вимірювання рівня насичення киснем капілярної крові. Робота пульсоксиметра заснована на здатності гемоглобіну, пов'язаного (HbO2) та не пов'язаного (Hb) з киснем, абсорбувати світло різної довжини хвилі. Оксигенований гемоглобін більше абсорбує інфрачервоне світло(940 нм довжина хвилі), деоксигенований гемоглобін більше абсорбує червоне

світло(640 нм довжина хвилі). У пульсоксиметрів встановлені два світлодіоди, що випромінюють червоне та інфрачервоне світло. Сатурація розраховується як співвідношення кількості HbO2 до загальної кількості гемоглобіну, виражене у відсотках, за формулою (1):[2]

$$\mathrm{SpO2} = \left(\frac{\mathrm{HbO2}}{\mathrm{HbO2} + \mathrm{Hb}}\right) \times 100\% \qquad (1)$$

Де,

HbO2 = оксигенований гемоглобін (пов'язаний з киснем),

Hb = деоксигенований гемоглобін (не пов'язаний з киснем).

Після надходження світла на фотодіод потрібен алгоритм для того щоб опрацювати дані та на їх основі видати значення сатурації, для цього нам треба зрозуміти що отримані дані показують насичення артеріальної крові(саме насичення артеріальної крові береться за значення сатурації, та відображається як SpO2). Здатність пульсоксиметра визначати SpO2 артеріальної крові заснована на принципі, що кількість поглиненого червоного та інфрачервоного світла коливається в залежності від серцевого циклу, оскільки обсяг артеріальної крові збільшується під час систоли та зменшується під час діастоли; на відміну від цього, об'єм крові в венах і капілярах, а також об'єм шкіри, жиру, кісток і т.д. залишаються відносно незмінними. Частина світла яка проходить через тканини не поглинаючись, потрапляє на фотодетектор датчика та, відповідно, створює сигнали з відносно стабільним та непульсуючим компонентом "постійного струму" (DC) і компонентом пульсуючим "змінним струмом" (AC) (Рис. 1.3A). Схема поперечного перерізу артерії і вени під час систоли та діастоли ілюструє непульсуючий (DC) та пульсуючий (AC) відділи артерій та відносну відсутність зміни обсягу у венах та капілярах (рис. 1.3B).[1]

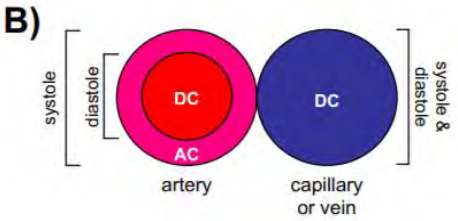


Рисунок 1.3B. Схема перерізу артерії і вени під час серцевого циклу

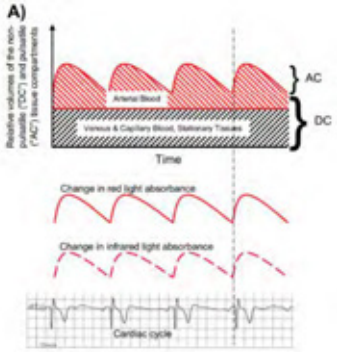


Рисунок 1.3A. Відносні об'єми непульсуючих («DC») і пульсуючих ("AC") відділів тканин

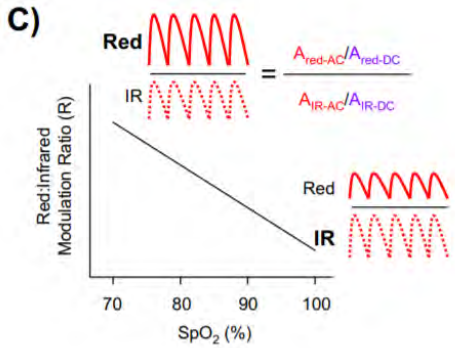


Рисунок 1.3С. Діаграма калібрувальної кривої.

$$R = (A_{red,AC}/A_{red,DC})/(A_{IR,AC}/A_{IR,DC}) \quad (2)$$

де, A = поглинання,

$(A_{red,AC}/A_{red,DC})$ = відношення поглинання червоного світла пульсуючим та непульсуючим компонентом,

$(A_{IR,AC}/A_{IR,DC})$= відношення поглинання інфрачервоного світла пульсуючим та непульсуючим компонентом.

Іншими словами, коефіцієнт R, залежність якого продемонстрована на графіку (Рис. 1.3С), та виводиться за допомогою формули (2) – це подвійне відношення пульсуючого та непульсуючого компонентів поглинання червоного до компонентів поглинання інфрачервоного світла. При низькому рівні артеріальної сатурації, коли збільшена кількість деоксигемоглобіну, відносна зміна в амплітуді поглинання червоного світла за рахунок пульсу більше, ніж інфрачервоного поглинання, тобто $A_{red,AC} > A_{IR,AC}$ що призводить до більш високого значення R; навпаки, при більш високому насиченні киснем, $A_{IR,AC} > A_{red,AC}$ і значення R нижче. Мікропроцесор в пульсоксиметрі використовує цей коефіцієнт для визначення SpO2 базованого на калібрувальній кривій, яка емпірично побудована шляхом вимірювання коефіцієнту R у здорових добровольців, у яких сатурація була змінена від 100% до приблизно 70%. Таким чином показники виміряної сатурації нижче за 70% не повинні використовуватись як дані що можуть відображати реальний стан пацієнтах.[1]

Як пульсоксиметри виключають вплив венозної і капілярної крові та інші нерухомих тканини з розрахунку SpO2 можна концептуально зрозуміти, дослідивши закон поглинання Бугера-Ламберта-Бера.[1]

Потенційна можливість виникнення похибок закладена як у принципі вимірювання Sp02 і частоти пульсу, так і у його технічної реалізації. Шкода, яку вони завдають в операційних та палатах інтенсивної терапії, досить серйозна: хибна інформація іноді призводить до ухвалення неправильних рішень; часта необґрунтована активація тривоги знижує довіру медперсоналу до методу загалом; на неспокійний монітор перестають звертати увагу, і поява реальної небезпеки залишається непоміченою; часта хибна активація системи сповіщення

провокує погане, але цілком природне бажання відключити систему (що у часто і робиться) [3].

Спеціальні дослідження, виконані за кордоном, показали, що пульсоксиметри є джерелом більше половини всіх тривожних звукових сигналів, що лунають у стандартно обладнаних відділеннях інтенсивної терапії. При цьому в 95% випадків причиною активації тривоги пульсоксиметра є не реальна небезпека, а артефакти (покази монітора, які обумовлені не справжніми значеннями параметрів, а дією сторонніх факторів) або неправильне налаштування системи. Приблизно у 60% випадків персонал відключає її, не намагаючись розібратися у тому, чому відбулося спрацювання. З одного боку, це проблема поведінки людини в атмосфері, яка перенасичена технологіями, з іншого - явний натяк розробникам приладів для моніторингу.[3]

ВИСНОВОК

У статті описаний метод та принц за яким працюють пульсоксиметри, та яким чином такі прилади/системи можуть з великою точністю без інвазійного втручання вимрівати сатурацію крові. В роботі представлені графіки та формули описуючі роботу пульсоксиметрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Pulse oximetry: Understanding its basic principles facilitates appreciation of its limitations. // Respiratory Medicine. – 2013. – №107. – С. 788–799.

[2] Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне [Електронний ресурс]. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://www.sleepnet.ru/wordpress/wp-content/uploads/2019/06/Kompyuternaya-pulsoksimetriya.pdf.

[3] Шурыгин И.А.Мониторинг\ дыхания: пульсоксиметрия, капнография,оксиметрия.\ И.А.Шурыгин.– СПБ: Невский Диалект, 2000. – 301 с.

[4] Mendelson Y. Pulse Oximetry / Mendelson. // Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering. – 2006.

Наук. керівник – к.т.н. Щербань А.П.

УДК 612.014.422

В.І. Мартиненко, студент гр. ПБ-01мп, к.т.н., доц. Терещенко М.Ф
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИМІРЮВАННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТКАНИНИ ТА ОЦІНКА ЇЇ СТАНУ

Анотація. У роботі розглядаються поляризаційні властивості біологічної тканини, що можливо зареєструвати за допомогою експериментальної моделі біоімпедансного аналізатору на основі прецизійного розв'язувача AD5933. З огляду на те, що поляризація тканини дуже сильно пов'язана з структурними та функціональними особливостями біологічних об'єктів, то по ній існує можливість диференціації живої або некрозної тканини. При сильних фізичних ушкодженнях наявність поляризації свідчить про те, що тканина ще здатна регенерувати та піддається лікуванню.

Ключові слова: життєздатність біологічної тканини, імпедансний аналізатор, диференціація стану тканини, поляризація.

ВСТУП

Усім живим біологічним об'єктам притаманні пасивні електричні властивості: опір та ємність [1]. Речовини, з яких складаються біологічні тканини, немагнітні, і, отже, їх індуктивність дорівнює нулю. Вивчення пасивних електричних властивостей біологічних об'єктів має значення для розуміння їх структури та фізико-хімічних властивостей [2]. Біологічні тканини мають властивості як провідників, так і діелектриків: наявність вільних іонів у клітинах та тканинах зумовлює електричну провідність цих об'єктів. Діелектричні властивості біологічних об'єктів визначаються структурними компонентами та явищами поляризації. Оскільки будь яке відхилення від нормальних структурних та фізико-хімічних властивостей біологічних тканин призводить до змін їх діелектричних параметрів [3].

Вважається, що найбільш критично важливим показником в аналізі стану біологічної тканини є саме коефіцієнт її поляризації. Ця біофізична особливість призводить до того, що в міру відмирання тканин різко збільшується низькочастотна (при тій же високочастотної) компонента імпедансу. Знаючи та посилаючись на цей факт, можна розраховувати коефіцієнт життєздатності тканини за формулою [4]:

$$K_1 = \frac{Z_{10kHz}}{Z_{100kHz}} \tag{1}$$

Співвідношення імпедансу, зареєстрованого при низькій частоті струму (від 10 кГц до 100 кГц), до імпедансу високої частоти повинно бути істотно більшим за одиницю (значення коефіцієнту, що найменше, більшим за 1.6). Якщо значення досліджуваного коефіцієнту прямує до одиниці, то можна сказати, що тканина відмирає та втрачає свої функціональні та структурні особливості. Даний факт можна підтвердити за допомогою експерименту проведеного на експериментальній моделі імпедансного аналізатору.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ БІОЛОГІЧНОЇ ТКАНИНИ

Імпедансний аналізатор сконструйований на основі Arduino Uno R3, що використовує прецизійний розв'язувач імпедансу AD5933 [5], та підключення

якого відбувається за допомогою 4-х електродів. Оскільки використовується лише експериментальна модель то в якості ПК використовується мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3B, що обробляє вимірювання та формує журнал вимірювань [6].

В ході експерименту було вирішено обрати в якості біологічного матеріалу шматок сирого куриного філе, вагою 350 грамів та розмірами 74x44x25 мм, який буде піддаватися термічним ураженням, подібно до опіків шкіри людини (рис. 1). На початку експерименту, на першому етапі вимірювання, біологічний матеріал приймається умовно здоровим та непошкодженим. На кожному з наступних етапів стан біологічного матеріалу погіршується, оскільки загальне термічне ушкодження зростає [7].

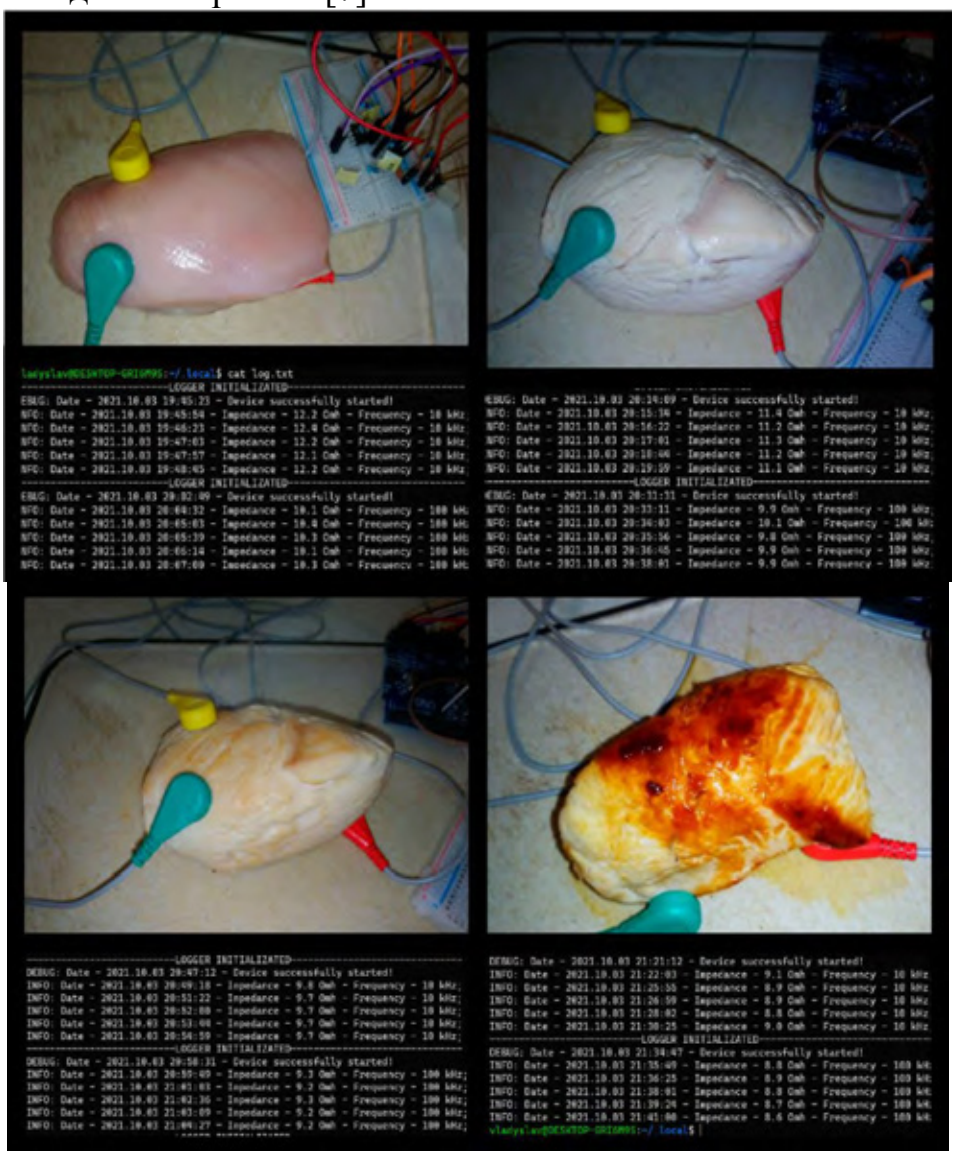


Рисунок 1. Проведення експерименту за допомогою аналізатору поляризаційних властивостей біологічної тканини

Дослідження відбуваються на основі 5 спостережень на кожному етапі термічної обробки. Відповідно до середнього арифметичного розраховуються коефіцієнти життєздатності тканини. Результати експерименту наведені у табл. 1, 2.

Таблиця 1. Результати вимірювання імпедансу в двох частотних діапазонах

Стан біологічного матеріалу	***Поточна частота вимірювання, кГц***	***Значення імпедансу, Ом***				
		1	***2***	***3***	***4***	***5***
Сирий	10 кГц	12,2	12,4	12,2	12,1	12,2
	100 кГц	10,1	10,4	10,3	10,1	10,3
Легка	10 кГц	11,4	11,2	11,3	11,2	11,1
	100 кГц	9,9	10,1	9,8	9,9	9,9
Прожарений	10 кГц	9,8	9,7	9,7	9,7	9,7
	100 кГц	9,3	9,2	9,3	9,2	9,2
Згорівший	10 кГц	9,1	8,9	8,9	8,8	9,0
	100 кГц	8,8	8,9	8,8	8,7	8,6

Таблиця 2. Середні арифметичні значення імпедансу

Стан	***Сирий***		***Поява тонкої плівки на зовнішньому шарі***		***Повністю прожарений***		***Згорівший***	
Частота, кГц	10	100	10	100	10	100	10	100
Імпеданс, Ом	12,22	10,24	11,24	9,92	9,72	9,24	8,94	8,76

Відповідно до формули розрахунку коефіцієнтів життєздатності отримуємо:

$$K_1 = \frac{12,22}{10,24} = 1,19 \quad K_2 = \frac{11,24}{9,92} = 1,13$$

$$K_3 = \frac{9,72}{9,24} = 1,05 \quad K_4 = \frac{8,94}{8,76} = 1,02$$

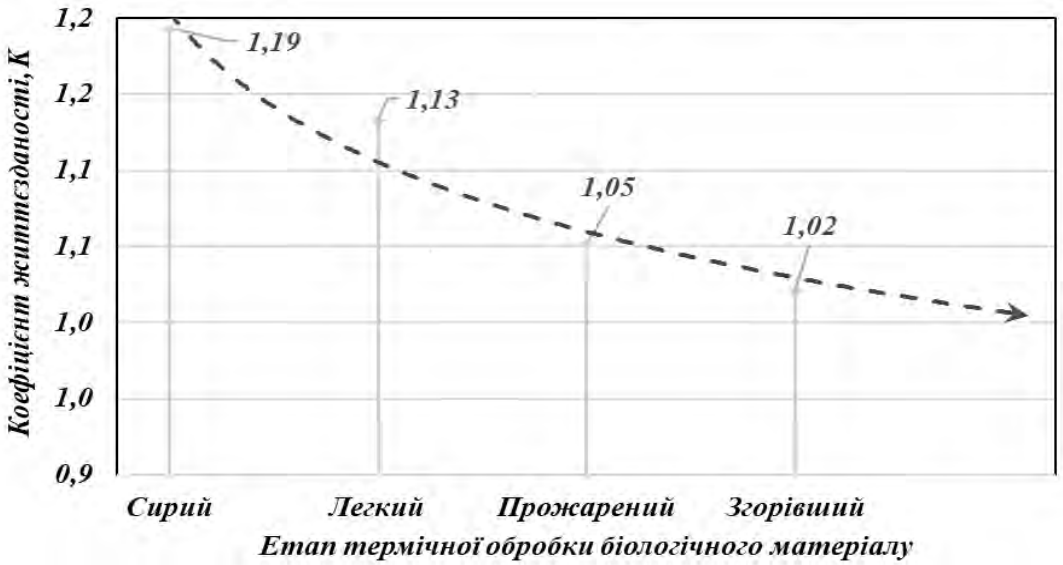


Рисунок 2. Залежність значення коефіцієнту життєздатності тканини від ступеню термічної обробки

З розрахованих коефіцієнтів бачимо, що зі збільшенням термічної обробки тканини біологічного матеріалу втрачають свої поляризаційні особливості, що свідчить про те, що тканина дійсно «відмирає», а рівень її життєздатності суттєво зменшується. Для отриманих результатів було побудовано графіки зображені на рисунках 2 і 3.

З рисунку 3 видно, що значення імпедансу для умовно здорової та

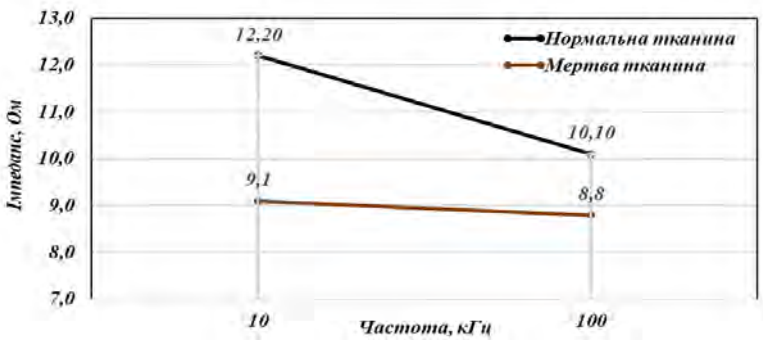


Рисунок 3. Значення імпедансу в двох частотних діапазонів для «нормальної» та обгорілої тканини

неушкодженої тканини становить при вимірювання на частоті 10 кГц – 12,2 Ом, при 100 кГц – 10,1 Ом, а для тканини, що повністю втратила життєздатність та зазнала сильних дегенеративних змін – 9,1 Ом та 8,8 Ом відповідно.

ВИСНОВКИ

Таким чином за допомогою дослідження електропровідних властивостей існує можливість диференціації некрозої тканини або знаходження ступеня ураження здорової та структурно-дегенеративних змін всередині неї. Проведення подібних вимірювань можуть істотно допомогти у вирішенні спірних питань, щодо поточного стану обпеченої чи травмованої тканини та її видаленні. У випадках коли коефіцієнт поляризації залишається істотно більшим за критичне значення в 1.6 лікування біологічної тканини ще можливе, а отже тканина здатна до поступового регенерування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, І. О. Яковенко, Біофізика: практикум. Київ,Україна: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Політехніка, 2019 .- 288 с.

[2] Г. К. Ильич, «Электрические и магнитные свойства биологических тканей», учеб.-метод. пособие / Г.К. Ильич, В.Г. Лещенко. – Минск: БГМУ. 2007 – 23 с.

