

ISSN 2307-5732

DOI 10.31891/2307-5732

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

**2.2020**

---

# ВІСНИК

**Хмельницького**

**національного**

**університету**

**Технічні науки**

---

**Technical sciences**

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2020, Issue 2, Volume 283

Хмельницький

**ВІСНИК**  
**ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
**серія: Технічні науки**

Затверджений як фахове видання (перереєстрація)  
Категорія «Б», Рішення атестаційної колегії № 1643 від 28.12.2019 р.

*Засновано в липні 1997 р.*

*Виходить 6 разів на рік*

---

**Хмельницький, 2020, № 2 (283)**

---

**Засновник і видавець: Хмельницький національний університет**  
(до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)

Включено до науково-метричних баз:

<b>Google Scholar</b>	<a href="http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&amp;user=aIUP9OYAAAAJ">http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&amp;user=aIUP9OYAAAAJ</a>
<b>Index Copernicus</b>	<a href="http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&amp;id_lang=3">http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&amp;id_lang=3</a>
<b>РИНЦ</b>	<a href="http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37650">http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37650</a>
<b>Polish Scholarly Bibliography</b>	<a href="https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221">https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221</a>

<b>Головний редактор</b>	<b>Скиба М. Є.</b> , д.т.н., професор, заслужений працівник народної освіти України, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, ректор Хмельницького національного університету
<b>Заступник головного редактора</b>	<b>Синюк О. М.</b> , д.т.н., професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету
<b>Відповідальний секретар</b>	<b>Горященко С. Л.</b> к.т.н., доцент кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету

**Ч л е н и р е д к о л е г і ї**

*Технічні науки*

**Березненко С.М.**, д.т.н., **Бойко Ю.М.**, д.т.н., **Говорущенко Т.О.**, д.т.н., **Гордєєв А.І.**, д.т.н., **Грабко В.В.**, д.т.н., **Диха О.В.**, д.т.н., **Захаркевич О.В.**, д.т.н., **Злотенко Б.М.**, д.т.н., **Зубков А.М.**, д.т.н., **Каплун П.В.**, д.т.н., **Карташов В.М.**, д.т.н., **Кичак В.М.**, д.т.н., **Мазур М.П.**, д.т.н., **Мандзюк І.А.**, д.т.н., **Мартинюк В.В.**, д.т.н., **Мельничук П.П.**, д.т.н., **Місяць В.П.**, д.т.н., **Мясіщев О.А.**, д.т.н., **Нелін Є.А.**, д.т.н., **Павлов С.В.**, д.т.н., **Параска О.А.**, к. т. н., **Прохорова І.А.**, д.т.н., **Рогатинський Р.М.**, д.т.н., **Горошко А.В.**, д.т.н., **Сарібекова Д.Г.**, д.т.н., **Семенко А.І.**, д.т.н., **Славінська А.Л.**, д.т.н., **Сорокати Р.В.**, д.т.н., **Харжевський В.О.**, д.т.н., **Шинкарук О.М.**, д.т.н., **Шклярський В.І.**, д.т.н., **Щербань Ю.Ю.**, д.т.н., **Ясній П.В.**, д.т.н., професор, **Бубулїс Альгімантас**, доктор наук (Литва), **Елсаєд Ахмед Ельнашар**, доктор наук (Єгипет), **Кальчинські Томаш**, доктор наук (Польща), **Коробко Євгенія Вікторівна**, д.т.н. (Білорусія), **Лунтовський Андрій Олегович**, д.т.н. (Німеччина), **Матушевський Мацей**, доктор наук (Польща), **Мушлевський Лукаш**, доктор наук (Польща), **Мушял Януш**, доктор наук (Польща), **Натріашвілі Тамаз Мамієвич**, д.т.н., (Грузія), **Попов Валентин**, доктор природничих наук (Німеччина)

<i>Технічний редактор</i>	Горященко К. Л., к.т.н.
<i>Редактор-коректор</i>	Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,  
протокол № 10 від 28.05.2020 р.**

**Адреса редакції:** редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"  
Хмельницький національний університет  
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, Україна, 29016

<b>☎</b>	(038-2) 67-51-08	<b>web:</b>	<a href="http://journals.khnu.km.ua/vestnik">http://journals.khnu.km.ua/vestnik</a>
<b>e-mail:</b>	<a href="mailto:visnyk.khnu@gmail.com">visnyk.khnu@gmail.com</a>		<a href="http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm">http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm</a>

