

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки



## **ЗБІРНИК**

**студентських наукових статей**

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2020**

(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 2020

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



## **ЗБІРНИК**

**студентських наукових статей**

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2020**

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2020

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – Вип. 2. – 298 с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2020 Part 2 (Key infrastructure 2020) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2020.- 298 p 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 № 2 від 23.11.2020

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

Режим доступу: <https://docplayer.net/17798292-Balancing-the-electrical-and-mechanical-requirements-of-flexible-circuits-mark-finstad-applications-engineering-manager-minco.html>. 21.10.2020.

*Науковий керівник: Боцман Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки*

УДК: 338.2

### ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ. ІНДУСТРІЯ 4.0.

**Павленко В. І., Сітало І. А., Буць Д. Є.**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: vitalii.pavlenko@nure.ua, ivan.sitalo@nure.ua, dmytro.buts@nure.ua

**Анотація:** в статті проаналізовано переваги та недоліки інтернету речей. Описані перспективи розвитку і впровадження інтернету речей та її застосування в теперішньому світі. Наведено її головні складові.

**Ключові слова:** Інтернет речей, виробництво, IoT, технологія, інформаційні системи.

### INTERNET OF THINGS. INDUSTRY 4.0.

**V. Pavlenko, I. Sitalo, D. Buts**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: vitalii.pavlenko@nure.ua, ivan.sitalo@nure.ua, dmytro.buts@nure.ua

**Anotations:** In the article analyzes the advantages and disadvantages of the Internet of Things. Prospects for the development and implementation of the Internet of Things and its application in today's world are described. Its main components are given.

**Keywords:** Internet of Things, production, IoT, technology, information systems.

Індустрія 4.0 (Industry 4.0) - провідний тренд відбувається на наших очах «Четвертої промислової революції».

Характерні риси Індустрії 4.0 - це повністю автоматизовані виробництва, на яких керівництво всіма процесами здійснюється в режимі реального часу і з урахуванням мінливих зовнішніх умов. Кіберфізическі системи створюють віртуальні копії об'єктів фізичного світу, контролюють фізичні процеси і приймають децентралізовані рішення. Вони здатні об'єднуватися в одну мережу, взаємодіяти в режимі реального часу, самонастроюватися і самонавчатися. Важливу роль відіграють інтернет-технології, що забезпечують комунікації між персоналом і машинами. Підприємства виробляють продукцію відповідно до вимог індивідуального замовника, оптимізуючи собівартість виробництва.

Експерти виділяють чотири базових технології, в результаті впровадження яких очікуються революційні зміни:

- Інтернет речей.
- Цифрові екосистеми.
- Аналітика великих даних (Data Driven Decision) або просто Великі дані (Big data).
- Складні інформаційні системи.

Ключовою технологією програми Індустрія 4 вважається Інтернет Речей [1].

Інтернет речей (Internet of Things, IoT). У цій технології Інтернет використовується для обміну інформацією не тільки між людьми, але і між різними «речами», тобто машинами, пристроями, датчиками і т.д. З одного боку, речі, забезпечені датчиками, можуть, обмінюватися даними і обробляти їх без участі людини. З іншого боку, людина може активно брати участь в цьому процесі, наприклад, коли мова йде про «Розумний будинок».

Кіберфізичні системи повинні бути підключені до мережі, щоб забезпечити передбачуваний потік інформації. Ця мережа не обмежується фабрикою або заводом - вона також може бути підключена до Інтернету, який робить CPS частиною Інтернету речей (IoT). Це мережа фізичних об'єктів або «речей», вбудованих в електронну систему, програмне забезпечення, датчики з можливістю підключення, щоб було неможливо обмінюватися даними з людьми (виробником, оператором, фахівцем з обслуговування) і / або іншими підключеними пристроями, щоб досягти більшої цінності і миттєвої підтримки. Кожна «річ» ідентифікується в мережі через вбудовану обчислювальну систему і здатна взаємодіяти у всій інтернет-інфраструктурі. Завдяки можливості підключення до всіх речей в Інтернеті, IoT пропонує більше, ніж встановлений зв'язок між машинами (M2M). Очікується, що взаємозв'язок цих вбудованих пристроїв, включаючи інтелектуальні об'єкти, буде підтримувати автоматизацію в різних областях за допомогою універсальних програм [2].

