

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

**Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів**

На правах рукопису
УДК _____

До захисту допущено:
Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 2022 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та
технології в приладобудуванні»
зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»
на тему: «Автоматизація моніторингу обладнання кабельного
виробництва»**

Виконав:
студент II курсу, групи ПО-11мп

Галелюка Ігор Степанович _____

Науковий керівник:
к. т. н., доцент,
Боровицький Володимир Миколайович _____

Науковий керівник:
Професор д. е. н., проф.
Бояринова Катерина Олександрівна _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____

Київ – 2022 рік

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студента
Галелюки Ігоря Степановича

1. Тема дисертації «Автоматизація моніторингу обладнання кабельного виробництва», науковий керівник дисертації Боровицький Володимир Миколайович, науковий ступінь, доцент затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації «10» грудня 2022 р.

3. Об'єкт дослідження: Програмно-апаратний комплекс для моніторингу обладнання кабельного виробництва.

4. Предмет дослідження: КОЕЕВОХ

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

5.1. На основі існуючої літератури виконати аналіз компаній виробників пристроїв для моніторингу обладнання.

5.2. Проаналізувати матеріал та підготувати пристрій(теоретичну частину) з найкращими показниками.

5.3. Розробка пристрою та програмного забезпечення.

5.4. Провести тестування пристрою спочатку в домашніх умовах та на "тестових" підприємствах, модифікація пристрою після отриманих результатів.

5.5. Впровадження системи на підприємстві.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу презентація в програмі PowerPoint

7. Орієнтовний перелік публікацій:

статті в збірнику праць науково-практичної конференції «MODERN RESEARCH IN WORLD SCIENCE».

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання 31.10.2022р

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
-------	---	--	----------

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

1	На основі існуючої літератури виконати аналіз компаній виробників пристроїв для моніторингу обладнання	05.11.22р	
2	Проаналізувати матеріал та підготувати пристрій(теоретичну частину) з найкращими показниками.	08.11.22р	
3	Розробка пристрою та програмного забезпечення.	16.11.22р	
4	Провести тестування пристрою спочатку в домашніх умовах та на "тестових" підприємствах, модифікація пристрою після отриманих результатів.	22.11.22р	
5	Впровадження системи на підприємстві Ducab.	01.09.22р – 30.12.22р	
6	Підготовка до захисту магістерської дисертації	10.12.22р	

Студент

(підпис)

Галелюка І.С.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Боровицький В.М.

(ініціали, прізвище)

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: « Автоматизація моніторингу обладнання
кабельного виробництва»**

Київ – 2022 року

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складає 98 сторінок, в ній містяться 32 ілюстрацій, 22 таблиць і 49 використаних джерел.

Дана дипломна робота присвячена моніторингу обладнання промислових масштабів. У ході роботи було визначено термін ОЕЕ та простоїв в результаті чого було визначено головні причини створення пристрою та його застосування.

Дана робота складається із вступу, аналізу літератури, теоретичної частини, зборки пристрою та висновків. Основна задача та призначення пристрою сформоване у вступній частині. В цій частині представлено аналіз останньої літератури та аналіз конкурентів. В теоретичній частині розглянуто принципи роботи, термін моніторингу обладнання та різниці IoT та IIoT, оскільки це є дуже важливим для формування призначення пристрою. В останньому розділі продемонстровано складові пристрою та принцип роботи, також є частини алгоритмів програмного забезпечення. Крім того в останньому розділі зачіпаються теми безпеки передачі даних.

Актуальність: На даному етапі розвитку промисловості досить важливим питанням є моніторинг стану обладнання. Станом на теперішній час головне завдання кожного підприємця є збільшити доступність обладнання, саме для цього і існує термін моніторинг обладнання і саме тому існує багато рішень даної проблеми.

Мета: створити пристрій моніторингу обладнання.

Завдання:

- На основі існуючої літератури виконати аналіз компаній виробників пристроїв для моніторингу обладнання.
- Проаналізувати матеріал та підготувати пристрій(теоретичну частину) з найкращими показниками.
- Розробка пристрою та програмного забезпечення.

- Провести тестування пристрою спочатку в домашніх умовах та на "тестових" підприємствах, модифікація пристрою після отриманих результатів.
- Впровадження системи на підприємстві.

Об'єкт: моніторингові системи та алгоритми.

Предмет: методи підвищення доступності обладнання.

Наукова новизна:

1. Створення програмно-апаратної системи моніторингу обладнання.
2. Вирішення проблеми доступності обладнання.

Ключові слова: КОЕЕВОХ; системи моніторингу; ОЕЕ; простої.

ABSTRACT

The master's thesis consists of 98 pages, it contains 32 illustrations, 22 tables and 49 used sources.

This thesis is devoted to the monitoring of industrial-scale equipment. In the course of the work, the term OEE and downtime was determined, as a result of which the main reasons for the creation of the device and its use were determined.

This work consists of an introduction, literature analysis, theoretical part, assembly of the device and conclusions. The main task and purpose of the device is formed in the introductory part. This part presents an analysis of the latest literature and an analysis of competitors. In the theoretical part, the principles of operation, the term of equipment monitoring and the differences between IoT and IioT are considered, as this is very important for the formation of the purpose of the device. The last section demonstrates the components of the device and the principle of operation, as well as parts of the software algorithms. In addition, the last section touches on data security topics.

Relevance: At this stage of industrial development, monitoring the condition of equipment is a rather important issue. As of now, the main task of every

entrepreneur is to increase the availability of equipment, that's why the term equipment monitoring exists, and that's why there are many solutions to this problem.

Purpose: to create a hardware monitoring device.

Task:

- On the basis of the existing literature, perform an analysis of companies that manufacture devices for monitoring equipment.

- Analyze the material and prepare the device (theoretical part) with the best indicators.

- Device and software development.

- Test the device first at home and at "test" enterprises, modify the device after the results are obtained.

- Implementation of the system at the enterprise.

Object: monitoring systems and algorithms.

Subject: methods of increasing the availability of equipment.

Scientific novelty:

1. Creation of a hardware and software system for equipment monitoring.

2. Solving the problem of equipment availability.

Keywords: KOEEBOX; monitoring systems; OEE; simple

Зміст

Вступ	11
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	13
1.1. Industry 4.0[33].....	13
1.1.1. Кіберфізичні системи (CPS)[29, 30].....	14
1.1.2. Інтернет речей (IoT) та Інтернет послуг (IoS)[31].....	14
1.1.3. Big Data (BD)[32, 33]	16
1.1.4. Cloud Manufacturing (CM)[33]	16
1.1.5. Augmented Reality (AR)[35]	17
1.1.6. Smart Factory[31]	18
1.2. Основи моніторингу[41, 40]	20
1.2.1. Overall Equipment Effectiveness (OEE) [34]	20
1.2.2. Foundations.....	21
1.2.3. Вимірювання якості.....	22
1.3. Огляд конкурентів	23
1.3.1. Clobbi.....	23
1.3.2. Waties	24
1.3.3. ERBESSD INSTRUMENTS.....	26
1.3.4. Vorne.....	28
1.4. Принцип роботи	30
1.4.1. Доступність.....	31
1.4.2. Продуктивність	31
1.4.3. Якість.....	32
1.4.4. Недоліки.....	33
Висновки	33
РОЗДІЛ 2 ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ.....	35
2. Моніторинг обладнання	35

2.1. IoT & IIoT.....	35
Висновок	46
РОЗДІЛ 3 ПРИСТРІЙ КОЕЕВОХ.....	48
3. Завдання пристрою	48
3.1. Простой обладнання	48
3.1.1. Огляд	49
3.1.2. Збитки для компанії.....	49
3.1.3. Як розрахувати час простою обладнання.....	51
3.1.4. Як скоротити простої обладнання.....	52
3.1.6. Причини непередбаченого простою	53
3.1.7. Як уникнути простоїв	54
3.1.8. КОЕЕВОХ – як засіб моніторингу.....	56
3.2. Архітектура.....	56
3.2.1. Дизайн пристрою	60
3.2.2. Рейтинг IP [18]	60
3.2.3. Елементи пристрою	65
3.2.4. Датчики	68
3.3. Програмне забезпечення	74
Висновок	80
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ[28]	81
4. Стартап проект «КОЕЕВОХ»	81
4.1. Опис ідеї проекту	81
4.2. Опис технології реалізації проекту	82
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	83
4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	92

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	95
Список літератури.....	99

Список літератури

CPS	кіберфізичні системи
IoT	Internet of things
IoS	Internet of services
BD	Big Data
CM	Cloud Manufacturing
AR	Augmented Reality
OEE	Overall Equipment Effectiveness
IIoT	Industrial internet of things
DT	Digital Twin
ICPS	Industrial-CPS
EDA	Event-Driven Architecture
SOA	Service-Oriented Architecture
DTaaS	Digital twin as a proxy

Вступ

Промислова цифровізація (Індустрія 4.0) — це цифрова трансформація галузей у зв'язаному середовищі людей, процесів, послуг, систем, даних і промислових активів для реалізації розумної промисловості та екосистеми промислових інновацій і співпраці. Три перспективні аспекти Industry 4.0 — це промисловий Інтернет речей (ІоТ), кіберфізичні системи (СРС) і цифровий двійник (DT). З цими аспектами існують проблеми. По-перше, існує багато загальних стандартів і фреймворків ІоТ, які самі по собі недостатні в різних промислових випадках використання. Тому інженери повинні використовувати багато вказівок щодо стандартів для проектування архітектури ІоТ від випадку до випадку. По-друге, системи, розгорнуті в галузях, засновані на різних стандартах і технологіях, які не можуть взаємодіяти з іншими системами, отже, працюють ізольовано, тому збір даних для аналізу, звітності та прийняття рішень є складним завданням. По-третє, у середовищі Industrial-CPS (ICPS) більшість вбудованих систем є пристроями з обмеженим ресурсом, що працюють від батарейок і стикаються з такими проблемами, як короткий термін служби через високе енергоспоживання, низька доступність послуг і низький рівень безпеки. метою цієї дисертації є дослідження промислової цифровізації з точки зору вищезазначених аспектів і проблем.

Багато компаній мають труднощі з моніторингом і контролем своєї діяльності, наприклад, через відсутність належної інформації, доступної для їхніх планувальників, що, у свою чергу, часто призводить до того, що порушення не виявляються вчасно. У цій роботі аналізуються проблеми моніторингу обладнання. Моніторинг стану визначається як вимір конкретних параметрів обладнання, таких як час роботи, її температура або вібрації, з урахуванням будь-яких значних змін. Постійний моніторинг стану обладнання та відстеження будь-яких порушень, які зазвичай

скорочують термін служби обладнання, дозволяє планувати технічне обслуговування або інші профілактичні дії для вирішення проблеми (проблем) до того, як вони переростуть в більш серйозні відмови.

Найчастіше компанії будують свої спеціальні моделі інтеграції даних на основі двох архітектурних проектів: архітектури, керованої подіями (EDA) і архітектури, орієнтованої на обслуговування (SOA). Внесок цієї дисертації включає пропозицію високорівневої архітектури IIoT, придатної для використання в промисловості, концептуальний аналіз моделей інтеграції даних і концепцію DTaaS для ICPS. DTaaS — це чотирирівнева архітектурна модель, яка забезпечує такі цінні властивості, як енергоефективність, висока доступність і стійкість стану, віддалений контроль і контроль за конкуренцією, а також безпека.

Метою роботи є розробка системи контролю та обліку працездатності обладнання підприємства. Дана система виконує завдання надання централізованої інформації, такої, як доступність обладнання.

На даний момент дуже багато компаній впроваджують системи Industry 4.0, але кожна з них має як і свої переваги так і недоліки, тому необхідно розуміти що саме необхідно сучасній промисловості. А також необхідно дослідити, що саме є Industry 4.0 і в чому його перевага.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Industry 4.0[33]

Концепція «Industry 4.0» набула великої популярності та важливості після того, як її вперше представив уряд Німеччини на Ганноверському ярмарку в листопаді 2011 року. Метою та суттю кожної промислової революції є підвищення продуктивності. Як видно на малюнку 6, перша промислова революція відбулася, коли була розроблена парова енергія, яка допомогла підвищити продуктивність. Друга промислова революція відбулася, коли електрику використовували для підвищення продуктивності. Третя промислова революція сталася, коли електроніка та ІТ були використані для підвищення продуктивності та ефективності (Pereira and Romero, 2017).

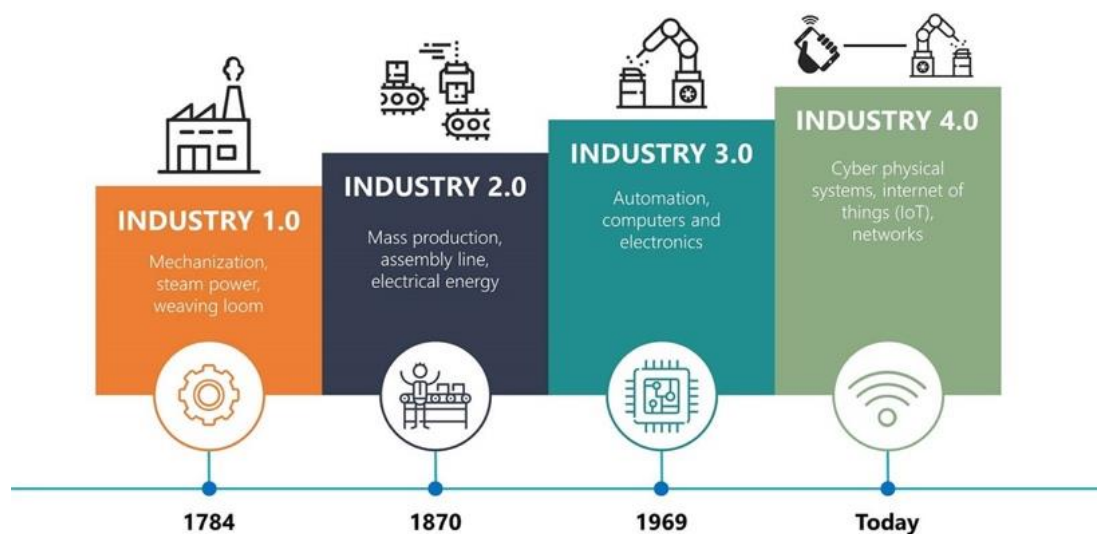


Рис. 1 Концепція Industry 4.0

Сьогодні «Industry 4.0» створює нову галузь промисловості, яка залежатиме від збору та обміну даними вздовж усього ланцюга поставок (Brettell and Friederichsen, 2014; European Commission, 2016). Водночас Industry 4.0 — це новий спосіб з'єднання цифрового світу з фізичним. Крім того, Oesterreich і Teuteberg (2016) заявили, що Industry 4.0 можна

описати як «підвищену оцифровку та автоматизацію виробничого середовища на додаток до посилення комунікації завдяки створенню цифрового ланцюга створення вартості» (Oesterreich and Teuteberg, 2016). За словами Перейри та Ромеро (2017), термін « Industry 4.0» є «загальним терміном для нової промислової парадигми» і складається з кіберфізичної системи (CPS), Інтернету речей (IoT), Інтернету послуг. (IoS), робототехніка, великі дані, хмарне виробництво та доповнена реальність.

1.1.1. Кіберфізичні системи (CPS)[29, 30]

З огляду на розвиток комп'ютерної науки та інформаційних технологій, CPS можна вважати найважливішим досягненням Industry 4.0. CPS можна використовувати для інтеграції фізичного середовища з віртуальним, процесів і операцій контролю та координації (Monostori, 2016). Як стверджують Лі, Багері та Као, CPS можна визначити як «інноваційні технології, які дозволяють керувати взаємопов'язаними системами шляхом інтеграції їхнього фізичного та обчислювального середовища». У той же час ці системи також можуть пропонувати та використовувати доступ до даних і процеси (Monostori, 2016). Крім того, CPS можна застосовувати в кількох сферах, таких як цифрові медичні інструменти та системи, які використовують технологію автоматичного збору та керування, розподілені енергетичні системи, аерокосмічне та авіаційне керування, промислове керування тощо (Liu, 2017). CPS відіграє важливу роль у багатьох сферах, таких як автомобілебудування, машинобудування та важка промисловість, металургія чавуну та сталі, виробництво енергії, транспорт та логістика з моменту розробки технології CPS (Jiang and Li, 2014).

1.1.2. Інтернет речей (IoT) та Інтернет послуг (IoS)[31]

Як одна з останніх ІТ-розробок, Інтернет речей (IoT) фундаментально змінив комунікацію в SCM, забезпечивши зв'язок між людьми (Ben-Daya, Hassini and Bahrour, 2017). Термін IoT був введений у 1999 році та

спочатку стосувався можливості використання тегів радіочастотної ідентифікації (RFID) для відстеження об'єктів у ланцюжку поставок Procter and Gamble. Ben-Daya, Hassini and Bahroun (2017) визначають IoT у контексті SCM наступним чином: «Інтернет речей — це мережа фізичних об'єктів, які цифрово підключені для сприйняття, моніторингу та взаємодії всередині компанії та між ними. компанія та її ланцюг постачань забезпечують гнучкість, видимість, відстеження та обмін інформацією для полегшення своєчасного планування, контролю та координації процесів ланцюга постачання». Як зазначають Перейра та Ромеро (2017), нещодавно з'явилася концепція Інтернету послуг (IoS), вона надасть нові можливості для індустрії послуг, оскільки IOS забезпечує бізнес-технічну основу для постачальників послуг і клієнтів для постачальників послуг і клієнтів за діловою та технічною основою. Шмідт визначає IoS як нову бізнес-модель, яка змінить спосіб надання послуг і дозволить створити більш високу цінність у результаті відносин між партнерами в ланцюжку постачання. Впровадження IoT може запропонувати нові можливості користувачам, виробникам і компаніям у промислових середовищах і в усіх ланцюгах поставок. Він має сильний вплив у різних сферах, таких як автоматизація, промислове виробництво, логістика, бізнес-процеси, управління процесами та транспортування. Крім того, існує новий термін під назвою «Промисловий Інтернет речей» (IIoT), до якої якраз належить тема даної роботи, що означає застосування IoT у промисловості. Щоб удосконалити сучасні промислові системи, IIoT застосовує революційні технології, такі як датчики, виконавчі механізми, програмне забезпечення, системи керування, механізми міжмашинного зв'язку, аналітика даних і механізми безпеки. Сьогодні IoT виникає в трьох основних галузях, які включають оптимізацію процесів, оптимізоване споживання ресурсів і створення складних автономних систем.

1.1.3. Big Data (BD)[32, 33]

Big Data як технологія привертають все більше уваги як дослідників, так і ЗМІ. Big Data стосуються отримання, зберігання та аналізу величезної кількості даних з різних джерел для збільшення доданої вартості. Тому її можна розглядати як «нову трендову корпоративну систему або платформу» в цю глобальну епоху для всіх галузей промисловості. Термін «Big Data» можна визначити як нове покоління технологій, призначених для організацій, щоб отримувати цінність із великих обсягів даних.

McAfee стверджує, що Big Data можна визначити з точки зору «3Vs», а саме обсягу, швидкості та різноманітності. Обсяг Big Data щосекунди перевищив усі дані, що зберігалися в Інтернеті 20 років тому.

Різноманітність даних включає структуровані та неструктуровані дані; більшість доступних даних зазвичай неструктуровані. Milan заявив, що Big Data надають можливості в SCM як інструмент аналізу ризиків ланцюга постачання та вимірювання ефективності постачальників. Обсяг створених і скопійованих даних у всьому світі зріс майже в дев'ять разів з 2010 по 2014 рік[40]. Значною мірою це можна розглядати як результат спеціальних пристроїв, які використовуються в сучасних ланцюгах поставок, таких як вбудовані датчики, комп'ютерні системи та комп'ютеризовані пристрої.

