

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В. В. Павліков

(підпис)

(ініціали та прізвище)

2020 р.

Відділ аспірантури і докторантури

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Теорія і технології Інтернету речей

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва галузі знань)

Освітньо-наукова програма: «Комп'ютерна інженерія»

(назва освітньої програми)

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: денна

Харків 2020 рік

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Теорія і технології Інтернету речей
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 123 "Комп'ютерна інженерія"

освітньо-наукової програми Комп'ютерна інженерія

«26» 08 2020 р., – 13 с.

Розробник: доцент, к.т.н.

(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Плахтєєв А.П.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОНП доцент, к.т.н.

(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Бабешко Є.В.

(прізвище та ініціали)

Протокол №1 від «27» серпня 2020 р. засідання кафедри № 503

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Харченко В. С.

(прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу



1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5.0	Галузь знань <u>12 «Інформаційні технології»</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>123 «Комп’ютерна інженерія»</u> (код і найменування) Освітня програма <u>«Комп’ютерна інженерія»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: <u>третій (освітньо-науковий)</u>	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2020/2021
Індивідуальне завдання: немає		Семестр: 4-й
Загальна кількість годин – 68/150		Лекції* <u>34 год.</u>
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи аспіранта – 4,8		Практичні, семінарські * <u>0 год.</u>
		Лабораторні* <u>34 год.</u>
		Самостійна робота <u>82 год.</u>
	Вид контролю: іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 68/82

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: засвоїти знання з теорії і технології Інтернету речей, принципи їх дослідження і використання для різних галузей.

Завдання: підготувати професіоналів, здатних досліджувати, удосконалювати і застосовувати методи, засоби і технології Інтернету речей.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

загальні:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність працювати в міжнародному контексті;
- здатність розробляти проекти та управляти ними.

спеціальні (фахові):

- здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерній інженерії та дотичних до неї (нього, них) міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерної інженерії та суміжних галузей;

- здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності;

- здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері комп'ютерної інженерії;

- здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в комп'ютерній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації;

- здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем у галузі інформаційних технологій, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності в комп'ютерній інженерії.

Програмні результати навчання:

- мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій;

- розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми комп'ютерної інженерії з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів;

- вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації комп'ютерної інженерії;

- знати, розуміти та вміти застосовувати методи та засоби створення інформаційних технологій та програмного забезпечення розподілених систем, Інтернету речей, хмарних обчислень, систем штучного інтелекту, віртуальної реальності у різних предметних областях, в тому числі в аерокосмічній галузі.

Міждисциплінарні зв'язки: матеріал дисципліни базується на знаннях, отриманих під час вивчення дисциплін із циклу обов'язкових компонент, а саме «ІТ в практиці наукових досліджень», «Наукові англомовні комунікації», «Теорія і методи зеленої ІТ-інженерії», «Теорія і технології критичного комп'ютингу». Матеріал, засвоєний під час вивчення цієї дисципліни, також є базою для підготовки дисертаційної роботи.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовний модуль 1. Загальна характеристика технології «Інтернету речей»

Тема 1. Концепція «Інтернету речей». Історія розвитку «Інтернету речей» (IoT). Основні поняття та базові принципи IoT. Перспективи розвитку IoT. Напрямки практичного застосування IoT. Ринок виробників та користувачів рішень IoT. Проблеми впровадження IoT.

Тема 2. Структура інформаційно – вимірювальної системи на основі технології «Інтернет речей» та її основні складові частини. Архітектура IoT та ключові модулі IoT. Структура системи IoT. Стандартизація IoT.

Тема 3. Пристрої «Інтернету речей». Класифікація та основні характеристики IoT пристроїв. Принцип роботи IoT пристроїв. Інтелектуальні сенсори. Підключення IoT пристроїв до мережі. Керування пристроями IoT. Приклади використання IoT пристроїв в складі IoT системи.

Тема 4. Технології передачі даних в «Інтернету речей». Бездротові технології передачі інформації: Z-Wave/ZWave Plus, ZigBee, Bluetooth Low Energy, ANT/ANT+, Wireless USB, Wi-Fi та їх стандарти. Глобальна система мобільного зв'язку (GSM). Радіочастотна ідентифікація (RFID). Бездротова сенсорна мережа (WSN). Основні переваги та недоліки. Проектування архітектури IoT на базі IP.

Тема 5. Платформи «Інтернет речей». Огляд основних IoT платформ та їх технічних характеристик. Протоколи MQTT, CoAP, HTTP/HTTPS, AMQP, XMPP, DDS. Кейси застосування.

Тема 6. Хмарні сервіси «Інтернет речей». Основні поняття. Види хмар та хмарна архітектура. Модель хмарних сервісів. Моделі хмарного розміщення даних. Хмарна архітектура OpenStack. IoT-протоколи передачі даних від граничного пристрою в хмару. Протоколи IoT передачі даних від мережевого пристрою в хмару. Обмеження хмарної архітектури для IoT.