Інтернет речей - це поточний термін, який фахівці з автоматизації використовували для назви комунікацій між машинами. SAP AG, провідний світовий виробник корпоративного програмного забезпечення, визначає Інтернет речей як «світ, в якому фізичні об'єкти легко інтегруються в інформаційну мережу, і де вони можуть стати активними учасниками бізнес-процесів. Для взаємодії з цими «розумними об'єктами» через Інтернет доступні сервіси, запити, а так само будь-яка пов'язана з ними інформація з урахуванням питань безпеки та конфіденційності».

Інтернет речей (IoT) ґрунтовно змінює технологічні і бізнес вимоги в бізнес-ландшафті. Інноваційні рішення, які контролюють і управляють віддаленими датчиками і пристроями, революціонізує корпоративні обчислення. Ці інтелектуальні системи, наступного покоління, збирають, аналізують і дозволяють організаціям впливати на величезні обсяги необроблених бізнес-даних, що створюються великою кількістю кінцевих точок, для поліпшення бізнес-аналітики і автоматичних бізнес-процесів.

Використовуючи IoT, фізичні виробничі пристрої стають активною частиною виробничого процесу і реальний світ виробництва, свого роду, зміниться на інформаційну систему. За допомогою датчиків і виконавчих механізмів, вбудованих в фізичні об'єкти і пов'язаних через дротові і бездротові мережі, заводи почнуть створювати фізичні об'єкти з команд і інформації. Ці нові кіберфізичні системи потребують програмного забезпечення і вдосконалених вбудованих процесорних технологіях, які можуть підтримувати нові вимоги до підключення в реальному часі і розподіленого управління [3].

Різновидом IoT є промисловий (індустріальний) інтернет речей (Industrial Internet of Things, IIoT). Саме він відкриває пряму дорогу до створення повністю автоматизованих виробництв. Починається все з того, що ключові компоненти обладнання забезпечуються різними датчиками, виконавчими механізмами і контролерами; зібрані дані обробляються і надсилаються до відповідних служб підприємства, що дозволяє персоналу оперативно приймати обґрунтовані і виважені рішення. Але завдання-максимум полягає в досягненні такого рівня автоматизації підприємства, при якому на всіх ділянках, де це можливо, машини працюють без участі людей. Роль персоналу при цьому зводиться до контролю роботи машин і реагування лише на екстрені ситуації.

На першому етапі впровадження IIoT на промислове обладнання встановлюють датчики, виконавчі механізми, контролери та людино-машинні інтерфейси. В результаті стає можливим збір інформації, яка дозволяє керівництву отримувати об'єктивні і точні дані про стан виробництва. Оброблені дані надаються всім підрозділам підприємства. Це допомагає налагодити взаємодію між співробітниками різних підрозділів і приймати обґрунтовані рішення.

Отримана інформація може бути використана для запобігання позапланових простоїв, поломок устаткування, скорочення позапланового техобслуговування і збоїв в управлінні ланцюгами поставок, тим самим дозволяючи підприємству функціонувати більш ефективно.

При обробці величезного масиву неструктурованих даних, що надходять з датчиків, їх фільтрація і адекватна інтерпретація стає пріоритетним завданням. Тому особливого значення

набуває уявлення інформації в зрозумілому користувачеві вигляді. Для цього використовуються передові аналітичні платформи, призначені для збору, зберігання і аналізу даних про технологічні процеси і події, що працюють в реальному масштабі часу [4].

Промисловий Інтернет Речей дозволяє створювати виробництва, які виявляються більш ощадливими, гнучкими і ефективними, ніж існуючі. Бездротові пристрої з підтримкою протоколу IP, включаючи смартфони, планшети і датчики, вже активно використовуються на виробництві. Наявні провідні мережі датчиків в найближчі роки будуть розширені і доповнені бездротовими мережами, завдяки чому на підприємствах суттєво розширяться зони застосування систем моніторингу та управління. Наступний етап оптимізації виробничих процесів буде характеризуватися все більш щільною конвергенцією кращих інформаційних і операційних технологій.

У міру становлення цифрових екосистем виробничі підприємства з ізольованих систем, самостійно виконують всі необхідні для виробництва продукції виробничі та бізнес-процеси, будуть перетворюватися у відкриті системи, що поєднують різних учасників ринку; управляти засобами виробництва в цих системах буде не персонал, а хмарні сервіси, кінцева мета всіх цих трансформацій - не випускаючи продукції, а надання послуг споживачу.

Вважається, що ІоТ-рішення дозволяють підвищити ефективність виробництва в кілька разів, а термін окупності таких проектів в більшості випадків не перевищує декількох місяців.

Наприклад, обладнання заводу Philips з виробництва бритв (Голландія) працює в неосвітленому приміщенні, де встановлені 128 роботів. Весь персонал заводу складається з дев'яти робітників [5].

Яскравим прикладом застосування Промислового Інтернету Речей є проект компанії Harley Davidson, яка виробляє знамениті мотоцикли. Основною проблемою, з якою зіткнулася компанія, була повільна реакція на запити споживачів в умовах зростаючої конкуренції і обмежена можливість кастомізації дилерами п'яти моделей, що випускаються. У період з 2009 по 2011 рік компанія провела масштабну реконструкцію своїх виробничих майданчиків. В результаті була створена єдина складальна майданчик, що випускає мотоцикли всіх п'яти моделей з можливістю їх кастомізації, при цьому замовнику пропонується вибір з понад 1300 варіантів.

В ході всього виробничого процесу використовуються датчики, керовані системою класу MES. Кожен верстат, кожна деталь має радіопозначку, яка однозначно ідентифікує виріб і його виробничий цикл. Дані від датчиків передаються в платформу обробки даних, що виконує роль інтеграційної шини для збору даних з датчиків і різних інформаційних систем, як внутрішніх виробничих і бізнес-систем компанії Harley Davidson, так і інформаційних систем контрагентів компанії.

В результаті компанія Harley Davidson досягла досить вражаючих результатів. Виробничий цикл вдалося скоротити з 21 дня до 6 годин (кожні 89 секунд з конвеєра сходять мотоцикл, повністю настроєний під свого майбутнього власника). Реалізовано наскрізне управління виробом (мотоцикл) на всьому його життєвому циклі. Вартість акцій компанії виросла більш ніж в 7 разів: з рівня 10 доларів в 2009 році до 70 доларів в 2015 року [6].

Крейг Резник (Craig Resnick), провідний аналітик відомої аналітичної компанії ARC Advisory Group, вважає, що в розвитку Промислового Інтернету Речей станом на початок 2017 року простежувалися п'ять основних тенденцій: 1) головними складовими ІоТ стають передові аналітичні інструменти, штучний інтелект і машинне навчання; 2) все більше інтелектуальних пристроїв з'являється «на кордоні»; 3) підвищення ефективності їх використання; 4) скорочення часу простою, попередження відмов; 5) забезпечення безперервних поліпшень продукції в процесі проектування і виробництва (рис. 1).



Рисунок 1 – Головні складові Інтернету Речей

Завдяки впровадженню технологій ІоТ стає можливим створення цифрової копії фізичного об'єкта, яку іноді називають «цифровий двійник». Цю копію використовують для моделювання, тестування і оптимізації даного фізичного об'єкта у віртуальному середовищі перед тим, як застосовувати його в середовищі реальної. Аналогічно, дані, що надходять в реальному масштабі часу від інтегрованих в фізичні об'єкти датчиків або від інших джерел, можуть використовуватися для вирішення аналітичних задач, таких як моніторинг стану, діагностика відмови, відповідно до якої і прогнозує аналітика. Отримане в результаті знання може підвищити цінність виробничих активів [7].

ІоТ допомагає розвивати технології доповненої і віртуальної реальності (AR / VR)

Підготовка нового персоналу за допомогою симуляторів може стати ефективним способом навчання. Застосовувані в ІоТ технології, такі як ігри, доповнена / віртуальна реальність і 3D-занурення з використанням переносних пристроїв, можуть з високим ступенем достовірності імітувати реальну обстановку на підприємстві, функції працівників, елементи управління і фізичні об'єкти [8].

**ВИСНОВКИ:** В статті було досліджено, що одна з найсерйозніших проблем, що стоїть перед розробниками розумних речей, будинків і міст - забезпечення безпеки. Для розвитку ІоТ проблема забезпечення належного рівня кібербезпеки залишається, мабуть, єдиним значною перешкодою. Допомогти подолати його покликані вдосконалені технології і підходи до кібербезпеки, такі як сертифікація кінцевих пристроїв за стандартами ISA SecureDevice і Wurldtech's Achilles Communication Certification Achilles.

Але головні надії покладаються на розроблювальний у даний час стандарт ІЕС 62433. Він забезпечить досить великий набір вимог в галузі промислової ІТ-безпеки, включаючи стандарти для організацій, систем управління, компонентів, процесів впровадження та підтримки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Трачук А.В., Линдер Н.В. (2015) Трансформационное моделирование бизнеса электронного бизнеса в условиях нестабильной среды // Эффективное антикризисное управление. № 2. С. 58-71.
2. Невлюдов І. Ш. Технологія програмування промислових контролерів в інтегрованому середовищі CODESYS : навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов, С. П. Новоселов, О. В. Сичова ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2019. – 264 с. : іл. – ISBN 978-966-659-265-4. – 15.20
3. Лавров К.И. (2017) Моделирование трансформации бизнеса. Телекоммуникационный сектор в устойчивом развитии // Стратегические решения и управление рисками. 2017. № 4 (103). С. 30-41..
4. Hahanov V. Cyber physical computing for IoT- driven services / V. Hahanov. – Cham : Springer, 2018. – 279 p. – ISBN 978-3-319-54824-1. – 500.00

5. Лавров К.И. (2017) Моделирование трансформации бизнеса. Телекоммуникационный сектор в устойчивом развитии // Стратегические решения и управление рисками. 2017. № 4 (103). С. 30-41.

6. Бурдо О.Г., Калинин Л.Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах: Учебник. - Одесса: Друк, 2008. - 348с.

7. Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / Невлюдов І. Ш., Чала О. О., Олександров Ю. М. // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.2 С.: 604-608

8. Основи наукових досліджень: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 396 с.

***Науковий керівник:** Чала Олена Олександрівна, старший викладач кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки*

УДК: 681.3

## КІБЕРФІЗИЧНІ СИСТЕМИ

**Павленко В. І., Сітало І. А., Валківська Є. Ю.**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: ivan.sitalo@nure.ua, vitalii.pavlenko@nure.ua, yelyzaveta.valkivska@nure.ua

**Анотація:** в статті наведено дані про кіберфізичні системи, описано основний принцип їх роботи та переваги використання у реальному світі. Наведено приклади втілення кіберфізичних систем у містах.

**Ключові слова:** Кіберфізичні системи, Індустрія 4.0, штучний інтелект, інтернет речей

## CYBER-PHYSICAL SYSTEM

**V. Pavlenko, I. Sitalo, Y. Valkivska**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: ivan.sitalo@nure.ua, vitalii.pavlenko@nure.ua, yelyzaveta.valkivska@nure.ua

**Annotations:** The article presents data on cyberphysical systems, describes the basic principle of their operation and the benefits of use in the real world. Examples of implementation of cyberphysical systems in cities are given.

**Keywords:** Cyber-Physical Systems, Industry 4.0, artificial intelligence, IoT

Кіберфізичні системи (Cyber-Physical System, CPS) – це системи, що складаються з різних природних об'єктів, штучних підсистем і керуючих контролерів, що дозволяють уявити таку сукупність об'єктів як єдине ціле.

Інтернет, соціальні мережі, хмарні служби та електронна комерція стали важливими складовими життя сучасної людини. Але живемо ми все ж в реальному «аналоговому» світі, а не в кіберпросторі. Тим цікавіше, що кібер-фізичні системи, які здатні об'єднати ці два аспекти нашого життя, зараз розвиваються дуже швидкими темпами.

Комп'ютери здійснюють моніторинг і управління фізичними процесами. Кіберфізичні системи є інтеграцією обчислень в фізичні процеси. Вбудовані комп'ютери і мережі перевіряють і контролюють фізичні процеси, як правило, з циклами зворотного зв'язку, де фізичні процеси впливають на обчислення і навпаки. Кіберфізичні системи забезпечують технології, які