[3] Khalil S. «The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases» / S. Khalil, M. Mohktar, F. Ibrahim. // Sensors. – 2014. – №14.

[4] Березовский В.А., Колотилов Н.Н. «Биофизические характеристики тканей человека» — К.: Наукова думка, 1990. — 224 с. ISBN 5-12-001374-0

[5] Analog Device AD5933 Impedance Analyzer Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD5933.pdf (*дата звернення: 20.11.2021*)

[6] Мартиненко В.І., Терещенко М.Ф. Біоімпедансометрична система діагностика рівня життєздатності тканин/ Збірник праць XVI Всеукр. науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні", 08-09 грудня 2020р. - К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 303-306.

[7] В.І. Мартиненко, М.Ф. Терещенко Біоімпедансний аналіз біосередовища та системний біоімпедансний аналізатор //Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Погляд у майбутнє приладобудування", 13-14 травня 2020р. - К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.220-223.

Наук. керівник – д.т.н., доц. Терещенко М.Ф.

UDC 57.087.1

V.V. Mukhin, student gr. PB-82, assistant Yakovenko I.O.
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

DETERMINATION AND RECOGNITION OF THE NET OF BLOOD VESSELS OF THE FINGER

Abstract. Recognition of blood vessels on the fingers is considered one of the most promising biometric technologies for identity authentication. However, the percentage of finger tissue (eg, bones, muscles, ligaments, water, fat, etc.) varies from person to person. Typically, this results in poor image quality of the finger vessels, which reduces the performance of the finger vascular recognition (FVRS) systems. This paper analyzes the internal factors of finger tissue that cause poor image quality of finger vessels and proposes a method to normalize intensity variation using a single-level retinex based on a controlled filter (GFSSR) to improve finger vessel imaging and recognition accuracy. This will allow the use of this technique for integration into existing medical systems and reduce the burden on medical staff and improve the quality and timeliness of patient care.

Keywords: Biometric technologies, identity authentication, finger blood vessel recognition system (FVRS), single-level retinex.

FORMULATION OF THE PROBLEM

To date, with digital integration there is a need for biometric authentication of automated diagnostic systems and laboratory tests of biological material, where the biological characteristics of the person is confirming the patient's identity, providing a high level of personal data protection and reducing the impact on the human factor [1, 2].

The blood vessels of your fingers, the tiny blood vessels inside your finger, are arranged in a pattern unique to each person. Fingerprints have been used for identification for over a century. However, fingerprint-based personality recognition systems may soon come to the fore thanks to the unique benefits they offer. Fingerprint-based biometric authentication technology can compete fiercely with fingerprints in the race for the ideal biometric system for authentication systems.
Fingerprint crest patterns are unique to each person. Fingerprint-based authentication systems (Figure 1) capture these crest patterns digitally and then determine whether or not a person has permission to access. The algorithm determines to continue or move back, where it may be allowed to make another authentication attempt [3].

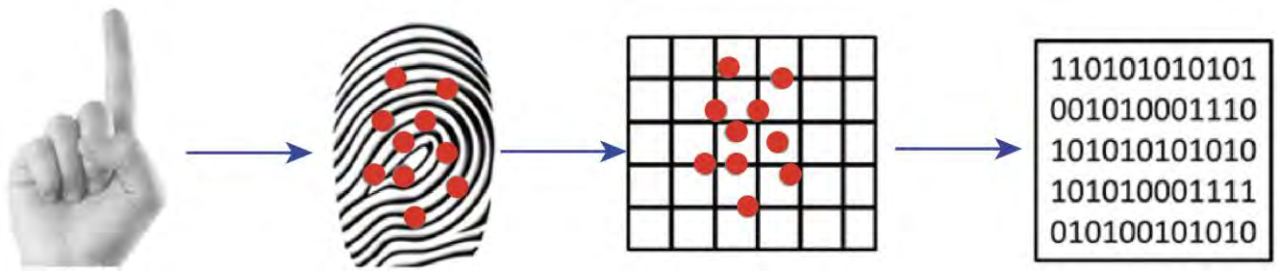


Fig 1. The logic of the fingerprint recognition system

The near-infrared light can be used to scan images of the blood vessels of the fingers. The technology of scanning blood vessels on the fingers is basically similar to the technology of fingerprints. Both technologies register subjects and store blood vessel samples as biometric templates in a database. This database is then used to authenticate entities that present themselves at authentication points.

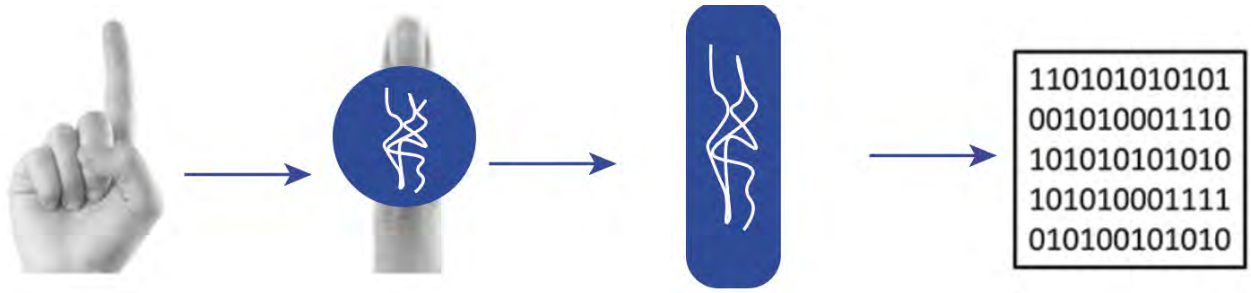


Fig 2. The logic of the recognition system by the location of the blood vessels of the finger

However, there are key differences between the two technologies:

• Finger blood vessel recognition is more accurate than fingerprint recognition systems, and has a lower error rate (FRR) and a lower error rate (FAR);

• Finger blood vessel recognition technology does not require the subject to touch the scanned surface with your finger. Thus, scanning the blood vessels of the fingers does not cause any hygiene problems, which is so important today due to the COVID-19 pandemic;

• Because the blood vessels and fingers are under the skin, neither wet nor dry weather is affected. They are also not affected by age wrinkles. As a result of scanning the blood vessels of the finger, it can be used throughout the patient's life.

ANALYSIS OF EXISTING METHODS AND MEANS OF DETERMINATION OF THE BLOOD VESSEL NET

The main methods for determining blood vessels are the stereo method and the hybrid method of stereo autofocus. The essence of the stereo method [4] is to use NIR light (near-infrared region) to determine the distance between the center of the circular cross section of the blood vessel and the focusing camera. The azimuthal distance between the center of the blood vessel and the line of the two camera lenses is calculated using data from a CCD image sensor. One of the advantages of the stereo method is the miniaturization of the device and fast measurements. The blood vessel is visualized by reflected light in the near infrared region, and the position of the blood vessel is calculated with a certain central position of the blood vessel on CCD images. The characteristics of the CCD camera and digital image sensor are as follows: f = 12 mm, pixel size p = 8.4 μm, digital image = 8 bits, and the range of shades of gray = from black (0) to white (255). Images of the 768x494 resolution object obtained by the CCD sensor were saved as JPEG image files. A stereo image of blood vessels was obtained and the centers of two blood vessels were determined by brightness distribution. Next, the angles between the axes of light in the near infrared region between the center of the artery and the horizontal line are calculated. Equation (1) determines the position of a blood vessel

$$D_b = \frac{\tan\theta_1 \cdot \tan\theta_2}{\tan\theta_2 \cdot \tan\theta_1} = \frac{fL}{p(x_1 + x_2)} \qquad (1)$$

where,

θ_1, θ_2 - angles between the axes of light in the near infrared region between the center of the artery and the horizontal line; p - the pixel size; f - the focal length of the camera; L - the distance between the cameras; x1, x2 - the number of rejected pixels.

The hybrid stereo autofocus method [5] is used to determine the position of a blood vessel located between the first and second finger joints by transmitting light in the near infrared region. Previous studies performed with a stereometer did not accurately determine the depth of blood vessels. The measurement error was high for blood vessels located deep in the finger. Therefore, the method of autofocusing to obtain a clear image of blood vessels using the method of searching for a pattern in the area of the blood vessel is considered. This method has significantly increased accuracy. The sharpness of the image of blood vessels was evaluated on the basis of the algorithm of comparison with the template and the clearest image in the position of the camera was chosen. The tilt angle is fixed in the autofocus procedure. The position of blood vessels was measured with a stereometer. The pixel size of the 5.55 μm image plane was used to estimate the position of the center of the blood vessel with the same length ratio as the pixel. Thus, we obtain the deviation lengths, which can be calculated as the number of rejected pixels multiplied by a pixel size of 5.55 μm, expressed as:

$$D_b = \frac{\tan\theta_1 \cdot \tan\theta_2}{\tan\theta_2 \cdot \tan\theta_1} L \qquad (2)$$

where,

θ_1, θ_2 - angles between the axes of light in the near infrared region between the center of the artery and the horizontal line; L - the distance between the cameras.

The depth of the center of the blood vessel from the supporting surface of the fixed base is determined by formula (3):

$$\triangle D = D_b - D_s \qquad (3)$$

where,

D_b - distance from the chamber to the vessel; D_s - the distance from the camera to the human finger.

CONCLUSIONS

In this paper, an analysis of existing methods for determining the network of blood vessels. Two methods for determining the network of blood vessels were analyzed, namely: the stereo method and the hybrid method of stereo autofocus. As a result of research, it was found that the hybrid method of stereo autofocus has much greater accuracy and clearer images, because it combines several methods.

During the analysis, knowledge was gained about modern methods of determining the network of blood vessels and their shortcomings, which will further use this information to create a device for authentication and identification of blood vessels of the finger.

REFERENCES

[1] Якокровоносних судин ко, І. О. Biometrical identification on the basis of photoplethysmogram for automated medical systems // Перспективні технології та прилади. – 2019. – № 15. – С. 120–124.

[2] І.О. Якокровоносних судин ко, К.П Вонсевич, І.Є. Гребень "Метод виділення ітерацій пульсових хвиль фотоплетизмограми для біометричної ідентифікації", Наукові вісті КПІ : міжнародний науковотехнічний журнал, № 3(2020), С. 73–78, 2020. DOI: 10.20535/kpi-sn.2020.3.209881

[3] Fingerprint versus finger vein: the search for the perfect biometric authentication. bayometric.com — Access mode: https://www.bayometric.com/fingerprint-vs-finger-vein-biometric-authentication/

[4] Cheng, Kai, Morita, Yusuke, Nakamachi, Eiji, Honda, Norihiro, Awazu, Kunio. Development of blood vessel searching system by using nearinfrared light stereo method for clinical blood sampling

[5] NanguangChen.https://www.hindawi.com/journals/ijo/2012/258626/. Development of Automatic ZD Blud Wessel Search and Automatic Blud Sampling Systems by Using Hybrid Stereo-Autofocus Method

Supervisor – assistant Yakovenko I.O.

УДК 535.2:616-71

С.О. Полуектов студент гр.ПБ-11мн, В.О. Чорний студент гр.ПБ-11мп та А.О. Гапонюк, аспірант
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОРОЗСІЯННЯ ДВОХ-ШАРОВОЮ МОДЕЛЛЮ ШКІРИ ЛЮДИНИ НА ДОВЖИНІ ХВИЛІ 632.8 НМ МЕТОДОМ ФОТОМЕТРІЇ ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМИ РЕФЛЕКТОРАМИ

Анотація: У роботі представлені результати Монте-Карло симуляції опромінення зразків різної товщини двох-шарової моделі шкіри лазерним випромінюванням на довжині хвилі 632.8 нм. У результаті моделювання отримано графіки залежності зміни оптичних коефіцієнтів від товщини зразка, та проведено попередню оцінку фотометричних зображень у відбитому та пропущеному світлі при фотометрії еліпсоїдальними рефлекторами.

Ключові слова: оптичні властивості, світлорозсіяння, шкіра, епідерміс, дерма, еліпсоїдальний рефлектор, фотометричні зображення.

ВСТУП

Останні технологічні досягнення фотонної індустрії стимулюють прогрес у розвитку систем клінічної функціональної візуалізації, хірургічних і терапевтичних систем. Розвиток оптичних біомедичної діагностики сприяють вивченню оптичних властивостей тканин людини, оскільки ефективність оптичного зондування тканин залежить від поширення фотонів та їх розподілу в опромінених тканинах. Моніторинг оксигенації крові та тканинного метаболізму, виявлення злоякісних новоутворень шкіри та оптична візуалізація шкіри – приклади застосування світлової діагностики в дерматології [1]. Терапевтичні оптичні технології в основному включають фототермічну та фотодинамічну терапію. Для цих застосувань знання оптичних властивостей шкіри та підшкірних тканин має велике значення для інтерпретації та кількісної оцінки діагностичних даних, а також для прогнозування розподілу світла та поглиненої енергії в терапевтичних та хірургічних цілях.

Розсіяння дозволяє описати зміну напрямку, поляризації або фази світла і зазвичай зображується або як поверхневий ефект (наприклад, відбиття або заломлення) або як взаємодія з невеликою областю, оптичні властивості якої відрізняються від оточуючого середовища (розсіяння часток) [2].

Основними джерелами розсіяння твердих часток усередині шкіри є нитчасті білки [3]. Кератини є нитчастими білками епідермісу й утворюють основну складову цього шару, тоді як колаген є основним волокнистим білком дерми і займає від 18% до 30% її об'єму [1]. Подальша дифузія пояснюється меланосомами в епідермісі, ядрах клітин, клітинних стінках та багатьох інших структурах шкіри, що зустрічаються у меншій кількості.

Розсіяння від інших структур шкіри, включаючи клітинні стінки, ядра та органели, волосся та залози, натепер не отримали значного інтересу з позицій оптики [1 – 3].

МЕТА РОБОТИ

Дослідити залежність зміни оптичних властивостей та провести попередню оцінку рівня освітленості різних зон фотометричних зображень у пропущеному та відбитому стані в залежності від товщини шарів на прикладі двох-шарової

моделі шкіри людини при симуляції поширення оптичного випромінювання методом фотометрії еліпсоїдальними рефлекторами.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Шкіру людини можна представити як багатошаровий орган з кількістю шарів, що може досягати 10 [1]. Тому для дослідження в даній роботі було обрано двох-шарову структуру, оптичні властивості якої наведено в таблиці 1 серед яких коефіцієнти розсіяння μs та поглинання μa, показник заломлення n і фактор анізотропії розсіяння g [4].

Таблиця 1. Оптичні властивості шарів шкіри на довжині хвилі 632.8 нм

Оптичні властивості	***Епідерміс***	***Дерма***
Коефіцієнт розсіяння	μs=45 см-1	μs=20 см-1
Коефіцієнт поглинання	μa=0.15 см-1	μa=0.073 см-1
Показник заломлення	n=1.34	n=1.39
Товщина зразка	d1= 3.5…72.6 мкм	d2= 66…476 мкм
Фактор анізотропії розсіяння	g= 0.8	g= 0.76

При цьому діапазон товщини шарів для моделювання був розбитий на 10 проміжних значень які пропорційно збільшуються, що дозволило коректно оцінити зміни оптичних параметрів шкіри від товщини зразка. Моделювання процесу опромінення зразків шкіри проводилось у програмному забезпеченні «BT_mod», що симулює поширення світла в біологічних середовищах із заданими оптичними властивостями методом Монте-Карло [4 – 6].

Для моделювання був обраний пучок з 20 млн. фотонів та діаметром 1.4 мм на довжині хвилі 632.8 нм. Оптичні коефіцієнти дифузного *Rd* відбиття, коефіцієнт поглинання *A* та коефіцієнт пропускання *T* є кількісним результатом дослідження та представленні на рисунку 1.

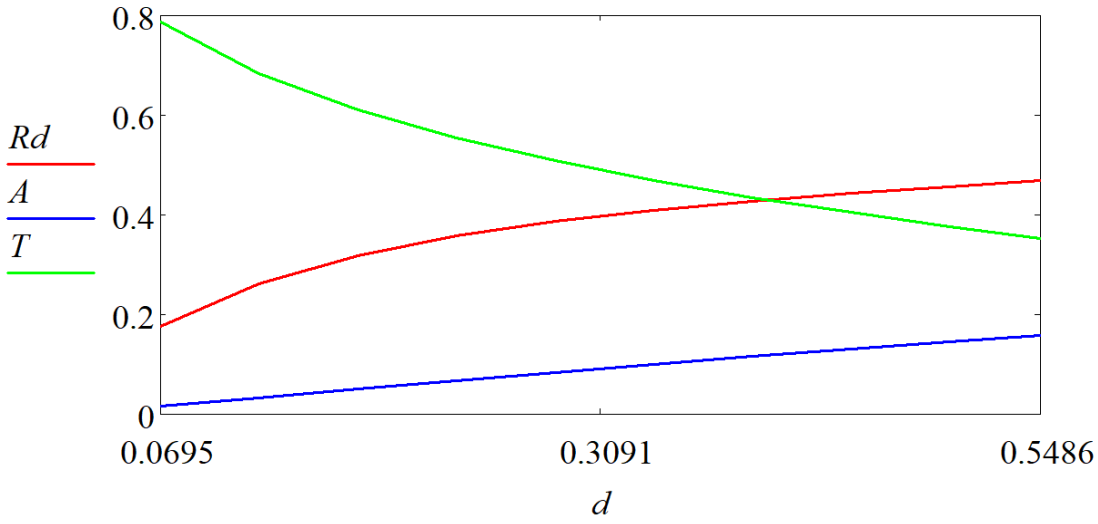


Рис 1. Залежність коефіцієнтів дифузного відбиття *Rd*, поглинання *A* та пропускання *T* від товщини зразків для двох-шарової моделі шкіри людини на довжині хвилі 632.8 нм

На рисунку 1 можна побачити, що зі збільшенням товщини зразка двох-шарової моделі шкіри коефіцієнт дифузного відбиття *Rd* і поглинання *A* плинно зростають, а коефіцієнт пропускання *T* спадає, при чому коефіцієнти *Rd* і *T* на товщині приблизно 400 мкм співпадають. Шкіра характеризується значним світлорозсіянням, через те що є оптично–мутним середовищем, тому зі збільшенням товщини збільшується кількість випадково розподілених в об'ємі центрів, що розсіюють лазерне випромінювання. Також однією з причин є співрозмірність довжини хвилі випромінювання з розмірами клітин та окремих їх елементів. У міру того, як світло проникає через шкіру, колімована структура пучка повністю замінюється на дифузну, зворотне розсіяння та поглинання зростає. Тому при проведенні оптичного зондування чи фототерапії необхідно враховувати товщину шару шкіри, що може призвести до більше ефективних результатів.

У результаті симуляції опромінення двох-шарової моделі шкіри людини були отриманні фотометричні зображення другої фокальної площини верхнього та нижнього еліпсоїдальних рефлекторів у відбитому та пропущеному світлі відповідно (Рис. 2) [5].

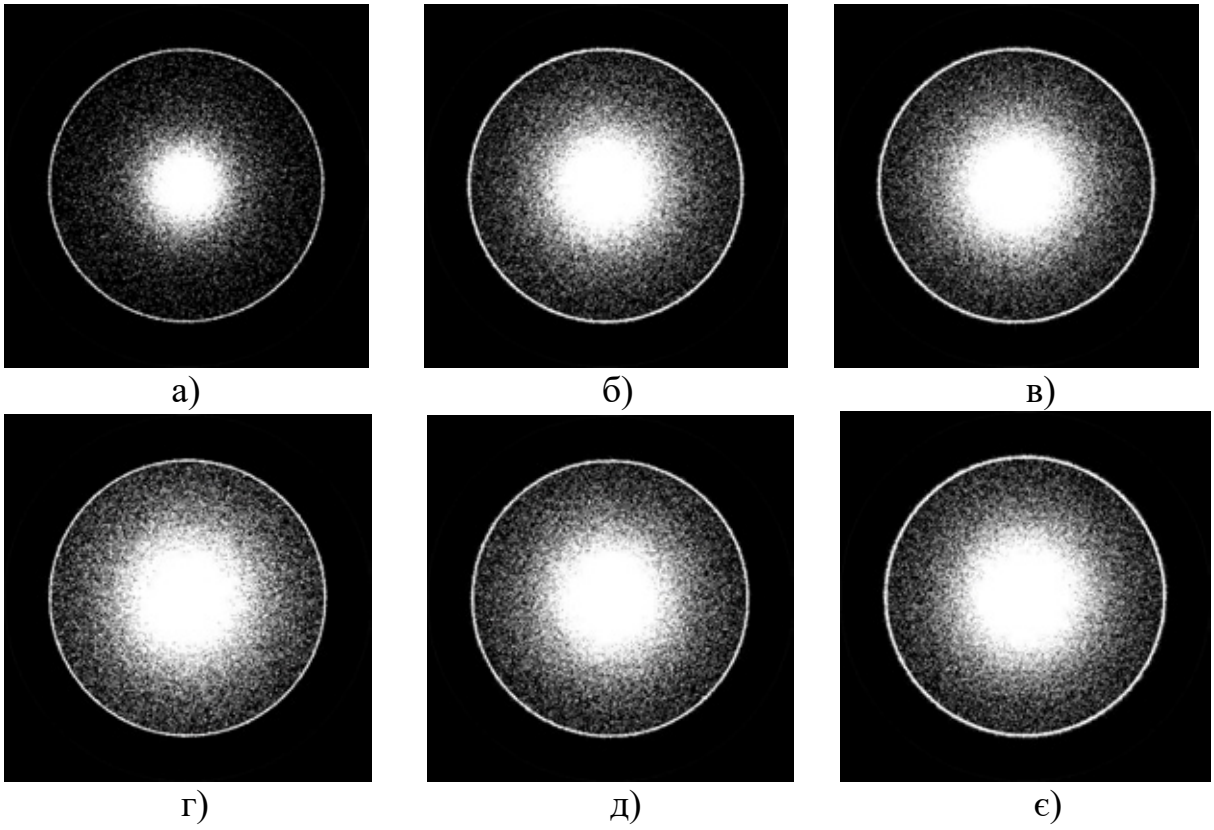


Рис.2 Фотометричні зображення другої фокальної площини верхнього та нижнього рефлектора для товщини 69.5 мкм (а, г), 284.3 мкм (б, д); 548.6 мкм (в, ж) відповідно для зразків двох-шарової моделі шкіри на довжині хвилі 632.8 нм

При попередній оцінці фотометричних зображень можна помітити, що зі збільшенням товщини зразків освітленість зовнішнього та внутрішнього кільця у відбитому світлі зростає через вплив коефіцієнтів дифузного відбиття *Rd* і поглинання *A*, а у пропущеному суттєво не змінюється. Для більш точної оцінки

зміни освітленості фотометричні зображення потребують додаткового дослідження.