Змістовний модуль 2. Проектування в середовищі «Інтернет Речей». Безпека в IoT.

Тема 7. Міжмашинна комунікація (M2M). M2M, V2V, V2I. Модель системи. Класифікація трафіку M2M. Стандарти. Рішення та напрямки

досліджень використання M2M, V2V, V2I в IoT. Сенсори й актуатори. Шлюзи та концентратори

Тема 8. Загрози і безпека в «Інтернеті речей». Анатомія кібератак на IoT-пристрої. Проблеми безпеки розвитку технології IoT. Основні поняття безпеки. Різновиди безпеки в IoT та зв'язок між ними (фізична і апаратна безпека). Технології збору даних. Атаки на IoT. Проблеми конфіденційності в IoT. Методика забезпечення інформаційної безпеки IoT.

Тема 9. Вбудовані інформаційні технології безпеки в пристрої «Інтернету речей». Lightweight Cryptography. Авторизація IoT-OAS. Мережева безпека.

Тема 10. Прототипування. Основи прототипування. Визначення прототипування. Ресурси для прототипування. Фізичні матеріали. Електронні інструменти. Ресурси для програмування.

Тема 11. Апаратне забезпечення IoT. Вбудовані системи. Мікрокомп'ютери. Мікроконтролери. Операційні системи. RTOS. Програмована логіка. Протоколи передавання даних – UART, I2C, SPI, 1-Wire.

Тема 12. Енергозабезпечення та енергоефективність. Джерела енергії та управління живленням. Відтворення електроенергії. Сховища енергії для пристроїв IoT. Моделювання енергії і потужності. Батареї. Energy harvesting.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Загальна характеристика технології «Інтернету речей»					
Тема 1 Концепція «Інтернету речей».	12	2		2	8
Тема 2. Структура інформаційно – вимірювальної системи на основі технології «Інтернет речей» та її основні складові частини.	12	2		2	8
Тема 3. Пристрої «Інтернету речей».	16	4		2	10
Тема 4. Технології передачі даних в «Інтернету речей».	16	4		4	8
Тема 5. Платформи «Інтернет речей».	4	2		2	-
Тема 6. Хмарні сервіси «Інтернет речей».	14	4		4	6

1	2	3	4	5	6
Модульний контроль					
Разом за змістовний модулем 1	74	18		16	40
Змістовний модуль 2. Проектування в середовищі «Інтернет Речей».					
Безпека в IoT					
Тема 7. Міжмашинна комунікація (M2M).	12	4		2	6
Тема 8. Загрози і безпека в «Інтернеті речей».	12	2		2	8
Тема 9. Вбудовані інформаційні технології безпеки в пристрої «Інтернету речей».	12	2		4	6
Тема 10. Прототипування.	16	4		4	8
Тема 11. Апаратне забезпечення IoT.	14	2		4	8
Тема 12. Енергозабезпечення та енергоефективність.	10	2		2	6
Модульний контроль					
Разом за змістовний модулем 2	76	16		18	42
Усього годин	150	34		34	82

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
...	<i>Не передбачено</i>	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
...	<i>Не передбачено</i>	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Ознайомлення з можливостями сучасних САПР у моделюванні та розробці пристроїв IoT.	1
2	Розгортання та з'єднання пристроїв IoT.	2
3	Створення простої мережі з використанням IoT пристроїв.	2
4	Підключення та моніторинг пристроїв IoT.	2
5	Розроблення цифрової системи керування на основі платформи Arduino	1
6	Асинхронний обмін між пристроями IoT.	2

1	2	3
7	Розробка додатків IoT.	2
8	Розробка додатків IoT з використанням інтерфейсу SPI.	2
9	Розробка додатків WoT на основі вбудованої платформи.	2
10	Дослідження загроз при передачі даних, підвищення завадостійкості.	4
11	Захист персональних даних та пристроїв.	4
12	Програмування мобільних протоколів передачі даних.	4
13	Розробка рішень IoT на основі вбудованих систем.	4
14	Дослідження енергоспоживання пристроїв IoT в різних режимах роботи та аналіз ресурсу батареї.	2
	Разом	34

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Основні принципи, інформаційно-вимірювальні технології та методи передавання інформації в каналах IoT	10
2	Тема 2. Мережеві технології IoT. Системи швидкісної передачі даних четвертого і п'ятого покоління.	20
3	Тема 3. Пристрої, які підключаються до IoT. Інтелектуальні сенсори	12
4	Тема 4. Використання автоматизації. Інтернет речей для індустріальних застосунків	20
5	Тема 5. Важливість безпеки в IoT. Захист пристроїв IoT. Захист персональних даних та пристроїв	10
6	Тема 6. Енергоефективність і IoT.	10
	Разом	82

