



The Ministry of
Education and Science
of Ukraine

<https://nure.ua/>

Kharkiv National
University of
Radio Electronics

KITAM

COLLECTION

OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

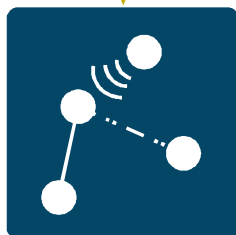
(Part 1)



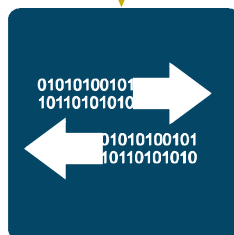
Industry 4.0



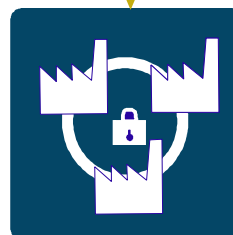
Digital control
life cycle



Distributed Computer
Systems



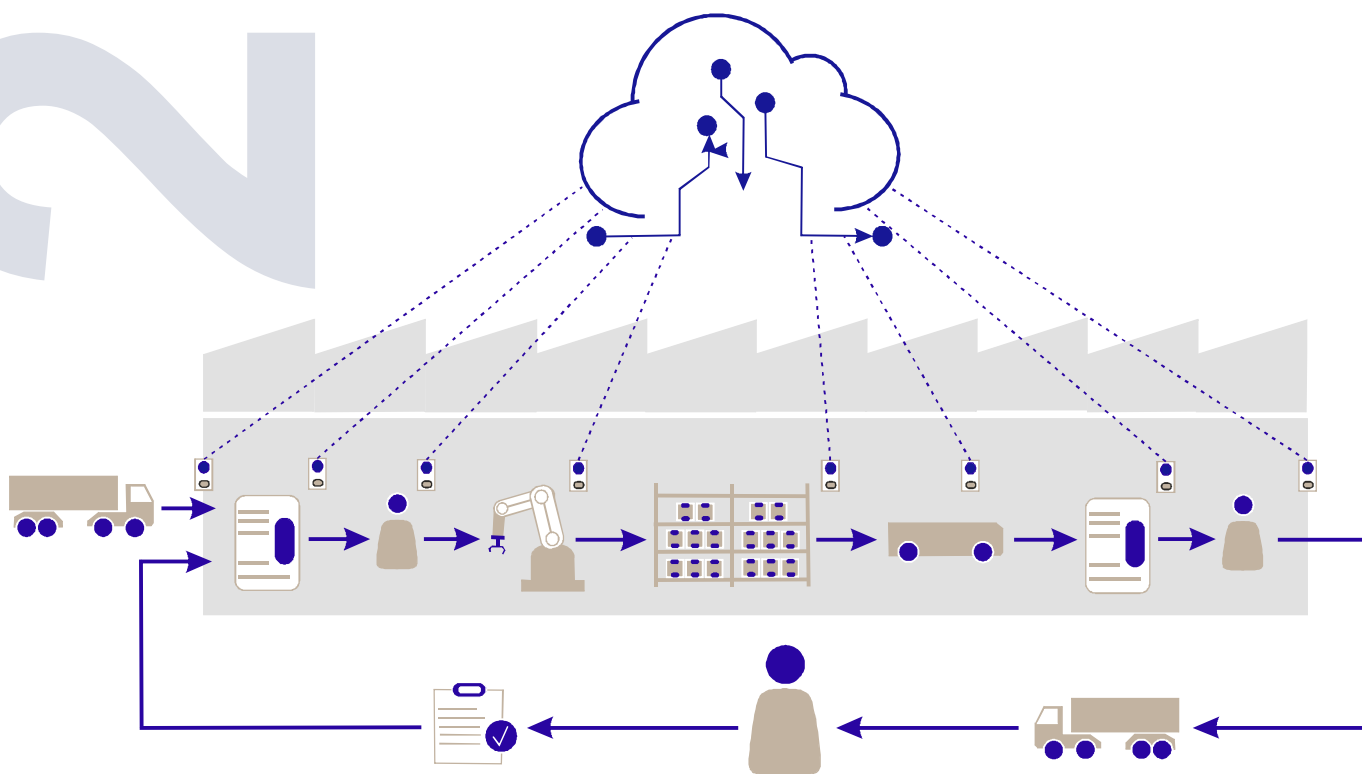
Fast
integration and
flexible
configuration