ВИСНОВОК

Здійснено симуляцію опромінення шкіри людини на довжині хвилі 632.8 нм на прикладі двох-шарової моделі методом Монте-Карло та при фотометрії еліпсоїдальними рефлекторами. У результаті отримано графік залежності оптичних коефіцієнтів дифузного відбиття, поглинання та повного пропускання від рівномірно-змінюваної товщини шарів, що дозволило дослідити особливості світлорозсіяння в шкірі людини. Отримано та проведено попередню оцінку фотометричних зображень у пропущеному та відбитому світлі, які є передумовою для подальшої кількісної оцінки ефектів світлорозсіяння і можуть бути використані та інтерпретовані для вирішення задач транскутанної фотонної діагностики, хірургії та терапії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] *Г.В. Симоненко* «Оптические свойства биологических тканей»/ Г.В. Симоненко, В.В. Тучин // Учебно – методическое пособие. – 2007. – с. 48.

[2] *T.Lister* Optical properties of human skin / Lister, Tom & Wright, Philip & Chappell // Paul Journal of biomedical optics. – 2012. – no.17. Doi: 90901-1. 10.1117/1.JBO.17.9.090901.

[3] *Gajinov Z.* Optical properties of the human skin. Optičke osobine ljudske kože / Gajinov,Z., Matić,M., Prćić,S. & Đuran,V // Serbian Journal of Dermatology and Venereology. – 2013. – no. 2(4). – Pp. 131-136. Doi: 10.2478/v10249-011-0029-5

[4] *Н. Безугла* Монте-Карло симуляція світлорозсіяння шарами шкіри людини методами просторової фотометрії. / Безугла, Н., Полуектов, С., Чорний, В., & Безуглий, М. // Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування. – 2021. – № 61(1). – с. 91–100. Doi:10.20535/1970.61(1).2021.237112

[5] *Bezuglyi, M. O.* Control of Optical Clearing of Human Skin by Ellipsoidal Reflector Method / M. O. Bezuglyi, N. V. Bezugla, A. I. Nahornyi // Мікросистеми, Електроніка та Акустика : науково-технічний журнал. – 2019. – Vol.24, no.2(109). – Pp. 6–13. Doi:10.20535/2523-4455.2019.24.2.172771

[6] *A. Haponiuk* Blood glucose analysis by Raman spectrophotometer with ellipsoidal reflector /A. Haponiuk, N. Bezugla, K. Vonsevych, M. Bezuglyi, A. Zilgaraeva, P. Kisala, S. Luganskaya, and S. Orazalieva // Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments. – 2021. – Vol.12040. Doi:10.1117/12.2613340

Науковий керівник – д.т.н., доцент Безуглий М.О.

УДК 615.841:621.317.4

Р. А. Рогожніков, студент гр. ПБ-82
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНИХ МАГНІТОТЕРАПЕВТИЧНИХ АПАРАТІВ

Анотація. Було проведено критичний огляд та аналіз апаратів магнітотерапії на дослідженнях яких і розроблено класифікацію автоматизованих магнітотерапевтиччних апаратів. Запропоновано узагальнюючу структурну схему автоматизованого магнітотерапевтичного апарату (АМТА), де виділено такі блоки як: блок індикації, блок вимірювання сигналу, програмований блок керування, магнітний індуктор. Це дозволить розповсюдити методику розрахунку та принцип побудови аналогічних апаратів, а це у свою чергу розвине таку фізіотерапевтичну ланку медицини, як магнітотерапія.

Ключові слова: Автоматизований магнітотерапевтичний апарат, біологічна тканина, принципи побудови апаратів магнітотерапії

ВСТУП

У наші дні напрямок автоматизованих магнітотерапевтичних апаратів (АМТА) не є надто розвинутою. Не в повній мірі оцінено ефективність роботи таких приладів, у свою чергу і розробка нових принципів побудови також зупинилося. Вплив магнітного поля дає високі результати у процесі відновлення пошкоджених тканин – за рахунок синтезу білків та вуглеводів, що прискорюють своє утворення у магнітному полі [1]. Таким чином, відбувається швидке загоєння ран – при зовнішніх та внутрішніх ушкодженнях (переломи, гематоми, виразки). Низькочастотна магнітотерапія підвищує імунітет, насичує кров лімфоцитами. А при новітніх технологіях методи та принципи побудови автоматизованих магнітотерапевтичних апаратів (АМТА), можуть розвиватись та зайняти важливий напрям у фізіотерапії [2]. В статті розглянуто принципи побудови АМТА та запропоновано нову класифікацію магнітотерапевтичних апаратів.

МЕТА РОБОТИ

Основна мета роботи це огляд та критичний аналіз напрямків розвитку магнітотерапії та розробка принципів побудови АМТА. Запропоновано нову класифікацію магнітотерапевтичних апаратів та розглянуто узагальнюючу структурну схему автоматизованого апарату магнітотерапії [3].

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення дослідження необхідно провести критичний огляд діючих апаратів і систем та розробити на їх основі новітню класифікацію магнітотерапевтичних апаратів.

Загалом АМТА розподіляються на головні категорії, а саме: мобільність пристрою, призначення, зона впливу, керований параметр, тип індуктора, вид сформованого сигналу [4]. Саме по цим критеріям було зроблено огляд апаратів що представлено у таблиці 1.

Таблиця 1. Огляд діючих апаратів магнітотерапії

Апарати та системи	Мобільність	Призначення	Зона впливу	Тип індуктора	Керований параметр	Вид сформов. сигналу
АМнп-02	Кишеньковий	Комбіноване користування	Місцева	З одним індуктором	Магнітна індукція	Безперервний
Градієнт-4	Стаціонарний	Для профілактичних закладів	Місцева	З кількома індукторами	-	Безперервний
Амо Атос	Стаціонарний	Для лікувальних закладів	Місцева	З кількома індукторами	-	Резонансний
Мультимаг-МК-03	Стаціонарний	Для профілактичних закладів	Загальна	З кількома індукторами	Кров'яний тиск та пульс	Резонансний
Магнітор АМП	Стаціонарний	Для лікувальних закладів	Комбінована	З кількома індукторами	Температура	Резонансний
МАГ - 30	Портативний	Для домашнього користування	Місцева	З одним індуктором	-	Безперервний
Magnetomed 8400	Стаціонарний	Для лікувальних закладів	Загальна	З секційними соленоїдами	Магнітна індукція	Дискретний

В результаті аналізу діючих магнітотерапевтичних апаратів, була запропонована новітня класифікацію приладів, що представлено на Рис. 1.

Рисунок 1. Класифікація автоматизованих магнітотерапевтичних апаратів

Також проведено аналіз напрямів розвитку відомих технічних рішень, щодо створення автоматизованих магнітотерапевтичних пристроїв основними принципами побудови яких було:

1. Вимірювання датчиком значення температури біологічної тканини (БН) та її аналіз блоком керування, що дозволить забезпечити контроль за процесом лікування магнітного поля (МП), врахувати індивідуальну реакцію організму людини на дію магнітного поля (МП) та провести оцінку ефективності терапевтичної дії на організм МП [4];
2. Корегування біотропних параметрів МП (магнітної індукції) відповідно до фізіологічних показників (значення температури, пульсу, сатурації) пацієнта, що дозволить організувати лікувальний процес, оптимізований відповідно реакції організму людини на терапевтичний вплив, та досягнути при цьому найбільшого покращення стану пацієнта [5] .
3. Адаптивний імпульсний на основі контролю магнітної індукції (датчик Холлу) та аналізу фізіологічних показників (температури, пульсу, АТ, сатурації) людини [6] ;
4. Автоматичне налаштування за допомогою персонального комп'ютера біотропних параметрів автоматизованого апарату магнітотерапії загальної дії відповідно до пульсу, кров'яного тиску, температури, глибини проникнення фармацевтичних препаратів в БТ та магнітної індукції БТ пацієнта [7] .

З цього випливає розроблена нами узагальнююча структурна схема автоматизованого магнітотерапевтичного апарату що представлена на Рис. 2.

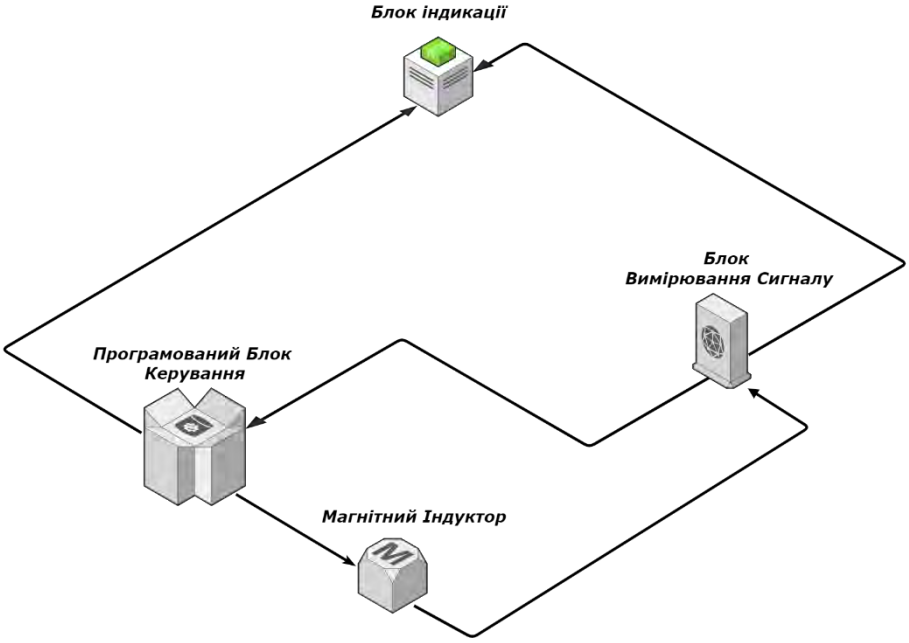


Рисунок 2. Узагальнююча структурна схема автоматизованого магнітотерапевтичного апарату

На схемі можемо виділити 4 основні блоки: Магнітний індуктор (МІ), блок вимірювання сигналу (БВС), програмований блок керування (ПБК), блок індикації (БІ).

Робота АМТА за такою схемою відбувається наступним чином:

1.ПБК встановлює біотропні параметри МП.

2. МІ генерує сигнал МП та здійснює комбінований вплив фізичними полями.

3. БВС вимірює параметри: фізіологічні показники людини, магнітну індукцію пацієнта або апарату магнітотерапії.

4. ПБК оцінює ефективність лікування за змінами фізіологічних показників, часових залежностей, дихання та магнітної індукції.

5. ПБК визначає оптимальні біотропні параметри МП під час лікування.

6. ПБК корегує біотропні параметри МП під час сеансу магнітотерапії.

ВИСНОВОК

Була запропонована розгорнута класифікація та проведено комплекс досліджень та критичний огляд та аналіз автоматизованих магнітотерапевтичних апаратів та принципів їх побудови. Запропонована класифікацію АМТА та ролзроблено й створено узагальнюючу схему на основі новітніх принципів побудови приладів. На даному етапі розвитку технічного прогресу така схема може задати стандарт побудови автоматизованих апаратів магнітотерапії

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Терещенко, М.Ф. Автоматизовані магнітотерапевтичні апарати: монографія / М.Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, В. Ю. Рудик і др. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 274 с.

[2] Олександров Ю. М. Взаємодія фізичних полів з біологічними об’єктами. Частина 2 / Ю. М. Олександров. - Харків: ХНУРЕ, 2007. - 316 с.

[3] Рудик В. Ю. Спосіб адаптивної магнітотерапії / В. Ю. Рудик, М. Ф. Терещенко, Т. О. Рудик // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія : Приладобудування. - 2016. - Вип. 51. - С. 139–144. 5

[4] Боголюбов В.М.http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_all/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=M=&S21COLORTERMS=0&S21STR= Техника и методики проведения физиотерапевтических процедур. Справочник / В. М. Боголюбов. - М.: Медицина, 2011. - 408 с.

[5] Бинги В. Н. Магнитобиология: эксперименты и модели / В. Н. Бинги. - М.: Милта, 2002. - 592 с.

[6] М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, В. Ю. Рудик, Т. О. Рудик, Високоточні джерела змінних магнітних полів : монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 169 с. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/3598

[7] Черепнев И.А. Биологические эффекты при воздействии электромагнитных волн / И.А. Черепнев // Системи управління, навігації та зв’язку. - 2007. - вип. 3. - С. 118 - 124.

Наук. керівник – к.т.н., доц. М. Ф. Терещенко

УДК 615. 471.03

О.Д. Рудий, студент гр. ПБ-01мп, к.т.н., доц. Терещенко М.Ф.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ ГАМА ПРОМЕНЯМИ РЕНТГЕН АПАРАТУ ТА ОЦІНКА КАРТИ ПОГЛИНУТИХ ДОЗ

Анотація Найбільш достовірним методом діагностики внутрішніх органів і систем є рентгенодіагностика. Основними плюсами даного методу є досить короткий час діагностики, доступність, мінімальна ймовірність допустити прийняття лікарем помилкового діагнозу. Протягом останнього десятиліття, а особливо, під час пандемії, середня доза опромінення збільшилася мінімум вдвічі, за даними ВООЗ[1]. Важливим аспектом є те, що медичні установи перейшли на більш досконалі, малодозовані, автоматизовані апарати діагностики з використанням цифрових детектор-приймачів, але середні дози тільки збільшуються. У роботі розглянуто сучасні засади моніторингу рівня опромінення. Використовуючи результати моніто-рингу доз у різних місцях рентгенкабінету, змодельовано та проведено порівняння з отриманими результатами ефективної дози з іонізаційної камери.

Ключові слова: Дозиметрія, рентгенодіагностика, моніторинг доз опромінення

ВСТУП

При проведенні діагностичних або терапевтичних процедур з використанням рентгенапаратури необхідно враховувати і чітко фіксувати дозу опромінення, як пацієнта так і персоналу [2]. Так як гамма промені спрямовані у всі боки, а не тільки за напрямом світлового пучка коліматора, то необхідно точно оцінити рівень опромінення, для створення ефективного захисту рентген лаборантів та пацієнтів [3]. У сучасних рентгенапаратах використовуються іонізаційні камери, які вимірюють ефективну дозу опромінення [4]. Але ми не можемо точно визначити в якому напрямку і який флюенс був створений рентгенівською трубкою. Для визначення рівня опромінення в місцях знаходження лаборанта та пацієнта був розроблений та виготовлений макетий зразок автоматизованої системи моніторингу - приладу з гамма-чутливими детекторами, які встановлювався на площині деки рентгенавського столу (рис.1).

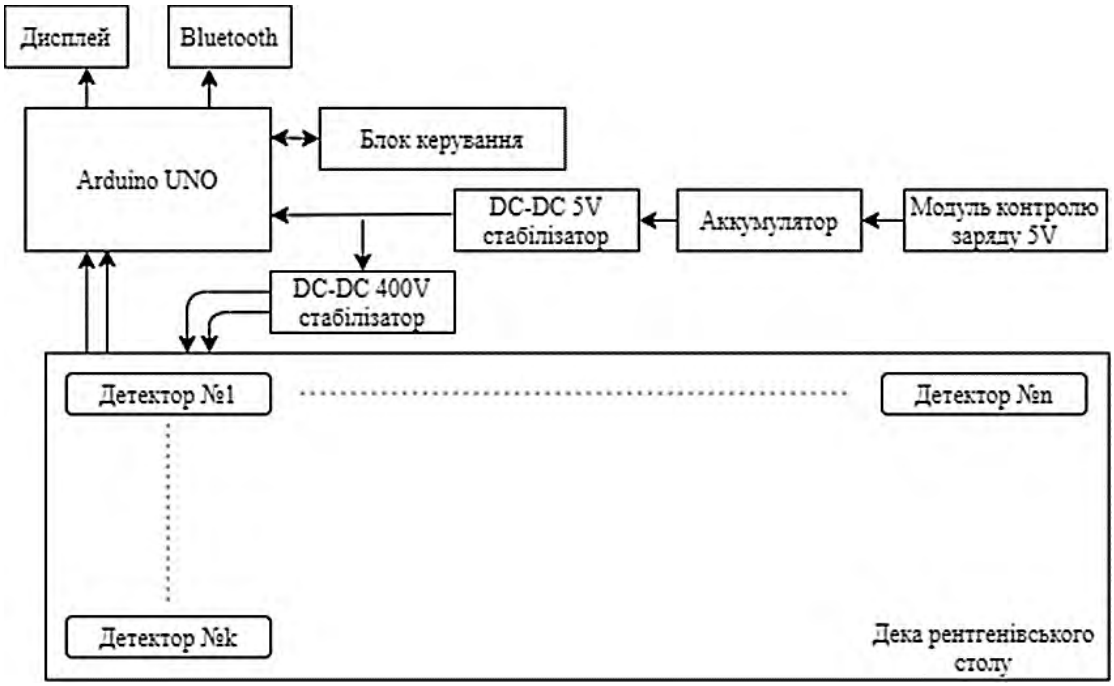


Рисунок 1. Структурно-функціональна схема приладу

ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

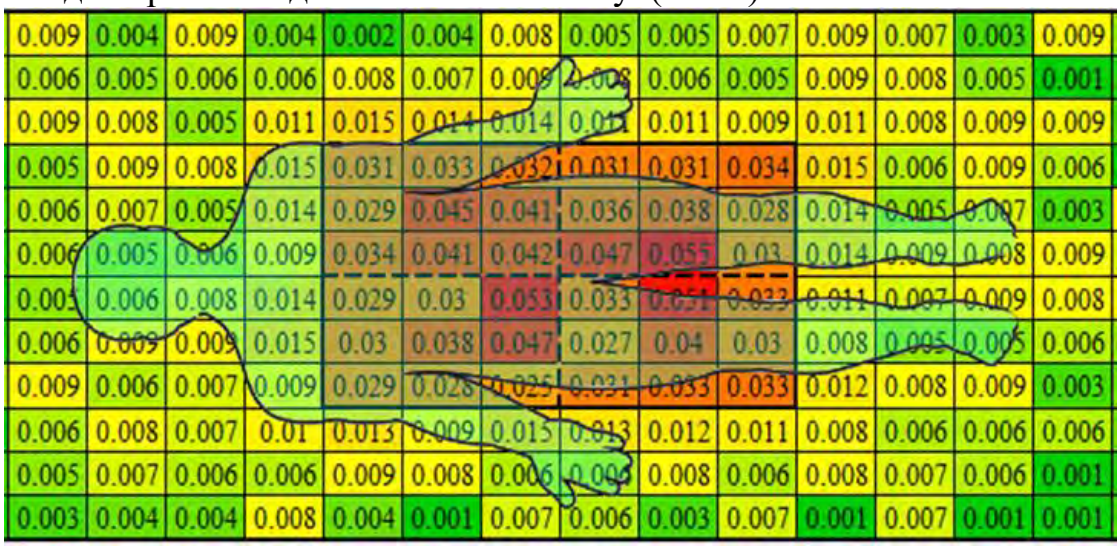
Після проведення калібрування приладу, виконаємо заміри ІВ в реальних умовах лікарні на рентгенодіагностичному апараті IMAX 7700F, що має мінімальну кількість роботочасів та такі основні характеристики:

Рисунок 2. Методика проведення експерименту

- Робоча потужність генератора 56кВт
- Фокусна пляма 1,2/0,6
- Напруга рентгентрубки 40 - 150кВ
- Струм рентгентрубки від 10 до 630мА
- Час експозиції від 1,0 до 10000мс
- Постійний фільтр трубки 0,9Al

Розташуємо прилад в крайньому положенні на деці столу та проведемо серію знімків з переміщенням приладу вздовж деки столу (рис.2). Далі перемістимо детектор перпендикулярно по деці на відстань 10см та проведемо аналогічні зміри. Для налаштування випромінювальної системи було обрано автоматичне налаштування параметрів для діагностики правого передпліччя, а саме напруга трубки 55кВ, струм трубки – 63мА, час експозиції 100мс. Шторки коліматора повністю відкриті, висота трубки над цифровим детектором становила 100см.