1.1.4. Cloud Manufacturing (CM)[33]

Ще однією новою парадигмою у сфері виробництва є хмарне виробництво (CM), яке було введено як концепцію Лі. Існує багато визначень CM. Більшість із них описують мережеву співпрацю та спільне використання можливостей як послугу між різними користувачами хмари. Крім того, CM — це реалізація та забезпечення всіх типів виробничих ресурсів для життєвого циклу розробки продукту шляхом впровадження хмарних обчислень, технологій Інтернету речей, радіочастотної ідентифікації (RFID), сенсорних мереж і GPS.

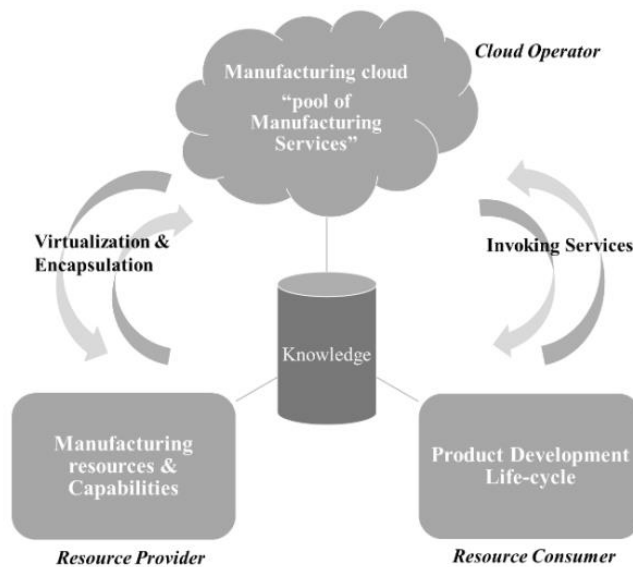


Рис. 2 Концепція хмарного виробництва

Крім того, основними характеристиками СМ є «безпроблемний і зручний спільний доступ» для досягнення ідеї виробництва як послуги (MaaS) і спільного використання різних видів розподілених виробничих ресурсів. Як показано на малюнку 2, принцип СМ полягає в тому, щоб «провайдери могли ефективно організувати та інкапсулювати виробничі ресурси та можливості та зробити їх доступними як послуги для споживачів у керованій оператором виробничій хмарі».

1.1.5. Augmented Reality (AR)[35]

Метою AR є моделювання, допомога та вдосконалення виробничих процесів шляхом інноваційного та ефективного вирішення проблем до того, як ці процеси можуть бути реалізовані. Програми доповненої реальності включають апаратне та програмне забезпечення, наприклад дисплеї на голові та точні трекери. Інструменти доповненої реальності AR впроваджуються на різних етапах життєвого циклу продукту та роблять важливий внесок у всі етапи. Підсумовуючи, можна сказати, що метою програм AR є доповнення сцени, яку переглядає користувач, додатковою інформацією шляхом поєднання реальної сцени, яку переглядає

користувач, із віртуальною сценою, згенерованою комп'ютером. На малюнку 3 показано приклад окулярів AR.



Рис. 3 AR окуляри

1.1.6. Smart Factory[31]

Smart Factory — це форма промислових мереж майбутнього, яка базується на співпраці через кіберфізичні системи. Згідно з опитуванням PWC у 2013 році, 50% німецьких компаній заявляють, що будують такі мережі, а 20% компаній почали впроваджувати Smart Factory. Крім того, метою цієї розумної виробничої мережі є керування машинами та продуктами шляхом взаємодії між ними. Більшість нових концепцій фабрики мають спільні атрибути розумної мережі. Крім того, ці виробничі рішення створять інтелектуальне середовище в усіх ланцюгах постачання для досягнення гнучких і адаптивних процесів[36].

Крім того, Smart Factory складаються з нового інтегрованого взаємозв'язку в реальному часі між кожним виробничим ресурсом. Цей виробничий ресурс містить датчики, приводи, конвеєри, машини, роботів тощо. На малюнку 4 зображено структуру Smart Factory, яка включає чотири матеріальні рівні: рівень фізичних ресурсів, рівень промислової

мережі, рівень хмари та рівень нагляду, а також рівень терміналу керування.

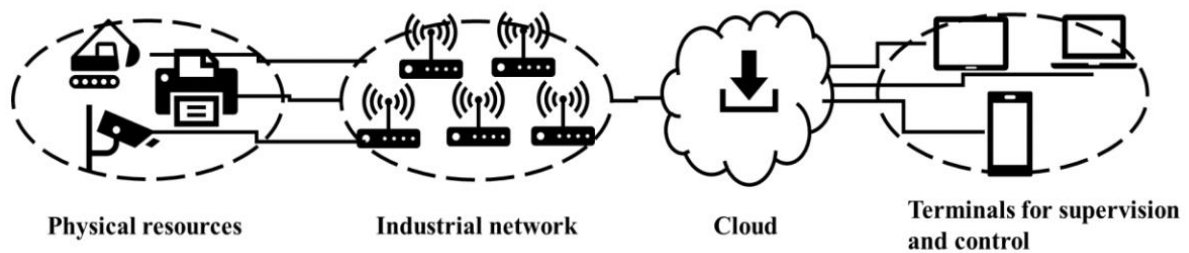


Рис. 4 Коротка структура Smart Factory, Industry 4.0

Фізичні ресурси — це розумні речі, і їх можна використовувати для зв'язку через промислові мережі. Хмарний рівень можна застосовувати в кількох інформаційних системах, таких як ERP, для збору масивних даних на основі рівня фізичних ресурсів, а потім обмінюватися даними з людьми через термінали. Таким чином, ця матеріальна основа може забезпечити вільний потік інформації в мережевому світі. Одночасно цю структуру Smart Factory як CPS можна використовувати для глибокої інтеграції фізичних артефактів та інформаційних об'єктів[37, 38, 39].

AI є основною технологією для впровадження розумних фабрик Industry 4.0. Тесусі визначає AI як «сферу науки та техніки, пов'язану з теорією та практикою розробки систем, які демонструють характеристики, які ми асоціюємо з інтелектом у людській поведінці, такі як сприйняття, обробка природної мови, вирішення проблем і планування, навчання, адаптація та вплив на навколишнє середовище». Наприклад, системи підтримки прийняття рішень (DSS) — це комп'ютерні системи штучного інтелекту для партнерів у ланцюзі поставок. DSS використовує необхідні дані, документи, знання та комунікаційні технології для компаній для вирішення складних проблем[40, 33].

1.2. Основи моніторингу[41, 40]

Для підвищення ефективності роботи підприємства необхідно йти вслід за тенденціями, щоб зберегти конкурентно спроможність та зменшити затрат виробництва на долю продукту. Системи Industry 4.0 впроваджують не лише для підвищення продуктивності, а й для спостереження за підприємством, оскільки це може попередити поломку та зменшити простій у випадку виходу з ладу.

В даній роботі буде розглянуто систему котра допоможе зробити з простого підприємства Smart без внутрішньої інтеграції, що зекономить час та кошти власника. KOEEBOX система котра вимірює OEE системи на котрій встановлено при чому всі дані зберігаються в хмарі та оброблюється за допомогою алгоритмів.

1.2.1. Overall Equipment Effectiveness (OEE) [34]

Загальна ефективність обладнання (OEE) — це інструмент керування обладнанням, розроблений Seiichi Nakajima, який забезпечує базове вимірювання, для якого засновано TPM. Отримана оцінка OEE, виражена у відсотках, є розрахунком того, «як обладнання в цілому працює під час його експлуатації» (Hartman, 1992).

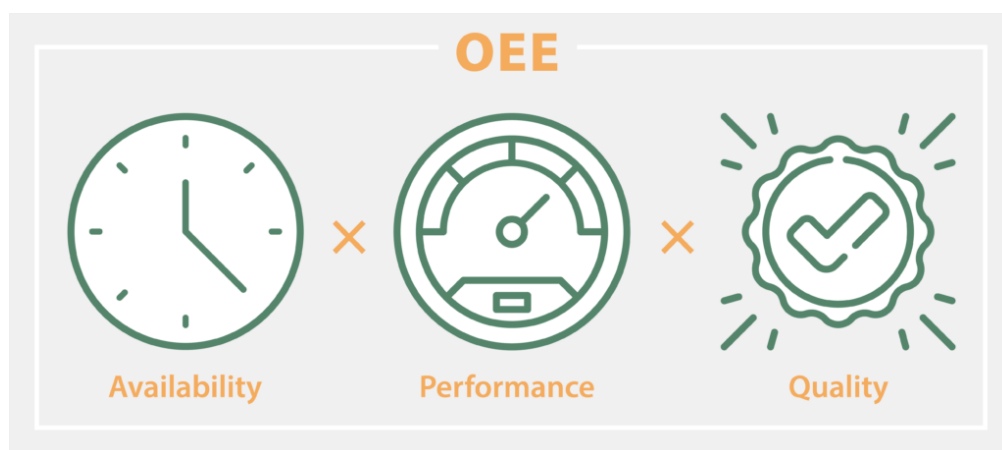


Рис.5 Складові OEE

Це означає, що можна скласти чітку картину між тим, наскільки добре обслуговується та керується машина, та її продуктивністю, таким чином

надаючи розуміння «перешкод і відходів, які знижують рівень продуктивності» (Ahmed, 2013). Використання ОЕЕ в рамках ширшого мислення ТРМ дозволило компаніям покращити своє обладнання та, у свою чергу, свої заводи (Hartman, 1992; Nakajima, 1988). Ця можливість покращення продуктивності охоплює всі типи продуктів і процесів, включаючи: автомобільну (Chand & Shirvani, 2000), гірничу промисловість (Waqas, Tariq, Shahzad, Ali, & Saqib, 2015), друк (Moreira та ін., 2018), виробництво шин (Djatna & Munichputranto, 2015), міський транспорт (Muñoz-Villamizar, Santos, Montoya-Torres, & Jaca, 2018), зварювання (Sivakumar & Manivel, 2019) та багато інші.

1.2.2. Foundations

На базовому рівні ОЕЕ — це система відстеження часу на частині обладнання. Це досягається трьома параметрами: доступністю, продуктивністю та якістю. Управління обладнанням за часом є чудовим способом зрозуміти, що відбувається під час виробництва продукту, оскільки воно враховує все, що відбувається. Відстеження здійснюється за допомогою нульового обліку часу; це означає, що весь час, який проходить протягом виробничого процесу, повинен бути врахований і класифікований. Це змушує краще розуміти обладнання та, у свою чергу, збільшує можливості його вдосконалення. Усі категорії часу, які використовуються для розрахунку оцінки ОЕЕ, можна побачити в таблиці 1.

Таблиця 1.

Категорії часу

Календарний час (T_C)	Весь час, який проходить протягом заданої тривалості (день, тиждень, місяць)
Не заплановано (L_{NS})	Запланований час простою машини (неробочий час, наприклад, вихідні, свята, позазмінний час)
Плановий простой (L_{PD})	Час, коли заплановано обслуговування машин

Запланований час виробництва (T_{PP})	Запланований час виробництва продукції
Незапланований простой (L_{UD})	Час, втрачений через непередбачені механічні проблеми (пов'язані з машиною - поломки, несправності, ремонт, налаштування, регулювання, заміна)
Доступний для запуску (T_A)	Час, протягом якого машина доступна для запуску (без поломки чи затримки)
Незначні зупинки (L_{MS})	Машина або оператор зупиняються на певну визначену тривалість. (зазвичай 2-3 хвилини)
Неактивний (L_E)	Час зупинки машини через відсутність відомих проблем
Втрата швидкості (L_S)	Час, витрачений на виготовлення деталей повільніше, ніж запрограмований намір
Тривалість (T_R)	Час, необхідний для виготовлення деталей згідно з програмою.
Втрата якості (L_Q)	Час, витрачений на виготовлення поганих деталей
Доданий час (T_{VA})	Час, витрачений на виготовлення якісних деталей

1.2.3. Вимірювання якості

Хоча доступність і продуктивність завжди визначаються в одиницях часу, важливо визначити одиниці для вимірювання якості та наслідків для адитивного виробництва. У літературі якість визначається або як товар, або як час, витрачений на виготовлення товару. Хоча навіть Nakajima (1988) використовує товари для визначення якості, стало прийнятним використовувати час як одиницю вимірювання (Sonmez, Testik, & Testik, 2018). Becker (2015) зазначає, що, визначаючи якість як час, зусилля (в одиницях часу), витрачені на переробку продукту, також можна включити в розрахунок. Вимірювання таким чином забезпечує більш систематичне уявлення про продукт у процесі виробництва. Це важливо для нашого застосування в адитивному виробництві, враховуючи його унікальний виробничий метод пошарового додавання.

Деякі адитивні процеси сьогодні дозволяють виробляти кінцеві продукти стовідсоткової якості. Це досягається не завдяки досконалому виробництву, а шляхом перевірки якості та переробки на виробництві. Адитивний процес дає можливість перевірити, переробити або замінити кожен шар для отримання кінцевого продукту, який, як наслідок, без дефектів. Це фантастично для виробників, оскільки це означає, що більше немає втрачених прибутків через брукхт після обробки або перероблені товари. Проте ймовірність втрат у виробничому процесі залишається через втрачений час на машині для цілей якості. Використання одиниці часу для вимірювання якості, у свою чергу, дає спосіб вимірювання часу, витраченого на якісні елементи в процесі, зберігаючи при цьому загальний кінцевий результат без дефектів. Для вимірювання таким чином пропонується трансформація існуючого розрахунку ОЕЕ. Нова формула, Загальна ефективність адитивного виробництва, переміщує вимірювання якості з окремого компонента на невід’ємну частину розрахунку продуктивності, що дозволяє використовувати ОАМЕ в адитивному виробництві з результатами, подібними до традиційних методів виробництва.

1.3. Огляд конкурентів

На даний момент на ринку існує дуже багато різних рішень для моніторингу обладнання підприємства, як Iot так і Pot. Але кожна з пропозицій має як і свої переваги так і недоліки, тому тут буде розглянуто декілька подібних розробок.

1.3.1. Clobbi

Українська система Clobbi є постачальником бізнес-рішень для індустрії кабелю та проводу з 1993 року. Компанія спеціалізується на цифровій трансформації, оптимізації виробничих бізнес-процесів та автоматизації кабельно-провідникової продукції на основі концепції Industry 4.0.

Clobbi допомагає великим і середнім підприємствам кабельного та дротового зв'язку налаштувати та оптимізувати процеси, покращити управління та забезпечити прийняття рішень на основі даних.

Команда Clobbi більше 25 років створює комплексні індивідуальні рішення для кабелів і проводів. Численні впровадження з вимірними економічними вигодами підтверджують наш досвід.

Станом на 2020 рік 30% усього кабелю в Східній Європі виготовляється за допомогою системи управління Clobbi.

Сервіс Clobbi є конфігурацією ERP-системи IT-Enterprisedля управління виробництвом у кабельній промисловості, що працює на платформі Microsoft Azure. Платформа Microsoft Azure – високомасштабована, стійка до відмови хмарна платформа від компанії Microsoft для створення і розміщення додатків і даних, і надання їх у вигляді сервісів.

Недоліком даного рішення є спрямованість, тобто система створена саме для підприємств пов'язаних з виробництвом кабелю. Крім того Clobbi не є програмно апаратним рішенням, оскільки виникає необхідність мати на підприємстві власного спеціаліста що збільшує вартість та терміни впровадження рішення. Переваги системи є обширний список модулів та повноцінна ERP система, також гнучкий інтерфейс та функціонал.

1.3.2. Waites

Американська система моніторингу стану Waites забезпечує цілодобовий безпроблемний моніторинг будь-якої частини обладнання на підприємстві. Сучасне, просте у використанні програмне забезпечення для аналізу вібрації дозволяє легко й автоматично встановлювати сповіщення незалежно від того, експерт ви з вібрації чи ні.



Рис. 6 Waitec

Експерти оціняють дані Waitec, яка дає змогу раніше виявляти потенційні дефекти, зберігаючи саме обладнання та операцію від несподіваних, болісних і дорогих простоїв.

Система Waitec є лідером у галузі моніторингу стану вібрації. Основою системи є міцний датчик у корпусі з нержавіючої сталі, який надійно кріпиться до обладнання для моніторингу повного спектру вібрації та температури. Ці датчики з'єднують наші бездротові вузли, що живляться від акумулятора. Ці вузли забезпечують до 10+ років безперервного моніторингу до шести точок кожен, забезпечуючи 18 каналів покриття. Зчитування можна налаштувати для виконання з інтервалами або запускати за запитом. Бездротові вузли підключаються до постійно ввімкненого, складного комунікаційного центру. Завдяки зашифрованому стільниковому з'єднанню Waitec концентратори неймовірно прості в установці, і зазвичай вони можуть бути запуснені протягом 5 хвилин після встановлення. За лаштунками працює веб-сайт моніторингу, передова, кваліфіковано розроблена система, яка передає кожне окреме показання на

налаштовану інформаційну панель, надаючи повний круговий огляд роботи.

Переваги даної системи є висока точність, тех. Підтримка 24/7, але недоліками даного продукту є висока вартість, присутній людський фактор, оскільки усі дані перевірюються людиною. А також спрямованість системи, Waites, спрямовані лише на вимірювання вібрації, що в свою чергу призводить до обмеженого функціоналу.

1.3.3. ERBESSD INSTRUMENTS

Мексиканська компанія моніторингу стану підприємства. Основними продуктами є фантомні датчики моніторингу стану — це невеликі пристрої, створені для запису показників та надсилання їх в хмару або локальну базу даних за допомогою проміжного пристрою під назвою «ШЛЮЗ».



Рис. 7 ERBESSD INSTRUMENTS

Датчики дозволяють дуже легко контролювати стан машини. Зручність їх монтажу та відсутність кабелів роблять їх ідеальними для швидкого та

економічного встановлення. Датчики Phantom Wireless надсилають сигнали та спектри, досягаючи смуги пропускання 10 кГц і роздільної здатності 6400 ліній .

Для економії батареї датчики Phantom також надсилають середньоквадратичні значення швидкості (внутрішня інтеграція) і мають внутрішню сигналізацію, яку користувачі можуть дистанційно запрограмувати на пробудження в разі сильної вібрації.

Датчики фантомного моніторингу стану здатні надсилати спектри FFT і форми хвиль через бездротовий протокол BLE 5.0. Натомість вони споживають дуже мало енергії та досягають відстані до 100 метрів у прямому огляді або 50 метрів із проміжними стінами (ці відстані залежать від товщини стін)

Датчики Phantom Condition Monitoring мають смугу пропускання 10 кГц і діапазон амплітуди $+ - 8G$, який можна налаштувати до $+ - 32G$. Чудово підходить для детального аналізу вібрації. Крім того, інтервал спектру також регулюється. Щоб заощадити батарею, налаштуйте бездротові датчики вібрації надсилати дані з інтервалами від кожні 10 до кожні 1440 хвилин (24 години).

Бездротові датчики контролю стану для вібрації перебувають у режимі сну 95% часу, щоб продовжити термін служби батареї. Однак у них є внутрішній процесор, здатний вимірювати вібрацію кожні 30 секунд і інтегрувати її, щоб оцінити, чи виходить вона за межі настроюваних допустимих меж. У разі виявлення значень вібрації вище порогу, Phantom негайно прокинеться та надішле сигнал тривоги в хмару, який також може досягти вашого мобільного телефону, якщо ви хочете.

Після надсилання сигналу тривоги Phantom не надсилатиме інший сигнал тривоги, якщо не виявить значення вібрації, що перевищує 25% від попереднього значення. Крім описаного датчику вібрації дана система надає ще низку інших, що дозволяє повноцінно моніторити стан

підприємства.

Переваги: широкий функціонал, зручне монтування системи та зручний функціонал, на ринку більше 30ти років.

Недоліки: дуже дорогі пристрої (датчик струму коштує у виробника 8\$ з доставкою, вартість у них 110\$), низька точність вимірів.