Cyber-physical
system

ЗБІРНИК

студентських наукових статей
«Автоматизація та приладобудування»
ADED-2023
(Випуск 1)
[електронне видання]



→ Industry 4.0

Головий редактор	Невлюдов Ігор Шакирович , доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Редакційна колегія:	Филипенко Олександр Іванович, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки. Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки. Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості». Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування. Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар». Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки. Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
Відповідальний редактор:	Євсєєв Владислав В'ячеславович , доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 1. – 336с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 1 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2023. – 336p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 6 від 01.05.2023

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2023 рік

ЗМІСТ

<i>Бацуля Р. В.</i>	
Аналіз сучасних розробок у сфері робототехніки	9
<i>Дяченко Е. С.</i>	
Аналіз сучасних розробок в області розумного будинку	15
<i>Кап'юнкін В. Г.</i>	
Розроблення системи голосового керування сайтом для людей з обмеженими можливостями	19
<i>Карташова В. В.</i>	
Аналіз сучасних роботизованих та експертних систем	24
<i>Кащеев В. А., Артюх В. С.</i>	
Аналіз створення інтерфейсів користувача програмного забезпечення автоматизованих систем	31
<i>Кравченко С. В.</i>	
Аналіз автоматизованих систем керування технологічними процесами сучасного підприємства	36
<i>Наумов М. С.</i>	
Автоматизація приладобудівних приміщень	42
<i>Остапенко І. В.</i>	
Комп'ютерне зорове сприйняття	47
<i>Перебийніс Д. А.</i>	
Аналіз сучасного стану розробок в області автоматизації	52
<i>Рудакова Г. В.</i>	
Аналіз сучасних розробок в області комп'ютерного зору	57
<i>Дмитрієв Д. В.</i>	
Розробка макету пристрою дистанційного керування антропоморфним захватним пристроєм	61
<i>Андреев А. С.</i>	
Перспективи використання PHP та MYSQL в проектах	66
<i>Вінниченко С. О.</i>	
Огляд можливих ризиків кібератаки для віртуального підприємства та способів їх запобігання	70
<i>Гребенков Д. В.</i>	
Огляд сучасних безпілотних літальних апаратів	74
<i>Кирпота Ф., Халімонов Я.</i>	
Особливості QR-кодів та проблеми Fishing	78
<i>Макушев І. А.</i>	
Огляд сучасних роботів-маніпуляторів	82
<i>Олінкевич Я. В.</i>	
PHP & HTML: файли cookie, сесії, автентифікація	86
<i>Поліканов К. А.</i>	
Безпека QR-кодів та Phishing атаки	91
<i>Коноваленко К.</i>	
Розробка структурної схеми мобільної маніпуляційної платформи для розмінування ...	95
<i>Реука Є.</i>	
Розробка структурної схеми PID контролера для керування позиціонування сонячної панелі для автономних мобільних роботів	100