Після проведення ряду експериментів було отримано карту доз опромінення поверхнею деки рентгенодіагностичного столу. (Рис.3).



0.009	0.004	0.009	0.004	0.002	0.004	0.008	0.005	0.005	0.007	0.009	0.007	0.003	0.009
0.006	0.005	0.006	0.006	0.008	0.007	0.008	0.008	0.006	0.005	0.009	0.008	0.005	0.001
0.009	0.008	0.005	0.011	0.015	0.014	0.014	0.011	0.011	0.009	0.011	0.008	0.009	0.009
0.005	0.009	0.008	0.015	0.031	0.033	0.032	0.031	0.031	0.034	0.015	0.006	0.009	0.006
0.006	0.007	0.005	0.014	0.029	0.045	0.041	0.036	0.038	0.028	0.014	0.005	0.007	0.003
0.006	0.005	0.006	0.009	0.034	0.041	0.042	0.047	0.055	0.03	0.014	0.009	0.008	0.009
0.005	0.006	0.008	0.014	0.029	0.03	0.053	0.033	0.051	0.033	0.011	0.007	0.009	0.008
0.006	0.009	0.009	0.015	0.03	0.038	0.047	0.027	0.04	0.03	0.008	0.005	0.005	0.006
0.009	0.006	0.007	0.009	0.029	0.028	0.025	0.031	0.033	0.033	0.012	0.008	0.009	0.003
0.006	0.008	0.007	0.01	0.013	0.009	0.015	0.013	0.012	0.011	0.008	0.006	0.006	0.006
0.005	0.007	0.006	0.006	0.009	0.008	0.006	0.009	0.008	0.006	0.008	0.007	0.006	0.001
0.003	0.004	0.004	0.008	0.004	0.001	0.007	0.006	0.003	0.007	0.001	0.007	0.001	0.001

Рисунок 3. Карта поглинутих доз

Отримавши карту з усіма отриманими дозами накладаємо умову-фільтр, що дозволяє візуально виділити участки з явно перевищеними дозами. Саме по центру виявлено прямокутник де рівень опромінення на порядок вищий ніж у іншій частині карти, це є саме область поширення прямих рентгенівських

променів з площини коліматора. Проте важливо оцінити розповсюдження радіаційного випромінювання поза площиною колімованих променів – розсіяне випромінення [5]. Наклавши силует пацієнта бачимо що під такі промені потрапляють життєважливі органи, опромінення зайвий раз яких категорично не рекомендується [6]. Побудуємо об'ємний графік для додаткової оцінки значень доз опромінення (рис. 4).

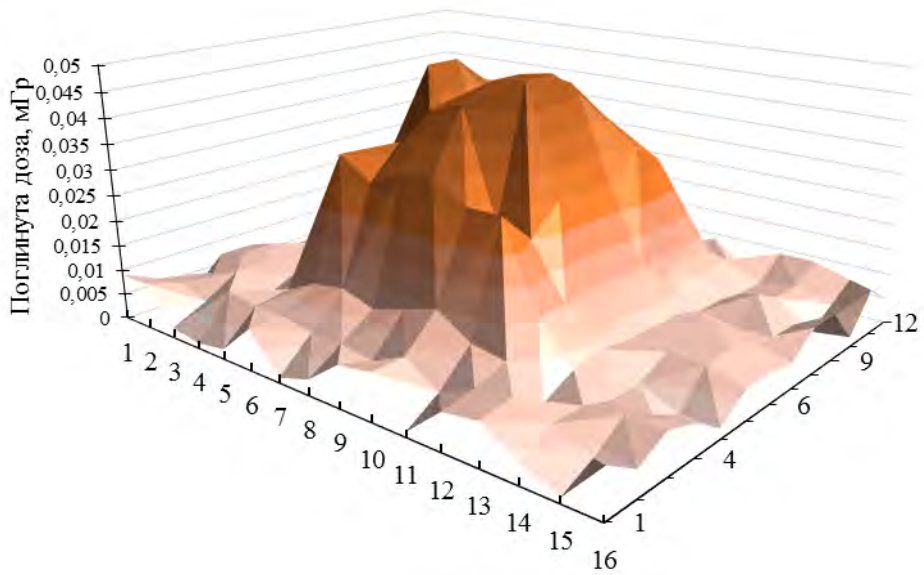


Рисунок 4. Графік доз опромінення по площині деки столу

Виділимо повздовжню ділянку дослідження по центру деки столу для більш детального аналізу.

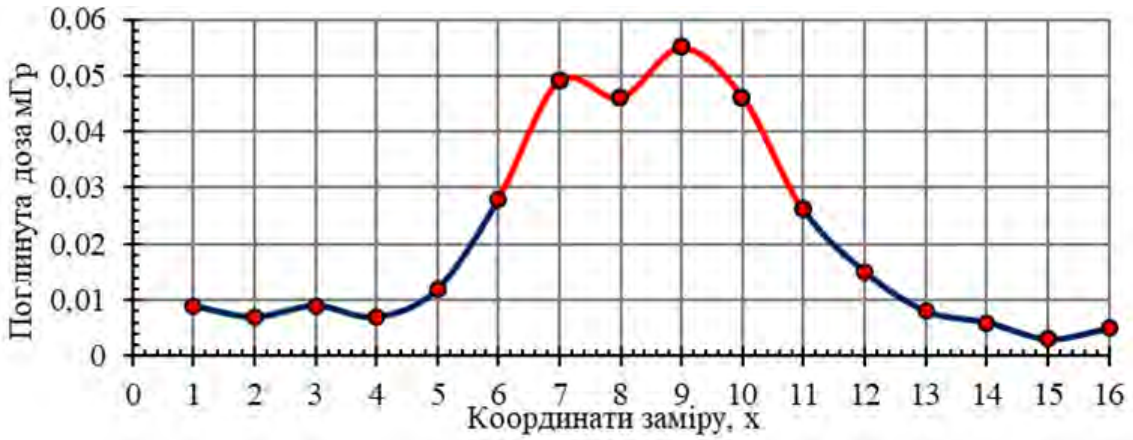


Рис. 5. Заміри в центральній частині деки столу

Як бачимо з графіку вище у центральній частині присутня ділянка з перевищеною дозою опромінення – площина прямих рентгенівських променів – виділено червоним кольором. На ділянці графіку в координатах від 1 до 4 та від 13 до 16 присутні дози опромінення що трохи перевищують природній фон що підтверджує розсіяне опромінення. Проте в координатах переходу від дальніх зон деки до початку площини дослідження присутні місця - переходи, де доза опромінення перевищує норму в декілька разів, хоча в даній області світлове та рентгенівське поле коліматора не розповсюджувалось. Саме через такий ефект

розсіяного випромінювання додатково опромінюються органи які навіть не планувалось досліджуватись та опромінювати відповідно [7]. Прикладом такого не запланованого шкідливого опромінення можна привести - проведення діагностики легень, при якому додатково опромінюється щитоподібна залоза, яка достатньо чутлива до гамма променів, отримує зайве рентгенівське навантаження, що може привести до патологій та іншим шкідливим наслідкам.

ВИСНОВКИ

Вході дослідження поширення рентгенівських променів по площині деки рентгенстолу було проведено моделювання ефективних доз опромінення і всього організму в цілому. Виявлено, що при обстеженні певної частини тіла пацієнта інші органи отримують пасивне опромінення іонізуючим випромінюванням. Якщо знехтувати захистом необстежуваних органів, то в майбутньому можливе виникнення не доброякісних освіт, які можуть призвести і до летальних наслідків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Рудий, О., Терещенко, М. (2021). Оцінка ефективності моніторингу доз опромінення людини при комп'ютерній томографії . Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування, (61(1), 2021р. с. 85–90. https://doi.org/10.20535/1970.61(1).2021.237111

[2] N. F. Tereshchenko, P. A. Usachev, E. Yu. Grigoreva, "Vliyanie ioniziruyuschego izlucheniya na cheloveka i ego ispolzovanie v meditsine", Optiko-elektronnyie informatsiono-energetichnie tehnologii, vol. 17, no. 1(1), pp. 154–159, 2009. (In Russian)

[3] Рудий О.Д. Принципи моніторингу рівня експозиційної дози в рентгендіагностиці / О.Д. Рудий, М.Ф. Терещенко // Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Погляд у майбутнє приладобудування", 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. С.228–232.

[4] Direct measurement of radiation exposure dose to individual organs during diagnostic computed tomography examination //Scientific Reports.–8.– №1,2019.

[5] Radiation Vs. contamination [Електронний ресурс] // Mirion Technologies. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://www.mirion.com/learning-center/radiation-safety-basics/radiation-vs-contamination.

[6] Contamination vs. exposure [Електронний ресурс] // U.S. Department of Health & Human Services. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/contamination.htm.

[7] Тиманюк В.А. Живой организм и электромагнитные поля: Монография / В.А. Тиманюк, Э.А. Ромоданова, Е.Н. Животова. - Харьков: НФаУ «Золотые страницы», 2004. - 260 с.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Терещенко М.Ф.

UDC 57.087

Y.A. Yukhymenko, student gr. PB-82, PhD, Assoc. Prof. Stelmakh N. V.
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

SIMULATION OF AIR FLOW IN VENT CHANNELS OF MEDICAL EQUIPMENT

Abstract. The article considers the problem of measuring the air flow under high pressure in medical equipment, as well as proposed ways to reduce the pressure with the help of designed solutions. The air flow is modeled in Solidwoks Flow Simulation 2017 and the efficiency of the proposed methods of solving the problem is checked.

Keywords: flow turbulence, high air pressure, low air pressure.

INTRODUTION

One of the main problems in measuring the air flow in the vent channels of medical equipment is its turbulence. As air currents begin to swirl and move at a variable speed, the accuracy of measurements of its parameters invariably decreases. This problem especially arises when it is necessary to reduce air pressure by any means. The paper will consider the method of reducing the pressure with a designed solutions in the form of special plugs inside the vent channel, as well as simulate the behavior of air flow during passage through them [1].

INITIAL DATA OF AIR FLOW SIMULATION AND ITS DESCRIPTION

Quite a promising area in the design of medical equipment, which today is very relevant (because of the pandemic COVID19) - is ventilators (artificial lung ventilation). These devices are usually connected to oxygen cylinders, where it oxygen is stored under very high pressure (15-20 MPa), and the device itself is supplied with a pressure of 2-6 Bar (approximately 0.2-0.6 MPa). At the same time, this level of pressure is unacceptable for supply to most sensors of the device, because they are simply not designed for air flows of such power. Moreover, such pressure should not be applied to the patient's airway due to the risk of oxygen oversaturation, as well as mechanical damage to the lungs and airways.

Therefore, the issue of reducing the inlet pressure is relevant, and there are many solutions to this issue. A special design solution was proposed in the work, the essence of which is to install a special fluoroplastic muffler with a certain number of holes in the vent channel. The simulation was performed to test the efficiency and performance of the designed silencers, as well as to compare several options [2].

The first option (model 1) of the muffler design has 5 holes with a diameter of 2 millimeters. The air flow simulation procedure was performed in CAD Solidworks Flow Simulation 2017, and the results are shown in Fig. 1. The input data of the input stream are given in table. 1.

Table. 1 Inlet air flow data

Physical state	Gaseous
Species	Air
Inlet pressure	4,2 Bar = 0,42 MPa
Flow type	Laminar and turbulent
Intensity of turbulence	2%
Air temperature	293 K

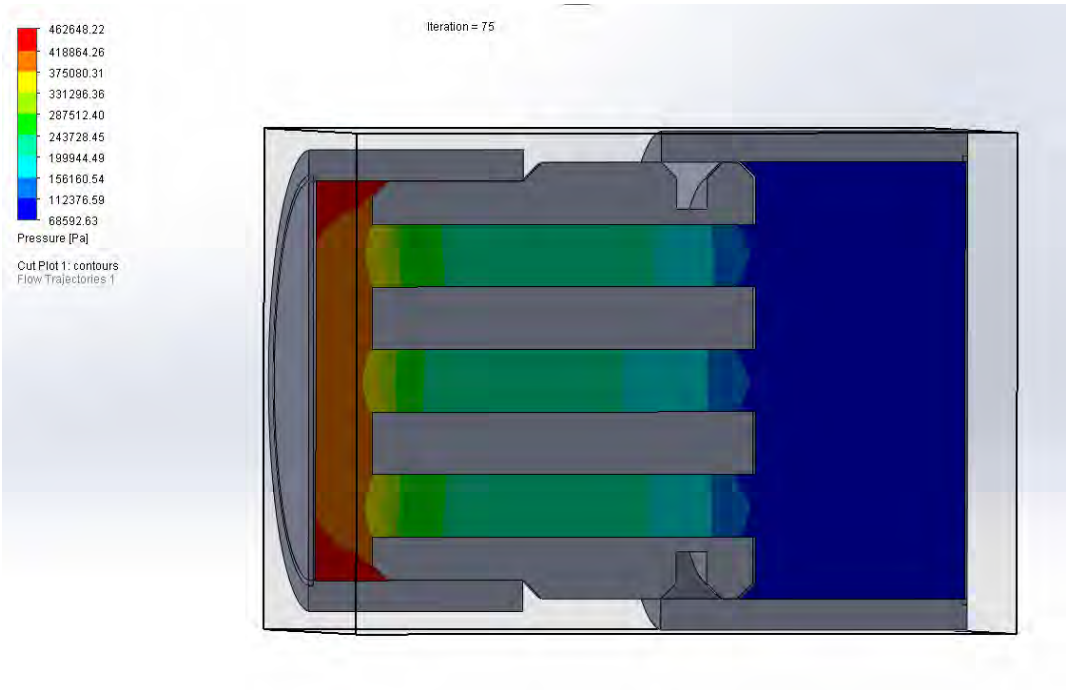
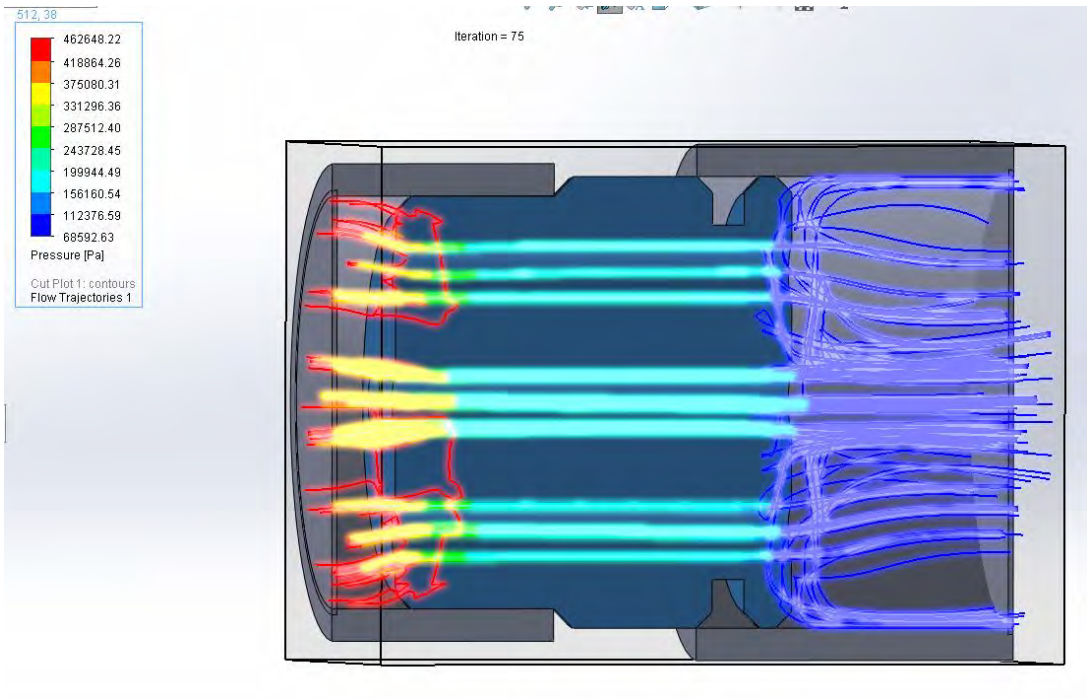


Fig. 1 The results of air flow simulation a) by inlet pressure



b) by direction and intensity of air flow

After analyzing the simulation results (Fig. 1 a) - the outlet pressure is much lower than the inlet. The calculation of the coefficient of pressure reduction is performed by formula (1):

$$\frac{P_{in}}{P_{out}} = \frac{462648}{68592} = 6{,}745 \quad (1)$$

(1) - P_{in} – inlet pressure, P_{out} – outlet pressure.

Also, with the same input data as in table. 1, was simulated the air flow through the muffler of another design (model 2), with the presence of 8 holes with a diameter of 1 mm each one. Also, for possible equalization of the air flow, a groove was made in the shape of a cone at the outlet of the muffler. The three-dimensional model and simulation results can be seen in Fig. 2.

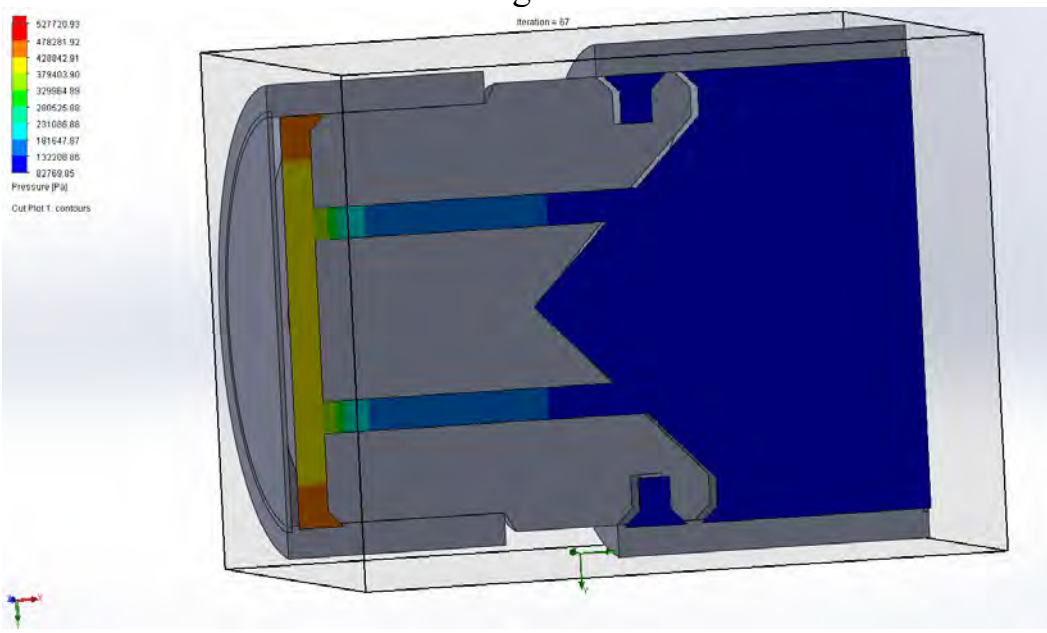
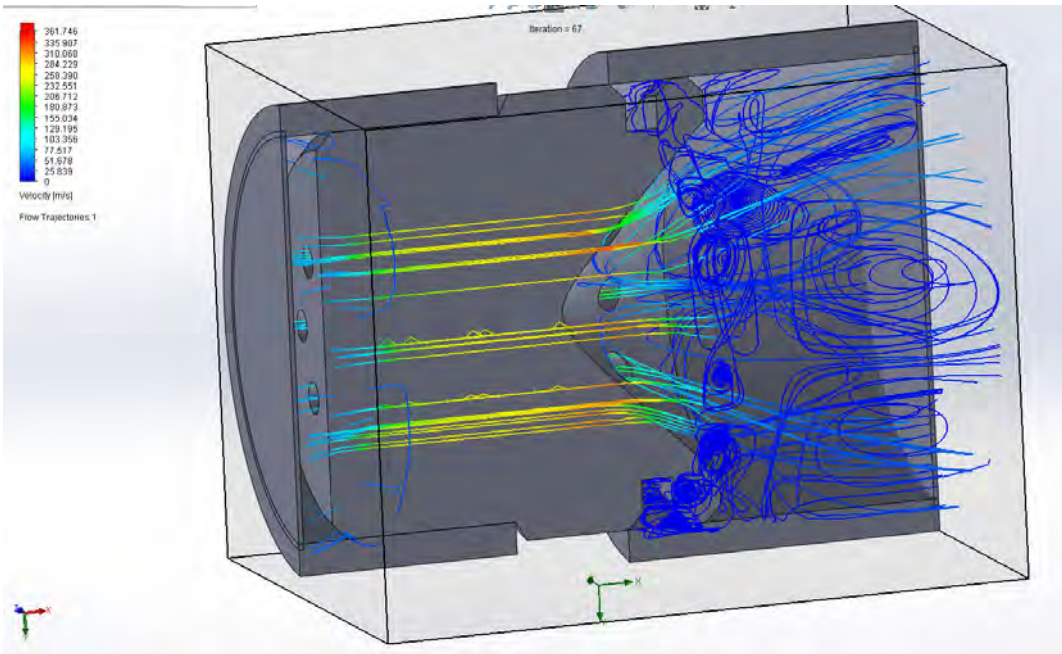


Fig. 2 The results of air flow simulation a) by inlet pressure



b) by direction and intensity of air flow

After analyzing the simulation results (Fig. 2 a)) - the outlet pressure is much lower than the inlet. The calculation of the coefficient of pressure reduction is performed by formula (2):

$$\frac{P_{in}}{P_{out}} = \frac{527720}{82769} = 6{,}37 \quad (2)$$

In (2) - P_{in} – inlet pressure, P_{out} – outlet pressure.