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.  
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
**Серія КВ № 9722 від 29 березня 2005 року**

© Хмельницький національний університет, 2020  
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2020

## ЗМІСТ

<b>Р.В. АМБАРЦУМЯНЦ, М.І. СУББОТІНА, С.В. ТУТАЄВ</b> ОСОБЛИВОСТІ КУЛІСНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА РУХУ ІМПУЛЬСНОГО РЕДУКТОРА .....	7
<b>В.А. ДРУЖИНІН, Ю.М. БОЙКО, О.І. ЄРЬОМЕНКО, В.І. КОРСУН</b> ДИНАМІЧНІ МОДЕЛІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ВІД ДЖЕРЕЛ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ В УМОВАХ РОЗНЕСЕНОГО ПРИЙОМУ ЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ .....	12
<b>А.О. БОНДАРЄВА, О.Р. МОКРОУСОВА, О.А. ОХМАТ</b> РОЗРОБКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ ПІГМЕНТІВ У ПОКРИВНОМУ ОЗДОБЛЕННІ ШКІР .....	26
<b>І.М. КУПЧУК, В.Ю. ВОВК, Д.А. ДАЦЮК</b> ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПІДГОТОВЧОГО ЕТАПУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ .....	36
<b>Т.О. ГОВОРУЩЕНКО, М.В. КРАСОВСЬКИЙ, А.А. ЯВНЮК</b> МОДЕЛЬ ТА МЕТОД СТАБІЛІЗАЦІЇ ОДНОВІСНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ КООПЕРАТИВНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ .....	47
<b>О.О. ГОРДСЄВ, А.Л. ЛАПШИН</b> ФОРМАЛІЗОВАНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПРОФІЛІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ: СЕМАНТИЧНІ ТАКСОНОМІЧНІ СТРУКТУРИ .....	51
<b>Р.І. ГРИБИК</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИКОЧУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ КОМБІНОВАНОГО ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ .....	58
<b>В.О. ДЗЮРА</b> ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ КАНАВОК ТРИКУТНОЇ ФОРМИ ЧАСТКОВО РЕГУЛЯРНОГО МІКРОРЕЛЬЄФУ, СФОРМОВАНОГО НА ТОРЦЕВИХ ПОВЕРХНЯХ ТІЛ ОБЕРТАННЯ .....	62
<b>І.Ю. КИРИЦЯ</b> ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПАСПОРТУ МАТЕРІАЛУ ДЛЯ БРОНЬОВАНОЇ СТАЛІ .....	68
<b>В.М. КИЧАК, В.І. МАКОГОН, М.В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ.</b> ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ДРІБНОЇ МОТОРИКИ ТА СТРЕСОСТІЙКОСТІ ОПЕРАТОРІВ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИХ ПРИСТРОЇВ .....	72
<b>Н.О. КНЯЗЄВА, Л.М. ЗІМЕНКО, Б.Л. ПУСТОВИЙ</b> АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ЖИВУЧОСТІ РІВНЯ НАДАННЯ СЕРВІСІВ ТА ДОДАТКІВ .....	77
<b>М.М. КОСПОК, А.М. КОСПОК</b> АВТОНОМНА ВИСОКОЕФЕКТИВНА КОГЕНЕРАЦІЙНА УСТАНОВКА .....	84
<b>І.Л. ЛЕВЧУК, О.П. МИСОВ, К.О. ФЕСЕНКО, А.Р. ШЕЙКУС</b> МОДЕЛЮВАННЯ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У SCADA ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ OPEN PLATFORM COMMUNICATIONS .....	88
<b>С.М. ЛИСЕНКО, Є.С. БУРДАШ</b> МЕТОД ТА ЗАСОБИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ БОТ-МЕРЕЖ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ТЕХНОЛОГІЮ «ДИНАМІЧНА ПЕРЕАДРЕСАЦІЯ ІР-АДРЕС» .....	94
<b>С.М. ЛИСЕНКО, Р.В. ЩУКА</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ШКІДЛИВОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ .....	101