<i>Александров В.О.</i>	
Перспективи розвитку повітряної робототехніки в Україні	105
<i>Савін В.А.</i>	
Аналіз сучасних методів виявлення вибухонебезпечних об'єктів	110
<i>Залож Є.</i>	
Управління збутом продукції виробничого підприємства на основі динамічних QR-кодів	115
<i>Воронов Д.О.</i>	
Розробка програмних модулів на основі датчика LIDAR для системи управління БПЛА	119
<i>Коротун Є.В.</i>	
Факторний аналіз фотополімерних смол для 3D-друку	124
<i>Світайло Д. М.</i>	
Аналіз причин кібератак та інформаційної безпеки	128
<i>Долгуля А.В.</i>	
Дослідження переміщення чотирилапого зооморфного робота «Робокіт» у невизначеному просторі	132
<i>Кривий М.В.</i>	
Робототехнічні системи та їхнє використання	138
<i>Nienova D. V.</i>	
Programmable Providing of Data on Functional Dependencies of Material Characteristics ...	143
<i>Білоус М.Ю., Іщенко М.Д.</i>	
Автоматизація розподілу сервісних робіт на підприємстві	147
<i>Кравченко С. В.</i>	
Аналіз сучасного фреймворка ASP.NET CORE для WEB-додатків	151
<i>Башир Б.В.</i>	
Переваги та недоліки термопластавтоматів	156
<i>Зибенко О. О.</i>	
Впровадження електроерозійних варстатів з ЧПК в розумне виробництво	160
<i>Кальченко А.С.</i>	
Особливості 3D-ДРУКУ для принтерів FDM/FFF	165
<i>Маковоз С. К.</i>	
Комп'ютерне моделювання механічної частини плазмового ЧПУ верстата	170
<i>Піхтерьов А.Д.</i>	
Переваги та недоліки 3D-принтерів з полярною кінематикою	174
<i>Придятько Д.Р.</i>	
Огляд можливостей систем технічного зору для пошуку вибухонебезпечних предметів	178
<i>Шерстюк А. М.</i>	
Системологічний аналіз проблеми автоматизації виявлення браку продукції приладобудівельного підприємства	183
<i>Лукеча І.</i>	
Математична модель системи позиціонування стимулюючого електрода на біологічно активні точки	189
<i>Обозін Я.В.</i>	
Особливості засобів для ремонту пошкоджених автомобілів	195
<i>Shevchenko A.A.</i>	
Development of Program Tools to Provide Automated Data Plots Visualisation for Scientific Aided Computation Software	199

Шишко А.Т., Кулешов Д.С.

IoT-рішення для автоматизації виробничого приміщення на базі ESP8266 та Веб-сервера 205

Білошапка І.В.

Розробка методів щодо створення програмних модулів автоматизованого проектування деталей для системи LibreCAD 209

Левченко К.О.

Кінематика 3D – принтерів 215

Муравка Р.

Дослідження роботи мобільного робота з використанням різних сенсорів для збору даних про зовнішнє середовище 219

Скляр М. В., Тарасенко К. А.

Впровадження технологій 3D візуалізації у виробництво та навчання 224

Скрипниченко В.О.

Вплив автоматичних регуляторів на лінійні об'єкти автоматизації 229

Пустовалов Д.

Дослідження методу триангуляції та його застосування у робототехніці та повсякденному житті 235

Леонов Ю.С.

Аналіз систем підігріву та підтримання температури повітря в 3D-принтер 241

Щербина В.

Розробка віддаленої системи екстреного керування мобільним роботом на базі ESP8266 245

M. Sc. Isabelle Elisabeth Metzen, Nienova D.V.

Utilizing Engineering and Programming Approaches Implemented in a Multidisciplinary Experiment as an Innovation Platform for Biological Climate Change Research 248

Ахмад Д.Х.

Сервер для організації обміну даними та керування мобільною платформою 253

Бузніков В.Р.

Використання технології комп'ютерного зору для виявлення вибухонебезпечних предметів 257

Гребенюк Б.А.

Розробка підсистеми управління інтелектуальним роботом 263

Карпов М.С.

Аналіз бездротових сенсорних мереж 270

Поддубняк І. А.

Розробка мобільної платформи для пошукових робіт 277

Шаталюк Р.Р.

Інтелектуальна автоматизація технологічних процесів 283

Візір Ю.С., Кравченко К.В.