Obviously, the design of the muffler (model 2) is more difficult to manufacture, as it is necessary to drill more holes of smaller diameter, as well as the surface in the form of a cone. At the same time, the coefficients of pressure reduction in it are almost the same as in the design of the muffler model 1.

But its main difference is obvious in fig. 2 p. As already mentioned in the work, the turbulence of the air flow does not allow accurate measurements of its parameters, so it is necessary to bring it as close as possible to the state of laminar, ie, "align" the direction of flow. The fig. 2 b shows the "twist" of the air flow, which indicates its ultra-high turbulence [3]. A possible cause of this effect is a conical surface at the outlet of the muffler, which was designed to further equalize the flow of air. The simulation results proved that this assumption is incorrect, so comparing the two simulated studies, we can conclude that the design of the muffler (model 1) is more appropriate for use because it showed the best result in regulating the turbulence of the exhaust air flow.

CONCLUSIONS

After developing three-dimensional models of mufflers and modeling the air flow using them in Solidworks Flow Simulation 2017, the results of modeling the air flow for two developed models of mufflers with the same parameters of the inlet flow were compared. Therefore, the results obtained indicate that the first variant of the muffler (model 1) is more suitable because it showed a better result in reducing the pressure, while the output air flow was less turbulent than the second option (model 2), in which the air flow is less controlled and unpredictable, and thus the process of measuring its parameters will be complicated.

REFERENCES

[1] Терещенко М.Ф. Біофізика: практикум / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 288 с. ISBN 978-966-622-952-9 http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28227

[2] Юхименко, Ю. А. Моделювання-3D та адитивні технології в сучасній медицині / Ю. А. Юхименко, Н. В. Стельмах // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна : збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського; Центр учбової літератури, 2019. – С. 414–417. – Бібліогр.: 9 назв.

[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 617.313

К.В. Ющенко, студентка гр. ПБ-з01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ СИСТЕМОЮ ЛІКУВАННЯ РАН МЕТОДАМИ ВАКУУМНОЇ АБСОРБЦІЇ

Анотація Проблематика лікування ран в медицині стоїть досить гостро, тому розробка системи вакуумної абсорбції та лікування ран є досить важливою. Найбільшого ефекту такі системи досягають при роботі в автоматизованому режимі. Це дає можливість покращити технічні характеристики автоматизованих систем вакуумної абсорбції та лікування ран (АСВАЛР) та удосконалити алгоритми їх роботи. Використання методів та алгоритмів автоматизації керування АСВАЛР веде до інтенсивного прискорення заживляючої терапії, а процеси лікування ран пришвидшуються.

Ключові слова: автоматизація систем керування, вакуумна абсорбція ран.

ВСТУП

Вакуумна дія розрідженого повітряного середовища в рановій зоні ефективно покращує перебіг лікувального процесу, що призводить до більш швидкого очищення, грануляції дефекту і зменшення розмірів рани [1]. При додаванні до терапії негативним тиском інстиляцій антисептиків підсилюється протизапальний, антиоксидантний ефект, що сприяє більш вираженій регенераторній відповіді [2].

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗОВАННИХ СИСТЕМ

НА даний час найчастіше використовуються наступні напрями розвитку автоматизованих систем вакуумної абсорбції та лікування ран:

- *Програми та оптимальні алгоритмів керування процесами роботи*.

Цей напрям автоматизації апарату полягає у використанні ефективних програм та оптимальних алгоритмів керування процесами його роботи на певних етапах і в кількох режимах, з автоматично заданими параметрами та в комплексній роботі системи, що використовує функції двох впливів - вакуумну терапію та дію антисептичного розчину [3].

На рисунку 1 приведена структурна схема автоматизованої системи вакуумної абсорбції та лікування ран.

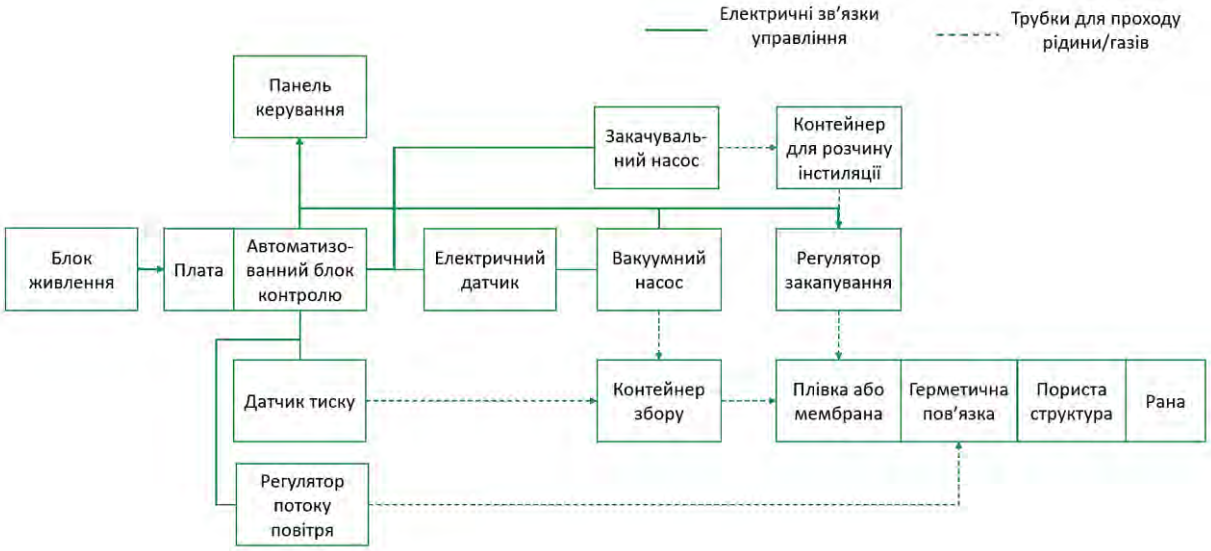


Рисунок 1. Автоматизована система вакуумної абсорбції та лікування ран

Основними складовими АСВАЛР є чотири основні системи: система створення вакуумного стану, в яку входить вакуумний насос, контейнер збору інфільтрату і датчик тиску; система крапельного зрошування в складі – задавального насосу,контейнера для розчину інсталяцій, регулятор закапування з мембранною плівкою і система повітряного осушування в складі регулятора потоку повітря під'єднаного до герметичної пов'язки та система автоматизованого керування в складі плати автоматизованого блоку контролю, з'єднаної з панеллю керування, блоком живлення та регуляторами потоку повітря, вакууму та крапельного зрошування. Зона лікування та очистки ран складається з гідрофобної або гідрофільної губки, яка накладається на рану. Далі герметична пов'язка і плівка. В систему входить вакуумний насос, який висмоктує ексудат із рани. Також є закачувальний насос, контейнер з розчином і регулятор закапування за допомогою цього здійснюється закапування антисептичного засобу на рану. Ексудат і використаний розчин йде в контейнер збору. Також в систему є різні датчики, блок і панель керування [4].

Другий напрям розвитку автоматизованих систем АСВАЛР базується на:

- *Взаємодії роботи АСВАЛР з датчиками контролю процесу заживлення ран*

В системі використовується датчики тиску, вологості, температури та визначення кислотності середовища pH, які надають сигнали в блок керування (БК), а БК в свою чергу управляє всіма автоматизованими електричними блоками системи [5].

Автоматизована система контролює та управляє такими параметрами, як негативний тиск, його значення, час дії етапів лікування рани, об'єм дозованого крапельного розчину. Система працює циклічно, а показники задаються автоматично (рисунок 2) [3].

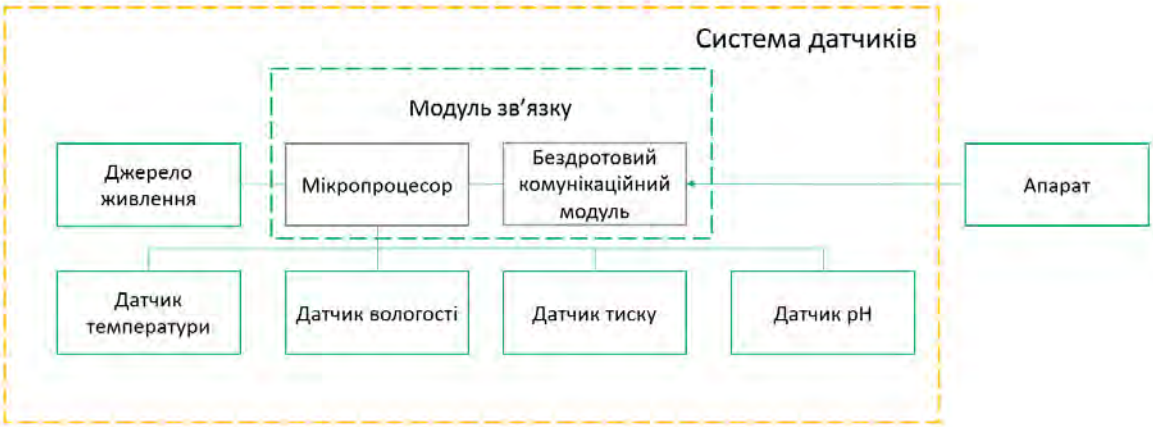


Рисунок 2. Система датчиків автоматизованої роботи

Система перевіряє наявні значення негативного тиску, вологості рани, об'єму розчину, датчики відправляють в блок керування інформацію-сигнал, далі система вирішує, яке приймати рішення (посилювати чи послаблювати тиск, додавати розчин чи переходити до наступного етапу лікування).

Третій напрям розвитку автоматизованих систем АСВАЛР базується на:

• *Створення повнозамкнутої системи управління режимами АСВАЛР з оцінкою всіх результатів загоєння ран*.

Автоматизована система вакуумної абсорбції та лікування ран, використовуючи введення крапельного розчину, є модернізованою технологією вакуумної терапії ран в комплексі з автоматичною подачею антисептичного засобу без зняття пов'язки. Ця система працює в різних режимах: постійний, змінний, комплексний (вакуум разом з інстиляцією) [6].

Максимальний лікарський ефект можна отримати у випадку роботи системи в трьох розмежованих фазах при комплексному режимі (рисунок 3):

1. Інсталяційна фаза (закапування антисептичного засобу на рану)
2. Фаза витримки, під час якої розчин рівномірно розподіляється в рані і знаходиться там заданий час (налаштовується автоматично), поки не надасть лікувального ефекту.
3. Вакуумна фаза (здійснюється висмоктування ексудату: залишків тканин, зайвої рідини, розчину із рани за допомогою вакуумного насосу) [7].

Рисунок 3. Алгоритм роботи системи

Моделювання методу дії АСВАЛР

1) Інсталяційна терапія, відбувається на основі звичайної вакуумної: на рану надходить певна кількість антисептичного засобу за допомогою насосу;
2) Далі лікарський розчин розподіляється по області рани рівномірно та відбувається період витримки засобу під час встановленого часу (вакуум режим на даному етапі відключається);
3) Після завершення фази витримки вмикається вакуумна фаза і розчин вбирається разом із рановими залишками.

Ефекти даної системи порівняно з іншими:

1. Один комплексний апарат, який надає і вакуумну терапію, і вакуумну терапію з інсталяцією.
2. Постійні знезараження рани поміж дією негативного тиску.
3. Економія часу, фінансів, менша кількість перев'язок та ергономічність.
4. Завдяки періодичному закапування лікарського засобу рана завжди зволожена і не пересушується від дії вакууму.

ВИСНОВОК

Можна підбити підсумок, що розглянуті алгоритми керування роботою системи АСВАЛР зручні, і для лікаря, і для пацієнта, бо знижує кількість хворобливих та тривалих перев'язок, завдяки цим алгоритмам автоматизації, процеси терапії комфортні та зручні. Забезпечує безпеку від повторного інфікування та покращується ефективність очищення ран. Тому, на сьогодні, така автоматизована система вакуумної абсорбції та лікування ран є досить ефективною та оптимальною для терапії ранових захворювань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Биохимия: Учебник / Под ред. Е.С. Северина. - 2-е изд., испр. - М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. - 784 с.

[2] Модель тканин, що піддаються терапії негативним тиском [Електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: https://link.springer.com/article/10.1007/s10237-017-0921-7

[3] Сиволап В. Д. Фізіотерапія: підручник для студентів вищих мед. навчальних закладів / В. Д. Сиволап, В. Х. Каленський. – З.: ЗДМУ, 2014. – С. 54.

[4] К. В. Ющенко Автоматизована система вакуумної абсорбції та лікування ран // Ющенко К. В., Терещенко М. Ф. / Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні», 08-09 грудня 2020 р. – Київ, Україна.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. - 2020. – с. 363-365.

[5] Механізм дії терапії ран негативним тиском [Електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: https://www.cureus.com/articles/14925-mechanisms-of-action-of-instillation-and-dwell-negative-pressure-wound-therapy-with-case-reports-of-clinical-applications

[6] Г.С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, А. М. Матвієнко, "Вплив процесів конвекції в рідині на похибку вимірювання теплопровідності методом прямого підігріву термістора", Наукові вісті НТУУ«КПІ», № 4, с.121-130, 2017.

[7] К. В. Ющенко Системи автоматизованого контролю чистоти поверхні ран // Ющенко К. В., Терещенко М. Ф. / Збірник праць XX Міжнародної науково-технічної конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи», 18-19 травня 2021 р. – Київ, Україна.: ПБФ, КПІ. - 2021. – с. 120-123.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Терещенко М.Ф.

Секція 8.
Міжнародне науково-технічне співробітництво в приладобудуванні в умовах індустрії 4.0

UDC 338.012

Ahmadreza Zare, bachelor student, Olena Korohodova, Ph.D., Assoc. Prof.,
Department of International Economics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

THE INFLUENCE OF VUCA CONCEPT AND INDUSTRY 4.0 ON SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN THE INSTRUMENT DESIGN AND ENGINEERING SPHERE

Abstract. A retrospective of VUCA concept development and Industry 4.0 is given. The world trends in the instrument design and engineering sphere are determined. The significance of VUCA strategies for the business strategy formation is highlighted. Especial importance of anticipating changes in global supply chain for the instrument design and engineering sphere with a significant number of innovative products are reflected.

Keywords: Supply chain management, international scientific and technical cooperation, Industry 4.0, VUCA, instrument design and engineering sphere, product development

INTRODUCTION

Instrument design and engineering sphere enterprises are innovative structures that use and create innovative devices. For these companies it is important to operate in the conditions of Industry 4.0, which uses the integration of cyber-physical systems in production processes. VUCA stands for volatility, uncertainty, complexity, and ambiguity, and shows us the ways to be more agile and react faster whenever we face such an environment. The experience of the pandemic and quarantine, and also the chaos which was brought to businesses by this external change, showed the importance of VUCA strategies more clearly. Due to the growth of VUCA challenges in the processes of the modern globalized world, in particular, in the conditions of pandemic crisis, it is important to note the peculiarities of their impact on the global supply chains of instrumentation enterprises.

ARTICLE GOALS

The purpose of the study is to identify and review trends in the impact of Industry 4.0 and the VUCA concept on the activities of companies in the instrumentation field.

RESULTS OF RESEARCH

Warren Bennis and Burt Nanus introduced VUCA as a concept to the world in 1985. This concept and its features were used in their book titled “Leaders”, and described how to face the external changes which can happen to the environment of our company or projects [1]. Waltraud Gläser noted that about 5 years later, this idea and the decision-making strategy related to it, were used by the US military after the collapse of the USSR. The military was using VUCA strategies and made it grow in their plans and thoughts. The uncertain situations in the military also called “fog of war” were always a challenge, and a lot of different methods were used to solve such difficulties [1]. 9/11 terrorist attacks and also the financial crisis in 2008 are examples that showed how businesses may face sudden external changes and encouraged a better understanding of VUCA strategies and how to deal with a VUCA world.

One of the main sectors which suffered a lot from this pandemic was supply chain management. The quarantine and the instability started in China about 2 years ago. However, even in time of returning to ordinary life and trying to manage this pandemic, problems still exist, and the supply chain system seems to be unbalanced still. The segmentation of the manufacturing process into tasks that imply different factorial

content and the employment of workers of varying degrees of qualification, as well as the subsequent geographic relocation of these activities, have configured hierarchical operations in which the national industries are inserted in a differentiated way.

In this process, the main actors are the coordinating entities of global value chains, generally the headquarters of large transnational companies, responsible for maximizing the profitability of the chain as a whole. Consequently, they are also responsible for the direction and coordination of a wide variety of productive activities carried out in different locations [2]. The prediction of demands became harder in the pandemic times and there are a lot of problems and uncertainty in production and supplying these demands with coordinating entities of global value chains. Suez canal obstruction is another example of VUCA world and how an overloaded ship forced supply chain companies to have at least a month of rescheduling and also hindered about 10 billion dollars worth of trade to be delivered on time.

Predicting these changes is especially important for the instrument design and engineering sphere where a significant number of innovative products are developed and used. Unlike the traditional product development model, where novelties and marketing activities are parallel processes, leading companies today use models that consider the features of product development and marketing as one element [3].

The phrase 'Supply Chain Management' was originally coined by Keith Oliver in 1982 and subsequently gained increasing popularity as its usage proliferated in books and language [4]. Like any other system and aspect of the businesses, the supply chain has to adjust with new trends and fast-paced changes, also continuously external distractions increase uncertainty and chances of having a failure in business planning.

Optimizing and analyzing is a vital part of supply chain management. To keep the supply chain working as planned and also efficiently, it is necessary to obtain agility and readiness in case of an interruption. Different threats around the world and unstoppable changes, which are getting more fast-paced, such as political issues between China and USA, and also some examples mentioned above, are pushing supply chain managers to reconsider their globalization market strategies. One of the responses to this challenge, which is closer to a VUCA world than ever, is to focus more on Just-in-time planning and a regionalized plan in the supply chain instead of globalization. This idea can reduce costs and also make businesses more agile, in case of a crisis. Businesses are now forced to make multiple plans, and get ready for any external changes. In this time, data collecting and also updating the system to an Industry 4.0 version seems essential.

Big data can give the companies and businesses a better vision and understanding which can make a meaningful change in supply chain management. Having a better insight in time of decision-making is one of the most important goals of each manager and the innovations they try to adopt. Supply chain management doesn't yet have the structure and motivation to update, however in the VUCA world big data analysis can be the solution to a lot of problems and also worth investing in, and gain a powerful competitive advantage. With this analysis, managers can have a better strategy, and also make their operation and inventory more efficient.

With big data analysis, the understanding of customers' behaviour can improve. At the same time, there can be much better forecasting of the balance between supply

and demand which can help to reduce the costs of inventory and even redefine inventory planning. This information can reduce risk and eliminate some of the possible bugs in the companies' plans, such as information about weather conditions or the most effective distribution system. Also some functions like temperature control for sensitive products or real-time tracking can be accessible with big data analysis in supply chain management. Another function which can help the companies to become more agile is 3D printing [5]. This method of production can decrease the costs of logistics and inventories. Their digital information can also be helpful for big data analysis and supply that function with better data sources.

The operation and production will be less time-consuming and 3D printing can help batch production as well as project production, which is beneficial for both small and big businesses around the world. The reduction of need for moving the products can significantly decrease the costs of logistics, and this change can be helpful for the environment as well. The most beneficial point of 3D printing can be lower costs for the finished goods which can give the companies a competitive advantage in terms of pricing the products.

CONCLUSIONS

A better understanding of changes in demands and fast-moving trends can be achieved better by using new technologies, which shows the value of artificial intelligence in a VUCA world, and help managers to get a chance of having a better decision-making process. A prospective direction of further research is the peculiarities of intellectual property relations in the sphere of instrument design and engineering in the conditions of the Fourth Industrial Revolution and implementation of certain aspects in Ukrainian legislation.

REFERENCES

[1] Waltraud Gläser. Where does the term "VUCA" come from? 9 November 2021. vuca world: веб-сайт https://www.vuca-world.org/where-does-the-term-vuca-come-from/ (дата звернення: 12.11.2021)

[2] Raúl Vázquez López. Evaluación de la competitividad internacional en el contexto global actual: un análisis input-output para el sector industrial. Revista Galega de Economía 2021, 30 (4), 7432. DOI: http://dx.doi.org/10.15304/rge.30.4.7432 (дата звернення: 12.11.2021)

[3] Olena Korohodova. Transnational Companies` Product Development In Industry 4.0. № 18 (2021): Економічний вісник НТУУ КПІ. 2021. DOI: https://doi.org/10.20535/2307-5651.18.2021.231168 (дата звернення: 12.11.2021)

[4] Stephen DeAngelis. Supply Chain Management in a VUCA World. February 20, 2019. Enterrasolutions: website. https://enterrasolutions.com/blog/supply-chain-management-in-a-vuca-world/ (дата звернення: 12.11.2021)

[5] Вплив Індустрії 4.0 на інвестиційну діяльність транснаціональних корпорацій. Н. О. Черненко, О. О. Корогодова, Т. Є. Моісеєнко, Я. І. Глущенко. Scientific Horizons, 2020, Vol. 23, No. 10 DOI: https://doi.org/10.48077/scihor.23(10).2020.68-77 (дата звернення: 12.11.2021).