<b>Л.Б. ЛІЩИНСЬКА</b> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ В ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ .....	108
<b>О.В. МАЗУРЕЦЬ, Т.К. СКРИПНИК, В.А. ЖИТНЯКІВСЬКИЙ</b> ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КЛЮЧОВИХ СЛІВ У ПОВІДОМЛЕННЯХ ДЛЯ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ .....	112
<b>Н.К. МЕДВЕДЧУК, В.Ю. МЕДВЕДЧУК, І.Ю. САДОВИЙ</b> ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ АГРОІНЖЕНЕРІВ .....	117
<b>А.І. МИЗЮК</b> МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ МАЛОГАБАРИТНОЇ КАРТОПЛЕСАДЖАЛКИ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ .....	121
<b>О.А. МЯСЦЕВ</b> ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОШИВКИ INAV НА ПОЛЬОТНОМУ КОНТРОЛЕРІ OMNIBUS F4V3 ДЛЯ БПЛА РОТОРНОГО ТИПУ .....	126
<b>О.В. НАХАЙЧУК, Е.А. ЗАХАРОВА, А.А. МІЗРАХ, В.С. ГОРОБЧИШИНА</b> ПРОГНОЗУВАННЯ ТИСКУ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В СИСТЕМІ «ФІГУРА – СУКНЯ» .....	135
<b>А.О. НІЧЕПОРУК, А.А. НІЧЕПОРУК, Ю.О. НІЧЕПОРУК, А.Д. КАЗАНЦЕВ</b> МЕТОД ВИОКРЕМЛЕННЯ ФРАГМЕНТІВ БОТ-МЕРЕЖ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ .....	141
<b>Н.А. ОДЕГОВ</b> ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ ЭФФЕКТОВ В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ DWDM .....	150
<b>А.П. ОЛІЙНИК, Г.В. ГРИГОРЧУК, О.І. КЛАПОУЩАК, Л.І. ФЕШАНИЧ</b> ОЦІНКА ДОВГОВІЧНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДАНИМИ ПРО ПЕРЕМІЩЕННЯ ТОЧОК ЇХ ПОВЕРХНІ ...	158
<b>О.В. ОСАДЧУК, В.С. ОСАДЧУК, Я.О. ОСАДЧУК</b> ТЕНЗОРЕАКТИВНИЙ ЕФЕКТ У ПОЛЬОВИХ ТРАНЗИСТОРАХ .....	163
<b>О.О. ПАВЛОВА, М.А. БОДНАР, Є.Г. ГНАТЧУК</b> МЕТОД ДІЯЛЬНОСТІ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА НА ОСНОВІ ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ПАРСИНГУ ПРИРОДОМОВНИХ СПЕЦИФІКАЦІЙ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	171
<b>А.М. ПЕЛЕЩИШИН, Г.О. БАНДРОВСЬКИЙ</b> ІНФОРМАЦІЙНИЙ ВПЛИВ У СОЦІАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ІНТЕРНЕТУ: АНАЛІЗ АКТИВНОСТІ КОРИСТУВАЧІВ ТА ЇХ РЕАКЦІЙ НА ПУБЛІКАЦІЇ .....	176
<b>Л.В. ПЕЛИК, О.В. ОСТАПЧУК</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЛУБ'ЯНИХ ВОЛОКОН .....	181
<b>Н.В. ПЕРВАЯ, О.А. АНДРЕСВА, П.М. ГОНДАРЧУК</b> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИМОГ ДО ВЗУТТЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ .....	185
<b>А.І. ПЕРЕДЕРКО</b> АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ЙМОВІРНОСТЕЙ ПІКІВ У ВИПАДКОВОМУ ВІБРАЦІЙНОМУ СИГНАЛІ .....	190
<b>О.М. СИНЮК, О.А. КРАВЧУК, О.М. ЯШИНА, А.Ю. КРАВЧУК</b> РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗАПОВНЕННЯ ПОРОЖНИНИ ПРЕС-ФОРМИ РОЗПЛАВОМ ПОЛІМЕРНОГО МАТЕРІАЛУ З НАПОВНЮВАЧЕМ .....	195
<b>В.Ю. ТІТОВА, Ю.П. КЛЬОЦ, С.О. САВЧУК</b> КЛАСИФІКАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ЗАГРОЗ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ .....	201

<b>О.Р. ТРАЧ</b> ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВІРТУАЛЬНОЇ СПІЛЬНОТИ НА ОСНОВІ МЕРЕЖІ ПЕТРІ .....	204
<b>В.С. ТРУШ</b> ОПІРНІСТЬ ВТОМНОМУ РУЙНУВАННЮ ЗА ЧИСТОГО ЗГИНУ ТА ТВЕРДІСТЬ ТОНКОЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ ЗІ СПЛАВУ ZR-1%NB ПІСЛЯ МОДИФІКУВАННЯ ПРИПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДОМІШКАМИ ПРОНИКНЕННЯ .....	209
<b>В.Ю. ЩЕРБАНЬ, А.К. ПЕТКО, О.З. КОЛИСКО, Ю.Ю. ЩЕРБАНЬ, М.І. ШОЛУДЬКО</b> ПРОГРАМНІ МОДУЛІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМУ РЕКУРСІЇ ДЛЯ ВИПАДКУ ЗМІННОГО ВХІДНОГО НАТЯГУ .....	213
<b>П.Д. ЛЕЖНЮК, О.Є. РУБАНЕНКО, В.О. ЛЕСЬКО, О.О. РУБАНЕНКО</b> ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ-ЕЛЕКТРИКІВ ДЛЯ АЕС У ВНТУ .....	219
<b>Д.А. МАКАТЬОРА</b> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУСИЛЛЯ РІЗАННЯ НОЖЕМ З ДУГОПОДІБНОЮ ФОРМОЮ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ .....	229
<b>О.П. МАТЕЮК, Г.А. БІЛЕЦЬКА, А.О. ДЯЧУК, О.О. ЄФРЕМОВА</b> ОЦІНКА ЕКОТУРИСТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЯК СКЛАДОВОЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ .....	235
<b>A. FARISIEIEV, A. NOVIK, O. VIENKO</b> MODERN APPROACHES TO IMPROVING THE TECHNOLOGY OF EMULSION-TYPE SAUCES.....	241
<b>A. SUKHOVII, L. CHURSINA, H. TIKHOSOVA, N. NEZHLUKCHENKO</b> FORMATION OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS REINFORCED BY OIL FLAX FIBER.....	245
<b>Т. О. КОЛЕСНИК, О. А. АНДРЕЄВА</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДМОЧУВАННЯ ШКІРЯНОЇ СИРОВИНИ В ПРИСУТНОСТІ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ .....	251
<b>В. І. БЕЗСМЕРТНА, С. Ю. БОБРОВА, Л. Є. ГАЛАВСЬКА, А. В. КРАВЧЕНКО</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО ПОРІЗУ ТРИКОТАЖУ ДЛЯ ЗАХИСТУ РУК ВІД МЕХАНІЧНИХ УШКОДЖЕНЬ.....	255
<b>М. П. МАЗУР, К. С. СОКОЛАН</b> ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ГРЕБІНЧАСТИХ ФРЕЗ ІЗ МЕХАНІЧНИМ КРІПЛЕННЯМ ТВЕРДОСПЛАВНИХ НЕПЕРЕТОЧУВАНИХ ПЛАСТИНОК.....	261

Л.Б. ЛІЩИНСЬКА

Вінницький торговельно-економічний інститут  
Київського національного торговельно-економічного університету

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ В ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ

У роботі показано, що технологія RFID є найбільш придатною технологією для взаємодії з фізичними речами або їх відстеження під час реалізації Інтернету речей. Використання RFID-міток позитивно позначається на економії енергії: пристрою не потрібно відправляти дані про себе, зчитувач отримує всю необхідну інформацію з RFID-мітки, розташованої на корпусі. До мітки можна записати службову інформацію про функціонування пристрою або мережеву адресу. У сучасних радіочастотних мітках достатньо місця для зберігання інформації про мережеву адресу. Це особливо актуально з поступовим переходом від протоколу IPv4 на IPv6. Використання RFID-ідентифікації позитивно позначається на зручності зчитування. На відміну від QR-коду і штрих-коду, при роботі з RFID-мітками немає необхідності у точному позиціонуванні мітки: достатньо знаходитись у межах роботи пристрою запису і зчитування на відстані. Наведена загальна характеристика RFID-пристроїв, формулювання вимог до них, обґрунтування узагальненої структури RFID-пристрою, визначення робочих діапазонів частот.

**Ключові слова:** Інтернет речей, RFID-мітки, радіочастотні датчики

L.B. LISHCHYNSKA

Vinnytsia Trade and Economics Institute of Kyiv National Trade and Economics University

## FEATURES OF THE USE OF RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION ON THE INTERNET OF THINGS

The paper shows that RFID technology is the most suitable technology for interacting with or tracking physical objects on the Internet of Things. The use of RFID tags has a positive effect on energy savings: the device does not need to send data about itself, the reader will receive all the necessary information from the RFID tag located on the body. You can record service information about the device's operation or network address. Modern RF tags have enough space to store network address information. This is especially true with the gradual transition from IPv4 to IPv6. The use of RFID identification has a positive effect on readability. Unlike QR code and bar code, when working with RFID tags there is no need for precise positioning of the tag: it is enough to be within the range of the recording and reading device at a distance. The general characteristics of RFID-devices, the formulation of requirements for them, the justification of the generalized structure of the RFID-device, the definition of operating frequency ranges are given. The conducted analysis shows that passive and semi-active microwave sensors with practically unlimited lifetime have significant advantages in the implementation of RFID device. The main advantages of such RFID devices are: the readability of the information does not require direct visibility of the RFID device, so they can be located inside an unshielded object (ensuring its secrecy and preservation); high speed of information removal, which allows to poll up to 1000 sensors per second or to conduct a parallel poll of sensors; the ability to obtain information and make the necessary correction to the operation of the sensor at a considerable distance; durability (especially for passive and semi-active sensors); high degree of security, which is achieved by the ability to encrypt data in sensors with memory elements; resistance to the environment, since the sensor can always be placed in a protective polymer shell.

**Key words:** Internet of Things, RFID tags, radio frequency sensors

### Постановка проблеми

В останні роки у галузі цифрових технологій отримав швидкий розвиток Інтернет речей (Internet of Things, IoT). IoT є сукупністю мереж міжмашинної комунікацій і систем зберігання/обробки великих даних, коли за рахунок підключення датчиків і актуаторів (виконавчих механізмів) до мережі відбувається цифровізація різноманітних процесів та об'єктів. Використання отриманих даних дозволяє здійснювати оптимізацію процесів та об'єктів на підставі нових алгоритмів, а зворотний зв'язок з актуатором дозволяє реалізовувати цю оптимізацію на практиці без суттєвих витрат. Фактично Інтернет речей через цифровізацію процесів та об'єктів дозволяє зменшити витрати і підвищити продуктивність праці практично у будь-якій галузі. В основі складних процесів трансформації економіки і звичайному житті людей лежить підключення пристроїв до будь-якої мережі, локальної чи Інтернет. При цьому, підключення більшості пристроїв реалізується за рахунок використання радіозв'язку.

Технологія радіочастотної ідентифікації (RFID) широко використовується у таких галузях, як транспорт і промисловість. Наприклад, технологія RFID може бути використана для відстеження і визначення місця розташування морських контейнерів, авіаційних вантажів, транспортних засобів, для відстеження різних товарів у межах підприємств або для інвентаризації складів. Також вона може бути використана в автомобільній промисловості для відстеження готових позицій у ланцюжку поставок запчастин і для відстеження конкретних деталей окремо в процесі виробництва. У зв'язку з перспективністю подальшого розвитку Інтернету речей, використання радіочастотної ідентифікації у його складі, різноманітним її реалізації, актуальною є проблема узагальнення основних понять і формування вимог до радіочастотних датчиків.

### Мета дослідження

Метою роботи є загальна характеристика RFID-пристроїв, формулювання вимог до них, обґрунтування узагальненої структури RFID-пристрою, визначення робочих діапазонів частот.

### Викладення основного матеріалу

Завдання, які вирішуються RFID-системами, можуть істотно відрізнятись. Відповідно модулі RFID залежать від потужності передавача і, відповідно, використовуюваного частотного діапазону.

RFID-пристрої працюють більш ніж у чотирьох основних частотних діапазонах, а саме:

- діапазон НЧ: зазвичай це смуга частот 125–134 кГц, цей тип RFID-пристроїв функціонує на дуже малій відстані (кілька см) і з низькою швидкістю передачі даних, що в основному зручно для автомобільних ідентифікаторів та ідентифікації тварин, і рідше для контактних карт контролю проходу на контрольно-пропускних пунктах (пропуску для персоналу);

- діапазон ВЧ: RFID-пристрої, що працюють з частотою 13,56 МГц, з дальністю дії до 1,5 м, що мають середню і високу швидкість передачі даних; цей тип RFID широко використовується для смарт-міток і смарт-карт для радіозв'язку ближнього поля (технологія NFC);

- діапазон УВЧ: зазвичай це смуга частот 865–868 МГц, яка забезпечує обладнання RFID цієї категорії дальність зв'язку до декількох метрів і більше, а також високу швидкість передачі даних; на побутовому рівні це дозволяє зчитувати сотні радіочастотних RFID міток одночасно, на сьогодні це тип RFID, який найбільш динамічно розвивається;

- діапазон НВЧ: діапазони частот 2,4 ГГц і 5 ГГц, які на міжнародному рівні визначені для безліцензійного використання промисловими, медичними і науковими високочастотними пристроями; цей вид RFID в основному призначений для обміну інформацією між активними радіочастотними мітками у реальному часі (наприклад, визначення місця розташування або збір оплати проїзду по платній автомагістралі).

Слід відзначити, що в діапазонах НЧ і ВЧ використовуються тільки пасивні радіочастотні мітки, у той час як у діапазонах УВЧ і НВЧ можливе використання як активних, так і пасивних міток. Найширше використання отримали RFID-пристрої, що являють собою різні комбінації первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) і схем генерації електромагнітних хвиль, які використовують різні види модуляції і діапазони частот [1–3]. Найбільш суттєвим питанням, яке у подальшому багато в чому визначає технічні параметри RFID-пристрою, є вибір технічних рішень для генератора: використання традиційних RC- і LC-генераторів на транзисторах або використання генераторів на базі негатронів [4].

Враховуючи, що зі зростанням частоти, ефективність більшості RFID-пристроїв зростає, перевагу доцільно віддавати схемам побудови генераторів на базі напівпровідникових негатронів [5], які мають можливість працювати на частотах у декілька десятків ГГц.

До них висуваються наступні вимоги: температурна стабільність; режимна стабільність; можливість режимної і температурної стабілізації; технологічність; висока гранична частота генерації; можливість електричного і механічного регулювання та підстроювання; незначна споживана потужність; низька напруга живлення; великий динамічний діапазон; незначні шуми. Залежно від специфіки вирішуваних завдань перелік цих вимог може бути розширений, але він є базовим для вибору найефективніших технічних рішень для більшості застосувань.

В основі роботи RFID-пристроїв [6] лежить принцип передачі даних, які записані на радіочастотну мітку (transponder – транспондер), розміщену на деякому віддаленні від зчитувального пристрою (reader – рідер). Відмінність полягає лише у тому, що у цьому використанні повинна передаватися не фіксована, раніше записана інформація, а динамічна інформація про стан об'єкту. Проте, як і транспондери, RFID-пристрої можна поділити на: активні (із вбудованим джерелом живлення); напівактивні (отримують живлення від енергії, яка наведена на RFID-пристрій зчитувачем); пасивні (не вимагають для роботи енергії джерела живлення і використовують модуляцію віддзеркаленого сигналу).

Дальність зчитування інформації залежить від багатьох чинників: активний або пасивний RFID-пристрій; потужність опромінення RFID-пристрою; частотний діапазон, у якому працює система. Зазвичай, чим вище частота, тим більше дальність і роздільна здатність РЧД.

Від початку масового впровадження RFID-технології, ціна виробництва міток значно знизилася і продовжує далі зменшуватись. Різниця у вартості придбання радіочастотних міток і друку штрих-кодів вже практично немає, але економічна перевага RFID-міток буде очевидною у тих галузях, де важлива швидкість роботи зі зчитуваними даними.

Тому серед перспективних рішень точної ідентифікації пристроїв і захистом від копіювання можна виділити: постійний перезапис службового поля даних при кожному зверненні до пристрою, результат запису формується за закритим ключем, який відомий буде тільки тій групі пристроїв запису і зчитування, яка буде займатися зчитування міток; такий спосіб не вирішує проблему копіювання RFID-мітки, але дозволяє виявити пристрій, яке було скопійовано або змінено; використання RFID-міток з унікальним ID, що є апаратним рішенням від копіювання. Найбільш ефективним рішенням забезпечення унікальної ідентифікації за допомогою RFID-міток є комбінація різних способів захисту даних від копіювання. Комбінація різноманітних рішень дозволяє значно збільшити унікальність ідентифікації і забезпечує базовий контроль доступу до даних.

Пристрої NFC здатні приймати і передавати дані одночасно, що дозволяє контролювати радіочастотне поле і виявляти невідповідності при обміні даними. У таблиці 1 наводиться порівняння двох технологій радіочастотної ідентифікації: RFID і NFC.

## Порівняння технологій радіочастотної ідентифікації: RFID і NFC [7]

Характеристики технології	RFID	NFC
Діяльність сигналу	До 20 м	До 20 см
Двостороння зв'язок	Вкрай обмежений, залежить від моделі мітки	Можливий
Взаємодія з пристроями	Обмежено пасивною поведінкою RFID-мітки	Використовується NFC-сумісними пристроями (мобільні телефони, планшети) для передачі даних/емуляції RFID
Обсяг передачі даних	Обмежено пам'яттю	Залежить від використовуваного пристрою
Шифрування	Відсутнє	Рівень шифрування залежить від обчислювальної потужності IoT-пристрою

З огляду на обмежену обчислювальну потужність пристроїв Інтернету речей, необхідність збільшення тривалості роботи за рахунок економії споживання енергії, бажано використовувати прості і компактні методи ідентифікації.

Серед апаратних рішень основне положення займає саме технології радіочастотної ідентифікації.

NFC в зв'язці з сумісним пристроєм є більш гнучким інструментом для реалізації унікальної ідентифікації IoT-пристроїв у порівнянні з технологією RFID. RFID дешевше, ніж NFC і рекомендується до використання у тих системах, де охорона безпеки даних не є критично важливою.

### Висновки

Різноманітні визначення Інтернету речей у кінцевому підсумку зводяться до інтеграції фізичних речей з цифровим світом Інтернету. Технологія RFID є найбільш придатною технологією для взаємодії з фізичними речами або їх відстеження. Використання RFID-міток позитивно позначається на економії енергії: пристрою не потрібно відправляти дані про себе, зчитувач отримує всю необхідну інформацію з RFID-мітки, розташованої на корпусі. До мітки можна записати службову інформацію про функціонування пристрою або мережеву адресу. В сучасних радіочастотних мітках достатньо місця для зберігання інформації про мережеву адресу. Це особливо актуально з поступовим переходом від протоколу IPv4 на IPv6. Використання RFID-ідентифікації позитивно позначається на зручності зчитування. На відміну від QR-коду і штрих-коду, в ході роботи з RFID-мітками немає необхідності у точному позиціонуванні мітки: достатньо знаходитись у межах роботи пристрою запису і зчитування на відстані.

Проведений аналіз показує, що при реалізації RFID-пристрою суттєві переваги мають пасивні і напівактивні датчики НВЧ діапазону, які мають практично необмежений час експлуатації. Основними перевагами таких RFID-пристроїв є: для зчитування інформації не потрібна пряма видимість RFID-пристрою, тому вони можуть розташовуватися усередині не екранованого об'єкту (забезпечуючи його потаємність і збереження); висока швидкість зняття інформації, що дозволяє опитувати до 1000 датчиків у секунду або здійснювати паралельне опитування датчиків; можливість отримання інформації і внесення необхідної корекції у роботу датчика на значному віддаленні; довговічність (особливо для пасивних і напівактивних датчиків); високий ступінь безпеки, що досягається можливістю шифрування даних у датчиках з елементами пам'яті; стійкість до дії докільця, оскільки датчик завжди можна помістити у захисну полімерну оболонку.

### Література

1. Lishchinska L.B. Negatron-based inductive sensors / L.B. Lishchinska, S.V. Miroshnikova, M.V. Varaban, N.A. Filinyuk // Вісник Черкаського державного технічного університету. – 2009. – Спецвип. С. 60–62.
2. Ліщинська Л.Б. Інформаційні пристрої і системи на узагальнених перетворювачах імітансу / Л.Б. Ліщинська // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – 2015. – № 4 (226). – С. 132–134.
3. Ліщинська Л.Б. Генераторні сенсори на базі негатронів / Л.Б. Ліщинська, С.В. Мірошникова, М.А. Філінюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2009. – № 2(18). – С. 186–194.
4. Ліщинська Л.Б. Радіочастотні датчики дистанційного контролю стану об'єкту / Л.Б. Ліщинська // Sensor Electronics and Microsystem Technologies. – 2010. – Vol.1(7). № 4. – С. 27–36.
5. Філінюк М.А. Основи негатроніки. Том 1. Теоретичні і фізичні основи негатроніки : монографія. / Філінюк М.А. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – 456 с.
6. RFID-технологія радіочастотної ідентифікації. URL: [http:// www.datakrat.ru/tehnologii\\_3.html](http://www.datakrat.ru/tehnologii_3.html)
7. Воеводин Ю.В. Обзор уникальных аппаратно-программных параметров различных технологий Интернета вещей / Ю.В. Воеводин, Р.В. Киричек // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2015. – Вып. 4(12). – С. 40-47.



**References**

1. Lishchinska L.B., Mirosnikova S.V., Baraban M.V., Filinyuk N.A. Negatron-based inductive sensors. *Visnik Cherkaskogo derzhavnogo tehnicnogo universitetu*. 2009. Spetsvip. pp. 60–62.
2. Lishchynskaya L.B. Information systems and devices based on generalized converter immitance. *Herald of Khelnytskyi National University*. 2015. Volume 226. Issue 4. Part 1. pp. 132–134.
3. Lishchynska L.B., Mirosnikova S.V., Filinyuk M.A. Generatorni sensori na bazi negatroniv. *Optiko–elektronni informatsiyno–energetichni tehnologiyi*. 2009. Issue 2(18). pp. 186–194.
4. Lishchynskaya L.B. Radio frequency sensors of the controlled from distance control of the state of object. *Sensor Electronics and Microsystem Technologies*. 2010. Vol.1(7). №4. C. 27–36.
5. Filinyuk M.A. *Osnovi negatroniki. Tom 1. Teoretichni practuchni osnovu negatroniki: MonografIya*. Vinnitsya: UNIVERSUM–Vinnitsya, 2006. 456 p.
6. RFID-tehnologiya radiochastotnoy identifikatsii. URL: [http:// www.datakrat.ru/tehnologii\\_3.html](http://www.datakrat.ru/tehnologii_3.html)
7. Voevodin Yu.V., Kirichek R.V. *Obzor unikalnyih apparatno-programmnyih parametrov razlichnyih tehnologiy Interneta veschey. Informatsionnyie tehnologii i telekommunikatsii*. 2015. Vol. 4(12). pp. 40-47.

Рецензія/Peer review : 17.4.2020 р.

Надрукована/Printed : 16.6.2020 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

**Література**

1. Каталог металлорежущих инструментов фирмы TaeguTec.
2. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н.А. Нефедов, К.А. Осипов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1984. - 400 с.
3. Справочник инструментальщика-конструктора / В.И. Климов, А.С. Лернер, М.Д. Пекарский. - М. : Mashgiz, 1958. – 608 с.

**References**

1. Metal-cutting tools catalogue of TaeguTec Company.
2. Nefedov N.A. Problem book and examples of metal cutting and metal-cutting tools / N.A. Nefedov, K.A. Osipov. – 4<sup>th</sup> issue, revised and corrected edition. – М.: Mechanic engineering, 1984. – 400 p.
3. Book of references for instrument designer / V.I. Klimov, A.S. Lerner, M.D. Pekarskiy. – М.: Mashgiz, 1958. – 608 p.

Рецензія/Peer review : 05.4.2020 р.

Надрукована/Printed :09.6.2020 р.

Рецензент: д. т. н., проф. А. І. Гордєєв

---

За зміст повідомлень редакція відповідальності не несе

**Повні вимоги до оформлення рукопису****<http://journals.khnu.km.ua/vestnik/support.htm>**

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,  
протокол № 10 від 28.05.2020 р.**

Підп. до друку 27.06.2020 р. Ум.друк.арк. 36,4 Обл.-вид.арк. 34,63

Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.

Наклад 100, зам. № \_\_\_\_\_

---

Тиражування здійснено з оригінал-макету, виготовленого редакцією журналу “Вісник Хмельницького національного університету” редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-63