Система автоматизованого контролю та підтримки оптимального рівня освітленості у приміщеннях 287

Лашин З.В.

Автоматизація процесу управління ресурсами навчальних лабораторій 291

Шаталюк Р.Р.

Аналіз сучасних інтелектуальних технологій, які застосовуються при виробництві приборів та систем 296

<i>Сокол Б.В.</i>	
Порівняльне моделювання кінематик 3D принтера	300
<i>Бєлий Я.В.</i>	
Особливості управління багатоступеневими взаємопов'язаними нелінійними об'єктами	305
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Інтелектуальна автоматизація технологічних процесів	308
<i>Бєлий Я.В.</i>	
Розробка однорівневої системи контролю та управління доступом	313
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Аналіз сучасних інтелектуальних технологій, які застосовуються при виробництві приборів та систем	318
<i>Монзер А.А.</i>	
Автоматичне визначення області сканування в адаптивній бінарзації зображення	322
<i>Савченко П.М.</i>	
Особливості виробничих адаптивних систем автоматичного управління	326
<i>Савченко П.М.</i>	
Розробка системи управління світломузичною установкою на базі arduino Nano	330
<i>Катишев І.А., Катишев В.І.</i>	
Збільшення ефективності вакуумного сонячного колектора	333

ІОТ-РІШЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ НА БАЗІ ESP8266 ТА ВЕБ-СЕРВЕРА

Шишко А.Т., Кулешов Д.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61171, Харків, пр. Науки 14

E-mail: artem.shyshko@nure.ua

Анотація: Інтернет речей (IoT) набуває все більшої популярності в різних галузях, включаючи виробництво. Він надає можливість віддаленого моніторингу та керування обладнанням, що дозволяє знизити витрати та підвищити продуктивність. В даній статті розглядається застосування IoT-технологій для автоматизації управління освітленістю виробничого приміщення. Досліджуються можливості використання мікроконтролера ESP8266 та димера для керування яскравістю світла. Такий підхід дозволяє знизити споживання електроенергії та забезпечити комфортне середовище для роботи виробничого персоналу.

Ключові слова: автоматизація, IoT (Internet of Things), енергозбереження, ESP8266.

IOT SOLUTION FOR INDUSTRIAL AUTOMATION BASED ON ESP8266 AND WEB SERVER

A. Shyshko, D. Kuleshov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61171, Kharkiv, 14 Nauky Ave

E-mail: artem.shyshko@nure.ua

Annotation: IoT solutions are increasingly being used in industrial and manufacturing settings to improve efficiency and productivity. In this article, the use of the ESP8266 and a web server to develop an IoT-based system for automating lighting control in a manufacturing facility is explored. By leveraging the power of dimmers and automated sensors, the system can optimize energy consumption, while also ensuring that the lighting levels are suitable for the specific tasks being performed. The result is a more efficient and productive work environment that can save both time and money for the facility.

Key words: automation, IoT (Internet of Things), energy saving, ESP8266.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В сучасному світі зростає значущість використання IoT-технологій для автоматизації різних процесів, включаючи виробничі. Автоматизація дозволяє підвищити ефективність та точність виконання задач, а також зменшити витрати на операції. Інтернет речей (IoT) стає все більш популярним напрямком, що використовується в промисловості для забезпечення ефективного взаємодії між різними пристроями та системами.

В ході проведеного дослідження був змодельований інтелектуальний IoT-модуль, метою якого є підвищення ефективності управління виробничим приміщенням, а також зменшення витрат на підприємстві, завдяки використанню автоматизованих пристроїв.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Практичне використання інтелектуального модулю – це вимірювання освітленості ззовні приміщення і в залежності від показів з датчика освітленості, регулювання певним чином потужності, з якою працюють джерела освітлення виробничого приміщення.