1.3.4. Vorne

Європейська компанія котра виробляє цифрові дисплеї OEE покращують виробничий процес, збираючи точні, практичні дані про виробництво та надаючи їх операторам у режимі реального часу. Таким чином вони можуть вносити покращення протягом зміни, а не керівники, які переглядають дані заднім числом і вносять зміни для наступної зміни.



Рис. 8 Цифрові дисплеї Vorne

Цифрові виробничі дисплеї інтегровані у виробничі підприємства, щоб зробити точні, автоматично зібрані виробничі дані видимими якомога більшій кількості членів вашої команди. Це дає змогу працівникам заводу діяти на основі поточної інформації, щоб забезпечити безперебійну та ефективну роботу ліній. Ці табло можуть збирати та відображати різноманітні показники, щоб ви могли вибрати те, що найкраще резонує з

вашими операторами, і те, що найкраще спонукатиме до дій у напрямку покращень, на яких ви хочете зосередитися.

Загальна ефективність обладнання (ОЕЕ) визначає відсоток запланованого часу виробництва, який є дійсно продуктивним. Оцінка ОЕЕ 100% означає ідеальне виробництво: виробництво лише якісних деталей, якомога швидше, без простоїв.

Традиційно ОЕЕ живе в офісах і на зустрічах. Що ми маємо на увазі? Оператори збирають дані за допомогою аркушів журналів, які записують час простою, час переналаштування та підрахунок виробництва. Після закінчення зміни адміністратор або керівник збирає дані та створює звіт ОЕЕ, який переглядається на наступній щоденній виробничій нараді. Підсумок: інформація надходить надто пізно, щоб стимулювати значущі проактивні покращення на виробництві. Крім того, збір даних вручну часто має серйозні проблеми з точністю (наприклад, заниження часу простою). Дисплеї ОЕЕ вирішують обидві ці проблеми.

Відображення ОЕЕ автоматично збирають дані, обчислюють ОЕЕ у режимі реального часу та визначають основні втрати, щоб команда знала, наскільки добре вони працюють під час зміни (ми називаємо це «виграти зміну»). Основні втрати ОЕЕ виражаються в термінах доступності, продуктивності та якості. Повертаючись до ідеї ідеального виробництва: «виготовлення лише якісних деталей» — це ідеальна якість, «якомога швидше» — ідеальна продуктивність, а «без простоїв» — ідеальна доступність.

Багато компаній вважають, що чисто ОЕЕ, як показано вище, може бути трохи абстрактним для практичного використання командами на виробництві (що насправді означає оцінка ефективності 94,8%?). Цікавою альтернативою для дисплея ОЕЕ є відображення доступності, продуктивності та якості з точки зору втрат (зазвичай втрачений час під

час зміни, роботи чи виконання деталей). Іншими словами, показати втрату доступності, втрату продуктивності та втрату якості.

Популярна альтернатива дисплеям OEE зосереджується на показниках, які дозволяють працівникам «виграти зміну». Дисплей TAED показує:

Ціль: підрахунок хороших деталей, які мали бути виготовлені в реальному часі.

Фактичний: підрахунок хороших деталей, які фактично були виготовлені в реальному часі.

Ефективність: відношення фактичних хороших частин до цільових хороших частин.

Час простою: компонент OEE Availability; для більшості компаній найбільший збиток.

TAED — це інструмент, який миттєво повідомляє працівникам цеху про те, наскільки добре вони працюють, чи «виграють вони зміну».

Переваги: на ринку більше 30 років, хороше програмне рішення, доступний функціонал.

Недоліки: відсутність апаратного рішення про стан підприємства.

1.4. Принцип роботи

Принцип роботи полягає у зборі інформації безпосередньо з обладнання. Цінність продукту лежить у програмно-апаратному рішенні. Спершу система за допомогою є “шлюзу” відбувається збір інформації та передача її в хмару. Після цього відбувається розшифровка та обробка даних безпосередньо на сервері. Надалі дані зберігаються у нереляційній базі даних, звідки дані можна переглянути в будь-який момент часу.

OEE розраховується за певними принципами. Щоб правильно обговорити необхідність нової формулювання розрахунку OEE, буде переглянуто традиційний розрахунок і обговорено пов’язані з ним недоліки адитивного виробництва. OEE розраховується шляхом множення компонентів доступності, продуктивності та якості. Рисунок 9 надає

візуалізацію розбивки категорій часу, необхідних для розрахунку компонентів і загальної оцінки OEE[48].

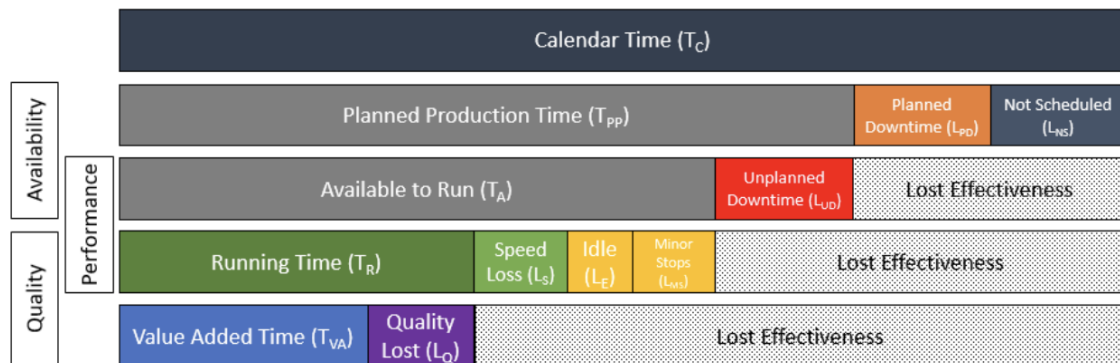


Рис. 9 OEE

1.4.1. Доступність

Доступність – це час, протягом якого обладнання доступне для використання. Розрахунок починається з повного обліку всього календарного часу (T_C). Запланований час виробництва (T_{PP}) виходить з календарного часу за вирахуванням будь-якого часу незапланованого виконання (L_{NS}) і будь-яких запланованих простоїв (L_{PD}):

$$T_{PP} = T_C - L_{NS} - L_{PD} \quad 1$$

Час, який зараз доступний для роботи машини (T_A), можна врахувати шляхом зменшення запланованого часу виробництва (T_{PP}) на незапланований час простою (L_{UD}):

$$T_A = T_{PP} - L_{UD} \quad 2$$

Доступність тепер можна розрахувати шляхом ділення часу, доступного для роботи (T_A), на запланований час виробництва (T_{PP}).

$$Availability = \frac{Available\ to\ Run\ (T_A)}{Planned\ Production\ Time\ (T_{PP})} \quad 3$$

1.4.2. Продуктивність

Продуктивність вимірює, наскільки добре машина працює протягом доступного часу. Щоб визначити продуктивність системи, спочатку

потрібно розрахувати час роботи (T_R), вилучивши втрати швидкості (L_S), простою (L_E) і незначних зупинок (L_{MS}) із часу, доступного для роботи (T_A):

$$T_R = T_A - L_S - L_E - L_{MS} \quad 4$$

Хоча це правильне представлення для розрахунку часу роботи (T_R), тут фактично вирішується втрата, оскільки час роботи є відомим значенням на основі запрограмованої тривалості процесу. Тоді час роботи (T_R) є функцією кількості деталей, виготовлених за заданий календарний час, помноженої на запрограмовану тривалість. Це призводить до відомого робочого та доступного часу з розрахованими втратами для підтримки обліку часу на базі нуля. Час роботи (T_R) ділиться на час, доступний для роботи (T_A), таким чином завершуючи частину продуктивності розрахунку ОЕЕ.

$$Performance = \frac{Running\ Time(T_R)}{Available\ to\ Run(T_A)} \quad 5$$

1.4.3. Якість

Щоб визначити показник якості, необхідно розрахувати час доданої вартості¹. Визначається шляхом вилучення втраченого часу на виготовлення бракованих деталей (L_Q) з часу роботи (T_R):

$$T_{VA} = T_R - L_Q \quad 6$$

Для завершення розрахунку якості доданий час (T_{VA}) ділиться на попередньо визначений час роботи (T_R).

$$Quality = \frac{Value\ Added\ Time\ (T_{VA})}{Running\ Time(T_R)} \quad 7$$

На завершення, зібравши всі необхідні компоненти для розрахунку ОЕЕ, все, що залишається, це помножити їх разом.

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \quad 8$$

1.4.4. Недоліки

Розрахунок ОЕЕ не сприяє моніторингу якості виготовленої деталі в реальному часі. У переважній більшості застосувань неможливо визначити, що частини відповідають специфікації, доки вони не досягнуть своєї остаточної форми – коли всі процеси будуть завершені. На цьому етапі інформацію про якість потрібно додати назад до набору даних доступності та продуктивності. Це узгодження даних вимагає часу та зусиль, які не часто є надлишковими ресурсами у виробничому середовищі[45].

Коли це питання вимірювання якості розглядається в контексті процесу адитивного виробництва, проблема може поглибитися. Адитивні процеси мають здатність виправляти дефекти в процесі виробництва, що може призвести до отримання деталей без дефектів наприкінці процесу.

$$T_{VA} = T_R - 0$$

Таким чином, якісна частина розрахунку утримується на 100%,

$$Quality = \frac{Value\ Added\ Time\ (T_{VA})}{Running\ Time(T_R)} = \frac{T_R}{T_R} = 1 \quad 7$$

Це створює розрив у часі в розрахунку ОЕЕ, оскільки він не має способу відстежити час, витрачений на перевірку або переробку деталі. Це призводить до необхідності нової формули для забезпечення точного розрахунку оцінки ОЕЕ та внесення покращень.

Висновки

В даному розділі було розглянуто основи моніторингу та світові компанії котрі займаються моніторингом обладнання. З цього матеріалу можна зазначити, що на даний момент промислова революція знаходиться на 4тому етапі. На цьому етапі найважливішим завданням кожного підприємця є перехід від автоматизації виробничого процесу до автоматизації підприємства та збільшення його доступності. Саме

доступність обладнання надає можливість збільшити кількість продукції, нормалізувати час роботи та зменшити затрати на підприємство і знизити ризики простоїв. Також у ході виконання було описано загальні відомості про ОЕЕ як вид моніторингу виробництва, розглянуто конкурентів та коротко описано принцип роботи. Було проаналізовано методи розрахунку ОЕЕ котрі будуть використовуватись в процесі розробки.

РОЗДІЛ 2 ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

2. Моніторинг обладнання

Завдання моніторингу стану можуть застосовуватися до будь-якого обладнання та машинних систем, для яких вони застосовні.

Для щоденного використання процесу моніторингу інструментів, підвищення ефективності використання обладнання, матиме особливо важливе значення для створення системи моніторингу робочого стану обладнання на основі Інтернету речей. Зосередимся на різних інструментах та обладнанні під час повсякденного використання комутаційної машини, робочому часі, споживанні електроенергії та статусі віддаленого моніторингу, передачі, запису та аналізу керування, легкому для освоєння інструментом використання та керування кожним інструментом для період часу [1, 43]. Інструменти та обладнання для щоденного використання системи моніторингу для реалізації інструментів та обладнання в різних відділах віддаленого бездротового або локального моніторингу, серверне програмне забезпечення для аналізу даних тестування в реальному часі, робиться висновок, що прилад протягом періоду часу використання [2].

2.1. IoT & IIoT

Світ IoT — це великий світ, про який усі говорять. Сучасні продукти IoT бувають різних форм — деякі з них позначені як IoT, але насправді вони представляють лише невелику частину того, що продукт IoT насправді передбачає. Повноцінний проєкт Інтернету речей вимагає не лише досвіду програмування та апаратного забезпечення, але й досвіду в широкому діапазоні областей від енергетики до розумного дому та навіть автомобілебудування [44].

Дана частина висвітлить значні відмінності між Інтернетом речей (IoT) і промисловим Інтернетом речей (IIoT), і, розглядаючи перелічені

міркування, можна буде охарактеризувати виготовлений пристрій. Крім того, представлені прогалини в стандартизації технологій, пов'язаних з IoT, а також поточні ініціативи різних установ для пом'якшення цих прогалин.

2.1.1. Загальну підставу [3, 4]

Перш ніж говорити про відмінності між IoT та IIoT, давайте спершу подивимося на схожість між ними. Обидва мають однаковий фундаментальний шар, на якому вони побудовані. Оскільки IIoT є підмножиною більшого IoT, вони автоматично використовують спільні технології, такі як датчики, хмарні платформи, підключення та аналітика.

Ще одна схожість полягає в доменах, для яких розроблено їхню програму, а також стандартах і правилах, яким вони мають відповідати, щоб бути успішними та комерційно доступними.

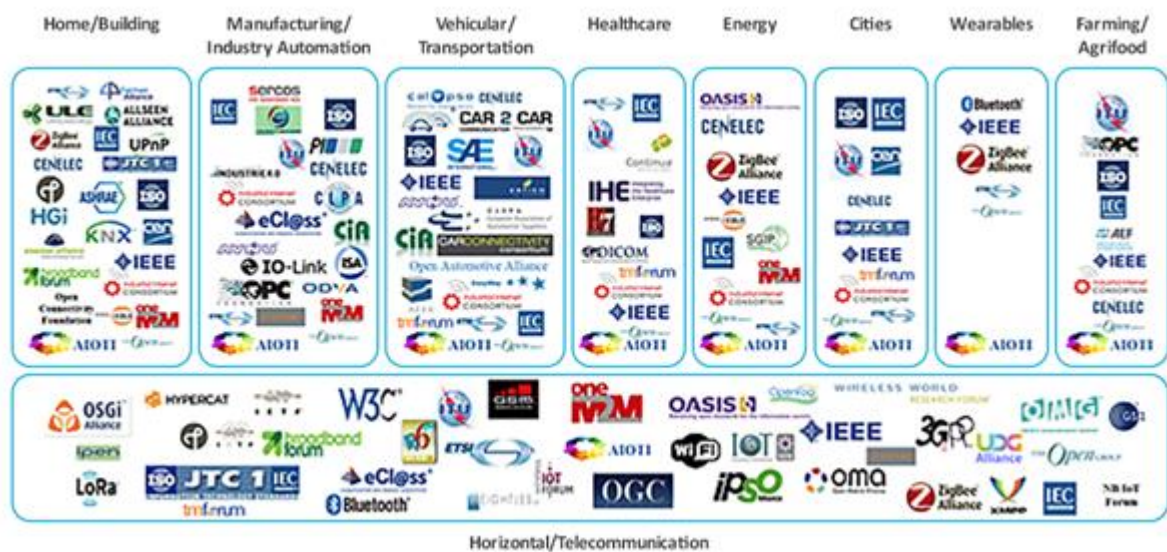


Рис. 10 Ландшафт стандартів IoT (ETSI, 2017)[2]

На малюнку вище підсумовано поточну ситуацію в світі IoT щодо стандартів і областей застосування, в яких використовуються ці типи продуктів. Ландшафт дійсний як для продуктів IoT, так і для продуктів IIoT[46]. Обидва вони використовуються в різних програмах, які

поширюються від домашньої автоматизації до промисловості та сільського господарства — вертикально. На горизонталі ми можемо знайти загальні телекомунікаційні технології, які використовуються у всіх представлених областях застосування. Як ми можемо зробити висновок із малюнка, домени додатків щільно заповнені кількома SDO (організаціями, що розробляють стандарти) та промисловими чи громадськими альянсами.

На зображенні видно два дуже критичні недоліки для майбутніх стандартів IoT. По-перше, на полі занадто багато гравців, а по-друге, SDO здебільшого незалежні, і між ними мало повторного використання, і певною мірою вони є конкурентами в змаганні за те, щоб бути першими та найактуальнішими на ринку.

2.1.2. The Big Gaps [5]

Організації з розробки стандартів (SDO) є частиною Європейського альянсу інновацій Інтернету речей (AIOTI). Більше інформації про альянс можна знайти на веб-сайті <https://aioti.eu/>.

ETSI (Європейська організація зі стандартизації — SDO) опублікувала цікавий аналіз, у якому виявила шість основних прогалин в IoT:

- Дублювання архітектур і моделей IoT
- Велика кількість комунікаційних протоколів задовольняє різноманітні типи комунікаційних вимог
- Моделі даних розробляються на запатентованій основі та здебільшого специфічні для вертикальних доменів, до яких вони застосовуються
- Недостатня гармонізація правил обробки та процесів прийняття рішень при прийомі даних датчиків
- Безпека та конфіденційність розглядаються окремо для деяких програм

- Простота використання та обслуговування після покупки потребує більш глобального підходу

2.1.3. Екосистема технологій IoT [4, 5]

Перш ніж занурюватися в деталі, важливо розуміти, що не всі підключені пристрої є IoT або IIoT. У цій частині розглянемо екосистему IoT та її основні компоненти[30].



Рис. 11 Стек технологій IoT

Технологічна основа для будь-якої програми IoT — незалежно від того, призначена для споживача чи промисловості — однакова, і її можна абстрагувати, як показано на малюнку. Тому, щоб створити продукт з нуля і назвати його продуктом IoT, потрібен досвід у шести різних сферах (Dunkels, 2019):

- Обладнання пристрою
- Програмне забезпечення пристрою
- Комунікації
- Хмарна платформа
- Хмарні дані
- Хмарна програма

Крім того, не слід забувати про аспект безпеки кожного з цих компонентів. В інтересах спрощеного представлення цей аспект тут не враховується.

2.1.4. Обладнання пристрою [6]

Коли ми уявляємо продукт IoT, фізичний пристрій автоматично приходить на розум. Це може варіюватися від надзвичайно простого, скажімо, електронного пристрою з кількома різнокольоровими світлодіодами, до дуже складного, як-от пристрій, що відчуває різні фізичні властивості та бере участь у так званих периферійних обчисленнях. Основна вимога при створенні таких продуктів полягає в тому, щоб включити комунікаційну технологію, яка дозволяє пристрою спілкуватися з іншими пристроями або бути підключеним до Інтернету.

2.1.5. Програмне забезпечення пристрою [6]

Програмний компонент будь-якого апаратного забезпечення на основі мікроконтролера називається мікропрограмою. Прошивка — це логіка, необхідна будь-якому продукту IoT для роботи та виконання бажаного робочого навантаження.

2.1.6. Комунікації [6]

Зв'язок зазвичай здійснюється шляхом підключення до інших пристроїв і, зрештою, до головного шлюзу, або шляхом підключення безпосередньо до Інтернету за допомогою різних технологій, таких як Bluetooth, WiFi або будь-який інший стандартний протокол зв'язку.

2.1.7. Хмарна платформа [6]

Будь-який продукт IoT потребує серверного рішення, де дані збираються, фільтруються та обробляються. Деякі з найбільш часто використовуваних сьогодні хмарних платформ показані на малюнку нижче. Більше інформації про провідні хмарні платформи можна отримати з (*um, 2019).



Рис. 12 Магічний квадрант для хмарної інфраструктури (Gartner, 2020)

2.1.8. Хмарні дані [7]

Цей компонент теоретично є неовов'язковим у програмі IoT; незважаючи на це, більшість сучасних продуктів містять інтелект, який дозволяє відрізнити їх від інших продуктів. Зазвичай це сприймається як найцінніший актив будь-якого сучасного продукту IoT; тому досвід у таких сферах, як машинне навчання та наука про дані, дуже потрібен.

2.1.9. Хмарні програми [7]

Як і у випадку з хмарними даними, цей компонент є неовов'язковим, оскільки не всі додатки IoT пропонують клієнту візуалізацію на основі графічного інтерфейсу користувача. Якщо це потрібно, хмарна програма повинна мати можливість показувати дані, зібрані з апаратного забезпечення пристрою, у формі мобільного або веб-додатку.

