

Міністерство освіти і науки України



NURE

Харківський національний університет
радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2023

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2023

Головий редактор **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Редакційна колегія: **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету

Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».

Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».

Відповідальний редактор: **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 386с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 2 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2023. – 386p with.

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

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

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

©ХНУРЕ, 2023 рік

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ НА БАЗІ ІОТ

В.А.Сторожук В.А., М.А. Вісковатов

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: vadim.storozhuk @nure.ua; maksym.viskovatov@nure.ua.

Анотація: У даній статті було проаналізовані сучасні інтелектуальні модулі для моніторингу параметрів на базі ІОТ, приведені їх основні недоліки, після чого на основі отриманої інформації було розроблено власний інтелектуальний модуль. Була описана структура такого проекту, обрані основні елементи системи.

Ключові слова: інтелектуальні модулі, ESP8266, моніторинг, PLC, кібер-фізичні виробничі системи.

DEVELOPMENT OF AN OF AN INTELLIGENT MODULE FOR MONITORING PARAMETERS BASED ON IOT

V.Storozhuk, M.Viskovatov,

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, pr. Nauki, 14

E-mail: vadim.storozhuk @nure.ua; maksym.viskovatov@nure.ua.

Abstract: This article analyzes modern intelligent modules for monitoring parameters based on IoT, identifies their main disadvantages, and then develops an own intelligent module based on the information obtained. The structure of such a project was described, and the main elements of the system were selected.

Keywords: intelligent modules, ESP8266, monitoring, PLC, cyber-physical production systems.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Сучасний світ не стоїть на місці і дедалі скоріше участь людини у виробництві стає меншою. Для успішної роботи системи потрібні системи перевірки людиною стану виробничих процесів. Моніторинг показників автоматизованих систем є однією із умов, дотримання котрої може гарантувати швидку реакцію на порушення процесів виробництва. Використання інтелектуальних модулів дозволяє вибудувати дуже гнучку та найбільш ефективну реакцію на випадок виникнення порушень на будь-якому виробничому етапі. Наразі існує чимало готових рішень (деякі з них будуть розглянуті далі), але далеко не усі можуть врахувати специфіку певних типів виробництв та їх потреб до подібних систем.

ВСТУП. Започатковуючи аналіз технологічних трендів сучасного світу, особлива увага спрямовується на кіберфізичні системи, що визначають нову еру в сфері наукових досліджень та промислового розвитку. Ці інноваційні конструкції, що поєднують фізичні процеси з обчислювальними технологіями, надають безліч можливостей для подальшого розвитку та оптимізації різноманітних секторів людської діяльності.

КФВС (кібер-фізичні виробничі системи) – це інтегровані системи виробництва, які поєднують в собі фізичні та цифрові компоненти, що взаємодіють між собою для досягнення спільної мети. Основна мета таких систем – забезпечити автоматизований та ефективний виробничий процес, зменшити витрати, збільшити продуктивність та підвищити якість продукції [1].

Одним з основних елементів КФВС є використання сенсорів, які дозволяють збирати дані про стан обладнання та виробничого процесу в цілому. Ці дані потім передаються на обробку в систему збору та аналізу даних, де за допомогою аналітики даних можуть бути виявлені аномальні ситуації та розроблені заходи для їх запобігання.

Деякі приклади КФВС включають:

- системи автоматизованого керування виробництвом, такі як системи промислової автоматики, які використовують сенсори та інші пристрої для моніторингу стану обладнання та процесів виробництва;
- системи моніторингу та прогнозування, які використовуються для збору та аналізу даних про стан обладнання, процеси виробництва, витрати енергії тощо з метою прогнозування його стану та визначення потенційних проблем;
- системи візуального контролю та роботи зі зображеннями, які використовуються для контролю якості продукції та виявлення відхилень від стандартів;
- системи автоматизованого управління складами та логістики, які використовуються для автоматизації процесів складської логістики та оптимізації потоків матеріалів та товарів;
- системи машинного навчання та штучного інтелекту, які використовуються для аналізу даних про виробництво та забезпечення автоматизованого прийняття рішень для оптимізації процесів виробництва;
- системи віддаленого моніторингу та управління, які дозволяють керувати процесами виробництва з віддаленої локації за допомогою мережі Інтернет.

До переваг КФВС можна віднести:

- зменшення ризику виникнення аварій та непередбачуваних ситуацій;
- підвищення продуктивності та ефективності виробничого процесу;
- зменшення витрат на енергопостачання та матеріали;
- можливість віддаленого моніторингу та керування виробничим процесом.

Однак, до недоліків КФВС можна віднести:

- складність впровадження та інтеграції;
- вразливість до кібератак та інших кіберзагроз;
- високі витрати на впровадження та підтримку системи;
- проблеми зі сумісністю та стандартизацією між різними компонентами системи.

Загалом, КФВС є перспективним напрямком розвитку виробничих процесів. Вони дозволяють забезпечити покращення продуктивності, ефективності та безпеки виробництва шляхом інтеграції технологій ІоТ, аналізу даних та штучного інтелекту.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ. Отже, реалізація подібної системи включає багато аспектів, які були до неї висунуті:

1. Платформонезалежність – перегляд даних має бути доступним з будь якого пристрою;
2. Віддалений доступ – доступ до стану системи не має бути незалежний від поточного місцеположення людини, що бажає отримати доступ до цих даних;
3. Гнучкість – система має бути перепрограмована та мати можливість підключення додаткових датчиків і пристроїв зворотного зв'язку в залежності від потреб користувача;
4. Масштабованість – така система має бути легко-масштабованою, так як сучасні виробництва активно розвиваються і завжди має бути можливість до змін у системі моніторингу.

Сформувавши завдання, можливо окреслити властивості системи, за допомогою яких дані вимоги будуть задоволені.

Питання платформонезалежності було вирішено використовувачи можливості сучасних технологій індустріального інтернету речей (Industrial Internet of Things – далі ІІОТ), за допомогою такого підходу можливо досягнути високої ефективності, простоти використання та масштабування. Наприклад, використовуючи сучасні Web-протоколи ми можемо вирішити проблему передачі даних на достатньо велику відстань, або технології Bluetooth low-energy (BLE) там, де економія електричної енергії є дуже важливим параметром. Також, таке рішення допомагає нам спростити можливість віддаленого доступу – виконавши деплой нашої системи на будь-який VPS сервер (AWS, Heroku, Microsoft Azure, тощо) ми гарантуємо доступ до наших сервісів не лише із локальної мережі виробництва, а й з будь якої точки світу, де є

internet-покриття. Нарешті, протокол HTTPS допоможе забезпечити необхідну безпеку при пересиланні даних до віддаленого серверу.

Також, використовуючи переваги ПІОТ, можливо реалізувати дистанційний моніторинг за виробництвом. У таких системах промисловий контролер (Programmable Logic Controller – далі PLC) – це комп'ютеризована система, спеціально призначена для контролю, моніторингу та автоматизації промислових процесів. Вона використовується для керування різноманітними механічними, електричними та електронними пристроями та машинами в реальному часі.

Основні компоненти PLC:

1. Центральний процесор: Відповідає за виконання програми, яка контролює роботу PLC. Вона обробляє дані, виконує логіку програми та керує виводами та входами PLC;

2. вхідні модулі: Призначені для прийому сигналів від зовнішніх пристроїв, таких як датчики температури, кнопки, датчики рівня тощо;

3. вихідні модулі: Відповідають за передачу сигналів до зовнішніх пристроїв, таких як мотори, клапани, світлодіоди тощо.

Аналізуючи результати вимірювань PLC може корегувати певні виробничі процеси (оберти двигунів, робоча напруга, тощо), паралельно «спілкучись» з серверною частиною системи, яка вже в свою чергу зберігає дані, займається їх аналізом та представленні у вигляді, зрозумілому для людини. У такому разі система є майже автономною та потребує лише базової конфігурації.

Тепер, вирішуючи питання масштабованості системи, було прийняте рішення використовувати мікросервісну архітектуру для розробки веб-сервісу та веб-додатка. Мікросервіси — архітектурний стиль, за яким єдиний застосунок будується як сукупність невеличких сервісів, кожен з яких працює у своєму власному процесі та спілкується з рештою, використовуючи прості та швидкі протоколи передачі даних, зазвичай HTTPS. Ці сервіси будуються навколо бізнес-потреб і розгортаються незалежно один від одного з використанням зазвичай повністю автоматизованого середовища. Існує абсолютний мінімум централізованого керування цими сервісами. Самі по собі вони можуть бути написані з використанням різних мов програмування і технологій зберігання даних. Основною перевагою мікросервісів є просте масштабування та незалежність. Так як усі вони мають єдиний протокол взаємодії, для додавання нового модулю необхідно лише описати цей протокол так само, як і для усіх інших сервісів, що робить розробку достатньо швидкою.

Таким чином, необхідно окреслити повний функціонал веб-сервісу та веб-додатку, після чого «розбити» його на самостійні «сервіси». Для комфортної, та, найголовніше, ефективної взаємодії користувача та системи моніторингу було винесено такий функціонал:

1) Має бути реалізований перегляд поточних показників усіх вимірювальних приборів. Маючи простий доступ до результатів вимірювань ми можемо забезпечити оперативну реакцію на незначні відхилення в роботі.

2) Можливість надання інструкцій на випадок критичного стану. Це може бути як включення системи аварійного сповіщення, push-повідомлення у месенджері чи на електронній пошті, в залежності від потреб певного виробництва чи отримувача цього повідомлення (наприклад, незначні відхилення не потребують термінової реакції, тому потреба у включенні сигналізації відсутня).

3) Логування - пасивний збір статистичних даних протягом певного проміжку часу – може допомогти передбачити помилки в роботі, що можуть з'явитись у майбутньому, або ж переглянути якість та швидкість виконання робіт на певному проміжку часу.

АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ НА БАЗІ ПІОТ. Ефективність великих підприємств досить сильно залежить від стану устаткування на кожному етапі виробництва. Для реалізації якомога швидкої реакції на помилки в системі та безперервно контролювати усі критичні точки компанії закупують високотехнологічну систему моніторингу.

Далі будуть описані вже готові рішення інтелектуальних модулів з їх перевагами та недоліками:

Wirepas Mesh – розроблена фінською компанією Wirepas та була представлена у 2014 році. Wirepas Mesh використовує мережу малогабаритних пристроїв, які можуть взаємодіяти між собою, створюючи масштабовані мережі IoT. Кожен пристрій може служити як вузол мережі, що дозволяє передавати дані від одного пристрою до іншого. Мережа автоматично організовується, що робить її відмінною для використання в промисловості та інших галузях.

Переваги:

1. масштабована мережа, підтримка великої кількості пристроїв;
2. ефективне використання енергії, що робить його ідеальним для вбудованих систем.

Недоліки:

1. обмежені можливості обробки даних непрямо на пристрої;
2. обмежена підтримка аналітики та машинного навчання.

Particle Electron – є продуктом компанії Particle, розробленою в 2012 році (початкова назва була Spark). Particle Electron використовує сотовий (2G/3G) або Wi-Fi зв'язок для віддаленого моніторингу та управління. Мікроконтролер Particle Electron може взаємодіяти з різними датчиками та іншими пристроями, надсилаючи зібрані дані на хмарну платформу Particle, де їх можна аналізувати та візуалізувати.

Переваги:

1. Легкість використання та швидкість розгортання.
2. Низьке споживання енергії.

Недоліки:

1. Менша обчислювальна потужність порівняно з більш потужними пристроями.
2. Обмежені можливості зберігання та обробки великих обсягів даних.

Raspberry Pi – це одноплатний комп'ютер, який був розроблений фондом Raspberry Pi та був випущений у 2012 році. Це повноцінний комп'ютер, який працює на операційній системі Linux. Зазвичай використовується для великої кількості завдань, включаючи збір та обробку даних за допомогою різних сенсорів та модулів. Завдяки своїм можливостям, Raspberry Pi може бути використаний для реалізації різноманітних проектів, включаючи IoT.

Переваги:

1. Універсальність та гнучкість у розробці.
2. Велика спільнота та підтримка.

Недоліки:

1. Велике споживання енергії в порівнянні з менш потужними пристроями.
2. Обмежена масштабованість для великих систем.

Arduino MKR IoT Bundle – лінійка продуктів від Arduino, створена в 2015 році. Використовує мікроконтролер Arduino та низку датчиків для збору даних. Ці дані можуть бути передані через бездротовий зв'язок (наприклад, Wi-Fi або LoRa) на віддалений сервер чи хмарну платформу для подальшої обробки та аналізу.

Переваги:

1. Універсальність та гнучкість у розробці.
2. Велика спільнота та підтримка.

Недоліки:

1. Велике споживання енергії в порівнянні з менш потужними пристроями.
2. Обмежена масштабованість для великих систем.

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ Проаналізувавши усі вимоги та різні системи моніторингу, було запропоновано наступний підхід до реалізації:

На рисунку 1 зображено схематично зображення принципу роботи таких систем.

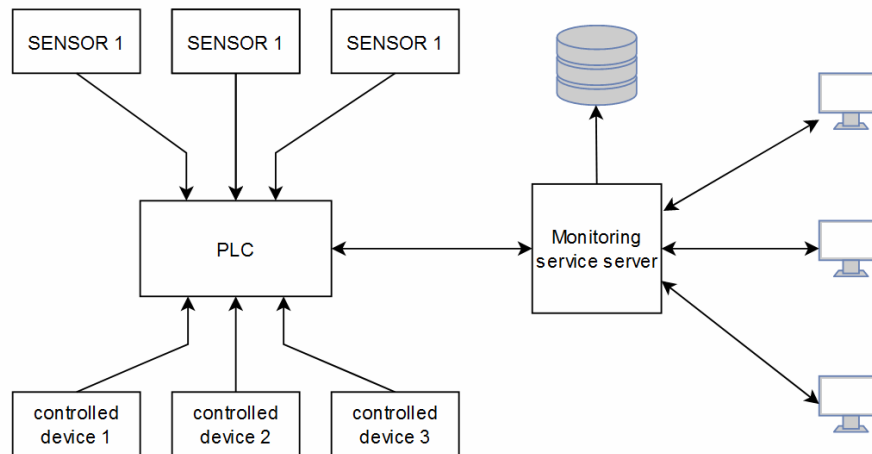


Рисунок 1 – Схематичне зображення структури системи моніторингу на базі ІІОТ.

Такий підхід надає ряд переваг:

1. гнучкість: системи подібної архітектури достатньо легко адаптувати під потреби певного виробництва через їх модулність. Через те що окремі модулі достатньо невеликі, в них просто внести корективи;

2. автоматизація та розподілена логіка: через веб-протоколи можна реалізувати розподілену логіку управління, де декілька PLC можуть співпрацювати та взаємодіяти між собою для координації роботи виробничих процесів;

3. інтеграція з хмарними платформами: використання веб-протоколів дозволяє PLC взаємодіяти з хмарними системами для зберігання та обробки даних. Це дає можливість для аналізу та моніторингу в реальному часі, а також забезпечує додаткові можливості зберігання та архівування інформації.

Для реалізації взаємодії між PLC та системами моніторингу можна використовувати різноманітні протоколи з'єднання, в залежності від потреб та умов використання на виробництві такого пристрою. Найпопулярнішими є:

1. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport): це легкий, відкритий протокол сповіщення про події, який часто використовується для передачі даних між пристроями ІІОТ, включаючи PLC, та хмарними системами моніторингу. MQTT ефективний для передачі даних у реальному часі при мінімальній споживанні пропускну здатності мережі.

2. Modbus: це протокол передачі даних, який широко використовується в промисловості для зв'язку між електронними пристроями, такими як PLC, та системами контролю та моніторингу. Modbus може бути реалізований через різні фізичні медіа передачі даних, такі як RS-485, Ethernet тощо.

3. HTTP/HTTPS (Hypertext Transfer Protocol/Secure): ці протоколи також можна використовувати для взаємодії між PLC та системами моніторингу, особливо у випадках, коли потрібно взаємодіяти з веб-серверами або використовувати веб-API для обміну даними.

Використання веб протоколу також має ще одну велику перевагу – через стандартизацію відповідей та запитів окремі «модулі» системи можуть змінюватись з плином часу на більш нові, чи ті, що більш підходять під поточні задачі, що ставляться перед системами моніторингу.

Отже, принцип роботи наступний – спочатку PLC програмується для роботи із певними датчиками та приладами які будуть реагувати від їх стану, після чого основні модулі для роботи підключаються до PLC та він починає в залежності від стану датчиків маніпулювати

В якості ядра PLC було обрано модуль ESP8266. ESP8266 - це відмінний вибір для використання в якості центрального процесору PLC в системах моніторингу завдяки своїм характеристикам та можливостям. Мікроконтролер має вбудований процесор з архітектурою Tensilica Xtensa LX106 і тактовою частотою до 160 МГц, забезпечуючи високу

продуктивність. Завдяки вбудованій пам'яті до 4 МБ, ESP8266 може зберігати програми та дані.

Його вбудований Wi-Fi модуль дозволяє пристрою підключатися до бездротових мереж, надаючи можливість віддаленого доступу та обміну даними. Низька вартість ESP8266 робить його доступним для проектів з обмеженими бюджетами.

ESP8266 є енергоефективним, що важливо для пристроїв, які працюють на батареях чи в умовах обмежених джерел енергії. Завдяки можливості підтримки протоколів Wi-Fi 802.11 b/g/n, ESP8266 є сумісним з різними мережевими середовищами. Вбудований Wi-Fi дозволяє зручний збір та передачу даних в реальному часі.

Загальна надійність ESP8266 підтверджується його успішним використанням у сфері Інтернету речей (IoT), що робить його оптимальним вибором для ролі центрального процесора в системах моніторингу параметрів на базі IoT.

ВИСНОВКИ. Тема моніторингу показників автоматизованих систем є надзвичайно важливою у наш час, зменшення участі людини у виробництві призвело до того, що вона має слідкувати та своєчасно реагувати на виключні ситуації, тому вкрай важливо мати систему моніторингу, яка б зберігала та відображала стан виробничої системи. Рішення, запропоноване у даній статті, допоможе підтримувати виробництво у ефективному та відмовостійкому стані.

ЛІТЕРАТУРА

1. Calvo, M. Marcos, D. Orive, I. Sarachaga, "A methodology based on distributed object-oriented technologies for providing remote access to industrial plants," *Control Engineering Practice*, 14 (8), pp. 975-990, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conenprac.2005.05.008>.

2. T. Sauter, S. Soucek, W. Kastner, and D. Dietrich, "The evolution of factory and building automation," *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 5 (3), pp. 35-48, 2011. <http://dx.doi.org/10.1109/MIE.2011.942175>.

3. M. Jain, A. Jain, and M. Srinivas, "A web based expert system shell for fault diagnosis and control of power system equipment," *Proceedings of Intl. Conf. Condition Monitoring and Diagnosis (CMD-08)*, 2008, pp. 1310–1313. <http://dx.doi.org/10.1109/cmd.2008.4580217>.

4. S. Li, L.D. Xu, and S. Zhao, "The internet of things: a survey," *Information Systems Frontiers*, 17 (2), pp. 243-259, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s10796-014-9492-7>.

5. Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.

6. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новосєлов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. :, 2022. – 427 с.

7. Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70.1, 139-145.

8. Невлюдов, И., Стародубцев, Н., Евсеев, В., & Демская, Н. (2021). AUTOMATION OF FLEXIBLE HMI INTERFACE DEVELOPMENT FOR CYBER-PHYSICAL PRODUCTION SYSTEMS. *SWorldJournal*, 1(09-01), 11–27. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-09-01-009>

9. Yevsieiev V. Development of A System for the Production Process Monitoring Using Telegram Bot / V. Yevsieiev, S. Maksymova, S. Starikova // The III International Scientific and Theoretical Conference "The Current State of Development of World Science: Characteristics and Features" August 5, 2022. Lisbon, Portuguese Republic. P. 70-72.

10. Nevliudov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542

11. Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(10), 7465-7473..