Спроектований модуль може мати декілька пристроїв-датчиків та декілька виконуючих пристроїв, розгалужених по виробничому приміщенню. Конкретна архітектура розподіляється на такі пристрої:

- центральний модуль – це плата на базі ESP8266, що, за допомогою внутрішніх таймерів, раз у деякий час збирає інформацію з пристроїв-датчиків і подає відповідні сигнали на

виконавчі пристрої. Паралельно з цим дані відправляються до web-серверу, з інтерфейсу якого ще можливе керування виконавчими модулями;

- пристрої-датчики – це плати Arduino Uno з під'єднаним фоторезистором та датчиком параметрів повітря;

- виконавчі пристрої – це також плати Arduino Uno, але з під'єднаними до них димерами та, відповідно джерелами світла.

Димер (або регулятор освітленості) – це пристрій, що дозволяє плавно або східчасто регулювати потужність, напругу або струм, що подається на пристрій, зменшуючи або збільшуючи, у випадку розроблюваного модулю – яскравість джерела світла. Таким чином, димери дозволяють понизити витрату електроенергії та продовжити термін служби джерел світла.

Освітлення в приміщеннях може бути автоматизоване за допомогою різноманітних технологій та пристроїв. Один з популярних підходів - використання сенсорів руху та датчиків освітленості для контролю за рівнем освітлення в приміщенні. Пристрої, які використовують цю технологію, можуть регулювати яскравість освітлення, включати та вимикати світильники в залежності від наявності людей в приміщенні та рівня природного освітлення.

Іншою популярною технологією є використання димерів, які дозволяють регулювати яскравість світла в приміщенні, що дозволяє ефективно контролювати рівень освітлення та знижувати витрати на електроенергію. Димери можуть бути вбудовані безпосередньо в джерела світла або встановлені окремо. Їх головна перевага полягає у зменшенні споживання електроенергії та збільшенні тривалості роботи лампи. Димери дозволяють регулювати світловий потік на різних рівнях, що дозволяє створити більш комфортне та ефективне освітлення в приміщенні. Крім того, димери забезпечують більш точний контроль над світловим потоком, що дозволяє досягти більш високої якості освітлення.

Димери можуть бути реалізовані як аналогові, так і цифрові. Аналогові димери зазвичай використовують повільні, електромеханічні регулятори, що забезпечують плавні зміни яскравості світла. Цифрові димери використовують мікроконтролери або спеціальні інтегральні схеми для забезпечення швидкого та точного керування яскравістю світла. Вони зазвичай здатні працювати з різними типами ламп, включаючи LED, галогенні та ртутні лампи.

Для керування димерами використовуються різні сигнали, зокрема аналогові та цифрові. Аналогові сигнали, такі як струм або напруга, можуть бути використані для керування аналоговим димером, тоді як цифрові сигнали, такі як PWM (ШИМ) або DMX, використовуються для керування цифровими димерами. Регулювання яскравості світла може бути здійснене за допомогою ручного регулятора, програмного забезпечення або за допомогою датчиків, що вимірюють рівень освітленості в приміщенні.

При проектуванні модулю був використаний димер з наступними характеристиками:

- напруга: до 280 В перемінного струму 50 Гц (600 В максимальна напруга на піку);
- рекомендована потужність без радіатора: до 150 Вт;
- рекомендована потужність з радіатором: від 150 Вт до 2000 Вт;
- максимальна потужність з радіатором: до 3000 Вт;
- напруга падіння на ключі $1\text{ В} \pm 0,1\text{ В}$;

Також ця модель підтримує такі режими роботи як:

- твердотільне реле з контролем переходу через нуль. Таке реле відрізняється від звичайного тим, що воно вмикає навантаження синхронно з переходом змінного мережевого напруги через нуль, щоб уникнути скачку струму на реле, що часто призводить до поломки реле без контролю переходу через нуль;