2.1.10. Десять відмінностей між IoT та IIoT

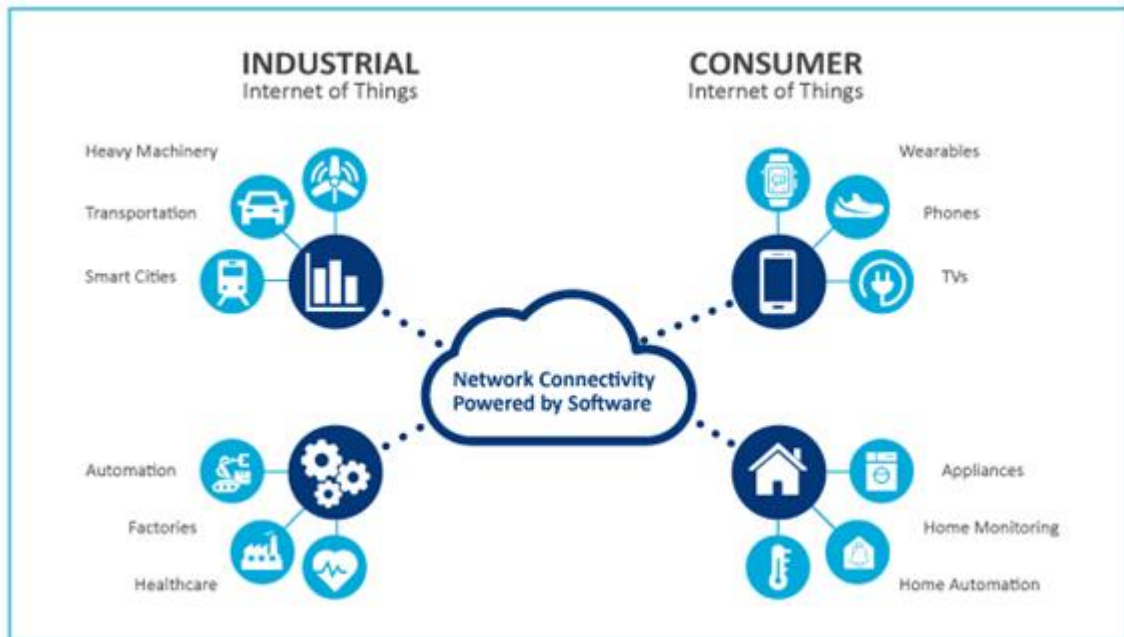


Рис. 13 Домени додатків IoT та IIoT (Бюро, 2017) [8]

Хоча багато людей вважають, що функціональність відрізняє IoT від IIoT, реальність не така проста. Хоча IoT та IIoT мають спільні технології, на цьому схожість закінчується.

По-перше, почнемо з визначення двох. Термін IoT, Internet of Things, часто використовується для позначення всюдисущих продуктів IoT, орієнтованих на споживача.

З іншого боку, IIoT розшифровується як Industrial Internet of Things і є підмножиною більшого IoT, що зосереджується на спеціалізованих вимогах промислових застосувань, таких як виробництво, нафтогаз і комунальні послуги. IIoT — це збірний термін, який описує з'єднання машин і виробничих установок.

Відповідно до (Ehrenreich, 2018) і (Chan, 2018) параметри, які відрізняють IoT від промислового IoT, включають:

- Безпека

- Інтероперабельність
- Масштабованість
- Точність
- Програмованість
- Низька затримка
- Надійність
- Стійкість
- Автоматизація
- Ремонтопридатність

2.1.11. Безпека [8, 9]

Будь-яке рішення IoT потребує безпеки, але промислові рішення IoT вимагають більш надійних заходів. Вирішення питання безпеки лише на поверхневому рівні може мати катастрофічні наслідки для великомасштабного виробничого процесу, що призведе до втрати виробництва, що коштуватиме величезних грошей. Інший результат неправильних дій у процесі керування може привести систему в нестабільний і небезпечний стан. Таким чином, рішення IoT включають складні заходи безпеки, від захищених і стійких системних архітектур, спеціалізованих наборів мікросхем, шифрування та виявлення загроз автентифікації до процесів управління.

З іншого боку, безпека роботи не обов'язково є проблемою в екосистемі IoT, оскільки ці системи не обробляють промислові процеси. Тому жодного серйозного інциденту з безпекою не може статися, якщо прийнято неправильне рішення.

2.1.12. Сумісність[8,9]

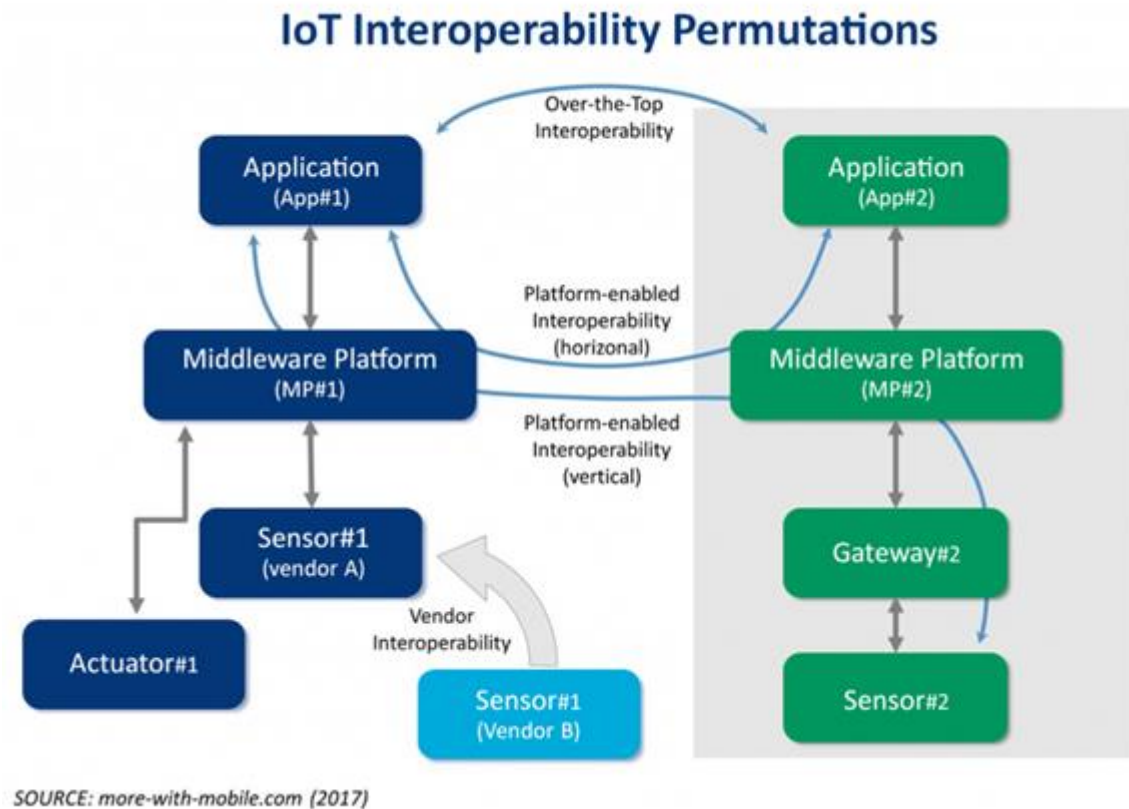


Рис. 14 Перестановки сумісності IoT (more-with-mobile.com, 2017)[9]

Зазвичай промислові програми IoT повинні співіснувати в середовищах із значною кількістю застарілих операційних технологій (ОТ). Ці застарілі ОТ не зникають так швидко; тому промислові рішення IoT повинні інтегруватися, підтримувати різні протоколи та набори даних і надійно працювати з цими системами.

2.1.13. Масштабованість [10]

Термін «промисловий» означає великомасштабні мережі, що підтримують велику кількість пристроїв порядку десятків тисяч (або більше). Ці пристрої можуть бути контролерами, роботами або великими машинами, а рішення IoT, розгорнуті в цих мережах, повинні безперервно масштабуватися та підтримувати сотні тисяч датчиків і пристроїв, а також існуючі пристрої, не пов'язані з IoT.

2.1.14. Точність[10]

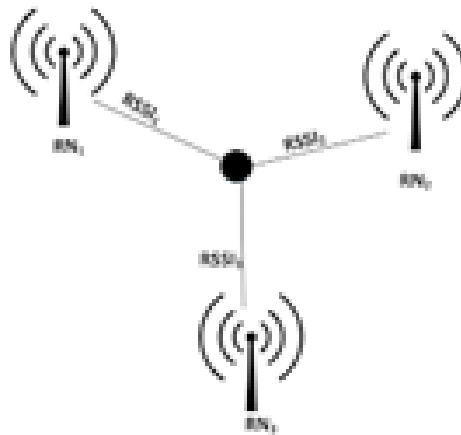


Рис. 15 Приклад підвищення точності позиціонування (Fahem Zafari, 2019)[10]

Промислові операції вимагають більш високого рівня точності. Автоматизоване високошвидкісне обладнання синхронізується за лічені мілісекунди. Тому якість таких систем повинна бути забезпечена. Будь-яка невелика зміна в роботі таких великих виробничих процесів повинна бути негайно виправлена. Інакше це може призвести до втрати ефективності та простою, що може значно вплинути на дохід.

2.1.15. Програмованість [10]

Програмування та реконфігурація промислових машин часто виконується. Це можна зробити віддалено, на місці або в польових умовах, а промислові рішення IoT, що підтримують промислові та виробничі процеси, повинні забезпечувати надійну гнучкість і адаптивність.

2.1.16. Низька затримка [10]

До точності й акуратності доповнює вимога щодо низької затримки в промислових застосуваннях. Аномалії повинні бути швидко виявлені, а коригувальні дії повинні бути застосовані майже в реальному часі.

2.1.17. Надійність [10]

Промислові вироби зазвичай розраховані на роботу протягом двадцяти-тридцяти років до заміни накипу. З такими суворими вимогами, як-от

робота в суворих умовах, іноді з екстремальним холодом, спекою, високою вібрацією, тиском і небезпечними умовами, програми ІоТ повинні забезпечувати надійну працездатність і високу доступність.

Неправильна дія може поставити під загрозу життя людей.

Пам'ятайте, що аспект «надійності» є частиною тріади SRP: безпека, надійність і продуктивність.

2.1.18. Стійкість [11]



Рис. 15 Модель стійкості в чотирьох актах (Delic, 2016)[11]

Збої в одній частині системи не є чимось незвичайним у таких масштабних промислових застосуваннях; отже, програми повинні бути розроблені з урахуванням стійкості. Щоб компенсувати такі несправності в системі, архітектури системи ІоТ повинні бути розроблені таким чином, щоб завжди задовільно завершувати свої процеси та операції.

2.1.19. Автоматизація [11]

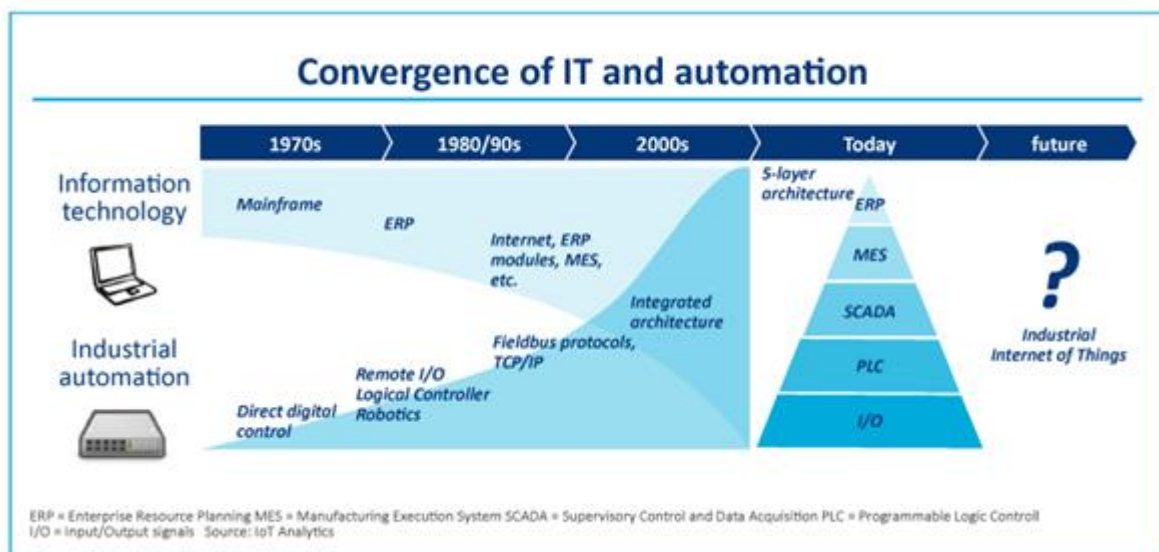


Рис. 16 Коротка історія автоматизації в ІТ (Lueth, 2015) [11]

Більшість промислових додатків високоавтоматизовані від низу до верху, з обмеженим або зовсім без втручання людини. Такі рішення IoT повинні підтримувати низку автономних дій. Щоб забезпечити це, додатки включають інтелект у периферійні пристрої або можливості глибокого навчання в дизайн системи.

2.1.20. Ремонтопридатність [11]

Рішення Інтернету речей, які працюють у промислових середовищах, мають бути придатними для обслуговування, щоб підтримувати необхідні рівні продуктивності. Це може поширюватися від заміни датчиків і оновлення мікропрограми до налаштування шлюзів і серверів — здатність підтримувати промислові рішення IoT протягом усього життєвого циклу є важливою вимогою.

Висновок

Дізнавшись про технологічні основи, а також про відмінності між IoT та IIoT, тепер легше оцінити продукт, який збираємося розробити. Кожен, хто планує розробити нову екосистему IoT/IIoT, повинен оцінити обидві ці

загальні та відмінні характеристики та разом із замовником прийняти рішення щодо найкращої підходящої архітектури без шкоди для призначення програми.

Одним із ключових висновків є те, що при створенні промислових продуктів IoT необхідно зосередитися на реальних потребах і цінностях належним чином розробленої архітектури на основі хмарних даних, приділяючи особливу увагу аспектам безпеки, надійності та продуктивності.

В даному розділі було розглянуто різницю IoT та IIoT, і можна зазначити, що виготовлений пристрій хоч і відноситься до IIoT, все ж більш подібний до звичайного інтернету речей.

РОЗДІЛ 3 ПРИСТРІЙ КОЕЕВОХ

3. Завдання пристрою

Моніторинг стану обладнання для контролю наразі є важливим, оскільки можна не тільки передбачити вихід з ладу одного обладнання, але й виробничої лінії. Зростає потреба в тому, щоб моніторинг здійснювався дистанційно, став «розумним» і мобільним. Також важливим є можливість швидкого інтегрування пристрою на виробництві, без високих затрат. Таким чином, існує бажання створити системи попередження, які оцінюють стан приладів на основі розрахованого показника повідомляють значущі дані власнику та робочому. Можливість відслідкувати стан підприємства в будь-якому місці краще дозволить контролювати та зменшити простій виробництва з будь-яких причин, який виникає у разі відсутності працівників та виходу з ладу. Крім того, використання бездротових датчиків для моніторингу та звітування стає все більш поширеним через доступність датчиків. Таким чином, у цьому звіті пропонується система, яка контролює стан обладнання за допомогою бездротових датчиків.

3.1. Простой обладнання

Завданням пристрою є виявлення відхилень котрі можуть спричинити простій, та облік годин обладнання. Час простою обладнання — це час, протягом якого обладнання не працює, незалежно від того, чи є це результатом незапланованої відмови обладнання (наприклад, несправності чи поломки деталі) або запланованого простою (наприклад, необхідного простою для профілактичного обслуговування). Як правило, цей термін стосується неочікуваних простоїв, які накопичуються кожного разу, коли виробничий процес зупиняється.

Стандарти світового класу щодо часу простою прагнуть, щоб позаплановий простой становив 10% або менше.

3.1.1. Огляд

Відстеження простою обладнання особливо важливо з кількох причин. Гарне уявлення про типовий час безвідмовної роботи об'єкта є інструментом діагностики для технічного обслуговування та виробничих зусиль об'єкта. Наприклад, високий показник простою обладнання може означати, що профілактичне обслуговування не виконується належним чином або що існують проблеми з налагодженням виробництва. З іншого боку, низький час простою на технічне обслуговування може вказувати на загалом здорове виробниче середовище.

Це може бути ще більш детальним, якщо час простою обладнання відстежується на основі кожної області. Якщо простої особливо великі на етапі остаточного складання виробничої лінії, зрозуміло, де потрібно вдосконалити. Таким чином, відстеження часу простою стає методом визначення загального стану кожної окремої частини виробництва організації. Хоча відстеження простою за допомогою комп'ютеризованої системи керування технічним обслуговуванням може здатися дорогим, потенційно можна заощадити набагато більше грошей, знаючи, де лежать проблеми, та їх усунення.

Прикладом простою обладнання світового класу є менше 10 %, що означає, що обладнання підприємства має працювати з доступністю 90 % або більше.

3.1.2. Збитки для компанії

Простої та відключення машин не тільки розчаровують, вони також спричиняють великі витрати для компаній і можуть мати значний вплив на всю організацію. Технічне обслуговування, огляд і обслуговування машини досягнення нульового незапланованого простою є пріоритетом для 72% опитаних компаній.

Різні витрати, пов'язані з простоем машини:

- Витрати на виявлення помилок
Це всі витрати, пов'язані з дослідженням та виявленням дефекту.
Це включає час, персонал і ресурси, необхідні для виявлення та діагностики проблеми.
- Вартість локалізації проблеми
Це включає витрати, пов'язані з діяльністю, яка дозволяє компанії зменшити вплив несподіваного простою. Це запобігає впливу несправного обладнання на інші активи. Це включає витрати на впровадження тимчасових рішень, поки не буде знайдено постійне рішення.
- Витрати на відшкодування та витрати третіх сторін
Витрати на відновлення – це витрати, пов'язані з відновленням господарських операцій до початкового стану. Для вирішення проблеми необхідно залучити фахівців і оплатити кошти, необхідні для ремонту.
- Витрати, пов'язані з втратою продуктивності користувача
Це витрати, пов'язані з втратою продуктивності користувача.
Через поломку машини відповідні працівники не можуть виконувати свою роботу, але їм все одно потрібно заплатити. Інші витрати, включені в цей пул витрат, — це понаднормові витрати, необхідні для компенсації втраченої роботи.
- Витрати через втрачений заробіток
Це загальний дохід, втрачений через прямий наслідок простою машини. Це одиниці або продукти, які не виготовляються і тому не можуть бути продані або продані із затримкою (блок собівартості прикладу розрахунку).

Загальні витрати на переривання діяльності:

- Вартість однієї години поломки машини

Це повна вартість простою обладнання, включаючи втрату доходу, втрату продуктивності, витрати на відновлення, а також витрати, спричинені потенційною шкодою для репутації компанії, порушенням термінів, відтоком клієнтів і довгостроковою шкодою для бізнес-систем і процесів.

Підводячи підсумок, однак, ймовірно, найбільша втрата спричинена втраченим часом, коли машина не працює і не виробляє результатів.

3.1.3. Як розрахувати час простою обладнання

Оскільки цей термін може застосовуватися до будь-якої події, яка призупиняє виробництво, важливо, щоб організація спочатку з'ясувала, який час простою вона хоче розрахувати. Наприклад, скажімо, на фабриці є певні проблеми з несправністю машин. Вони визначили, що це основна частина їхнього простою, що робить його найважливішим видом простою для відстеження.

Один із способів розрахувати вартість простою обладнання – це подивитися на втрату доходу протягом періодів простою. Ми можемо зробити це, подивившись, скільки продуктів виробляється за певний період часу (за годину), порівняно з кількістю грошей, отриманих від кожного продукту. Потім ми порівнюємо ці цифри з часом простою.

Дотримуючись цього рівняння, якщо ми виробляємо 10 одиниць на годину та отримуємо прибуток у розмірі 50,00 доларів США за одиницю, це означає, що кожна година коштує 500 доларів США. Якщо є 4 години простою, то лише за ці 4 години ми втратили 2000,00 доларів США.

А тепер уявіть, наскільки великими можуть бути ці цифри втраченого доходу, якщо час простою буде більшим або якщо продукт буде більш прибутковим. Легко зрозуміти, чому це так важливо відстежувати та виправляти якомога швидше.

3.1.4. Як скоротити простої обладнання

Після того як ви відстежили час простою обладнання за допомогою CMMS і розрахували середні втрати через цей простой, настав час почати думати про те, як скоротити час простою. Зрештою, дані про простої є надзвичайно цінними не лише для втрати прибутку, але й для встановлення пріоритетів технічного обслуговування та правильного розподілу ресурсів.

Заклад може зменшити:

- Інвестування в надійну CMMS, яка може відстежувати широкий спектр полів (зміни технічного обслуговування, розташування проблем, причини простою, точне відстеження простою)
- Забезпечення добре задокументованого графіка профілактичного/прогнозного (PM/PdM) технічного обслуговування з високою відповідністю графіку
- Встановлення та обслуговування сенсорного обладнання для використання технічного обслуговування на основі стану
- Документування процесів технічного обслуговування для швидкого вирішення випадків простою
- Резервне копіювання важливих систем, які можуть бути втрачені через помилки (наприклад, системи ПЛК)

Крім того, культура технічного обслуговування об'єкта може вступити в дію, намагаючись зменшити час простою обладнання. Розвиток культури, заснованої на профілактичних рішеннях щодо технічного обслуговування, так само важливий, як встановлення датчиків або створення документації з технічного обслуговування.

3.1.5. Переваги відстеження простою обладнання

Як ми вже обговорювали, відстеження часу простою обладнання надає карту стану виробництва підприємства та виробничого середовища. Деякі інші переваги відстеження та усунення простою можуть бути:

Краще визначення пріоритетів для обслуговуючого персоналу (зниження кількості незапланованих простоїв означає більше часу на виконання графіків РМ/PdM)

- Дає менеджерам змогу ознайомитись із пріоритетами необхідної заміни та ремонту
- Більш точне виконання завдань коригувального обслуговування
- Збільшує прибуток і знижує витрати на обслуговування (особливо на заміну обладнання в екстрених випадках)
- Більший час безвідмовної роботи, ефективність і надійність машини (завдяки ефективній реалізації планів РМ/PdM)

3.1.6. Причини непередбаченого простою

З одного боку, незаплановані простой машин і систем можуть виникнути через неналежне або відсутнє технічне обслуговування. По-друге, дослідження Vanson Bourne, спонсороване ServiceMax, показує, що людська помилка є найпоширенішою причиною таких простоїв.

70% компаній-виробників не знають точного стану свого обладнання

70% опитаних виробничих компаній не знають точного стану свого обладнання чи потреби його обслуговування, модернізації чи заміни.

Іншою поширеною причиною є відсутність обладнання, яке може повідомляти компанії, коли їхнє обладнання потребує обслуговування або заміни.

Дослідження Vanson Bourne опитало 100 компаній у виробничому секторі, а також 350 компаній у медичній, нафтогазовій, енергетичній та комунальній галузях, телекомунікаціях, розподілі, логістиці та транспорті з питань, пов'язаних із простоєм обладнання.

82% компаній стикалися з двома незапланованими відключеннями за останні три роки

У всіх секторах 82% компаній зазнали принаймні одного і в середньому двох незапланованих відключень за останні три роки.

Однак незапланований простой, спричинений помилкою користувача, значно вищий у промисловості (23%), ніж в інших секторах (9%). Це означає, що виробничий сектор і продуктивність машин і обладнання найбільше постраждали від незапланованих простоїв. Однак це аж ніяк не пов'язано з низьким рівнем компетентності працівників у цій галузі, а скоріше із великою масою машин, які потребують технічного обслуговування та перевірки сервісними техніками та ще не оснащені відповідною технологією, яка могла б запобігти таким простоям.

У результаті багатьом компаніям у виробничому секторі все ще доводиться мати справу з незапланованими простоями та впливом, який це має на ефективність і продуктивність усього виробничого процесу.

3.1.7. Як уникнути простоїв

На ринку вже є різноманітні пропозиції цифрових послуг, які забезпечують швидке, а в деяких випадках навіть автоматизоване керування послугами на місцях. Серед іншого, такі програмні рішення можуть використовувати датчики для безперервного вимірювання стану машини та активації тривоги, щойно виявлені відхилення. Таким чином можна вкластися у стислі терміни та вжити коригувальні заходи до того, як виникнуть серйозні проблеми, несправності та поломки.

Переробна промисловість найбільше страждає від незапланованих простоїв – 23%.

Такі цифрові пропозиції щодо технічного обслуговування машин і установок, щоб уникнути тривалих простоїв і великих втрат, використовуються деякими, але поки що не більшістю компаній-виробників.

Однак слід враховувати наступне: цей розрахунок включає лише втрату прибутку через простой. До цього додаються витрати на технічного

експерта, який проводить ремонт машини. Слід також враховувати, що виробничі працівники повинні продовжувати отримувати зарплату, навіть якщо вони не можуть продовжувати працювати на верстаті під час простою. Ці та інші витрати перераховані та детально описані нижче.

Різні витрати, пов'язані з простоєм машини

- Витрати на виявлення помилок
Це всі витрати, пов'язані з дослідженням та виявленням дефекту. Це включає час, персонал і ресурси, необхідні для виявлення та діагностики проблеми.
- Вартість локалізації проблеми
Це включає витрати, пов'язані з діяльністю, яка дозволяє компанії зменшити вплив несподіваного простою. Це запобігає впливу несправного обладнання на інші активи. Це включає витрати на впровадження тимчасових рішень, поки не буде знайдено постійне рішення.
- Витрати на відшкодування та витрати третіх сторін
Витрати на відновлення – це витрати, пов'язані з відновленням господарських операцій до початкового стану. Для вирішення проблеми необхідно залучити фахівців і оплатити кошти, необхідні для ремонту.
- Витрати, пов'язані з втратою продуктивності користувача
Це витрати, пов'язані з втратою продуктивності користувача. Через поломку машини відповідні працівники не можуть виконувати свою роботу, але їм все одно потрібно заплатити. Інші витрати, включені в цей пул витрат, — це понаднормові витрати, необхідні для компенсації втраченої роботи.
- Витрати через втрачений заробіток
Це загальний дохід, втрачений через прямий наслідок простою машини. Це одиниці або продукти, які не виготовляються і тому

не можуть бути продані або продані із затримкою (блок собівартості прикладу розрахунку).

Загальні витрати на переривання діяльності

- Вартість однієї години поломки машини

Це повна вартість простою обладнання, включаючи втрату доходу, втрату продуктивності, витрати на відновлення, а також витрати, спричинені потенційною шкодою для репутації компанії, порушенням термінів, відтоком клієнтів і довгостроковою шкодою для бізнес-систем і процесів.

Підводячи підсумок, однак, ймовірно, найбільша втрата спричинена втраченим часом, коли машина не працює і не виробляє результатів.

3.1.8. КОЕЕВОХ – як засіб моніторингу

КОЕЕВОХ пропонує різні цифрові рішення для оптимізації процесів обслуговування, технічного обслуговування, обслуговування та перевірки машин, щоб скоротити або повністю уникнути простоїв, моніторингу обладнання, розрахунку робочих годин, прогнозування простоїв.

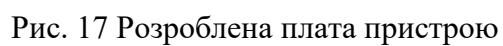
Завдяки підтримці КОЕЕВОХ можна в реальному часі відслідковувати роботу промислової лінії або окремого елемента. У разі відсутності роботи система автоматично надсилає повідомлення, також система класифікує тип роботи котрий користувач обирає та налаштовує самостійно.

КОЕЕВОХ — це тип моніторингу поточного стану. Це дозволяє контролювати машини в реальному часі. Також дозволяє робити заяви про безпеку та ефективність машини. Результати моніторингу стану можна переглянути за допомогою різних мобільних пристроїв, таких як планшети, смартфони чи комп'ютери.

3.2. Архітектура

Для створення системи моніторингу обладнання необхідно перш за все створити систему детектування роботи та відхилення від норми. Для

Пер за все необхідно розробити плату котра буде передавати дані.



57

SIM800C — це чотиридіапазонний модуль GSM/GPRS типу LCC, який підтримує передачу даних GPRS зі швидкістю до 85,6 Кбіт/с. Він має потужні можливості розширення з великою кількістю інтерфейсів, включаючи UART, USB2.0, GPIO тощо. Модуль забезпечує велику гнучкість і легкість інтеграції для додатків користувачів. Завдяки унікальному поєднанню продуктивності, безпеки та гнучкості, модуль ідеально підходить для багатьох додатків, таких як інтелектуальний лічильник, безпека, віддалена діагностика тощо. SIM800C підтримує чотири діапазони 850/900/1800/1900 МГц, він може передавати голос, SMS і дані з низьким енергоспоживанням. Завдяки невеликому розміру 17,6*15,7*2,3 мм, він може плавно вписуватися в тонкий і компактний дизайн, який вимагає клієнт [12].

General Features	Software Features
Frequency Bands 850/900/1800/1900MHz	0710 MUX protocol
GPRS multi-slot class 12/10	Embedded TCP/UDP protocol
Dimensions 17.6*15.7*2.3mm	FTP/HTTP/POP3/SMTP
Weight 1.3±0.1g	MMS
Supply Voltage 3.4V ~ 4.4V	DTMF
Operation temperature -40°C ~ +85°C	Jamming Detection
Compliant GSM phase 2/2+	Audio Record
Control Via AT Commands(3GPP TS 27.007, 27.005 & SIMCom enhanced AT Commands)	LBS*
Low Power consumption	SSL/TLS*
GPRS mobile station class B	BT 3.0*
	TTS*
	EAT*

Specifications for GPRS Data	Interfaces
GPRS class 12: Uplink/Downlink up to 85.6Kbps	Analog audio interface
PBCCH support	UART
Coding schemes CS 1, 2, 3, 4	(U)SIM card(1.8V/3V)
PPP-stack	RTC
USSD	ADC
	GPIO
	Antenna: GSM/BT*

Specifications for SMS via GSM/GPRS	Certifications
Point to point MO and MT	CE/ACMA/FCC/GCF
SMS cell broadcast	3C/SRRC/NAL
Text and PDU mode	TIM
	RoHS/REACH
	Deutsche Telekom

Specifications for Voice
Speech Codec Modes AMR/HR/FR/EFR
Echo Arithmetic AEC/EES



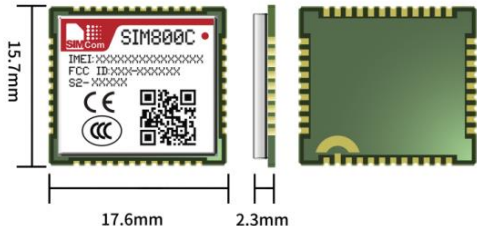


Рис. 18 SIM800C

Також використовується мікроконтролер MSP430. MSP430 — це сімейство мікроконтролерів зі змішаними сигналами від Сімейство наднизькопотужних мікроконтролерів Texas Instruments MSP430 складається з кількох пристроїв, які мають різні набори

периферійних пристроїв, призначених для різних програм. Архітектура в поєднанні з п'ятьма режимами низького енергоспоживання оптимізована для досягнення подовженого терміну служби акумулятора в портативних вимірювальних програмах. Пристрій оснащений потужним 16-розрядним ЦП RISC, 16-розрядними регістрами та генераторами констант, що забезпечує максимальну ефективність коду. Генератор із цифровим керуванням (DCO) дозволяє перемикатися з режимів низького енергоспоживання в активний менш ніж за 6 мкс. Серія MSP430x11x є мікроконтролер змішаних сигналів із наднизьким енергоспоживанням із вбудованим 16-бітним таймером і чотирнадцятьма контактами вводу/виводу. Типові програми включають сенсорні системи, які фіксують аналогові сигнали, перетворюють їх на цифрові значення, а потім обробляють дані та відображають їх або передають на хост-система. Автономний передній кінець радіочастотного датчика є ще однією сферою застосування.

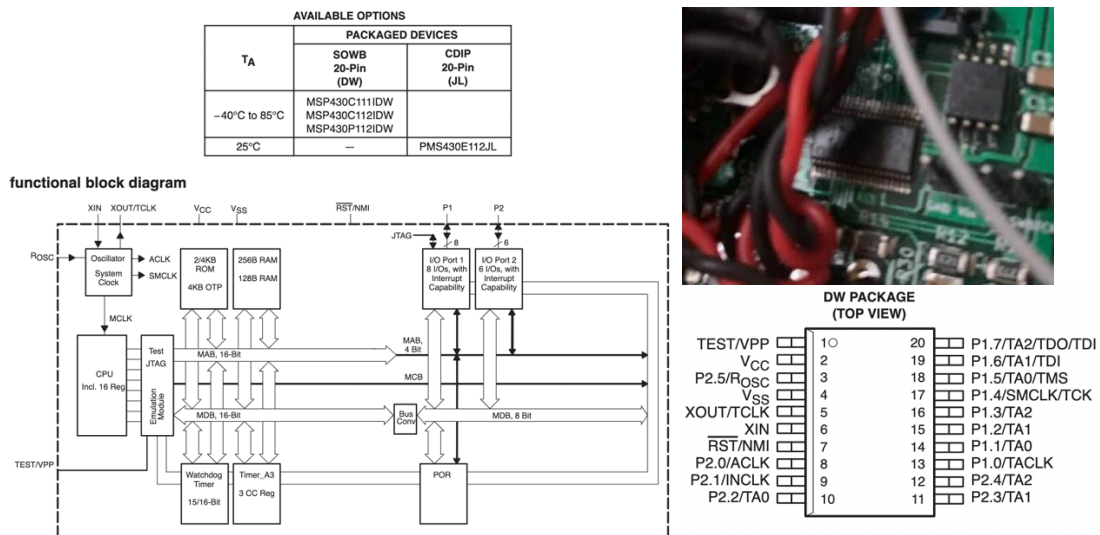


Рис. 19 MSP430

ЦП MSP430 має 16-розрядну архітектуру RISC, яка є високопрозорою для програми. Усі операції, окрім інструкцій потоку програми, виконуються як операції регістрів у поєднанні із семи режимами адресації

для операнда джерела та чотирма режимами адресації для операнда призначення. ЦП інтегровано з 16 регістрами, які забезпечують скорочений час виконання інструкцій. Час виконання операції між регістрами дорівнює одному циклу тактової частоти процесора. Чотири регістри, від R0 до R3, призначені відповідно як програмний лічильник, показчик стека, регістр стану та генератор констант відповідно. Інші регістри є регістрами загального призначення. Периферійні пристрої підключаються до центрального процесора за допомогою шин даних, адреси та керування, і ними можна керувати всіма інструкціями. Набір інструкцій Набір інструкцій складається з 51 інструкції з трьома форматами та семи режимами адреси. Кожна інструкція може працювати зі словами та байтовими даними.

Також на платі присутня деталь для сім-карти, котра надає 2G (частота на котрій працює GSM) інтернет пристрою. Наступний елемент є постійна пам'ять для зберігання даних в разі відсутності заряд батареї. Пристрій може працювати без підключення до мережі до двох днів, при чому дані зберігаються.

Для індикації працездатності модуля було додано лампочку. Також додано дві кномки для hard-reset модуля та контролера.

3.2.1. Дизайн пристрою

Наступним етапом було створення зовнішньої оболонки пристрою, котра захистить плату від зовнішніх факторів. Оскільки на виробництві часто трапляється екстремальна температура чи вологість, то необхідно враховувати це при створенні пристрою.

3.2.2. Рейтинг IP [18]

Електричне та електронне обладнання погіршується або працює несправно, коли вода чи пил потрапляють у пристрій. ІЕС розробив рейтинг захисту від проникнення (IP), який оцінює стійкість корпусу до

проникнення пилу або рідини. Рейтинги широко використовуються в промисловості.

Останніми роками багато споживачів зацікавилися характеристиками смартфонів, зокрема стійкістю до рідини та пилу. Однак може бути важко оцінити значення таких термінів, як водонепроникність або водонепроникність, коли вони використовуються в маркетингових цілях.

Стандарт ІЕС 60529 був розроблений для оцінки та класифікації стійкості корпусів електричних та електронних пристроїв до проникнення пилу та рідин. Він також оцінює, наскільки легкий доступ для людей до потенційно небезпечних частин усередині корпусу.

У стандарті, підготовленому Технічним комітетом ІЕС 70, використовується код ІР для визначення ступенів захисту, що забезпечується корпусом електричного обладнання з номінальною напругою максимум 72,5 кВ. Стандарт також визначає випробування, які необхідно виконати, щоб переконатися, що корпус відповідає цим вимогам.

Код ІР складається з двох цифр:

Перша цифра означає захист від твердих предметів і оцінюється за шкалою від 0 (немає захисту) до 6 (немає проникнення пилу).

Друга цифра оцінює захист корпусу від рідин і використовує шкалу від 0 (без захисту) до 9 (гаряча вода під високим тиском під різними кутами).

Перше видання стандарту ІЕС 60529 було опубліковано в 1976 році з метою створення єдиного документа, який об'єднує всі вимоги щодо захисту корпусами. Раніше були розроблені окремі стандарти для двигунів і низьковольтних розподільних пристроїв.

Ingress protection (IP) ratings guide

IP ratings are represented by combining the first and second digits of the below columns

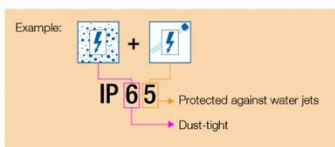
1 st numeral - solid foreign objects			2 nd numeral - water		
0	No protection		0	No protection	
1	Protected against solid foreign objects of 50 mm Ø and greater		1	Protected against vertically falling water drops	
2	Protected against solid foreign objects of 12.5 mm Ø and greater		2	Protected against vertically falling water drops when enclosure tilted up to 15°	
3	Protected against solid foreign objects of 2.5 mm Ø and greater		3	Protected against spraying water	
4	Protected against solid foreign objects of 1.0 mm Ø and greater		4	Protected against splashing water	
5	Dust-protected		5	Protected against water jets	
6	Dust-tight		6	Protected against powerful water jets	
Example:  IP 65 → Protected against water jets → Dust-tight			7	Protected against the effects of temporary immersion in water	
			8	Protected against the effects of continuous immersion in water	
			9	Protected against high pressure and temperature water jets	

Рис. 20 Рівні захисту

Після першого тестування пристрою виявилось, що найбільшою проблемою є пил на виробництві, також на деяких типах промисловості висока вологість, отже необхідно виготовити корпус котрий не буде пропускати пил всередину а також буде захищати від механічного впливу, та ударів. Тому був розроблений корпус котрий забезпечить достатню міцність та пиле захист. Даний корпус(рис. 21) відповідає рівню захисту IP53 і був протестований на виробництві. Також для роз'ємів фронтальної панелі була розроблена спеціальна підтримка для USB за допомогою якого пристрій заряджається. Загальний вигляд пристрою зображено на рис. 23.

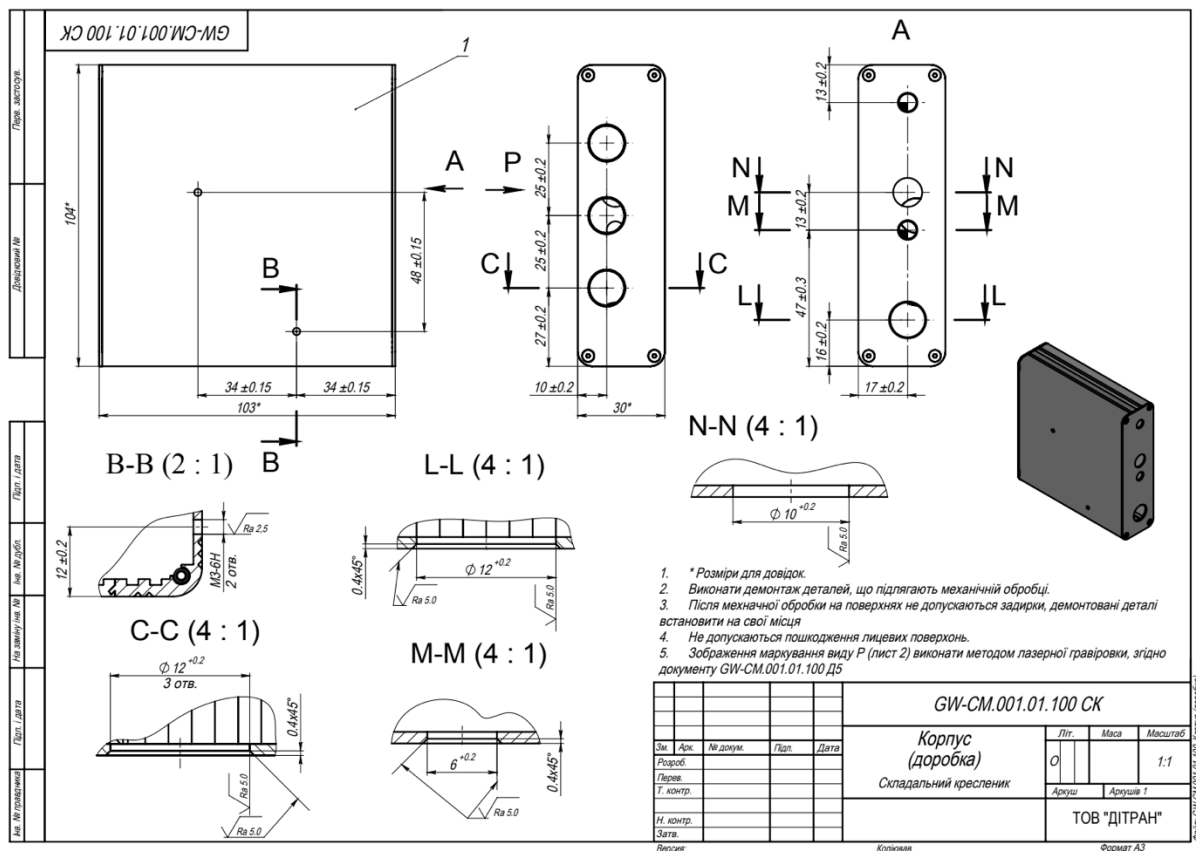


Рис. 21 Корпус

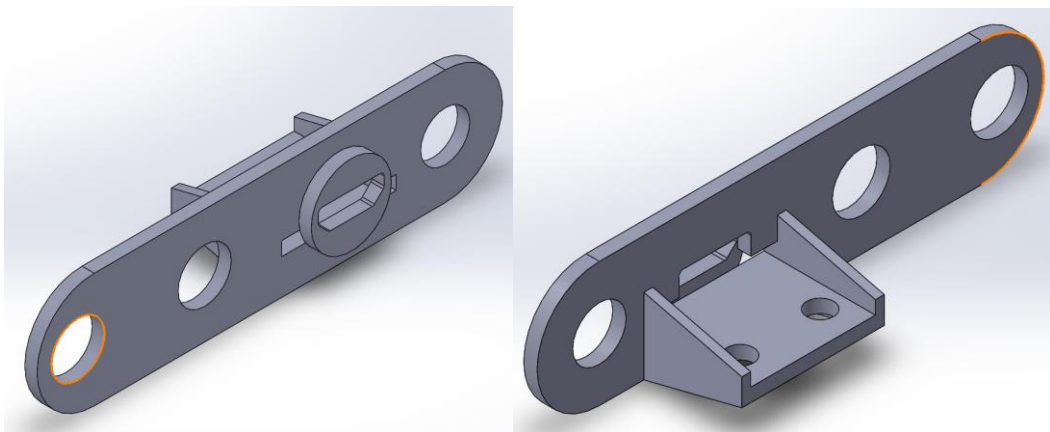


Рис. 22 3D модель підтримки

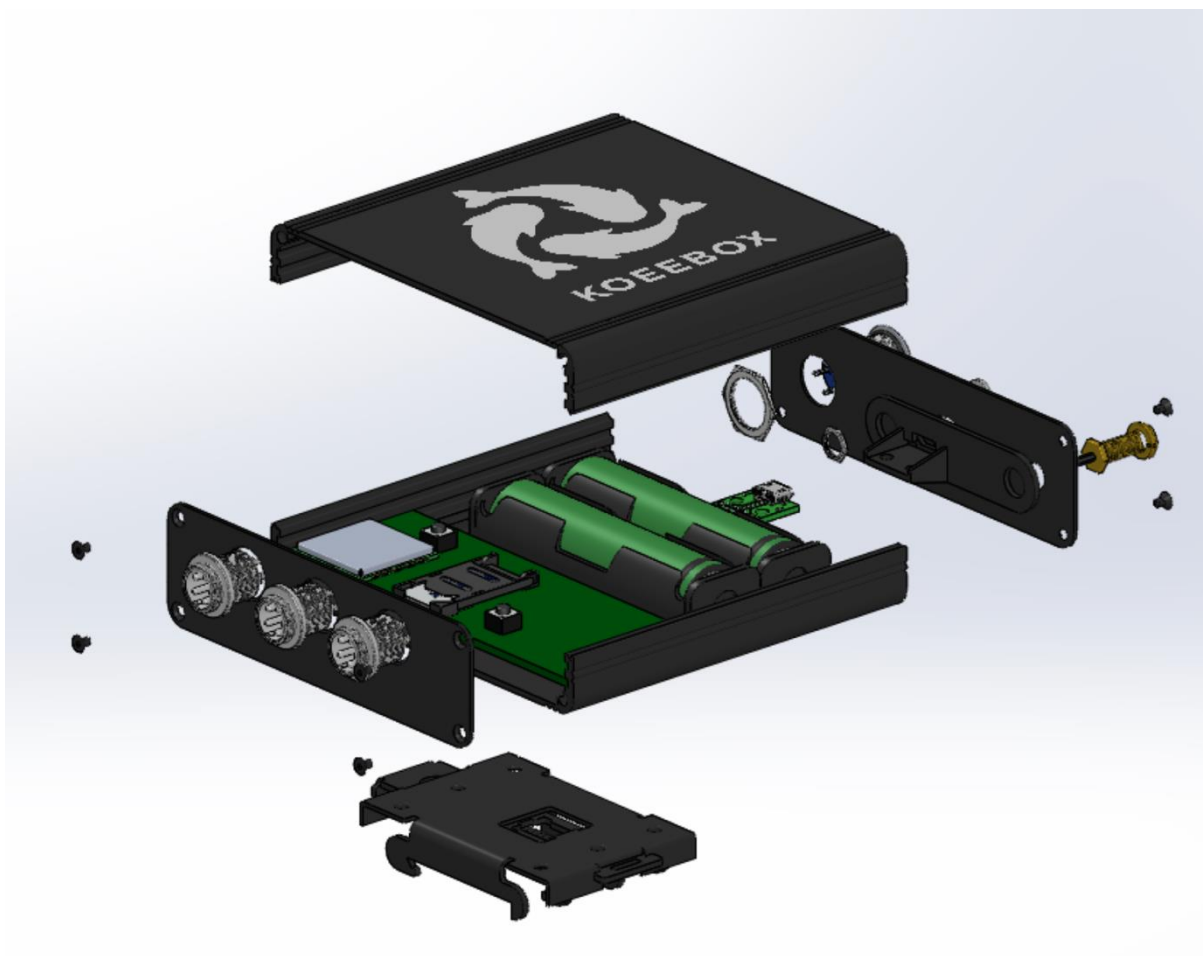


Рис.23 3D модель пристрою

3.2.3. Елементи пристрою

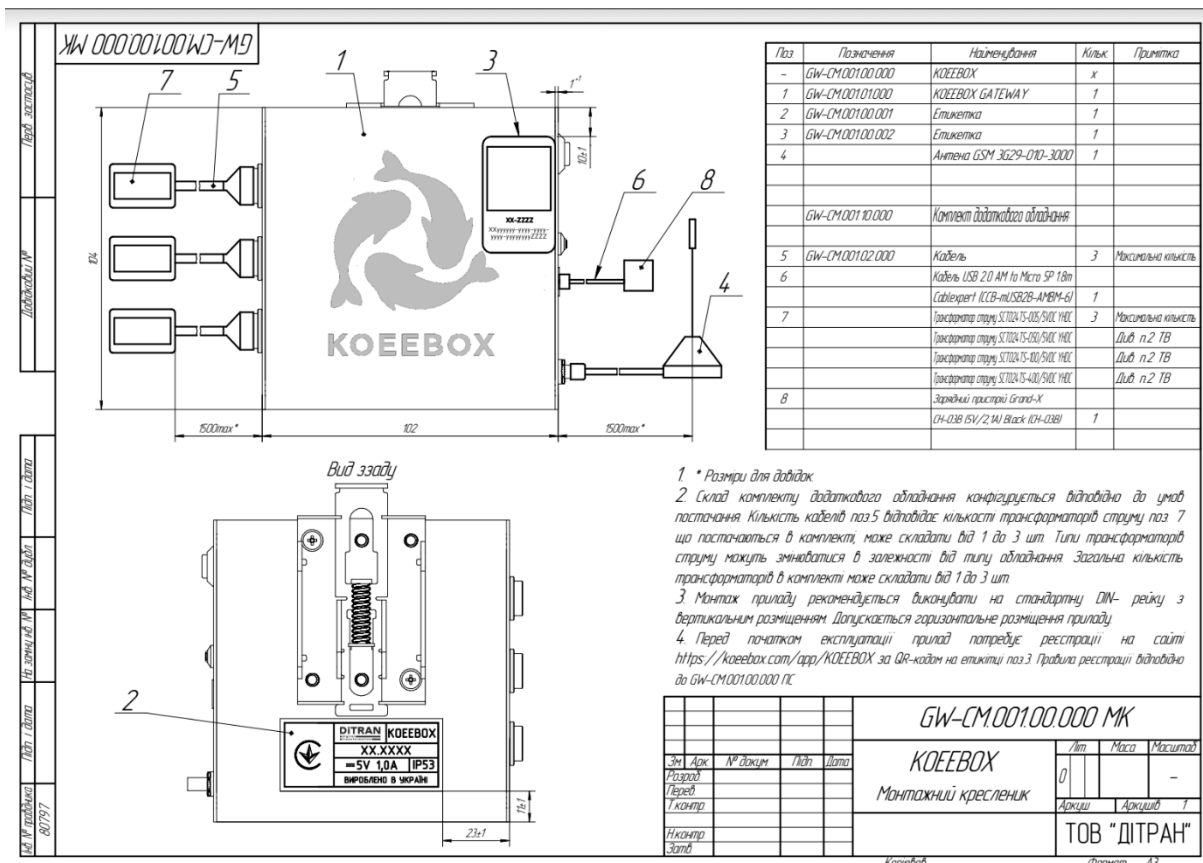


Рис.24 Схема підключення

DIN-рейки є поширеним способом встановлення промислових комп'ютерів поряд з іншим обладнанням у електричній шафі, стійці або на стіні. Перший елемент це кріплення на DIN-рейку. DIN-рейка – це металева рейка стандартного типу, яка широко використовується для монтажу автоматичних вимикачів і промислового контрольного обладнання всередині стелажів обладнання. Ці вироби зазвичай виготовляються з холоднокатаного листа вуглецевої сталі з оцинкованою або хромованою поверхнею. Незважаючи на те, що вони металеві, вони призначені лише для механічної підтримки та не використовуються як шини для проведення електричного струму, хоча вони можуть забезпечувати з'єднання заземлення шасі.

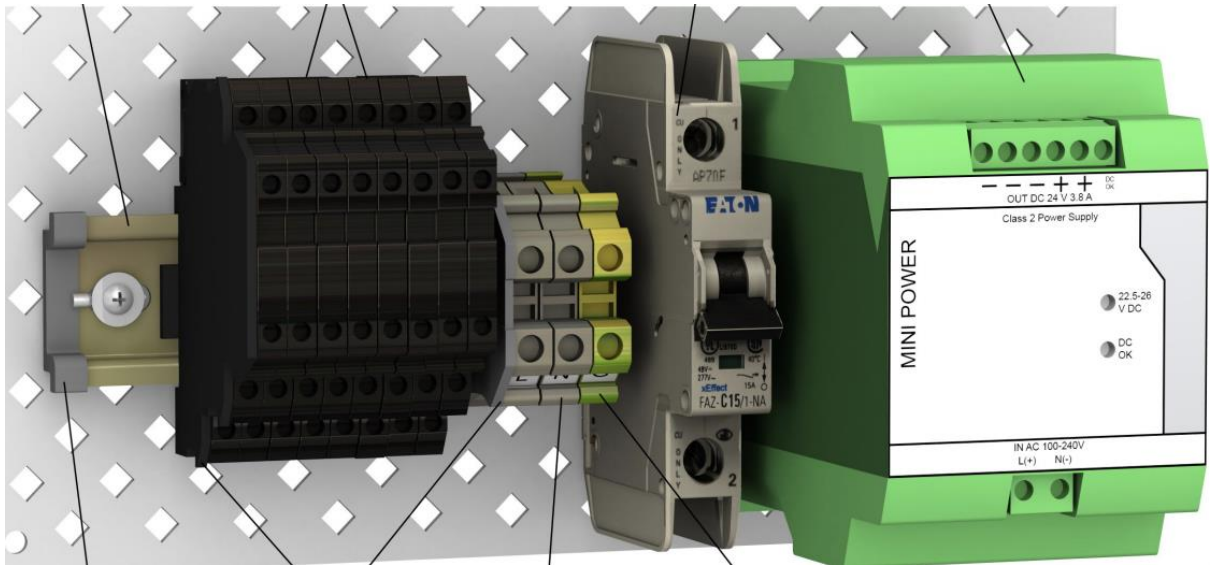


Рис.25 Приклад кріплення на DIN-рейку

Що таке монтаж на DIN-рейку і що означає DIN?

DIN-рейки названі на честь німецького перекладу Німецького інституту стандартів, де ця конкретна система монтажу на рейку була вперше створена наприкінці 1920-х років. Рейки випускаються в кількох різних варіаціях, але мають однакові характеристики в усьому світі, що робить їх чудовим рішенням для кріплення різного електричного обладнання. Через свою корисність ці стандарти DIN пізніше були прийняті IEC: Міжнародна електротехнічна комісія та стали IEC/EN 60715.

Залежно від конкретного обладнання, яке ви намагаєтеся встановити, а також рейок, які ви використовуєте, ймовірно, будуть деякі відмінності. Дивлячись на розміри DIN-рейки, форма може бути різною, але найпоширеніша DIN-рейка (часто відома як DIN-рейка типу top-hat) має ширину 35 мм і має глибину 7,5 мм і 15 мм (підходять усі системи OnLogic на обох глибинах).

Як встановити DIN-рейку

Для деяких систем, таких як CL200, затискачі для DIN-рейки встановлюються безпосередньо на шасі. В нашому випадку на DIN-рейку

пристрій кріпиться за допомогою спеціального стандартизованого кріплення рис. 26.

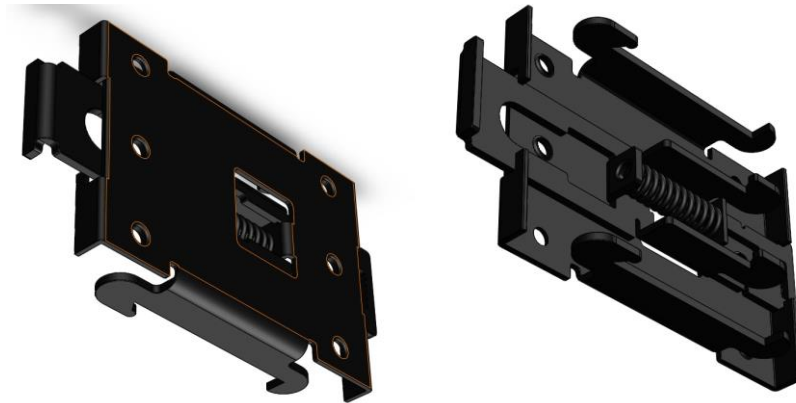


Рис.25 Кріплення на DIN-рейку

Також до пристрою необхідна антена, для передачі даних у хмару, зарядка для пристрою та один або три трансформатори струму.



Рис.26 Усі елементи системи

Також була розроблена пакувальна коробка та наклейки для позначення, щоб легше було зорієнтуватися в системі який пристрій відповідає певному обладнанню.



Рис.27 Упаковочна коробка з ложементом

3.2.4. Датчики

КОЕЕВОХ пропонує 5 типів датчиків: датчик тиску, датчик температури, датчик вібрації, кнопка, конектор.

Приділимо увагу в основному датчику температури.

Вимірювання температури можна розділити на два види: контактне та безконтактне. Контактне вимірювання може точно вимірювати температуру лише тоді, коли об'єкт тестування та датчик досягають теплової рівноваги. Це може означати більший час відгуку та похибки зчитування, компенсовані температурою навколишнього середовища. Навпаки, безконтактне вимірювання використовує інфрачервоне випромінювання для вимірювання температури і не вимагає прямого дотику. Крім того, цей метод вимірювання можна зчитувати швидко й точно. В останні роки безконтактні методи вимірювання використовувалися в медицині, моніторингу навколишнього середовища,

домашньої автоматизації, автомобільної електроніки, аерокосмічної та військової промисловості.

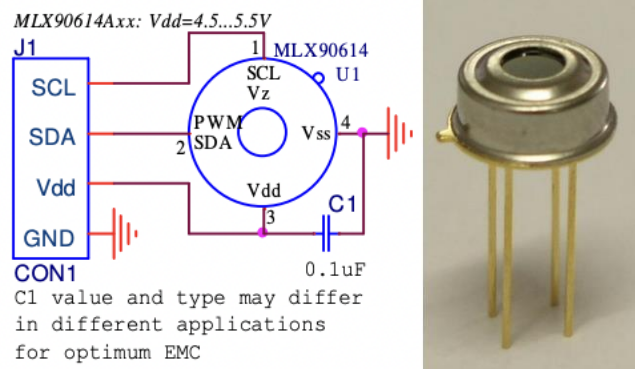


Рис. 28 MLX90614

MLX90614 — інфрачервоний термометр для безконтактного вимірювання температури. Мікросхема детектора ІЧ-чутливої термобатарей та система формування сигналу ASSP вбудовані в один і той же балон TO-39. Завдяки підсилювачу з низьким рівнем шуму, 17-розрядному АЦП і потужному модулю DSP досягається висока точність і роздільна здатність термометра. Термометр поставляється з заводським калібруванням із цифровим виходом PWM і SMBus. Як стандарт, 10-бітний PWM налаштований на безперервну передачу вимірюної температури в діапазоні від -20 до 120 °C з вихідною роздільною здатністю 0,14 °C. Стандартним POR є інтерфейс SMBus.

Характеристики та переваги

- Невеликий розмір, низька вартість
- Легко інтегрувати
- Заводське калібрування в широкому діапазоні температур: від -40 до 125 °C для температури датчика та від -70 до 380 °C для температури об'єкта.
- Висока точність 0,5°C у широкому діапазоні температур (0..+50°C як для T_a , так і для T_o)

- Висока (медична) точність калібрування за бажанням
- Роздільна здатність вимірювання 0,02°C
- Версії з однією та двома зонами
- Сумісний цифровий інтерфейс SMBus
- Настроюваний ШІМ вихід для безперервне зчитування
- Доступний у версіях 3 В і 5 В
- Проста адаптація для додатків від 8 до 16 В
- Режим енергозбереження
- Різні варіанти упаковки для застосувань і універсальність вимірювань
- Автомобільний клас

Приклади застосування

- Високоточні безконтактні вимірювання температури;
- Датчик Thermal Comfort для мобільної системи управління кондиціонером;
- Температурний чутливий елемент для кондиціонування повітря житлових, комерційних і промислових будівель;
- Запотівання лобового скла;
- Виявлення сліпого кута автомобіля;
- Промисловий контроль температури рухомих частин;
- Контроль температури в принтерах і копіювальних апаратах;
- Побутова техніка з регулюванням температури;
- Охорона здоров'я;
- Моніторинг худоби;
- Виявлення руху;
- Кілька зон контролю температури – до 100 датчиків можна зчитувати через загальні 2 дроти
- Теплове реле/попередження

- Вимірювання температури тіла

MLX90614 складається з 2 мікросхем, розроблених і виготовлених компанією Melexis: Інфрачервоний детектор термобатареї MLX81101. Формування сигналу ASSP MLX90302, спеціально розроблене для обробки виходу ІЧ-датчика. Пристрій доступний у промисловому стандартному пакеті TO-39. Завдяки малошумному підсилювачу, 17-розрядному АЦП високої роздільної здатності і потужному блоку DSP MLX90302 досягається висока точність і роздільна здатність термометра. Розраховані температури об'єкта та навколишнього середовища доступні в RAM MLX90302 з роздільністю 0,01 °C. Вони доступні через 2-провідний послідовний SMBus-сумісний протокол (роздільна здатність 0,02°C) або через 10-бітний вихід ШІМ (широтно-імпульсна модуляція) пристрою. MLX90614 відкалібрований на заводі в широкому діапазоні температур: від -40 до 125 °C для температури навколишнього середовища та від -70 до 382,2 °C для температури об'єкта. 10-бітний ШІМ стандартно сконфігурований для безперервної передачі вимірюної температури об'єкта в діапазоні температур об'єкта від -20 до 120 °C з вихідною роздільною здатністю 0,14 °C. ШІМ можна легко налаштувати практично для будь-якого діапазону, бажаного клієнтом, шляхом зміни вмісту 2 комірок EEPROM. Це не впливає на заводське калібрування пристрою. Вивід ШІМ також може бути налаштований, щоб діяти як теплове реле (вхід — T_o), що дозволяє легко та економічно використовувати в термостатах або програмах оповіщення про температуру (замерзання/кипіння). Температурний поріг програмується користувачем. У системі SMBus ця функція може діяти як переривання процесора, яке може ініціювати зчитування всіх підлеглих пристроїв на шині та визначити точний стан. За стандартом MLX90614 відкалібровано для коефіцієнта випромінювання об'єкта, що дорівнює 1. Клієнт може легко налаштувати його для будь-якого іншого коефіцієнта випромінювання в

діапазоні 0,1-1,0 без необхідності повторного калібрування за допомогою чорного тіла. Термометр доступний у двох варіантах напруги живлення: 5 В сумісний або 3 В (батарея). 5 В можна легко адаптувати для роботи від вищої напруги живлення (наприклад, 8-16 В) за допомогою кількох зовнішніх компонентів (докладніше див. у розділі «Інформація про застосування»). Оптичний фільтр (довгохвильовий), який відсікає видимий і ближній інфрачервоний потік випромінювання, вбудований в пакет, щоб забезпечити стійкість до сонячного світла.

Частина програми для зчитування:

```

/***** * IR
Thermometer Sensor-MLX90614 *
**** * This
example will measure the ambient temperature and object temperature through
the I2C bus * @author jackli(Jack.li@dfrobot.com) * @version V1.0 * @date
2016-2-2 * GNU Lesser General Public License. * See for details. * All above
must be included in any redistribution *
*****/ #include
#include IR_Thermometer_Sensor_MLX90614 MLX90614 =
IR_Thermometer_Sensor_MLX90614();
void setup() { Serial.begin(9600); MLX90614.begin(); }
void loop() {
  Serial.print(«Ambient = «);
  Serial.print(MLX90614.GetAmbientTemp_Celsius());
  Serial.println(« *C»);
  Serial.print(«Object = «);
  Serial.print(MLX90614.GetObjectTemp_Celsius());
  Serial.println(« *C»);
  Serial.print(«Ambient = «);
  Serial.print(MLX90614.GetAmbientTemp_Fahrenheit ());

```



```
Serial.println(« *F»);  
Serial.print(«Object = »);  
Serial.print(MLX90614.GetObjectTemp_Fahrenheit( ));  
Serial.println(« *F»); Serial.println(); delay(500); }
```

Перед використанням інфрачервоного модуля вимірювання температури важливо зрозуміти концепцію «поля зору» (FOV). FOV визначається, коли термобатарея отримує 50% сигналу випромінювання, а також відноситься до головної осі датчика. Як показано на малюнку нижче, розмір поля зору вказано на горизонтальній осі. Ця виміряна температура насправді є середньозваженою температурою об'єкта в полі зору, і точність вимірювання може бути забезпечена лише тоді, коли об'єкт тестування повністю покриває поле зору інфрачервоного датчика. Це означає, що відстань між точкою вимірювального терміналу та шиною повинна бути забезпечена відповідно до вимог для гарантування точності вимірювання температури. Більш детально, цей модуль має поле зору 35° , тому $\tan 35^\circ = \text{радіус об'єкта тестування} \div \text{відстань між інфрачервоним датчиком і об'єктом тестування}$. Наприклад: радіус об'єкта тестування становить 5 см, тому відстань вимірювання становить 7 см (це означає, що результат вимірювання є найбільш точним у цьому діапазоні). Графік огляду цього датчика наведено нижче:

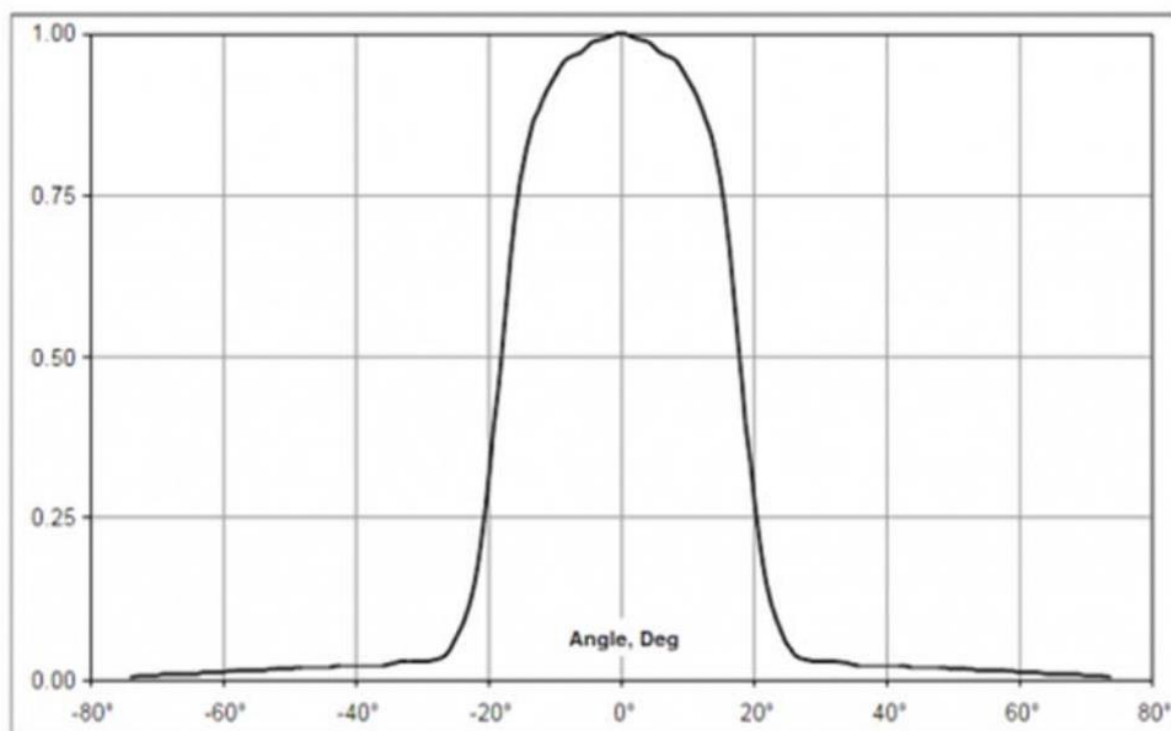


Рис. 29 Графік реакції

3.3. Програмне забезпечення

Оскільки основною ідеєю є програмне рішення, і від цього залежать продажі то тут не будуть висвітлюватися частини через які можна скопіювати дане рішення.

Перш за все програмне рішення було виконано за допомогою Node-RED, C, C# та JavaScript. Node-RED (рис.28) — це інструмент програмування для об'єднання апаратних пристроїв, API та онлайн-сервісів новими та цікавими способами.

Він надає редактор на основі браузера, який спрощує об'єднання потоків за допомогою широкого діапазону вузлів у палітрі, які можна розгорнути у середовищі виконання одним клацанням миші.

для комп'ютерної безпеки уряду, кібербезпеки та захисту електронних даних.

NIST заявив, що новий вдосконалений алгоритм шифрування не буде секретним і повинен бути «здатним захищати конфіденційну урядову інформацію навіть у 21 столітті». Передбачалося, що його буде легко реалізувати в апаратному та програмному забезпеченні, а також у обмежених середовищах, таких як смарт-карта, і запропонувати гідний захист від різних методів атак.

Як працює шифрування AES

AES включає три блокові шифри:

- AES-128 використовує 128-бітний ключ для шифрування та дешифрування блоку повідомлень.
- AES-192 використовує 192-бітний ключ для шифрування та дешифрування блоку повідомлень.
- AES-256 використовує 256-бітний ключ для шифрування та дешифрування блоку повідомлень.

Кожен шифр шифрує та розшифровує дані блоками по 128 біт за допомогою криптографічних ключів 128, 192 та 256 біт відповідно.

Симетричні шифри, також відомі як секретний ключ, використовують один ключ для шифрування та дешифрування. Відправник і одержувач повинні знати і використовувати той самий секретний ключ.

Є 10 раундів для 128-бітних ключів, 12 раундів для 192-бітних ключів і 14 раундів для 256-бітних ключів. Раунд складається з кількох етапів обробки, які включають заміну, транспонування та змішування вхідного відкритого тексту для перетворення його на кінцевий результат зашифрованого тексту.

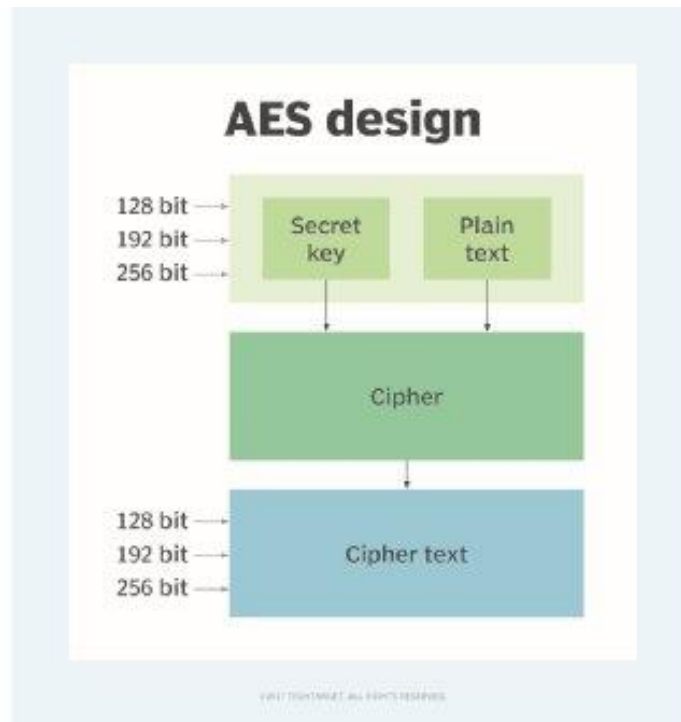


Рис.31 AES

Алгоритм шифрування AES визначає численні перетворення, які мають бути виконані з даними, що зберігаються в масиві. Першим кроком шифрування є розміщення даних у масиві, після чого перетворення шифру повторюються протягом кількох раундів шифрування.

Перше перетворення в шифрі шифрування AES - це підстановка даних за допомогою таблиці підстановки. Друге перетворення зсуває рядки даних. Третій змішує стовпчики. Останнє перетворення виконується для кожного стовпця з використанням іншої частини ключа шифрування. Довші ключі потребують більшої кількості раундів.

Які особливості AES?

Безпека. Конкуруючі алгоритми повинні були оцінюватися за їхньою здатністю протистояти атакам порівняно з іншими представленими шифрами. Міцність безпеки мала вважатися найважливішим фактором змагань.

Вартість. Алгоритми-кандидати, які планувалося випустити на глобальній, неексклюзивній та безоплатній основі, мали оцінювати на ефективність обчислення та пам'яті.

Реалізація. Фактори, які слід враховувати, включали гнучкість алгоритму, придатність для реалізації апаратного чи програмного забезпечення та загальну простоту.

Яка різниця між AES-128 і AES-256?

Експерти з безпеки вважають AES безпечним проти атак грубої сили. Атака грубої сили — це коли загрозливий актор перевіряє всі можливі комбінації клавіш, доки не буде знайдено правильний ключ. Тому розмір ключа, який використовується для шифрування AES, має бути достатньо великим, щоб його не могли зламати сучасні комп'ютери, навіть враховуючи підвищення швидкості процесора на основі закону Мура.

256-бітний ключ шифрування набагато важче вгадати атакам грубої сили, ніж 128-бітний ключ; однак, оскільки для вгадування останнього потрібно так багато часу, навіть із величезною обчислювальною потужністю, це навряд чи стане проблемою в осяжному майбутньому, оскільки зловмиснику потрібно буде використовувати квантові обчислення, щоб створити необхідну грубу силу.

Тим не менш, 256-бітні ключі вимагають більшої обчислювальної потужності та можуть довше виконуватися. Якщо живлення є проблемою, особливо на невеликих пристроях, або коли затримка може бути проблемою, 128-бітні ключі, ймовірно, будуть кращим варіантом.

Коли хакери хочуть отримати доступ до системи, вони ціляться в найслабшу точку. Зазвичай це не шифрування системи, незалежно від того, 128-бітний ключ чи 256-бітний. Користувачі повинні переконатися, що програмне забезпечення, яке розглядається, виконує те, що вони хочуть, що воно захищає дані користувача належним чином і що загальний процес не має слабких місць.

Крім того, не повинно бути сірих зон або невизначеності щодо зберігання та обробки даних. Наприклад, якщо дані зберігаються в хмарі, користувачі повинні знати розташування хмари. Найважливіше те, що вибране програмне забезпечення безпеки має бути простим у використанні, щоб гарантувати, що користувачам не потрібно виконувати небезпечні обхідні шляхи для виконання своєї роботи.

Отже виходячи з цього нам підходить 128bit.

Щоб надати можливість користувачам завжди мати доступ до даних було створено веб-додаток котрий відображає стан пристрою та приладдя.

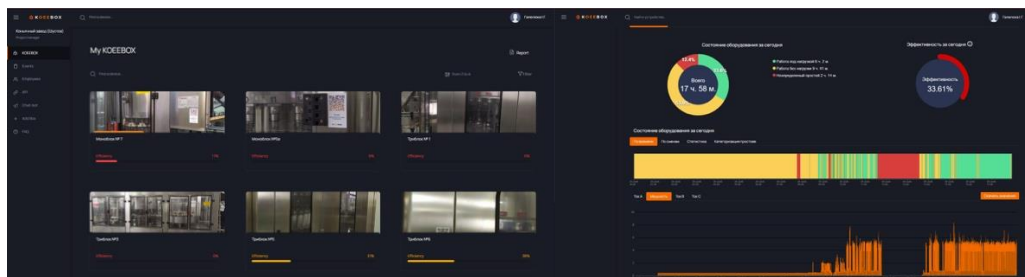


Рис. 32 Веб-додаток

Висновок

В даному розділі було розглянуто прилад, та описано принцип роботи, також було зазначено складові пристрою, та інтерфейс. Перевагами даного пристрою перед конкурентами можна відзначити його меншу вартість, простоту монтування та використання. Також пристрій є компактним, що відноситься до переваг. Також можна зазначити що дані котрі передаються та обробляються є зашифрованими, що гарантує безпеку при впровадженні.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ[28]

4. Стартап проект «КОЕЕВОХ»

4.1. Опис ідеї проекту

В даному розділі буде наведено можливий варіант стартап-проекту, на основі схем та розрахунків проведених у минулих розділах.

Етапи маркетингового аналізу стартап-проекту [28]:

Таблиця 3

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї/продукту стартапу	Унікальність ідеї/продукту	Напрями застосування	Вигоди для користувача
Програмно-механічне рішення моніторингу обладнання	Моніторинг у реальному часі	Підприємницька діяльність	Реальна картина роботи обладнання
Захист об'єктів інтелектуальної власності	Запатентовано		

Наступна таблиця висвітлює аналіз потенційних техніко-економічних переваг проекту та відносне порівняння з конкурентами

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів передбачає:

- визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї (орієнтований можливий перелік властивостей та характеристик подано у додатку А);
- визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводиться збір інформації щодо значень

техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

- проводиться порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогові (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 4).

Таблиця 4

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик розробки

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона а)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		КОЕЕВОХ	Waties	ERBESSD INSTRUMENTS	Vorne			
1	Вартість програмного забезпечення	250 ум. од.	400 ум. од.	1000 ум. од.	500 ум. од.	-	-	+
2	Габарити (пристрою)	10x5x3	5x5x5	15x5x5x	10x5x5	-	-	+
3	Швидкодія (обробка даних)	0,01с	0,01с	0,025с	0,01	-	+	-
4	Точність показників	5% похибки	3% похибки	10% похибки	5% похибки	-	+	-
5	Гарантійний строк	2р.	1р.	-	2р.	-	-	+

Висновки: З даної таблиці видно головних конкурентів проекту та їх недоліки та переваги перед нашим, також проведена оцінка слабких та сильних сторін. Можна з впевненістю сказати що головною перевагою окрім вартості рішення є його відносно невеликі габарити та гарантійний строк який пропонується.

4.2. Опис технології реалізації проекту

В межах даного підрозділу необхідно провести аудит технології, за до-

помогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару).

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 5):

- технологія виготовлення
- наявність прототипів
- доступність технологій

Таблиця 5

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ з/п	Ідея проекту/продукту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Програмний об'єкт КОЕЕВОХ	Розробка ПО С	Наявні	Доступні
2	Віртуальний об'єкт КОЕЕВОХ	Розробка ПО Java script, HTML	Наявні	Доступні
3	Фізичний об'єкт КОЕЕВОХ	Інженерно технічні	Наявні	Доступні (необхідно робити замовлення на виготовлення)
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: створення «приймача» та програмного забезпечення				

Висновки: Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що усе що необхідно для проекту наявне та доступне що не перешкоджає розвитку.

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть

перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

3.1) Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 6).

Таблиця 6

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Пояснення
Кількість головних гравців, од	3
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	200 млн
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Стадія життєвого циклу галузі	Уповільненого зростання.
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Міжнародні стандарти
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Існують (вимоги до електричних та вимірювальних приладів)
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	55%

Висновки: Ринок є дуже привабливим для входження. Це пов'язано з гарною рентабельністю і загальними обсягами продаж. Кількість основних гравців на ринку дорівнює 3, що є досить оптимальною конкуренцією.

Визначено потенційні групи клієнтів, їх основні характеристики, та сформовано основний список вимог до товару (табл. 7)

Таблиця 7

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних	Вимоги споживачів до товару
-------	--------------------------	--	--	-----------------------------

			цільових груп клієнтів	
1	Перехід підприємств на новий рівень, моніторинг робочих годин обладнання, моніторинг стану обладнання	Підприємства різних категорій	-	Точність Доступність Легкість використання Швидкість впровадження Вартість впровадження Доступність результатів

Висновки: З даної таблиці видно цільову групу та потребу користувачів, котру має задовільнити продукт. Також видно котрі висувають користувачі які має задовільнити система.

Аналіз ринкового середовища. Складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. 8-9). Фактори в таблиці подані в порядку зменшення значущості.

Таблиця 8

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Зріст конкуренції	Вихід на ринок нових конкурентів, які будуть пропонувати більш дешевий або більш точний аналог.	Втрата клієнтів
2	Зменшення попиту	Товар орієнтований на моніторинг тому основний прибуток йде через модернізацію програмного забезпечення та	Модернізація програмного та апаратного забезпечення, пошук нових

		виготовлення нових лінійок пристрою	можливостей та рішень
3	Впровадження Industry 5.0	Перехід на новий рівень підприємницької діяльності супроводжується втратою користувачів	Пошук нових рішень та постійна модернізація пристрою та рішення
4	Точність	Зменшення точності приладу спричинює недовіру до компанії і втрату клієнтів	Ретельне тестування продукту, впровадження більш точних сенсорів

Висновки: У таблиці 8 описані основні види загроз. Головною загрозою є зріст конкуренції, що може призвести до відмови клієнтів від товару внаслідок появи на ринку дешевших або більш точних аналогів.

Таблиця 9

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростання попиту	Можуть з'явитись нові потенційні покупці, або компанії-конкуренти вийдуть з ринку	Зростання прибутку, можливість подальшого розвитку та вдосконалення
2	Необхідність модифікацій та вдосконалення	Розширення можливостей системи за потребою користувачів	Вдосконалення та розширення можливостей системи за бажанням потенційних або постійних клієнтів

3	Розробка нових допоміжних алгоритмів в якості додатків	Розширення можливостей системи	Розширення можливостей системи, збільшення появи нових клієнтів, можливість освоювати нові галузі
4	Нові потенційні групи клієнтів	Поява нових потенційних груп покупців	Аналіз потреб нової групи покупців

Висновки: У таблиці 9 описані основні види можливостей. Найголовнішою серед них автор вважає збільшення попиту. Очевидно, через те, що воно призводить до зростання прибутку, можливості подальшого розвитку та вдосконалення. А також, як наслідок цього, перед проектом відкриваються всі інші можливості описані в таблиці. Вони в свою чергу відкривають потенціал для вдосконалення та розширення можливостей алгоритму, а також до зменшення ціни на вже готову продукцію.

Аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 10).

Таблиця 10

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Вказати тип - олігополія	Домінування невеликої кількості конкурентних фірм	Важко вийти на міжнародний ринок.
2. За рівнем конкурентної	Потенційні клієнти є у всьому світі	Існують велика кількість сильних конкурентів та

боротьби - міжнародний		слабких, вихід на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Товар використовується лише для моніторингу обладнання та обліку роботи	Продукт призначений для галузевого застосування.
4. Конкуренція за видами товарів - товарно-видова	Конкуренція товарів одного виду.	Створення продукту котрий буде відповідати всім вимогам, але доступнішого та дешевшого, відповідність ринку та задоволення потреб користувача
5. За характером конкурентних переваг - цінова	Варіювання ціни внаслідок вибору користувачем функціональних особливостей	Створення привабливої пропозиції для створення попиту
6. За інтенсивністю марочна	-	Легке запам'ятовування підвищує популярність.

Висновки: Було проаналізовано основні риси конкуренції на ринку, їх вплив на діяльність підприємства, а також можливі дії компанії, для забезпечення постійної конкурентоспроможності. Визначено, що конкуренція у галузі є невеликою, і вона існує між товарами одного виду.

Після проведення аналізу конкуренції проводиться аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю М. Портера) (табл. 11).

Таблиця 11

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари замітники
	Waites	Даний конкурент вважається найсильнішим на американському ринку та одним з найдорожчих	Форуми Презентації Заходи Інтернет магазин	Підприємства	Продукти мають аналоги в конкурентів (всі з
	ERBESSD INSTRUMENTS	Найдорожча компанія конкурент заснована у Мексиці	Форуми Презентації Заходи Інтернет магазин	Підприємства	перечислених є товарами заміниками)
	Vorne	Польська компанія конкурент по привабливій ціні	Форуми Презентації Заходи Інтернет магазин	Підприємства	
Висновки	Висока конкуренція	Даний продукт володіє всім функціоналом але є дешевшим як і впровадженні так і в використанні	Даний стартап має однаковий тип збуту, тому підприємець самостійно обирає найбільш вигідний	Клієнт диктує умови на якому обладнанні буде використовуватись пристрій	

Висновки: З даної таблиці видно що є декілька конкурентів на міжнародному ринку, але вони не є популярними для місцевого. У кожного з них є схожі між собою маркетингові заходи і один тип клієнтів, але важливо зазначити що кожен з них унікальний в певній галузі і крім мексиканської компанії ніхто не займається моніторингом повного стану обладнання.

Таблиця 12

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
----------	-------------------------------	---

1	Точність	Апаратне та програмне забезпечення цілком задовільняють користувачів
2	Адаптивність	Можливість використання системи при різноманітних умовах
3	Ціна	Приваблива ціна
4	Якість	Система працює стабільно при різноманітних зовнішніх чинниках
5	Новизна	На місцевому рівні дане рішення є повністю новим та не має аналогів

Висновки: Визначено основні фактори конкурентоспроможності, які полягають у точності, адаптивності, якості, та новизні. Також наведено обґрунтування, яке показує сильні сторони проекту.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 13) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 14).

Таблиця 13

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бал и 1-20	Рейтинг товарів конкурентів порівняно з ключовими конкурентами						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Точність	20					+		
2	Адаптивність	20				+			
3	Ціна	20							+
4	Якість	20					+		
5	Новизна	10				+			

Висновки: З таблиць бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають позитивний внесок при впровадженні нового пристрою моніторингу обладнання.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (табл. 14).

SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Висока точність 2. Низька вартість 3. Легке монтування та застосування 4. Надійність	Слабкі сторони: 1. Залежність від поставок деталей 2. Є межі інформації котра може оброблятися в певний момент часу
Можливості: 1. Збільшення продажу; 2. Отримання державних замовлень на отримання послуг; 3. Вдосконалення системи 4. Вихід на міжнародний ринок	Загрози: 1. Цінова конкуренція в зв'язку з появою нових гравців на ринку. 2. Втрата потенційних клієнтів через недостатню технічну підтримку

Висновки: Проведено SWOT-аналіз, за яким були визначені можливі загрози і можливості, які передбачаються сильними та слабкими сторонами проекту.

На основі SWOT-аналізу розроблено альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок. Та визначено оптимальний термін реалізації. (табл. 15).

Таблиця 15

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними	Висока	5 міс.

	сторонами стартапу		
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Висока	7 міс.
3	Стратегія виходу з ринку	Середня	1. міс.

Висновки: Після проведеного аналізу було обрано альтернативу – стратегію нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу. Це пов'язано з високою ймовірністю отримання ресурсів, а також досить стислих строків на реалізацію.

4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 16)

Таблиця 16

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Промислові підприємства	Готові до впровадження	високий	низька	легко
2	Державні підприємства	Готові до впровадження після заклучення спец. договору	середній	відсутня	середньо
3	Воєнне підприємство	Готові	низький	відсутня	середньо

4	Автомобіль на промисловість	Готові	високий	низька	легко
6	Підприємств з виготовлення медичного устаткування чи продукції споживання	Готові	низький	відсутня	важко
Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення, що компанія буде працювати із різними типами підприємств, але небажаними серед них можна вважати державні та військові.					

Висновки: За результатами аналізу потенційних груп споживачів було обрано цільові групи. В основному даний проект призначений для будь-якого типу підприємств, але можуть виникнути проблем з деякими, наприклад державними чи воєнними.

Формування базової стратегії розвитку (табл. 17)

Таблиця 17

Визначення базової стратегії розвитку

п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Стратегія диференційованого маркетингу.	- Використання нових досягнень - Задоволення вимог користувачів - Постійне вдосконалення	Стратегія диференціації

Висновки: Як базову стратегію розвитку було обрано стратегію диференціації, яка передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей.

Вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 18)

Таблиця 18

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	ні	Стратегія диференційованого маркетингу.	- Використання нових досягнень - Задоволення вимог користувачів - Постійне вдосконалення	Стратегія диференціації

Висновки: З даної таблиці можна зробити висновок що проект не копіює інших конкурентів та видно обрану стратегію охоплення ринку. Також зазначені ключові конкурентоспроможні позиції.

Таблиця 19

Визначення базової стратегії розвитку

п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Точність системи	Стратегія диференціації	Найвища точність	Високоточна, стабільна
2	Адаптивність до різноманітних умов	Стратегія диференціації	Універсальність	Адаптивна до будь-яких обставин
3	Надійність впродовж часу роботи	Стратегія диференціації	Якість	Довговічність
4	Простота у використанні	Стратегія диференціації	Зрозумілість, доступність	Проста, легка, зрозуміла

5	Вдосконалення продукту враховуючи побажання споживачів	Стратегія диференціації	Формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів.	Якість. Ціна. Технічна підтримка.
---	--	-------------------------	--	-----------------------------------

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 20 підсумовано результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 20

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Потреба у моніторингу обладнання та обліку часу роботи, попередження несправностей	Легкість монтування, простота використання, доступність пристрою	Висока точність, доступність даних, доступність пристрою

Висновки: Як видно з табл 20 для потенційного споживача існує досить багато переваг, які полягають у максимальній точності, та легкості монтування обладнання.

Таблиця 21

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Точність компенсації 2. Швидкість роботи програмного забезпечення 3. Надійність 4. Простота у використанні	Залежність від швидкодії алгоритму та процесора М	Тх
II. Товар у реальному виконанні	Якість: відповідає нормам ISO		
	Пакування: програмне забезпечення, упаковочна коробка		
	Марка: проект під керівництвом IT-Enterprice, КОЕЕВОХ		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: отримання спеціальної консультації щодо встановлення програмного забезпечення та його використання		
	Після продажу: сервісна підтримка, підключення системи		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Винахід та торгова марка запатентовані			

Висновки: Зроблено опис трьох рівнів моделі товару, за яким легко зрозуміти призначення товару та які проблемні задачі він вирішує, основні властивості та технічні характеристики. Захист товару від копіювання буде зроблено завдяки патентуванню.

Визначення цінових меж для встановлення ціни на потенційний товар (табл. 21).

Таблиця 21

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової	Верхня та нижня межі встановлення
-------	--------------------------------	------------------------------	-------------------------	-----------------------------------

			групи споживачів	ціни на товар/послугу
1	400-1000 ум.од	600 – 2500 ум.од.	40000-60000 ум.од.	Нижня межа: 150 ум.од./ шт. Верхня межа: 400 ум.од/ шт.

Висновки: Встановлено межі ціни на товар, ціна є оптимальною для запропонованих користувачу характеристик, і знаходиться на рівні товарів-конкурентів. Ціна базувалась на собівартості розробки програмного забезпечення, а також враховано унікальність даних алгоритмів.

Визначення оптимальної системи збуту (табл. 22)

Таблиця 22

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Роздрібна закупівля	Супровід товару на всьому етапі доставки до кінцевого споживача.	Канал одного рівня	Підприємства роздрібної торгівлі
2	Оптова закупівля	Супровід товару на всьому етапі доставки до кінцевого споживача, з	Канал одного рівня	Підприємства оптової торгівлі

		додатковими умовами і бонусами.		
--	--	---------------------------------	--	--

Висновки: В даній таблиці був виконаний опис методів торгівлі, але можна зазначити що основною системою отримання коштів є заключення договору на надання послуг. Тобто клієнт лише один раз платить за пристрій але кожен місяць платить за підписку(абон. плату)

Таблиця 22

Формування системи збуту

п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Необхідність підвищення доступності обладнання	Інтернет, телефон, відвідування форумів, презентацій	Точність, швидкість, якість	Приваблення нових цільових клієнтів	На прикладі тестуючих підприємств та модернізації та заощадження коштів знаходити нових користувачів

Висновки: Розроблено концепцію маркетингової комунікації, яка буде полягати у привабленні нових цільових клієнтів, за допомогою інтернету, телефону та проведенні спеціальних форумів і презентацій.

Список літератури

1. *um. (2019). Public cloud providers overview: AWS, Azure and Google. Von <https://www.unbelievable-machine.com/en/en-public-cloud-providers-overview/> abgerufen
2. Bureau, E. T. (2017). Consumer IoT to be Bigger Market than Industrial IoT. Von <https://www.eletimes.com/consumer-iot-bigger-market-industrial-iot> abgerufen
3. Chan, B. (2018). Ten ways IoT differs from IIoT. Von <https://www.iiot-world.com/industrial-iot/connected-industry/ten-ways-iot-differs-from-iiot/> abgerufen
4. Delic, K. A. (2016). On Resilience of IoT Systems. Von https://www.researchgate.net/figure/Resilience-Studies-and-Acts_fig1_294105970 abgerufen
5. Dunkels, A. (2019). Technical Skills Needed For Professional IoT Projects. Von <https://www.thingsquare.com/blog/articles/developer-profiles-for-successful-iot-projects/> abgerufen
6. Ehrenreich, D. (2018). IoT vs IIoT differences you must know. Von <https://www.iiot-world.com/industrial-iot/connected-industry/iot-vs-iiot-differences-you-must-know/> abgerufen
7. ETSI. (2017). IoT Standards Landscape. Von <https://aioti.eu/wp-content/uploads/2019/10/AIOTI-WG3-SDOs-Alliance-Landscape-IoT-LSP-standrad-framework-R2.9-Published.pdf> abgerufen
8. Faheem Zafari, A. G. (2019). A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies. Von <https://arxiv.org/pdf/1709.01015.pdf> abgerufen
9. Gartner. (2020). Magic Quadrant for Cloud Infrastructure and Platform Services. Von <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-1ZDZDMTF&ct=200703&st=sb> abgerufen

10. Lueth, K. L. (2015). Will the Industrial Internet Disrupt the Smart Factory of the Future. Von <https://iot-analytics.com/industrial-internet-disrupt-smart-factory/> abgerufen
11. more-with-mobile.com. (2017). Making Sense of IoT Interoperability. Von <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/blog/IoT-Agenda/Making-sense-of-IoT-interoperability> abgerufen
12. SIM800C QuadBand 2020.02 SIMCom GSM/GPRS Modul
13. Yun Xu. Design automated test system of the next generation [J]. Today's electronic, 2008,8:58-61
14. Xiangru Shan. software will be the core of the next generation automation system [J]. Electronic design technology, 2008,7:122
15. What's the NI Teststandard. National Instruments, 2008
16. Yingbin Dong, Bing Han. The interface research of using ActiveX technology access to Excel in LabVIEW [J]. Micro computer information. 2006,(04):165-166.
17. Leping Yang, Haitao Li. LabVIEW high-level programming [M]. Beijing: TsingHua university press.
18. <https://www.iec.ch/ip-ratings>
19. <https://www.linak.com/segments/techline/tech-trends/ingress-protection/>
20. Simpson, Robert (2003). Lighting Control: Technology and Applications. Oxford UK: Focal Press/Elsevier. [ISBN 0-240-51566-8](#).
21. Arnold Offner; Phoenix Contact (November 12, 2008). "[DIN-Rail in the Electrical Control Cabinet and Junction Box](#)" (PDF). [IEEE](#) Power and Engineering Society. Retrieved May 31, 2018.
22. Tickoo, Sham (2010). AutoCAD Electrical 2010 for Engineers. India: Dorling Kindersley. pp. 8–46. [ISBN 978-81-317-3213-7](#).
23. <https://nodered.org/>

24. Daemen, Joan; Rijmen, Vincent (March 9, 2003). ["AES Proposal: Rijndael"](#) (PDF). National Institute of Standards and Technology.
p. 1. [Archived](#) (PDF) from the original on 5 March 2013. Retrieved 21 February 2013.
25. Jump up to: ["Announcing the ADVANCED ENCRYPTION STANDARD \(AES\)"](#) (PDF). *Federal Information Processing Standards Publication 197. United States National Institute of Standards and Technology (NIST). November 26, 2001. Archived (PDF) from the original on March 12, 2017. Retrieved October 2, 2012.*
26. Joan Daemen and Vincent Rijmen (September 3, 1999). ["AES Proposal: Rijndael"](#) (PDF). Archived from [the original](#) (PDF) on February 3, 2007.
27. John Schwartz (October 3, 2000). ["U.S. Selects a New Encryption Technique"](#). New York Times. [Archived](#) from the original on March 28, 2017.
28. О.А. Гавриша, «Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей», НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016
29. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%96%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%84%D1%96%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0
30. Матеріали Другого наукового семінару «КІБЕРФІЗИЧНІ СИСТЕМИ: ДОСЯГНЕННЯ ТА ВИКЛИКИ», 21–22 червня 2016 Львів, Україна ,2016
31. <https://www.igi-global.com/dictionary/impact-of-industry-40-on-human-resources-systems/110588>
32. <https://www.ibm.com/topics/industry-4-0>
33. Sandra GRABOWSKA, «INDUSTRY 4.0 CHALLENGES FOR THE BUSINESS MODEL», SCIENTIFIC PAPERS OF SILESIAN

UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ORGANIZATION AND
MANAGEMENT SERIES NO. 136, 2019.

34. Ziad Ahmad & Raman Dadwal, «Managing fluctuations in Overall Equipment Effectiveness», JÖNKÖPING Dec 2019
35. Michael Grieves. Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. White paper, 1:1–7, 2014.
36. Klementina Josifovska, Enes Yigitbas, and Gregor Engels. Reference framework for digital twins within cyber-physical systems. In 2019 IEEE/ACM 5th International Workshop on Software Engineering for Smart Cyber-Physical Systems (SEsCPS), pages 25–31. IEEE, 2019.
37. Mengnan Liu, Shuiliang Fang, Huiyue Dong, and Cunzhi Xu. Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. Journal of Manufacturing Systems, 58:346–361, 2021.
38. Cisco Systems, Inc., "Enterprise Campus 3.0 Architecture: Overview and Framework," 2008. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Campus/campover.html>.
39. Robinson W.N., A requirements monitoring framework for enterprise systems, Requirements Eng., vol. 11, no. 1, pp. 17-41, 2006.
40. Suh-Lee C., Jo J.-Y., Kim Y., Text mining for security threat detection discovering hidden information in unstructured log messages, IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS), USA, pp. 252- 260, 2016.
41. Tierney B., Crowley B., Gunter D., Holding M., Lee J., Thompson M., A monitoring sensor management system for grid environments, Proceedings of The Ninth International Symposium On High-performance Distributed Computing, IEEE CS, pp. 97-104, 2000.

42. Vaarandi R., SEC - a lightweight event correlation tool, IEEE Workshop on IP Operations and Management, IEEE Conference Publications, pp. 111-115, 2002.
43. Zulkernine M., Seviora R.E., A compositional approach to monitoring distributed systems, Proc. Int'l Conf. Dependable Systems and Networks, IEEE CS, pp. 763-772, 2002.
44. Lo, A., Lu, W., Jacobson, M., Prasad, V., Niemegeers, I. (2006). Personal networks: an overlay network of wireless personal area networks and 3G networks. In Proceedings of 3rd Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems, pages 1-8, San Jose, CA, USA.
45. "WiFi Module - ESP8266 - WRL-13678 - SparkFun Electronics", Sparkfun.com. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/13678>. [Accessed: 01- Dec- 2018].
46. "Calculation of Solar Insolation", Pveducation.org, 2018. [Online]. Available: <http://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/calculation-of-solarinsolation>. [Accessed: 19- Nov- 2018].
47. Zexuan Zhu, Chao Liu, and Xun Xu. Visualisation of the digital twin data in manufacturing by using augmented reality. Procedia Cirp, 81:898–903, 2019.
48. Ravindran B., Engineering dynamic real-time distributed systems: Architecture system description, language, and middleware, IEEE Trans. Software Eng., vol. 28, no. 1, pp. 30-57, 2002.
49. Montesa J., Sánchez A., Memishi B., S. Pérez M., Antoniu G., GMonE: A complete approach to cloud monitoring, Future Generation Computer Systems, vol. 29, no. 8, pp. 2026-2040, 2013.