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
...	<i>Не передбачено</i>	

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, консультацій, а також самостійна робота аспірантів за відповідними матеріалами

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, підсумковий контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують аспіранти

12.1. Розподіл балів, які отримують аспіранти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних робіт	0...4	7	0...28
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання і захист лабораторних робіт	0...4	8	0...32
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Усього за семестр			0 ... 100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови аспіранта від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту аспірант має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних і одного практичного запитання. За перше та друге запитання аспірант отримує по 30 балів, за практичне – 40 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- історія виникнення та розвитку IoT;
- принципи організації і функціонування IoT;
- основні фактори розвитку IoT;
- існуючі технології в області IoT;
- основні тренди та напрямки розвитку в області IoT.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- моделювати системи IoT за допомогою сучасних програмних систем моделювання;
- працювати з мікроконтролерами і основними налагоджувальними платами;
- розбиратися в існуючих IoT-технологіях і застосовувати їх до конкретних сценаріїв;
- проектувати цілісні IoT-системи (включаючи кінцеві пристрої, мережеве з'єднання, обмін даними, хмарні платформи, аналіз даних).

Володіти:

- термінологічним апаратом;
- навичками моделювання IoT-систем;
- навичками програмування кінцевих пристроїв;
- навичками з підключення кінцевих пристроїв в мережу;
- навичками зі створення програмного рішення обробки і зберігання даних із застосуванням хмарних технологій.

12.3 Критерії оцінювання роботи аспіранта протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати необхідний обсяг знань та вмінь для одержання позитивної оцінки відповідно до п.12.2. Захистити не менше 80% від усіх завдань лабораторних занять. Мати знання, уміння і розуміння теоретичних основ та практичних принципів побудови мереж матеріальних інтелектуальних об'єктів (речей), що оснащені електронними засобами первинного перетворення, обробки, зберігання і захисту інформації та комунікаційними інтерфейсами. Вміти самостійно моделювати системи IoT за допомогою сучасних програмних систем моделювання.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум знань, виконати не менше 90% завдань лабораторних занять. Знати принципи та методи побудови архітектури IoT системи. Вміти самостійно застосовувати практичні навички для розробки швидкої та якісної реалізації технічних проектів на основі IoT використовуючи новітні технології розробки на основі мікропроцесорних та мікроконтролерних апаратних і програмованих засобів та платформ.

Відмінно (90-100). Здати всі модулі з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти їх застосовувати.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

А.П. Плахтєєв, Є.В. Бабешко, В.А. Ткаченко, Ю.В. Здоровець. Архітектури та розроблення систем Інтернету / Вебу Речей на основі вбудованих платформ. Лабораторні роботи / За ред. В.С. Харченка. Міністерство освіти і науки України, Національний аерокосмічний університет ХАІ, 2019. - 147 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Зелена ІТ-інженерія. У двох томах. Том 1. Принципи, моделі, компоненти / Под ред. Харченко В.С. - Х.: Нац. аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. - 594 с.

2. Інтернет речей для індустріальних і гуманітарних застосунків. У трьох томах. Том 1. Основи і технології / За ред. В. С. Харченка. – Міністерство освіти і науки України, Національний аерокосмічний університет ХАІ, 2019. – 605 с.

3. Інтернет речей для індустріальних і гуманітарних застосунків. У трьох томах. Том 2. Моделювання і розроблення / За ред. В. С. Харченка. – Міністерство освіти і науки України, Національний аерокосмічний університет ХАІ, 2019. – 547.

4. Інтернет речей для індустріальних і гуманітарних застосунків. У трьох томах. Том 3. Оцінювання та впровадження / За ред. В. С. Харченка. – Міністерство освіти і науки України, Національний аерокосмічний університет ХАІ, 2019. – 918 с.

5. Баранов А.А., Інтернет речей: теоретико-методологічні основи правового регулювання. Том I. Сфери застосування, ризики і бар'єри, проблеми правового регулювання, ISBN: 978-966-937-513-1, 2018, 344с.

Допоміжна

1. Lisa Goeke, Security Challenges of the Internet of Things [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/128420/Goeke_Lisa.pdf?sequence=1

2. Катерина Володимирівна Савченко, Олеся Петрівна Войтович Структурна схема системи захисту розумного будинку // Матеріали конференції XLVI Науково – технічна конференція факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії(2017) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2017/paper/view/2736>

3. Кіфорчук К. О. Оцінка вразливості пристроїв “Інтернету речей” в Україні / К. О. Кіфорчук, М. В. Грайворонський // Безпека інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – 2017. – Вип. 19. – стор. 45-46.

4. Maneesh Rao Internet of things with raspberry pi 3: Leverage the power of Raspberry Pi 3 and JavaScript to build exciting IoT projects/ Packt Publishing Ltd, 2018. –248 p.

5. Могильний С. Б. Покрокова побудова системи для Інтернету речей // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія : Радіотехніка. Радіоапаратобудування. - 2016. - Вип. 65. - С. 73-78.

6. Термінологічний довідник з питань технічного захисту інформації / Коженевський С.Р., Кузнецов Г.В., Хорошко В.О., Чирков Д.В. / За ред. проф. В.О. Хорошка. – К.: ДУІКТ, 2007. – 365 с.

7. Дэвид Роуз, Дивовижні технології. Дизайн та інтернет речей, 336 с.

8. Технології проектування систем IoT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elearn.nubip.edu.ua/enrol/index.php?id=1577>.

9. Могильний С. Б. Покрокова побудова системи для Інтернету речей // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія : Радіотехніка. Радіоапаратобудування. - 2016. - Вип. 65. - С. 73-78. – Те саме [Електронний ресурс] // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут": [сайт]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKPI_rr_2016_65_8.

10. Samuel Greengard, The Internet of Things (MIT Press Essential Knowledge series), ASIN: B00VB7I9VS, 2015, 230 P.
11. Rajkumar Buyya, Amir Vahid Dastjerdi. Internet of Things: Principles and Paradigms, Elsevier, 2016. – 378 p
12. Hakima Chaouchi. The Internet of Things: Connecting Objects, John Wiley & Sons, 2013. – 265 p.
13. Professor Dr.-Ing. Klaus Schwab, The Fourth Industrial Revolution, ASIN: B01JEMROIU, 2017, 189 P.
14. Components and Services for IoT Platforms: Paving the Way for IoT Standards / Georgios Keramidas, Nikolaos Voros, Michael Hübner. – Berlin: Springer, 2017. – 383 p.
15. Робимо сенсори : проекти сенсорних пристроїв на базі Arduino і Raspberry Pi : [переклад з англійської] / Тєро Карвінен, Кіммо Карвінен, Віллі Валтокари. – Москва : Вільямс, 2016. – 429 с.
16. Петин, В. А. Arduino і Raspberry Pi в проектах Internet of Things / Віктор Петін. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2016 – 319 с. Іго, Том. Arduino, датчики і мережі для зв'язку пристроїв: переклад з англійської] / Том Іго. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2015. -543
17. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України», 2017, Документ 2163-VIII, чинний, поточна редакція — Редакція від 08.07.2018, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2163-19>.
18. Барило Г.І., Вісьтак М.В., Готра З.Ю., Лєсінський В.В., Політанський Л.Ф. Електронні елементи та пристрої систем безпеки й охорони: Навчальний посібник .- За ред. Готри З.Ю. – Чернівці: Рута, 2017. – 216 с.
19. Технічні канали витоку інформації. Порядок створення комплексів ехнічного захисту інформації. Навчальний посібник /Іванченко С.О., Гавриленко О.В., Липський О.А., Шевцов А.С. - К.: ІСЗІ НТУУ "КПІ", 2016. - 104 с.
20. Information technology — Cloud computing — Reference architecture, ISO/IEC 17789:2014. Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization, 2014.
21. IEEE802.15.4 Low-Rate Wireless Personal Area Networks. US, IEEE standards association, 2011.
22. R. Johar, E. Fakieh, R. Allagani and S. Qaisar, "A smart home appliances control system based on digital electronics and GSM network", 2018 15th Learning and Technology Conference (L&T), pp. 52-58, 2018. DOI: 10.1109/Lt.2018.8368485
23. Ю.Я. Бобало, Б.Ю. Волочій, О.Ю. Лозинський, Б.А. Мандзій, Л.Д.Озірковський, Д.В. Федасюк, С.В. Щєрбовських, В.С. Яковина. Математичні моделі та методи аналізу надійності радіоелектронних,електротехнічних та програмних систем: монографія, Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013, 300 с.
24. M. Abomhara, and G. M. Kien, "Cyber Security and the Internet of Things: Vulnerabilities,Threats, Intruders and Attacks", J. Cyber Secur. Mobil, vol. 4, no. 1, 2014, pp. 65-88. DOI: 10.13052/jcsm2245-1439.414
25. Gartner Says 6.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From 2015 URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>.
- 26.

15. Інформаційні ресурси

1. Arduino Communication Protocols Tutorial [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.deviceplus.com/how-tos/arduino-guide/arduino-communication-protocols-tutorial/>
2. Користувацькі посібники по роботі із платформою Arduino. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>
3. Хабрахабр [Електронний ресурс]: режим доступу <http://habrahabr.ru/company/surfingbird/blog/176461/>
4. Cisco академія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://edu-cisco.org>
5. <https://www.netacad.com/ru/courses/iot>
6. <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>
7. <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>