- традиційне симістрне димування («відрізання півхвиль»). Цей метод працює за принципом звичайного симістрного диммера, де регулювання потужності відбувається шляхом «відрізання» частини струму від синусоїди. Таким чином, зменшується ефективна напруга на виході, а разом з нею і вихідна потужність;

- димінг півхвиль. Цей метод являє собою підхід до керування потужністю для силових

нагрівачів або інших високоінерційних навантажень. Він відрізняється від звичайного симістрного димування, що вмикання та вимикання навантаження відбувається синхронно з переходами через нуль. Це забезпечує більш надійну роботу пристрою з дуже потужним навантаженням. Але такий метод не підходить для керування освітленням та двигуном, оскільки має дуже великий період димування для забезпечення надійності при роботі з високопотужними навантаженнями.

Окрім фоторезистора, пристрій з датчиками буде містити під'єднаний за допомогою шини SPI, датчик атмосферних параметрів у приміщенні – BME680. Цей датчик являє собою газовий датчик, який інтегрує високочітні та високоточні датчики газу, тиску, вологості та температури. Він спеціально розроблений для мобільних пристроїв та вбудованих пристроїв, де розмір та низьке споживання енергії є критичними вимогами. Датчик BME680 може вимірювати гази, тиск, вологість та температуру повітря. Зокрема, він може виявляти шкідливі гази, такі як леткі органічні сполуки (VOC), аміак, діоксид сірки та інші. Леткі органічні сполуки (VOC) є одними з найбільш поширених забруднювачів повітря в промислових приміщеннях. Вони можуть випускатися під час процесів фарбування, друку, лакування, різання, свердління та інших робіт. Ці сполуки можуть негативно впливати на здоров'я робітників, спричиняючи головні болі, запаморочення, подразнення очей та дихальних шляхів, а також інші проблеми зі здоров'ям.

Застосування датчика BME680 для вимірювання рівня VOC може допомогти виявити та контролювати рівень забруднення повітря в приміщенні. Це може сприяти збереженню здоров'я робітників та поліпшенню якості повітря в приміщенні, що може збільшити продуктивність та загальний комфорт робочого середовища. Також, це може допомогти зменшити ризик пожежі та інших аварій, пов'язаних із забрудненням повітря.

Отже, такий датчик може бути корисним для контролю рівня шкідливих речовин в повітрі виробничих приміщень та забезпечення здорового середовища для роботи працівників.

Сигналізація про шкідливу забрудненість повітря буде сигналізуватися миготінням джерел освітлення, що в свою чергу реалізовано за допомогою димерів.

Усі пристрої модулю, під'єднані до центрального пристрою, на базі ESP8266 за допомогою шини I2C, де пристрої датчики та виконавчі пристрої виступають у ролі «slave», а центральний модуль, відповідно, займає роль «master» у цьому зв'язку. Подібна архітектура дозволяє розширювати кількість активних пристроїв модулю в залежності від розмірів виробничого приміщення. Шина I2C підтримує під'єднання до 128 пристроїв сумарно, що свідчить про розширюваність модуля. Також шина I2C працює на низькій швидкості, що дозволяє зменшити споживання енергії розроблюваного пристрою.

Для оптимізації роботи модулю запити від центрального пристрою до пристрою з датчиком відбуваються раз у деякий проміжок часу за допомогою використання внутрішніх таймерів мікроконтролера ESP8266.

ESP8266 - це мікроконтролер з вбудованим Wi-Fi, який може використовуватися для забезпечення доступу до Інтернету на низькій потужності. Використовуючи цей мікроконтролер, можна реалізувати WEB-сервер, що дозволяє зчитувати та записувати дані на пристрій з будь-якого комп'ютера чи мобільного пристрою, який має доступ до Інтернету.

Одним з найбільш поширених методів реалізації WEB-серверу на базі ESP8266 є використання фреймворку Arduino. Цей фреймворк дозволяє легко налаштувати мікроконтролер та підключити його до Інтернету.