UDC 338.012

Olena Korohodova, Ph.D., Assoc. Prof., Katerina Petrenko, Ph.D., Assoc. Prof.,
Department of International Economics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

INSTRUMENTATION COMPANIES IN INDUSTRY 4.0

Abstract. The article considers the principles of the activity of instrumentation companies in the conditions of Fourth Industrial Revolution. The main peculiarities related to the development of Industry 4.0 are given. The main tendencies of the instrumentation branch functioning in conditions of uncertainty and risks are highlighted. The advantages of cooperation between startups and instrumentation companies are identified.

Keywords: Industry 4.0, multinationals, product development, instrumentation companies, startups, The Next Normal

INTRODUCTION

The modern world has faced many challenges in the economy as a whole. “The Next Normal” economy is changing entire industries, patterns of consumer behavior and organization of business models. The transition to online regime is becoming a long-term trend, just as the remote mode of operation for certain activities. The demand for information and innovative technologies, which were previously an integral part of modern life, has increased significantly in this period.

The impact of Industry 4.0 on the management processes of instrumentation companies today can hardly be overestimated. The Fourth industrial revolution poses new challenges to Ukrainian enterprises, which at the same time are prospects for development and opportunities. The use of modern technologies is a necessary condition for existing in emergent development, which is quite possible for Ukraine. Nowadays leading instrumentation companies are creating innovations in Industry 4.0. That is why such opportunities should be used in instrumentation enterprises in Ukraine.

ARTICLE GOALS

The overarching purpose of the study is to analyse the modern trends in the activity of instrumentation companies in the context of transformation of scientific and innovation relations at the global economic market under Industry 4.0 impact.

RESULTS AND METHODS OF RESEARCH

In the context of globalization and Industry 4.0, instrumentation companies face many tasks in addition to the main activities, such as improving infrastructure and logistics systems, using equipment and technologies of well-known brands, and providing qualified personnel who can work with new technologies and equipment [1].

It should also be noted that Industry 4.0 and digitalization have affected not only instrumentation companies operating exclusively in foreign markets. Changes have occured in the attitude to the quality of goods both inside and outside the country, they have in turn led to changes in the positioning of domestic products and shifted the emphasis in marketing policy and communication.

In the process of studying the activities of instrumentation companies, it is necessary to take into consideration the peculiarities related to the development of Industry 4.0. Industry 4.0 is based on the mass introduction of cyber physical systems in production and maintenance of human needs. According to forecasts, [2] the world revenue from the artificial intelligence market will reach 190 billion US dollars by 2025. The use of digital information technologies allows to automate complex

processes of production management and the service sector to increase the level of product quality control. A significant number of innovative achievements are created and used at instrumentation companies.

Based on the analysis of industries and services, S. Voitko identifies and classifies segments that are directly related to the instrumentation of Ukraine in the business model Industry 4.0: Smart Devices, Internet of Things, Industrial Internet of Things, M2M, Advanced Process Control, ICS/PCS/ACS, Manufacturing Execution System, CAD/CAM/CAE, Additive Manufacturing and 3D Printing, Augmented Reality, Big Data, automated system of commercial accounting electricity, automated operational control system [3].

Each of these processes are relatively similar, however, they each have different functions. As Liu sh. noted in [4] Robotic process automation (RPA) examines large volumes of data from software processes and translates them to potential triggers for new actions, responses, and communication with other systems. RPA is typically associated with software robots or “bots” that handle repetitive rule-based digital tasks. On the other hand, intelligent process automation (IPA) allows for business functions that are automatically enabled, that allows the robots to learn from performing their tasks. IPA is therefore, more “smart” and more flexible since it is not rule-driven. The “smartest” of these is artificial intelligence (AI) operations. AI operations simulates human thought processes across the enterprise operations, without manual intervention like with RPA and IPA, and involves self-learning systems more advanced than IPA [4]. In 2021, it is estimated that 10.9 billion U.S. dollars will be spent on intelligent process automation (IPA). While in that same year, robotic process automation (RPA) and artificial intelligence (AI) business operations are expected to have less spending overall with 5.4 and 4 billion U.S. dollars, respectively. However, by 2023, RPA and AI business operations are expected to gain significant traction [4].

Fundamentally new means of production and technologies are being created, and diagnostic tools are being improved [5]. Having access to Big Data, instrumentation companies can increase the quality of management decisions. According to forecasts, revenue from Big Data and business intelligence, for the first time, will reach the mark of 274.3 billion US dollars by 2022 [2].

However, the Fourth Industrial Revolution is also a global transformation that does not occur all over the world simultaneously [5]. Leaders usually appear in industries and countries that bear the greatest risks and costs for the initial development of a new technological cycle, and they also receive the maximum level of innovative profit. According to research conducted by S. Voitko, the leaders of Industry 4.0 today are the United States, Germany, Japan, France, China, South Korea, and the Netherlands [6]. The path of innovation is picked up, industries and countries where it takes place are developing "Copying" existing technologies, which is related to less risk, but also brings less when booting. Underdeveloped countries do not have the resources to master new technologies, and use the outdated generation of technology [5].

CONCLUSIONS

Thus, the traditional way of conducting innovative activities requires significant financial resources and provides the opportunity to make a digital breakthrough only in the long term. In contrast, interaction with startups requires less financial resources,

and innovation is possible in a shorter time.

Analysis of conducting innovative activities methods by interacting with startups has shown that multinationals actively interacting with startups have higher positions in the Forbes Global 500 ranking [7, 8]. In addition, USA as the Industry 4.0 leader has the largest number of startups, specifically 69,600 units [9]. Therefore, the effectiveness of innovative activities of instrumentation companies in the context of Industry 4.0 largely depends on alternative ways of conducting innovative activities, in particular, in cooperation with startups.

REFERENCES

[1] Петренко К. В., Микитюк О. П. Вплив трансферту технологій на розвиток постковідної економіки. Створення, охорона, захист і комерціалізація об'єктів права інтелектуальної власності: матеріали IV Всеукр. наук.-практ. конф., 22 квіт. 2021. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 185 с.

[2] Liu, Sh. (2020). Artificial Intelligence (AI) worldwide. Statistics & Facts: веб-сайт. URL: https://www.statista.com/topics/3104/artificialintelligence-ai-worldwide/ (дата звернення: 12.11.2021).

[3] Войтко С. В. Бізнес-модель Індустрії-4.0 у розвитку приладобудування України. Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні: матеріали XIV Всеукр. наук.-практ. конф., 4-5 груд. 2018. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ. С. 324–327. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/26370/3/%D0%95%D0% 86%D0%A0%D0%9F_2018-Page324-327.pdf (дата звернення: 12.11.2021).

[4] [Liu, Sh. (2021) Spending on automation and AI business operations worldwide 2016-2023, by segment. Statistics & Facts: веб-сайт. https://www.statista.com/statistics/740436/worldwide-robotic-process-automation-artificial-intelligence-spending-by-segment/ (дата звернення: 12.11.2021).

[5] Вплив індустрії 4.0 на інвестиційну діяльність транснаціональних корпорацій / Черненко Н. О., Корогодова О. О., Моісеєнко Т. Є., Глущенко Я. І. Scientific Horizons, 2020. Vol. 23, No. 10. DOI: https://doi.org/10.48077/scihor.23(10).2020.68-77 (дата звернення: 12.11.2021).

[6] Voitko, S. V., Gavrish, O. A., Zgurovsky, O. M. (2018). Quality of public regulation, effectiveness of government or a Marshall plan on the path of a country to Industry-4.0. Economic Bulletin of NTUU "KPI", 15. p. 7-18.

[7] Бердичевська М., Петренко К. Шляхи підвищення ефективності проведення інноваційної діяльності транснаціональними корпораціями. Підприємництво та інновації, (11-1), 18-23. https://doi.org/10.37320/2415-3583/11.3 (дата звернення: 12.11.2021).

[8] Olena Korohodova, Kateryna Onopriienko, Daniela V. Kuzhel. The interaction of transnational corporations with startups in Industry 4.0. Економічний вісник НТУУ КПІ № 17 (2020). DOI: https://doi.org/10.20535/2307-5651.17.2020.216393 (дата звернення: 12.11.2021).

[9] Countries. Startup Rankings: веб-сайт. URL: https://www.startupranking.com/countries (дата звернення: 12.11.2021).

УДК 331.108.26

І. М. Грінько, к.е.н., доцент
Кафедра міжнародної економіки, КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ТЕХНІЧНИХ ЕКСПЕРТІВ З ІНДУСТРІЇ 4.0 В УКРАЇНІ, ВРАХОВУЮЧИ СВІТОВИЙ ДОСВІД

Анотація. У статті розглянуто функціональні обов'язки технічних експертів з Індустрії 4.0. Систематизовано пріоритетні інструменти та інституції Індустрії 4.0, які має враховувати Національна економічна Стратегія 2030. Обґрунтовано важливість топ п'ять інструментів, один з яких стосується програми підготовки та розгортання мережі експертів з Індустрії 4.0. Розглянуто навички та компетенції якими мають володіти технічні експерти Центрів 4.0 в Україні враховуючи світовий досвід їхніх колег. Обґрунтовано важливість підготовки кадрів та необхідність просвіти ринку завдяки розширенню мережі Центрів Індустрії 4.0. Встановлено, що ефективність роботи експертів залежить від їх мотивації праці. Тому, розглянуто систему мотивації технічних експертів запропоновану розробниками АППАУ, яка враховує світовий досвід в розвитку Індустрії 4.0.

Ключові слова: Індустрія 4.0, ефективність роботи, технічні експерти, Центри 4.0.

ВСТУП

Ефективність роботи технічних експертів, у тому числі залучення університетських експертів до проєктів розвитку Індустрії 4.0 є досить актуальною темою. Про це свідчить три основні проблеми розвитку Індустрії 4.0: низький рівень освіти та просвіти промислових малих та середніх підприємств (далі – МСП); технологічний брокеридж в питаннях інноваційного та цифрового розвитку; участь в policy–making у питаннях цифрових інновацій та підготовки кадрів. Низку зазначених проблемних питань можна вирішити саме завдяки залученню кваліфікованих експертів в Центри Індустрії 4.0.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Ефективності роботи експертів і їх взаємодії у командній роботі присвячено чимало праць науковцями та практиками. Серед них варто виділити праці [1; 2; 3], а роботу Центрів 4.0 регламентовано українським законодавством у Постанові Кабінету Міністрів України [4].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Командна робота експертів з Індустрії 4.0 (І4.0) має бути націлена на взаємодію пріоритетних інструментів та інституцій Індустрії 4.0. Українські розробники Національної економічної Стратегії 2030 виробили ключові пріоритетні інструменти та інституції Індустрії 4.0 застосовуючи три критерії вибору – це швидкість імплементації, потреба в капіталі та потреба у кваліфікованому ресурсі [2]. До пріоритетних інструментів розробниками було віднесено топ п'ять цільових інструментів, таких як [2]:

1. стимулювання замовників до переходу на Індустрію 4.0;
2. сучасні лабораторії (test beds) Індустрії 4.0;
3. програми підтримки українських інноваторів-експортерів Індустрії 4.0;
4. акселератори Індустрії 4.0 (національні, галузеві, регіональні);
5. програми підготовки та розгортання мережі експертів Індустрії 4.0.

Робота експертних команд має ґрунтуватися та бути націленою на взаємодію цих п'яти інструментів. Варто зауважити, що задіяння технічних експертів у розвитку Індустрії 4.0, їх підготовка має стати вагомим ключовим

інструментом завдяки якому буде досягатися ефективність інших чотирьох інструментів разом із взаємодією інституцій.

Аналіз світового досвіду у розвитку Індустрії 4.0 свідчить, що цей стратегічний напрям керується та управляється зокрема державою. Тому, до трьох топ інституцій Індустрії 4.0 в Україні розробниками було віднесено: Державну агенцію та виділений департамент Індустрії 4.0; кластери ІАМ (Інжиніринг–Автоматизація–Машинобудування) та інші недержавні інституції (як бізнес-об'єднання промислових хайтек); мережа Центрів 4.0, підтримується державою у виданих нормативно-правових документах (зокрема, наприклад у Постанові Кабінету Міністрів України № 750 від 21 липня 2021 р. «Щодо сприяння впровадженню технологічного підходу "Індустрія 4.0" в Україні» [4]). Завдяки розширенню мережі Центрів Індустрії 4.0 вирішуються завдання підготовки кадрів та просвіти ринку. Звісно, жодна інституція чи інструмент не можуть ефективно працювати по одному. Потрібно досягти їхньої взаємодії.

Досвід України свідчить про формування експертних команд з профільними фахівцями, головна ціль яких спрямована на реалізацію проектів, які стосуються змін. Приклад цього, є проєкт BOWI до виконання якого залучені експерти з КПІ ім. Ігоря Сікорського та менеджери Асоціація «підприємств промислової автоматизації України» (далі – АППАУ). Робота експертів націлена на розвиток екосистеми, налагодженні функцій фандрейзингу, залученні та навчанні фахівців з МСП, розвиток трансферу технологій тощо. Для виконання функціональних обов'язків команди експертів створюються Центри 4.0 (виділена структура) при університетах. Створення Центрів 4.0 в Україні регламентується прийнятою постановою Кабінету Міністрів України [4]. Погоджуємося з думкою практиків-фахівців АППАУ, що без залучених «інвестицій у виділений ресурс в окремій структурі й на рівні всього університету ніякий інноваційний розвиток в І4.0 неможливий». Про це мають пам'ятати керівники Центрів 4.0 при університетах, так як відсутність інвестицій для ефективної налагодженої роботи центрів у деяких університетах, стало однією з помилок у заснуванні таких центрів розпочинаючи з 2018 року.

Експерти з Індустрії 4.0, які входять до Центрів 4.0 мають володіти певним арсеналом навичок та компетенцій [1]:

1. в обґрунтуванні пропозицій цінності для ринку – це спроможність та навички викладати свої напрацювання публічно й у вигляді пакетів послуг для ринку, здійснювати опис існуючих розробок для МСП у вигляді кейс-стаді;
2. у сфері фандрейзингу для МСП експерти з Індустрії 4.0 мають бути компетентними у роз'ясненнях деталей відкритих колів за темами Індустрії 4.0 на вебінарах та семінарах, інших просвітніх заходах, консультуванні керівників та фахівців МСП щодо їх можливого входження (або не входження) в той чи інший проєкт;
3. в сфері просвіти ринку експерти повинні володіти навичками: написання аналітичних та лікнепівських статей, переклади популярних публікацій з англійської тощо, проведення просвітніх вебінарів та тренінгів по технологіям 4.0;
4. в промоції бути компетентними у просуванні своїх розробок та послуг в спільнотах, в тому числі в онлайн;
5. в екосистемній колаборації: активна взаємодія експертів з ринковими учасниками у сформованих та нових робочих групах (Asset Performance

Management, CAD/CAM/CAE – PLM/PDM, A.I., Robotics, IIoT). [1]

ВИСНОВКИ

Виконання вказаних функціональних обов'язків експертами командної роботи в Індустрії 4.0 потребує володіння ними певними навичками, досвідом, компетенціями. Але, варто зауважити, що ефективна командна робота експертів грунтується також на відповідній мотивації. Виконавча дирекція АППАУ розробило для експертів ряд стимулюючих інструментів [1]. Система мотивації технічних експертів з Індустрії 4.0 має базуватися на зазначених складових.

Професійному розвитку та навчанні (професійне зростання, обмін досвідом, участь в тренінгах, участь у грантових заявках на навчання експертів Центрів 4.0). Наприклад, участь в конференціях таких як Європейська конференція Asset Performance 4.0.

- Визнанні експертності завдяки надання відповідного статусу технічному експерту (наприклад, статус «Експерт Індустрії 4.0»). Такий статус не може бути постійним, так як в разі відсутності активності у роботі експерта наданий статус може знятися.
- Просування через майданчики проекту та АППАУ. Участь у таких майданчиках дозволяє експертам долучатися до проектів та промоційних заходів і отримувати додаткові контакти та налагоджувати співпрацю з потенційними клієнтами їх послуг. До таких майданчиків відносяться міжнародні платформи, спільноти I4MS. Відповідно, можна пропонувати свої технічні сервіси та пропозиції на ринку.
- Включення експертів для консультацій учасників проєктів з МСП (звісно включно з фінансовим стимулюванням).
- Включення технічних експертів у наступні грантові та комерційні проєкти. За результатами діяльності у програмах та проектах кращі експерти можуть бути рекомендовані до включення їх у склад команди щодо виконання наступних проєктів з Індустрії 4.0.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Технічні експерти з університетів – як покращити рівень навичок та мотивацію? / Асоціація «підприємств промислової автоматизації України», 2021. URL: https://appau.org.ua/info/tehnichni-eksperty-z-universytetiv-instrumenty-motyvatsiyi/ (Дата звернення: 21.11.2021 р.).

[2] Пріоритетні інструменти та інституції Індустрії 4.0 / Пропозиції для Національної економічної Стратегії 2030 / INDUSTRY4UKRAINE, 2021. URL: https://www.industry4ukraine.net/bez-kategoriyi-uk/priorytetni-instrumenty-ta-instytucziyi-industriyi-4-0/ (Дата звернення: 21.11.2021 р.).

[3] Smart Manufacturing Leadership Coalition. Accessed April 25, 2018. URL: https://www.smartmanufacturingcoalition.org/ (Дата звернення: 21.11.2021 р.).

[4] Щодо сприяння впровадженню технологічного підходу "Індустрія 4.0" в Україні / Постанова Кабінету Міністрів України № 750 від 21 липня 2021 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/750-2021-п#Text

УДК 330.342:339.9

Ю.Г. Кравчук, студентка гр. УС-01мп, д.е.н., проф. Войтко С.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РЕАЛІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЙ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0 В МІЖНАРОДНІЙ ЕКОНОМІЦІ

Анотація. У статті розглянуто тенденції розвитку технологій Індустрії 4.0. Так, визначено, що найбільш поширеними технологіями є Інтернет Речей, роботи. 3D друк, доповнена та віртуальна реальність. За оцінками всі технології Індустрії 4.0 будуть лише зростати. Також досліджено конкурентні стратегії країн світу. Визначено, що розвинені країни світу вже давно розглядають технології Індустрії 4.0 як інструмент отримання економічних вигод. Україна ж ще не окреслила ключові аспекти цифровізації, цифрових технологій в законодавчих актах, а також, не прийняла стратегію розвитку Індустрії 4.0. Було розглянуто ключові бар'єри, що перешкоджають розвиткові новітніх технологій в Україні, а також надо шляхи вирішення даних проблем.

Ключові слова: конкурентоспроможність, конкурентна стратегія, технології, Індустрія 4.0, цифровізація

ВСТУП

Конкурентоспроможність національної економіки – це одна з найважливіших і в одночас найбільш складних економічних категорій. Вона визначає спроможність країни забезпечувати стійкий економічний розвиток в умовах безперервної боротьби з іншими країнами світу за кращі умови виробництва, збуту та за наявних у країни ресурсів.

З кожним новим днем зв'являються певні нововведення, інновації. Так, нині існує тренд на розвиток технологій Індустрії 4.0, їх імплементацію у виробничі процеси, визначення їх переваг на державному рівні та ін. До технологій Індустрії 4.0 відносять Інтернет Речей, хмарні технології, адитивне виробництво, доповнена та віртуальна реальність, Великі дані, 3D-друк, кіберфізичні системи, роботи та ін.

ПОПУЛЯРИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0 У СВІТІ

Зараз активно розвивається ринок робототехніки. На рис. 1 наведено кількість встановлених роботів з 2009 по 2019 роки [1].

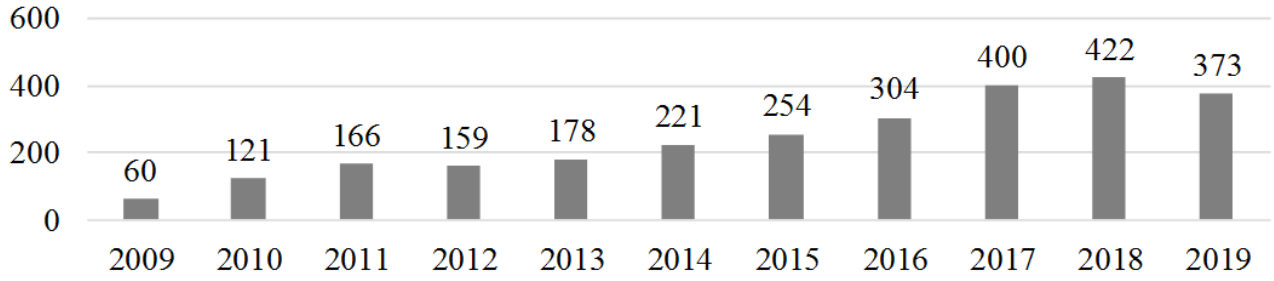


Рисунок 1. Кількість встановлених промислових роботів у світі, тис. од.

З рис. 1 видно, що ринок робототехніки активно розвивається і активно нарощує кількість вироблених та встановлених роботів. Лише у 2019 році відбулось зниження кількості встановлених роботів на 12%, проте продажі роботів все ж залишаються на високому рівні. Найбільше роботів у 2019 було продано у Китаї (140,5 тис од.), Японії (49,9 тис од.), США (33,3 тис од.), Південній Кореї (27,9 тис од.) та Німеччині (20,5 тис од.).

Також варто відмітити зростаючий попит на підключення до Інтернету речей (рис. 2) [2].

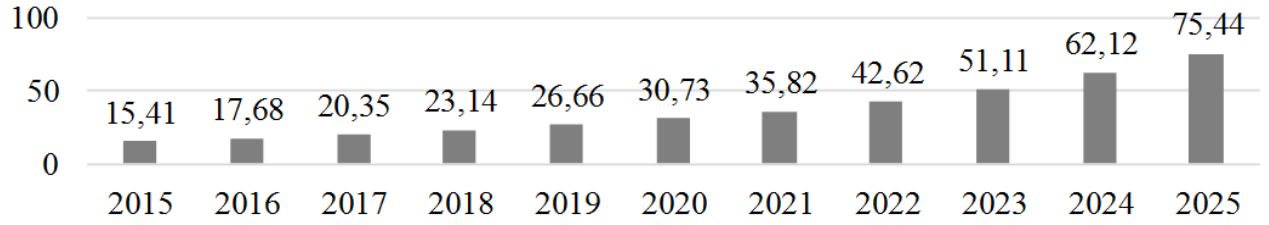


Рисунок 2. Пристрої, підключені до Інтернету речей (IoT), встановлені по всьому світу з 2015 по 2025 рік, млрд. од.

Так, до Інтернету Речей може бути підключений будь-який гаджет, наприклад, смартфон, ноутбук, розумний годинник, транспортний засіб та ін. Згідно з даними, у 2020 році (на планеті налічується 7,8 млрд ос.), кожна людина на планеті в середньому має 4 гаджети підключені до Інтеренту речей. Також такий попит сприяє розвиткові 5G.

Також слід відмітити динамічний розвиток ринку 3D друку. Так, у 2020 році світой ринок 3D друку сягнув 1,9 млрд дол. Прогнозується, що до 2027 року даний ринок досягне позначку у 6 млрд дол. Тобто середньорічний приріст складатиме 17,6%. Так, найбільший ринок 3D друку зосереджений у США (575,7 млн дол) [3].

Значне зростання прогнозують також ринку технологій віртуальної та доповненої реальностей (рис. 3) [4].

Рисунок 3. Обсяги ринку технологій віртуальної та доповненої реальності, млрд. дол.

Особливим поштовхом до розвитку технологій доповненої та віртуальної реальностей стала пандемія COVID-19. В той час, як фізичні покупки були неможливими, віртуальні сервіси набиралипопулярності. Так, наприклад, компанія Nike зробила сервіс з віртуальною приміркою кросівок. А IKEA розробили сервіс для віртуального встановлення меблів чи інших побутових товарів у квартирі чи будинку.

КОНКУРЕНТНІ СТРАТЕГІЇ ІНДУСТРІЇ 4.0 В КРАЇНАХ СВІТУ

Провідні країни світу вже давно розпочали впровадження даних технологій, а також формування конкурентних стратегій з урахування переваг від новітніх технологій. Початком будь-якої стратегії є створення високотехнологічного виробництва, тобто модернізація існуючих виробничих потужностей не тільки великого бізнесу, а й малого та середнього.

Так, у табл.1 наведена інформація про конкурентні стратегії у розвинених країнах світу, а також України [5-10]. Як видно з таблиці, Німеччина, США, Великобританія, Китай та Японія значно раніше почали замислюватись над перевагами від впровадження новітніх технологій, в той час як Україна це

зробила лише у 2018 році. Проте, дана стратегія ще не є затвердженою на державному рівні.

Таблиця 1. Конкурентні стратегії Індустрії 4.0 в країнах світу

Країна	***Назва***	***Рік***	***Ціль***
Німеччина	Industrie 4.0	2011	Створення розумного виробництва задля забезпечення конкурентоспроможності країни.
США	Industrial Internet Consortium	2014	Прискорення розвитку та поширення Інтернету Речей шляхом колаборації організацій та технологій.
Великобританія	High Value Manufacturing Catapult	2013	Створення центру високотехнологічного виробицтва для налагодження комунікації між бізнесом та вищими навчальними закладами задля реалізації креативних, цікавих та ефективних ідей.
Китай	Made in China	2015	Модернізація національної обробної промисловості.
Японія	Industrial Value Chain Initiative	2014	Високотхнологічна промисловість що є складовою глобального ланюжка створення вартості в умовах економічної глобалізації.
Україна	Індустрія 4.0	2018	Стати регіональним лідером у сфері складних та наукоємних інженерних послуг.

Таким чином, на рис. 4 зображені проєкти, що нині здійснюються Україною в рамках впровадження технологій Індустрії 4.0 [10]. Згідно рис. 1, 35% усіх проєктів є безуспішними, ще в 35% є прогрес, 20% - не розпочато та 10% зараз в процесі.

Рисунок 4. Проєкти Індустрії 4.0 в Україні та стадія їх виконання

Digital Competitiveness ranking показує рівень цифрової конкурентоспромжності країн. Для його розрахунку входить 3 фактори (знання, технології та мабутня спрямованість, а до них в свою чергу по 3 субфактори (знання – талант, навчання, наука; технології – нормативна база, капітал,

технологічна база; майбутня спрямованість – адаптивне ставлення, ділова спритність, IT-інтеграція).

У таблиці 2 наведені позиції країн у рейтингові Digital Competitiveness ranking [11]. Проаналізувавши позиції країн, можна дійти до висновку, що Україна значно відстає від провідних країн світу, хоча в останні роки і підвищує позиції у даному рейтингові.

Таблиця 2. Позиції країн у рейтингові Digital Competitiveness ranking

Країна	***2017***	***2018***	***2019***	***2020***	***2021***
Німеччина	17	18	17	18	18
США	3	1	1	1	1
Великобританія	11	10	15	13	14
Китай	31	30	22	16	15
Японія	27	22	23	27	28
Україна	60	58	60	58	54

РІВЕНЬ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ УКРАЇНІ

Технологічна відсталість України пов'язана з застарілими методами виробництва, які залишились ще з Радянського Союзу. Також, одним із факторів повільного розвитку є низька обізнаність серед представників бізнесу щодо усіх аспектів цифровізації бізнесу. Так, більшість підприємців вважають, що Індустрія 4.0 заключається в покупці іноземного обладнання. А також, варто відмітити, що з усіх пропозицій підприємці вибирають найдешевший варіант, нехтуючи при цьому якістю.

Таблиця 3. Частка цифрових сервісів в Україні та ЄС, %

Цифровий сервіс	**Україна**	**ЄС**
Частка електронної торгівлі у роздрібній торгівлі	4	7
Застосовуння CRM-систем	10	33
Частка споживачів, що купують онлайн	23	55
Частка споживачів, що отримують онлайн послуги	29	48

Також Україна має вкрай низькі показники цифровізації (табл. 3) [12]. Все ци призводить до значних проблем щодо впровадження технологій Індустрії 4.0 та отримання від них економічних вигід. Також, за даними Держстату лише 16,4% підприємств займаються інноваційною діяльністю, та лише 3,9% витрачали кошти на НДДКР у 2018 році. Частка інноваційної продукції в загальному обсязі складає 6-7%, що є занадто низьким показником [13].

Бар'єрами впровадження та розвитку цифровізації в Україні є нерозвинена інформаційна інфраструктура, відсутність нормативно-правових актів щодо цифрових технологій та їх використання, низький рівень державної підтримки, виской рівень кіберзлочинності та незахищеність даних, високий рівень витрат на впровадженн та обслуговування технологій Індустрії 4.0, низька цифрова культура та ін.

Проте Україна має можливості стати цифровим хабом Європи. Країна має розвинутий IT-сектор, який щорічно зростає. Для того аби стати більш конкурентоспроможною в сфері цифровізації необхідно здійснити ряд змін. Так, пропонуються наступні шляхи вдосконалення:

1. Прийняття стратегії розвитку Індустрії 4.0 на державному рівні;
2. Популяризація цифрових технологій серед населення, бізнесу та уряду;
3. Державна підтримка підприємст, що впроваджують технології Індустрії 4.0 (допомога у фінансуванні, зниження податкового навантаження та ін.);
4. Залученість українських підприємств до міжнародних проектів, міжнародного простору технологій Індустрії 4.0.

Ці кроки нададуть змогу країні покращити нинішній стан та піднятись у міжнародних рейтингах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Офіційна сторінка International Federation of Robotics. URL: https://ifr.org/.
[2] Офіційна сторінка ресурсу Statista. URL: https://www.statista.com/.
[3] HP Digital Manufacturing Trends Report. URL: https://press.hp.com/content/dam/digital-manufacturing-report/HP_digital_manufacturing_Study.pdf.
[4] CTM (2020). URL: https://us.travelctm.com/blog/travel-technology-trends-2020-and-beyond/.
[5] Industrie 4.0. URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Home/home.html.
[6] Advanced Manufacturing Partnership. URL: http://web.mit.edu/pie/amp/.
[7] High Value Manufacturing Catapult. URL: https://hvm.catapult.org.uk/.
[8] Made in China 2025. URL: https://www.china-briefing.com/news/made-in-china-2025-explained/.
[9] Japan Smart Society 5.0. URL: https://www.japan.go.jp/abenomics/_userdata/abenomics/pdf/society_5.0.pdf.
[10] Індустрія 4.0. URL: https://industry4-0-ukraine.com.ua/2019/01/02/ukrainska-strategiya-industrii-4-0-7-napriankiv-rozvutku/.
[11] Офіційна сторінка Міжнародного інституту розвитку менеджменту. URL: https://www.imd.org/.
[12] Цифрова економіка: тренди, ризики та соціальні детермінанти. URL: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2020_digitalization.pdf.
[13] Офіційна сторінка Державної служби статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/.

Наук. керівник – д.е.н., проф. Войтко С.В.

УДК 339.017

Н.Р. Маркін, студент гр. ПМ-01мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ПРОТОКОЛІВ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Анотація. Складно уявити сучасне життя без технологій, гаджетів та суцільної автоматизації усіх процесів життєдіяльності людини. Сьогодні навіть житло стає цифровим, дозволяючи нам контролювати житло, де б ми не знаходилися: в автомобілі, офісі чи іншій країні.
Оскільки будинки стають розумнішими, є необхідність в універсальному варіанті, за допомогою якого всі домашні пристрої будуть спілкуватися між собою і з людиною. Сьогодні існує декілька сучасних конкуруючих і практично несумісних між собою бездротових стандартів розумного будинку. До таких стандартів належать не тільки добре знайомі всім Wi-Fi та Bluetooth, а й спеціалізовані протоколи – Z-Wave, ZigBee. Усі вони мають переваги та недоліки. В статті розглянуто основні тенденції розвитку протоколів бездротового зв'язку для України. Наведено порівняльний аналіз сучасних варіантів комунікації пристроїв домашньої автоматизації для європейських країн.
Ключові слова: розумний будинок, інтелектуальний пристрій, інтернет речей, протоколи передачі даних.

ВСТУП

«Інтернет речей» (Internet of Things, IoT) – уже не технічна екзотика, не мода, а реальність, що нас оточує. Все більше «розумної» електроніки входить у наше життя. Ми починаємо жити не просто в оточенні «розумних» підключених речей та пристроїв, а безпосередньо в загальній екосистемі — «розумних» будинках та містах із «розумними» транспортними засобами та «розумними» заводами та фабриками.

Система управління «Розумний будинок» – це інтеграція різного обладнання, пристроїв, що використовуються користувачем, в єдину централізовану та автоматизовану екосистему.

Автоматизація управління освітленням, опаленням, вентиляцією, технікою, системами безпеки та іншим обладнанням для автоматизації будівель об'єднається в єдину систему, яка керується як за допомогою окремих пристроїв, так і в автоматичному режимі. Таким чином, автоматизована система дозволяє оптимізувати споживання енергоресурсів, забезпечує достовірність даних, збільшує комфортність використання за рахунок інформування користувача та автоматичного керування ресурсами.

Оскільки будинки стають все більш розвиненими, інтелектуальні продукти потребують можливості обміну інформацією з багатьма пристроями. Для обміну цією інформацією такі продукти повинні передавати дані за певними протоколами зв'язку.

Протоколи, тобто набір правил, які дозволяють двом або більше пристроям мережі встановити надійний зв'язок і успішно обмінюватися даними один з одним, мають вирішувати багато питань. Протоколи відрізняються за технологією та функціоналом, але, як правило, досягають однієї і тієї ж мети: посилають сигнал з одного пристрою на інший для запуску дії. Чітке розуміння відмінностей між протоколами є величезною перевагою при реалізації автоматизованої домашньої екосистеми, адже кожен протокол має власні плюси і мінуси [1].

СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ПРОТОКОЛІВ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Енергоспоживання. За останні роки ринок домашньої автоматизації поповнився досить великим спектром технологій в реалізації бездротового зв'язку пристроїв. Тому існує досить жорсткі вимоги , щодо енергоспоживання та ресурсу пропускної здатності. Дані фактори впливу визначають час роботи пристрою від батареї і детермінують допустиму кількість пристроїв, які розташовуються в обмеженому просторі розумного будинку або офісу.

Таким чином, ідеальний пристрій функціоналу розумного будинку повинен використовувати бездротовий приймач і передавач, які мають мінімальне енергоспоживання, щоб пристрій міг працювати протягом багатьох років без необхідної заміни батареї.

Радіус дії. Сигнал від будь-якого пристрою повинен стабільно і з мінімальною затримкою досягати будь-якого іншого гаджету, що може бути встановлений у найвіддаленішій ділянці помешкання. Тому існує необхідність щодо подоланні будь-яких перешкод, будь то частотні перешкоди чи стіни та плити перекриття будівлі. Всі підключенні гаджети повинні працювати як одна цілісна система. Звичайно, повинно бути передбачено функціонал для обходу перешкод від інших бездротових мереж, що працюють в тому самому частотному діапазоні.

Безпека передачі даних. Будь-яка передача інформації пристроєм повинна бути захищена, а додавання нового елементу системи відбуватися швидко та з відповідністю до всіх протоколів безпеки, але процедура не повинна ускладнювати процес самого підключення.

Відмовостійкість. Топологія бездротової мережі, яку підтримує той чи інший протокол розумного будинку, має вирішальне значення для такого важливого фактору, як стійкість до відмов. Крім того, вона безпосередньо впливає на вже згадані енергозбереження та радіус дії пристрою. Сучасний погляд на побудову бездротових мереж домашньої автоматизації передбачає децентралізований підхід, який використовує коміркову топологію мережі (mesh-мережа) [1].

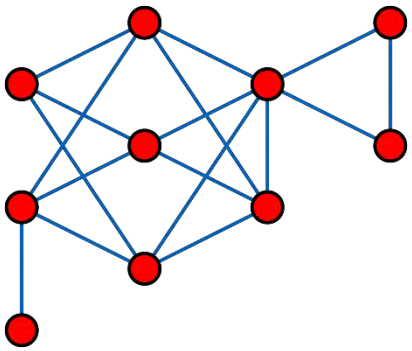


Рисунок 1. Топологія mesh-мережі

Mesh-мережа – це розподілена, однорангова, пориста мережа. Кожен вузол в ній є такими же повноцінними, як і всі інші, грубо кажучи – всі вузли в мережі рівні. Кожен пристрій у такій мережі може безпосередньо зв'язуватися з будь-яким іншим пристроєм у радіусі своєї дії. Якщо два пристрої знаходяться далеко один від одного, то сигнали можуть передаватися через проміжні пристрої цієї мережі, таким чином значно збільшується зона дії пристроїв.

Крім того, нові гаджети можуть додаватися, а старі видалятися без негативного впливу на надійність мережі. Однак для більшості мереж є також потрібний «основний» пристрій, який служить мережевим контролером для координації спільної роботи пристроїв в одній мережі. Якщо основний пристрій

виходить з ладу, інший пристрій повинен вміти автоматично приймати управління мережею на себе. Ця властивість mesh-мереж має вирішальне значення для забезпечення постійної безперебійної роботи всієї системи.

Wi-Fi – це технологія бездротової локальної мережі з пристроями на основі стандартів IEEE 802.11. Основними діапазонами Wi-Fi вважаються 2.4 ГГц (2412 МГц-2472 МГц) та 5 ГГц (5160-5825 МГц).

Мережа Wi-Fi має топологію "зірка", а це означає, що всі її вузли з'єднуються безпосередньо з центральним елементом – бездротовим маршрутизатором. У такій топології кінцеві пристрої можна додавати та видаляти з мережі, не впливаючи на цілісність її структури та передачу даних у ній.

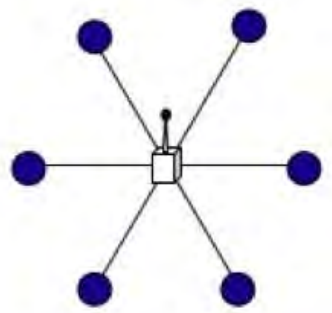


Рисунок 2. Топологія «зірка»

Окрім того, одна з головних переваг Wi-Fi – повсюдна доступність інфраструктури 802.11. та надмірна пропускна спроможність. Сама по собі надмірна пропускна спроможність – не проблема, але її підтримка пов'язана із значним енергоспоживанням. Як високошвидкісний стандарт бездротового зв'язку, Wi-Fi надмірно енерговитратний для «Інтернету речей». Очевидно, що енергоспоживання стає величезною проблемою для тих рішень, які мають працювати від автономних джерел без проводів. Практично неможливо створити пристрій Wi-Fi з підтримкою можливості оперативного реагування і одночасно живленням від батареї або акумулятора, яке може працювати досить довго [2].

Z-Wave – це протокол бездротового зв'язку з малою витратою енергії, розроблений для керування на відстані, контролю та автоматизації пристроїв у придатних для життя приміщеннях. Діапазон частоти 869 МГц (або інший підтримуваний Z-Wave) – це чистий діапазон, за яким найменше перебувають потенційно можливі перешкоди. Один вузол має радіус дії до 50 метрів. Топологія Z-Wave – це mesh-мережа, тому можна задіяти у вузлах повторювачі, які «доведуть сигнал» ланцюгом до потрібного вузла. Ще одна функція, що підвищує стійкість до відмов і швидкодії мережі Z-Wave, – асоціації між пристроями. Завдяки цій функції один пристрій може відправляти команду, що знаходиться поблизу іншого пристрою, оминаючи центральний контролер. Також важливою перевагою Z-Wave можна вважати безпеку використання(використовує безпечні для людини малопотужні радіохвилі). Технологія Z-Wave популярна в Європі, використовує технології шифрування «Security 2». Працює у діапазоні частот до 1 ГГц (на відміну від перевантаженого популярного 2,4 ГГц). Особо вигідно використовувати для передавання простих команд [4].

ZigBee – відкритий стандарт бездротового зв'язку, що насамперед виглядає привабливим з погляду розробників та виробників. Набір протоколів ZigBee визначає лише верхні рівні моделі OSI – мережевий, транспортний та прикладний. Він на основі стандарту IEEE 802.15.4, який визначає нижні рівні

бездротової мережі, орієнтованої на кінцеві пристрої (а не користувачів, як, наприклад, Wi-Fi), і має низький рівень енергоспоживання та володіє низькою швидкістю передачі даних. Стандарт IEEE 802.15.4 підтримується не одним виробником спеціальних чіпів, які використовуються не тільки для ZigBee, але й іншими протоколами. Тому практично всі пристрої ZigBee працюють лише на частоті 2,4 ГГц.

ZigBee погано справляється із ситуаціями, коли в зоні дії мережі існують сильні перешкоди, що створюються іншими пристроями. Будучи одноканальним рішенням, ZigBee далеко не завжди може ефективно боротися з перешкодами, які часто зустрічаються в перевантаженій смузі 2,4 ГГц, що спільно використовується протоколом з такими технологіями як Wi-Fi або Bluetooth. І в найближчому майбутньому ситуація стане ще гіршою, оскільки завантаженість смуги 2,4 ГГц з кожним роком зростатиме. Проблеми для ZigBee ускладнює ще той факт, що стандарт IEEE 802.15.4, який визначає нижні рівні бездротової мережі, орієнтованої на кінцеві пристрої (а не на користувачів, як, наприклад, Wi-Fi), і характеризується низьким енергоспоживанням і швидкістю передачі даних. Максимальна швидкість передачі даних становить 250 Кбіт/с у діапазоні 2,4 ГГц, 40 Кбіт/с у діапазоні 915 МГц та всього 20 Кбіт/с у діапазоні 868 МГц. Тому практично всі пристрої ZigBee працюють лише на частоті 2,4 ГГ [3].

Таким чином, на сьогоднішній день існує велике різноманіття протоколів бездротового зв’язку, але в умовах реалізації бездротової системи домашньої автоматизації, найбільш актуальним і перспективним доцільно вважати використання протоколу, який має багато переваг, забезпечує найбільшу енергоефективність та надійний рівень безпеки передачі даних, що демонструє протокол зв’язку Z-Wave. Крім того, Z-Wave забезпечує сумісну роботу пристроїв від різних виробників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Протоколы управления умного дома [Електронний ресурс] Режим доступу: https://bezopasnik.info/протоколі-управления-умного-дома/ – 27.11.2021 р.

[2] Wi-Fi (Wireless Fidelity) стандарт беспроводной связи [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.tadviser.ru/a/95224 – 27.11.2021р.

[3] Z-Wave vs ZigBee, WiFi, Thread, Bluetooth BLE: выбираем протокол управления умным домом [Електронний ресурс] Режим доступу: https://superhome.pro/z-wave-vs-zigbee-wifi-thread-bluetooth-ble-vybiraem-protokol-upravleniya-umnym-domom/#_d321boknlp8h11 – 27.11.2021 р.

[4] Андрєєва О.В. Концепції розвитку безпровідних рішень для охоронних функцій цифрового будинку : збірник тез доповідей XIII Міжнародна наукова-практична конференція, «Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси», 19–20 травня 2020 р. – К.: НАУ*, 2020. – С. 269-271.*

Наук. керівник – к.т.н. доц. Андреєва О.В.

УДК 330.342:339.92

Т.М. Роспопчук, студентка гр. УС-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ LEAN SIX SIGMA КРУПНИМИ БІЗНЕС СТРУКТУРАМИ

Анотація. Lean Six Sigma методологія направлена на підвищення ефективності виробництва розроблена у 80х роках 20го століття. Наразі доведена ефективність її використання великими промисловими корпораціями. Аналіз основних її складових відкрив перспективи для подальшого її вдосконалення з врахуванням сучасних технологій. Використання більш точних підходів дозволить вивести успіхність компаній на новий рівень. На прикладах, Bank of America, General Electric, Cisco продемонстровано можливість ефективного поєднання технології аналізу великих даних та LSS. Одночасно є ряд загроз, що стримують впровадження LSS деякими компаніями.

Ключові слова: Lean Six Sigma, ефективність виробництва, корпорації, Industry 4.0

ВСТУП

Питання ефективності виробництва та використання наявних ресурсів активно підіймається з часів завершення Другої світової війни, як результат, ряд методологій та підходів було розроблено, серед яких і Lean Six Sigma (LSS), яка була призначена для використання промисловими компаніями. Для забезпечення успіху підприємства необхідним виступає максимізація ефективності використання наявних ресурсів з мінімальною часткою відходів для збереження якомога більшої частки ресурсів для майбутнього використання. Корпораціями зі списку Fortune-500 генерується близько 39% світового ВВП, а це значить, що для них питання ефективності виробничих процесів є особливо гострим. Методологічні підходи Lean Six Sigma (LSS) уже застосовуються рядом компаній представлених в рейтингу. У зв'язку з появою надсучасних технологій, що формують Industry 4.0 зумовлюється актуальність даного дослідження для виявлення можливостей поєднання технологічних та методологічних рішень.

ОСНОВИ МЕТОДОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ LEAN SIX SIGMA

Lean Six Sigma інструмент, основним призначенням якого є покращення процесів та контроль якості. Він використовується не тільки для покращення ключових показників ефективності і рентабельності бізнесу, а також для моніторингу та покращення рівня задоволеності споживачів, через виявлення та завчасне усунення можливих дефектів та збоїв при виробництві. Це дозволяє зменшити витрати бізнесу та завоювати більш лояльних споживачів, адже, як свідчать останні дослідження з McKinsey & Co, збільшення лояльності клієнтів на 20-30% викликає зростання доходів компанії на 20-50% [1].

До інших ключових елементів Six Sigma підходу належать прийняття рішень на основі фактів та аналізу великих даних, оптимізація виробничих процесів, розвиток лідерських навичок та розподіл відповідальності за прийняті рішення між усіма учасниками виробничих процесів, заохочення командної роботи, різноманітні тренінги та програми підвищення кваліфікації. Все вище зазначене сприяє генерації інноваційних ідей та управлінню ризиками. Для цього можуть використовуватись залежно від складової DMAIC (define, measure, analyse, improve and control) (табл.1).

Таблиця 1. Складові підходу Lean Six Sigma

Складова	***Визначення (Define)***	***Вимірювання (Measure)***	***Аналіз (Analyze)***	***Покращення (Improve)***	***Контроль (Control)***
Ціль етапу	Узгодження проєкту з керівництвом	Розробка базового вигляду процесу	Визначення та верифікація першопричин	Впровадження та покращення дій та рішень	Контроль змін та процесу
Дії	розробка статуту, визначення: дерев CTQ, процесу, фінансових вигод, огляд результатів	Встановлення плану збору даних, збір даних, валідація вимірів, відстеження процесу, огляд результатів	Аналіз даних та процесу, вилов причин збоїв, валідація першопричин, огляд результатів	Розробка рішення, оцінка та вибір рішення, впровадження рішення, верифікація ефективності, огляд результатів	Фіксація покращень, ключові метрики, документація проекту, розробка плану контролю, закриття та фінальна оцінка
Методи та застосунки	Статут, CTQ дерево, відгуки споживачів, аналіз конкурентів, Kano аналіз, SIPOC, VSM	План збору даних, Калькулятор розміру вибірки, MSA, process mapping, лінійні діаграми	Гістограми, аналіз Парето, діаграми (Ishikawa, run, scatter), аналіз часу, статистичний аналіз	Lean tools, розробка експериментів, мозковий штурм, симуляція, FMEA, пілотне тестування	SPC, аудит, дашборди, план контролю процесу

Щоб продукт виробника був прибутковим, вартість продукції повинна бути вищою за вартість використаних ресурсів. Під час трансформації Six Sigma вхідні ресурси, які збираються у вигляді праці, матеріалу, устаткування та енергії, використовуються для створення вихідного продукту відповідно до специфікацій замовника. [2].

ДОСВІД КОМПАНІЙ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ЕФЕКТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА

З часу появи методологічного підходу Six Sigma у 80х роках минулого століття, він набув значної популярності та вийшов за межі початкової галузі застосування – промисловість. Зараз ця методика застосовується також фінансовими організаціями та технологічними компаніями. Яскравим прикладом серед фінансових інституцій виступає Bank of America — американський інвестиційний банк представлений у 40 країнах, що також надає фінансові послуги. У 2011 році організація вирішила впровадити програму вдосконалення відповідно до Lean Six Sigma, щоб підвищити ефективність своєї роботи. Компанія використовує аналіз великих даних, що дозволило їй скоротити час на розв’язання проблем та скарг клієнтів, таким чином банку вдалося зменшити проблеми пізнього оприлюднення транзакцій, помилки

кодування та пропуски у виписці клієнта. Сьогодні Bank of America входить до списку 10 найкращих інвестиційних банків світу [3].

Корпорації як General Electric (GE) та Cisco є піонерами використання Lean Six Sigma і зараз вони виводять методологію на новий рівень, включаючи аналіз великих даних у свої проекти. З іншого боку, Cisco була першою компанією, що застосувала технології маршрутизації, що сприяли поширенню інтернету [4]. Зараз обидві компанії активно працюють над підвищенням ефективності діяльності використовуючи технології принесені Industry 4.0.

МОЖЛИВОСТІ ТА ЗАГРОЗИ ВИКОРИСТАННЯ LEAN SIX SIGMA ТРАНСНАЦІОНАЛЬНИМИ КОРПОРАЦІЯМИ

До можливостей та ключових потреб застосування методології LSS корпораціями належать: прихильність керівництва до Six Sigma, розуміння вищого керівництва значення якості, лідерство та правильний розподіл бюджету, а також вивчення проблем клієнтів і зворотного зв'язку від них для покращення якості [5]. Тоді як є ряд загроз, що можуть блокувати успішне використання методології. До таких належать: недостатня обізнаність та рівень експертизи для використання методики; потреба в значних фінансових ресурсах та часу; страх перед змінами зі сторони керівництва, працівників.

Оскільки, методологічні засади підходу LSS базуються на аналітиці та статистиці, data-driven рішеннях в подальшому ймовірно методологія з минулого століття дедалі тісніше переплітатиметься з Big Data, Internet of Things та іншими здобутками Industry 4.0, першовпроваджувачами яких в основному виступають ТНК. Це в свою чергу підтвердить необхідність подальшого дослідження на дану тематику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] What matters in customer-experience trasformations. McKinsey & Co. – Режим доступу:www.URL: https://www.mckinsey.com/business-functions/marketing-and-sales/our-insights/what-matters-in-customer-experience-cx-transformations — 23.11.2021.

[2] Офіційна сторінка ресурсу CQI. – Режим доступу:www.URL: https://www.quality.org/knowledge/six-sigma-in-the-manufacturing-industry — 23.11.2021.

[3] Lean Six Sigma Training, Consultation & Certification Centre. – Режим доступу:www.URL: https://www.mbizm.com/companies-that-have-successfully-implemented-lean-six-sigma/ — 23.11.2021.

[4] David John Fogarty Lean Six Sigma and Big Data: Continuing to Innovate and Optimize Business Processes. Journal of management and innovation – Режим доступу:www.URL: https://doi.org/10.18059/jmi.v1i2.8 — 23.11.2021.

[5] Implementation of Six Sigma Projects in Fortune 500 Companies. Journal of Modern Accounting and Auditing. – Режим доступу:www.URL: doi: 10.17265/1548-6583/2016.04.002 — 23.11.2021.

Наук. керівник – Дергалюк Б.В .

УДК 338.45

Н. Є. Скоробогатова, к.е.н., доцент, доцент кафедри міжнародної економіки
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА НА ЗАСАДАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Анотація. У статті проаналізовано особливості та наслідки промислових революцій на соціально-економічне життя, навколишнє середовище. Обґрунтовано передумови виникнення циркулярної економіки. Виявлено взаємозв'язок четвертої промислової революції та концепції циркулярної економіки. На основі даних Державної служби статистики України проаналізовано динаміку обсягів викидів вітчизняними підприємствами та домогосподарствами. Запропоновано застосування принципів управління відходами для організації діяльності промислових підприємств.

Ключові слова: циркулярна економіка, четверта промислова революція, організація виробництва, принципи управління відходами, ефективність, сталий розвиток.

ВСТУП

Останні десятиріччя роки світова спільнота активно намагається реалізувати положення концепції сталого розвитку задля поєднання балансу економічних, соціальних та екологічних цілей. Безумовно, вичерпність природних ресурсів, стрімке погіршення екологічної ситуації у поєднанні з високим ступенем соціально-політичного напруження у суспільстві виступають об'єктивним підґрунтям такої ситуації. Водночас, активне запровадження інформаційно-комунікаційних технологій в контексті Четвертої промислової революції, як зазначає безліч науковців, має неоднозначний вплив на соціальний розвиток суспільства [1, 2]. Таким чином, наданому етапі розвитку суспільства виникає проблема пошуку питань збалансованого розвитку з врахуванням чотирьох складових: економічний, екологічний, соціальний та інноваційний.

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є удосконалення науково-методичних засад формування стратегії збалансованого розвитку суспільства на засадах циркулярної економіки в умовах Індустрії 4.0.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як відомо, розвиток промисловості пройшов через чотири промисловими революціями. Результатом першої промислової революції став перехід від аграрної економіки до промислового виробництва, розвиток транспорту. Наслідками другої промислової революції стали потокове виробництво, електрифікація, залізничний транспорт, розподіл праці тощо. Особливістю третьої промислової революції виступили автоматизація та робототехніка. Четверта промислова революція асоціюється із запровадженням глобальних промислових мереж, інтернету речей, переходом на відновлювані джерела енергії, появою композитних матеріалів, 3D друку, генної модифікації, біотехнологій, штучного інтелекту тощо. Наслідками першої та другої промислових революцій стало вирішення низки економічних та соціальних питань. Натомість вони мали відчутний негативний вплив на навколишнє середовище через високий ступінь забруднення та надмірне споживання природних ресурсів. Третя промислова революція сприяла відносному зменшенню темпів ресурсоспоживання, водночас збільшуючи обсяги шкідливих

викидів. Аналізуючи технології Індустрії 4.0, можна з впевненістю зазначити, що вони дозволяють вирішити низку проблемних питань у контексті концепції сталого розвитку суспільства. Четверта промислова революція безпосередньо пов'язана з шостим технологічним укладом, що передбачає виникнення нової моделі економіки, з відповідним рівнем якості життя та підтримкою навколишнього середовища [3]. Відповідно, в рамках четвертої промислової революції активно впроваджуються концепції «зеленої» та циркулярної економіки, що є логічним продовженням реалізації концепції сталого розвитку. В якості основних пріоритетів виступають розробка заходів щодо зниження ризиків для навколишнього середовища. Циркулярна економіка виступає альтернативою моделі лінійної економіки, яка складалася з ланцюга: виробництво – споживання – утилізація. Наслідком такої моделі економіки є надмірне нераціональне споживання, втрачання потенціалу сталого розвитку, втрата можливостей забезпечення соціальних та екологічних потреб суспільства. Метою циркулярної економіки є забезпечення економічного розвитку за рахунок організації замкнутого циклу виробництва. Постає проблема ефективного управління ресурсами протягом всього їх життєвого циклу: на етапах виробництва, споживання, утилізації, повторної переробки, тобто створювати додану вартість з використанням даних ресурсів при зменшенні відходів. Нажаль, в Україні простежується негативна тенденція щодо зростання обсягів викидів (рис. 1).

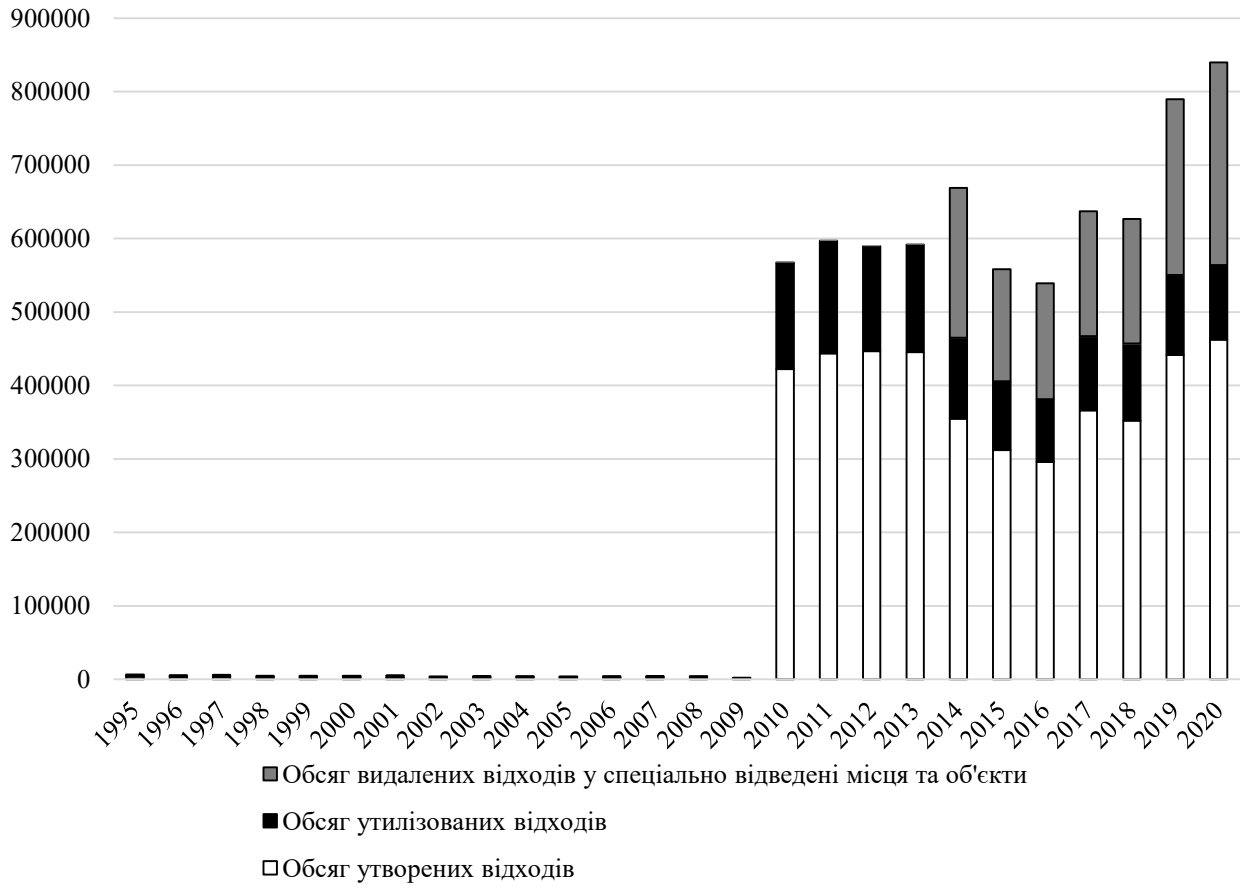


Рисунок 1. Утворення та поводження з відходами за 1995-2020 роки (побудовано автором за даними [4])

Примітки:

1. За 1995-2009рр. відображаються дані по відходах I-III класів небезпеки від економічної діяльності підприємств та організацій; з 2010р. – по відходах I-IV класів небезпеки, з урахуванням відходів, утворених у домогосподарствах.

2. За 2010-2013 роки дані наведено без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя, за 2014-2020 рр. також без частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях.

Директивою Європейського Парламенту та Ради 2008/98/ЄС про відходи визначено: управління відходами – збирання, перевезення, оброблення (включаючи відновлення та видалення), нагляд за такими операціями і подальший контроль, догляд за об'єктами видалення відходів після їх закриття, а також діяльність брокерів та дилерів [5].

Таким чином, для ефективної організації виробництва в рамках циркулярної економіки підприємствам необхідно дотримуватися наступних принципів:

1. Відповідність засадам економіки замкненого циклу, яка заснована на відновленні та раціональному споживанні ресурсів, альтернатива традиційній, лінійній економіці.

2. Ієрархія управління відходами – п’ятиступенева ієрархія управління відходами базується на пріоритеті запобігання утворенню відходів, а якщо запобігти не вдається – докладаються зусилля для повторного використання, якщо і це неможливо – здійснюється рециклінг (матеріали з відходів переробляються на продукцію, матеріали або речовини).

3. Інтегрована інформаційна система з управління відходами для ефективного управління відходами.

4. Системність та планованість, тобто реалізація реформи управління відходами має здійснюється як на державному, так регіональному та місцевому рівнях.

5. Розширена відповідальність виробника (РВВ) – фінансовий і організаційний механізм спрямований на підтримку розробки та виробництва товарів, що повністю враховують та полегшують ефективне використання ресурсів впродовж усього їхнього життєвого циклу, включаючи їх відновлення, повторне використання, утилізацію без шкоди для вільного обігу товарів на внутрішньому ринку. Основна мета РВВ збільшити кількість та ступінь відновлення продукту та мінімізувати вплив відходів на довкілля.

6. Інтеграція у ринок відходів ЄС та європейську систему управління відходами [5].

Вважаємо, що реалізація зазначених принципів дозволить зменшити навантаження промислового сектору на навколишнє середовище та сприятиме підвищенню ефективності управління відходами, та, як наслідок, підвищити ефективність організації виробництва з врахуванням вимог Європейського Союзу, зазначеним у Circular economy action plan.

ВИСНОВКИ

Сучасна теорія організації та управління виробництвом має базуватися на принципах концепції циркулярної економіки, що передбачає модель економічного розвитку, засновану на відновленні та раціональному споживанні ресурсів, та є альтернативою традиційній, лінійній економіці.

Аналіз динаміки обсягів утворених та утилізованих відходів вітчизняними підприємствами та домогосподарствами виявив негативну тенденцію до їх зростання. Задля підвищення ефективності діяльності підприємств та дотримання вимог Circular economy action plan (ЄС) запропоновано дотримуватися організації виробництва на засадах принципів реформи управління відходами, визначених Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Скоробогатова Н. Є. Інвестиційне забезпечення інноваційного розвитку підприємств в умовах Індустрії 4.0 // *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. – 2021. – Випуск 18. – Режим доступу: URL: http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/241099

[2] Скоробогатова Н. Є. Використання технологій Індустрії 4.0 в умовах пандемії COVID-19. *II Міжнародна науково-практична конференція «Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи»*. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С. 190-191. – Режим доступу: URL: http://confmanagement.kpi.ua/proc/article/view/230941.

[3] Yadav G., Luthra S., Jakhar S. K., Mangla S. K., Rai D. P. A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of industry 4.0 and circular economy: An automotive case. *Journal of Cleaner Production*, 2020. vol. 254, art. no. 120112. DOI: https://doi.org/10.1016/. jclepro.2020.120112.

[4] Управління та поводження з відходами (1995 – 2020). Державна служба статистики України: офіційний сайт. – Режим доступу: URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/ns.htm.

[5] Управління відходами. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : офіційний сайт. – Режим доступу: URL: https://mepr.gov.ua/timeline/Vidhodi-ta-nebezpechni-rechovini.html.