Для створення WEB-інтерфейсу на базі ESP8266 можна використовувати мову розмітки гіпертексту HTML та мову програмування JavaScript. Дані можуть передаватися між сервером та клієнтом за допомогою протоколу HTTP. Для обробки запитів використовуються функції, що забезпечують роботу з вхідними даними та збереженням даних на пристрої.

Один з прикладів WEB-інтерфейсу на базі ESP8266 може включати в себе відображення даних з датчиків, управління реле та інших пристроїв, а також редагування налаштувань пристрою. Цей інтерфейс може бути доступний через браузер на будь-якому комп'ютері або

мобільному пристрої, що має доступ до Інтернету.

Уся інформація що збирається основним пристроєм з датчиків, та поточна яскравість джерел освітлення в зручному форматі може бути виведена за допомогою WEB-інтерфейсу. Також, такий підхід дозволяє керувати яскравістю в ручному режимі. Інформація, зібрана з датчика параметрів повітря теж зберігається та може бути відображена завдяки WEB-інтерфейсу в зручному для сприйняття та аналізу вигляді.

ВИСНОВКИ. Основними результатами проведених досліджень є розробка пристрою для збору даних про температуру, вологість, освітленість та рівень шуму в приміщенні з використанням датчиків та ESP8266. Також результатом є розробка WEB-сервера для зберігання та обробки даних, забезпечення моніторингу приміщення та управління його параметрами через Інтернет.

Практична цінність дослідження полягає в можливості автоматизувати процес збору даних про параметри виробничих приміщень, що забезпечить більш ефективне управління та контроль за ними. Крім того, розроблені пристрій та WEB-сервер можуть бути застосовані в інших галузях, де необхідно збирати та аналізувати дані про середовище протягом тривалого часу. Встановлений у виробничому приміщенні, такий модуль допомагає автоматизувати процес моніторингу показників приміщення, та зменшити таким чином споживання електроенергії на підприємстві.

Подальші перспективи дослідження можуть включати покращення точності та швидкості збору даних, розширення функціональності пристрою та WEB-сервера, а також дослідження можливостей їх інтеграції з іншими системами автоматизації виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гребеннік І. В., Романова Т. Є., Тевяшев А. Д., Яськов Г. М. Методи підтримки прийняття рішень: Навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – 128 с.
2. Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / Невлюдов І. Ш., Чала О. О., Олександров Ю. М. // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернетконференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.2 С.: 604-608
3. . Бронніков А.І., Цимбал О.М., Фомовський Ф.М., Інтелектуальні засоби в системі керування виробничим агентом / Технологія приборостроєння. Харків, 2014, № 2 , С. 26 - 30.
4. ZHARIKOVA, I., NEVLIUDOVA, V., & CHALA, O. (2023). FLEXIBLE PRINTED STRUCTURES QUALITY MODELS FOR MOBILE ROBOT PLATFORM. *Journal of Natural Sciences and Technologies*, 1(1), 77–84. Retrieved from <https://journalofnastech.com/index.php/pub/article/view/9>
5. Гіль А. Промислові інтерфейси та протоколи передачі даних інтегрованих систем для автоматизованого управління в умовах Industry 4.0 / Гіль А., Чала О., Филипенко О. // Виробництво & Мехатронні Системи 2021: матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2021 р.: Харків, 2021. С.127-30.
6. Шостенко С. С. Архітектура програмного забезпечення для супроводження автоматизованих систем оповіщення на виробництві / С. С. Шостенко, О. О. Чала // Виробництво & Мехатронні Системи 2022 : зб. тез. доп. VI-ої Міжнародної конференції, 21-22 жовтня 2022 р. – Харків, 2022. – С. 115-117.
7. Bortnikova, V., Nevliudov, I., Botsman, I., & Chala, O. (2019, June). Search Query Classification Using Machine Learning for Information Retrieval Systems in Intelligent Manufacturing. In ICTERI (pp. 460- 465).

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки