

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**



Фізико-технічний факультет  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Проектування компонентів “Інтернет речей”**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Освітньо-професійна програма «Професійна освіта. Цифрові технології»

Спеціальність 015 Професійна освіта (за спеціалізаціями)

Галузь знань 01 Освіта/Педагогіка

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від 27 серпня 2024 р.

Івано-Франківськ – 2024 рік

## ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Компетентності
5. Результати навчання
6. Організація навчання курсу
7. Система оцінювання курсу
8. Політика курсу
9. Рекомендована література

<b>1. Загальна інформація</b>	
<b>Назва дисципліни</b>	Проектування компонентів "Інтернет речей"
<b>Рівень вищої освіти</b>	Перший рівень вищої освіти
<b>Викладач (-і)</b>	доцент, кандидат технічних наук Грига Володимир Михайлович
<b>Контактний телефон викладача</b>	0342596007
<b>Е-mail викладача</b>	<a href="mailto:volodymyr.gryga@pnu.edu.ua">volodymyr.gryga@pnu.edu.ua</a>
<b>Формат дисципліни</b>	Семестровий
<b>Обсяг дисципліни</b>	3 кредити
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	<a href="http://www.d-learn.pnu.edu.ua/">http://www.d-learn.pnu.edu.ua/</a>
<b>Консультації</b>	відповідно до графіку індивідуальних консультацій, який розміщений на інформаційному стенді кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки
<b>2. Анотація до курсу</b>	
<p>Дисципліна «Проектування компонентів "Інтернету речей"» належить до переліку дисциплін вільного вибору за освітнім рівнем «бакалавр», що пропонуються в рамках циклу професійної та практичної підготовки студентів за освітньо-професійною програмою «Професійна освіта. Цифрові технології». Вона забезпечує формування у студентів науково-дослідницьких і професійно-орієнтованих компетенцій. Предметом вивчення навчальної дисципліни є засвоєння основних принципів створення і функціонування програмно-апаратних комплексів систем "Інтернет речей" для збору, обробки, передачі і аналізу даних та освоєння методів їх проектування та експлуатації.</p> <p>Силабус навчальної дисципліни «Проектування компонентів "Інтернету речей"» складений відповідно до освітньо-професійної програми "Професійна освіта" підготовки бакалаврів спеціальності 015 Професійна освіта (за спеціалізаціями).</p>	
<b>3. Мета та цілі курсу</b>	
<p><b>Мета:</b> вивчення студентами основних принципів функціонування та напрямів розвитку систем "Інтернет речей", засвоєння методів їх проектування з метою формування професійних знань в області розробки проектних рішень та вирішення складних задач в галузі; закріплення студентами навиків програмування сучасних апаратних мікропроцесорних платформ та різних інформаційно-вимірювальних сенсорів.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни бакалавр повинен</p> <p><b>знати:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- базові принципи систем "Інтернет речей";</li> <li>- архітектуру та основні компоненти систем "Інтернет речей";</li> <li>- основні етапи проектування систем "Інтернет речей";</li> <li>- основні засоби розробки систем "Інтернет речей" та їх відлагодження;</li> <li>- організацію інформаційно-вимірювальних каналів в системах "Інтернет речей";</li> <li>- існуючі технології систем "Інтернет речей";</li> <li>- засоби криптографічного захисту інформації в системах "Інтернет речей";</li> <li>- основні конфепції та структурні об'єкти систем "Інтернет речей": давачі та контролери;</li> <li>- протоколи бездротової передачі даних в системах "Інтернет речей";</li> <li>- сенсорні бездротові системи і протоколи далекого зв'язку;</li> <li>- моделі хмарного розміщення даних в системах "Інтернету речей";</li> <li>- системи збору і бездротової передачі даних на основі сучасних мікроконтролерів.</li> </ul> <p><b>вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формувати вимоги до розробки приладів і пристроїв систем "Інтернет речей";</li> <li>- проектувати системи "Інтернет речей" для збору, обробки та передачі інформації;</li> </ul>	

- розробляти алгоритми для моделей систем "Інтернет речей";
- використовувати мікропроцесорні та мікроконтролерні пристрої при вирішенні поставлених завдань керування пристроями збору, обробки та передачі даних в інтелектуальних системах;
- використовувати засоби програмування мікропроцесорних і мікроконтролерних макетів та хмарного середовища Arduino IoT;
- розробляти програмне забезпечення для обміну даними між віддаленими пристроями в системах "Інтернет речей";
- організовувати взаємодію між апаратними і програмними засобами з використанням комунікаційних протоколів, поєднуючи їх в єдину систему;
- оцінювати і вибирати методи і моделі розробки, впровадження, експлуатації апаратних і програмних засобів та управління ними на всіх етапах життєвого циклу;
- проводити самостійні дослідження технічних характеристик в області систем IoT;
- організовувати передачу даних із використанням інтерфейсів: I2C, SPI та UART;
- використовувати модуль Node Mcu ESP8266 для проектування систем керування розумними пристроями та в моніторингових системах.

#### 4. Компетентності

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в професійній освіті, що передбачає застосування певних теорій і методів педагогічної науки та інших наук відповідно до спеціалізації і характеризується комплексністю та невизначеністю умов

##### Загальні компетентності

Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

##### Спеціальні (фахові) компетентності

Здатність збирати, аналізувати та інтерпретувати інформацію (дані) у сфері цифрових технологій

Базові знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій використовуючи сучасні комп'ютерні технології при вирішенні професійних задач, пов'язаних зі збором, передачею і обробкою інформації, побудовою графіків та діаграм

#### 5. Результати навчання

Виконувати розрахунки, що відносяться до сфери професійної діяльності.

Розв'язувати типові спеціалізовані задачі, пов'язані з вибором матеріалів, виконанням необхідних розрахунків, конструюванням, проектуванням технічних об'єктів у предметній галузі (відповідно до спеціалізації).

#### 6. Організація навчання курсу

##### Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	14
семінарські заняття / практичні / <u>лабораторні</u>	16
самостійна робота	60

##### Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
IV	015 Професійна освіта (за спеціалізаціями)	2	вибіркова

##### Тематика курсу

Тема, план	Форма	Літера-	Кіль-	Вага	Термін виконання

	заняття	тура	кiсьть годин	оцiнки	
<b>Змiстовий модуль 1. Базовi принципи та архiтектури систем "iнтернет речей". Хмарнi технологiї в системах "iнтернет речей".</b>					
<b>Тема 1.</b> Iсторiя розвитку та застосування систем "iнтернет речей". Основнi складовi систем "iнтернет речей". Класифiкацiя компонентiв систем "iнтернет речей" iх види та принципи роботи.	лекцiя	[1-12]	1	0,5	Згiдно розкладу
<b>Тема 2.</b> Базовi принципи, узагальнена структура та проблеми створення систем "iнтернет речей".	лекцiя	[1-12]	1	0,5	Згiдно розкладу
<b>Тема 3.</b> Апаратно-програмна платформа для створення систем "iнтернет речей". Iнтелектуальнi само-органiзованi системи.	лекцiя	[1-12]	1	1	Згiдно розкладу
<b>Тема 4.</b> Засоби криптографiчного захисту iнформацiї в системах "iнтернет речей". Процесори криптографiчного захисту iнформацiї. Методи i засоби побудови пристроїв для формування цифрового пiдпису.	лекцiя	[1-12]	1	1	Згiдно розкладу
<b>Тема 5.</b> Персональнi бездротовi мережi. Протоколи бездротової передачi даних в системах IoT. Основнi протоколи бездротового зв'язку в iнтернетi речей: NB-IoT, ZigBee, GSM, Wi-Fi, Bluetooth. Фiзичнi основи, основнi параметри i умови застосування.	лекцiя	[1-12]	1	1	Згiдно розкладу
<b>Тема 6.</b> Сенсорнi бездротовi системи i протоколи далекого зв'язку LPWAN. Протоколи бездротового зв'язку в iнтернетi речей: LoRa/LoRaWAN, 6LoWPAN.	лекцiя	[1-12]	1	1	Згiдно розкладу
<b>Тема 7.</b> Огляд вiдомих хмарних сервiсiв та iх характеристик. Моделi хмарного розмiщення даних. Види хмарних сервiсiв.	лекцiя	[1-12]	1	1	Згiдно розкладу

<b>Тема 8.</b> Класифікація моделей обслуговування в хмарних сервісах. Засоби розробки систем “Інтернет речей” на основі хмарних технологій. Передача та обробка даних у хмарному середовищі Arduino IoT.	лекція	[1-12]	1	1	Згідно розкладу
Модульний контроль 1			8	7	Згідно розкладу
<b>Змістовий модуль 2. Технології проектування систем “Інтернет речей”. Реалізація систем “Інтернет речей” на базі мікропроцесорних пристроїв.</b>					
<b>Тема 9.</b> Технології систем “Інтернет речей”. Платформи і засоби накопичення, візуалізації і обробки даних в системах “Інтернет речей”. Завдання накопичення, обробки і візуалізації даних в системах “Інтернет речей”.	лекція	[1-11]	2	0,5	Згідно розкладу
<b>Тема 10.</b> Автоматизація та інтелектуалізація процесу проектування систем “Інтернет речей”.	лекція	[1-11]	2	0,5	Згідно розкладу
<b>Тема 11.</b> Класифікація та основні характеристики вимірювальних перетворювачів. Сенсорні пристрої. Інтелектуальні давачі. Джерела живлення.	лекція	[1-11]	2	1	Згідно розкладу
Модульний контроль 2			6	6	Згідно розкладу
<b>Лабораторні роботи</b>					
<b>Тема 1.</b> Використання інтерфейсу I2C, UART для з’єднання макетних модулів Arduino UNO та Arduino Nano, ESP-01 та їх програмування в середовищі Arduino IDE. Налаштування хмарного середовища Arduino IoT.	Лаб. робота	[1-12]	2	2	Згідно розкладу
<b>Тема 2.</b> Проектування підсистеми визначення рухомих об’єктів розумного будинку з використанням плати Arduino Nano та сенсора руху HC-SR501 з подальшою передачею та обробкою даних у хмарному середовищі Arduino IoT.	Лаб. робота	[1-12]	2	2	Згідно розкладу
<b>Тема 3.</b> Проектування		[1-12]	4	2	Згідно розкладу

підсистеми ідентифікації об'єктів доступу до приміщення з використанням плати Arduino UNO та модуля радіочастотної ідентифікації RC522 з подальшою передачею та обробкою даних у хмарному середовищі Arduino IoT.	Лаб. робота				
<b>Тема 4.</b> Проектування підсистеми клімат-контролю та вентиляції розумного будинку з використанням плати Arduino UNO, сенсора температури і вологості DHT22, вентилятора з подальшою передачею та обробкою даних у хмарному середовищі Arduino IoT.	Лаб. робота	[1-12]	2	2	Згідно розкладу
<b>Тема 5.</b> Проектування підсистеми освітлення розумного будинку з використанням плати Arduino UNO, давача руху HC-SR501, давача відстані HC-SR04, фоторезистора і сервоприводу з подальшою передачею та обробкою даних у хмарному середовищі Arduino IoT.	Лаб. робота	[1-12]	2	2	Згідно розкладу
<b>Тема 6.</b> Проектування підсистеми пожежної сигналізації розумного будинку з використанням модуля NodeMcu ESP8266, давача диму MQ-2, давача витоку газу MQ-7 та середовища програмування Arduino IDE. Передача та обробка даних у хмарному середовищі Arduino IoT.	Лаб. робота	[1-12]	2	2	Згідно розкладу
<b>Тема 7.</b> Проектування підсистеми дистанційного керування розумного будинку з використанням безпроводних інтерфесів Bluetooth (HC-06) та Wi-Fi (NodeMcu ESP8266). Передача та обробка даних у хмарному середовищі Arduino IoT.	Лаб. робота	[1-12]	2	2	Згідно розкладу

Контроль лабораторних робіт			16	25	
<b>Самостійна робота студентів</b>					
<b>Тема 1.</b> Використання кіберфізичних систем у промисловості, виробництві, енергетичній сфері та військовій галузі. Екосистема систем "Інтернету речей". Корисність мережі та закон Меткалфа-Бекстрома. Четверта індустріальна революція.	Само- стійна робота	[1-12]	4	0,5	Впродовж семестру
<b>Тема 2.</b> Концептуальні моделі систем "Інтернет речей" та способи їх побудови. Принципи проектування електронних систем на базі мікроконтролерів і швидкого прототипування систем "Інтернет речей". Засоби моделювання систем "Інтернет речей".	Само- стійна робота	[1-12]	4	0,5	Впродовж семестру
<b>Тема 3.</b> Основні можливості, компоненти і принципи застосування вбудованих операційних систем в платформах Інтернету речей. Сенсорні та комунікаційні мережі в системах "Інтернет речей". Високопродуктивні комп'ютерні системи.	Само- стійна робота	[1-12]	4	0,5	Впродовж семестру
<b>Тема 4.</b> Методи та засоби захисту вимірювальної інформації від несанкціонованого доступу. Протидія мережевому несанкціонованому доступу.	Само- стійна робота	[1-12]	4	0,5	Впродовж семестру
<b>Тема 5.</b> Стандарт Bluetooth 802.15.1. Різновиди стандартів WiFi. Бібліотеки в середовищі Arduino IDE для роботи з WiFi. Стандарти ZigBee. Передача даних через інтерфейс IrDA.	Само- стійна робота	[1-12]	4	1	Впродовж семестру
<b>Тема 6.</b> Характеристики NB-LTE. Пропріетарна мережа LoRa. Організація обміну даними в протоколі MQTT. HTTP протоколи. Web-	Само- стійна робота	[1-12]	4	1	Впродовж семестру



сокети. Передача даних та прийом пакетів.					
<b>Тема 7.</b> Моделі розгортання хмарного середовища. Публічний хмарний сервіс IBM Cloud. Граничні обчислення. Топології граничних обчислень.	Само- стійна робота	[1-12]	4	1	Впродовж семестру
<b>Тема 8.</b> Використання технологій Big Date в системах "Інтернет речей". Обсяги даних. Швидкість обробки даних. Аналітика хмарних обчислень. Система правил дії та потокова обробка.	Само- стійна робота	[1-12]	4	1	Впродовж семестру
Контроль самостійної роботи			32	6	Згідно розкладу
<b>Тема 9.</b> Системи передавання даних в каналах КФС. Види інформаційних каналів в системах "Інтернет речей" їх математичні моделі та характеристики.	Само- стійна робота	[1-12]	4	0,5	Впродовж семестру
<b>Тема 10.</b> Побудова реальних об'єктів з використанням 3D-друку. Основні технологічні операції: проектування, слайсінг, друк. Формалізація систем "Інтернет речей" в умовах динамічно мінливого середовища.	Само- стійна робота	[1-12]	4	0,5	Впродовж семестру
<b>Тема 11.</b> Сенсорні пристрої. Термопари і давачі температури. Різновиди сенсорів. MEMS давачі тиску. Перетворення енергії радіохвиль та тепла.	Само- стійна робота	[1-12]	4	1	Впродовж семестру
<b>Тема 12.</b> Фотоелектричні давачі. Відновлення живлення. Перетворення сонячної енергії. Використання сховищ енергії. Іоністори. Радіоактивні джерела живлення.	Само- стійна робота	[1-12]	4	1	Впродовж семестру
<b>Тема 13.</b> Основи роботи з мікропроцесорними та мікроконтролерними системами збору, обробки та передачі даних. Вбудоване	Само- стійна робота	[1-12]		1	Впродовж семестру

програмне забезпечення для систем збору, обробки і передачі даних з використанням сучасних мікроконтролерів у системах "Інтернет речей".			4		
<b>Тема 14.</b> Обчислювальні ресурси систем "Інтернет речей". Аналогові і цифрові інтерфейси та їх характеристики. Платформи-конструктори, засоби машинного навчання і статистичного аналізу. Моделювання систем "Інтернет речей".	Само-стійна робота	[1-12]	4	1	Впродовж семестру
<b>Тема 15.</b> Приклади проектування елементів систем "Інтернет речей" на базі ПЛІС у космічній, військовій та промислових галузях.	Само-стійна робота	[1-12]	4	1	Впродовж семестру
Контроль самостійної роботи			28	6	Згідно розкладу
Підсумковий контроль (залік)				50	
<b>7. Система оцінювання курсу</b>					
Загальна система оцінювання курсу	<p><i>Поточний контроль</i> здійснюється під час проведення лекційних, лабораторних, індивідуальних занять і має на меті перевірку знань студентів з окремих тем навчальної дисципліни та рівня їх підготовленості до виконання конкретної роботи. Оцінки у національній шкалі («відмінно» - 5, «добре» - 4, «задовільно» - 3, «незадовільно» - 2), отримані студентами, виставляються у журналах обліку відвідування та успішності академічної групи.</p> <p><i>Модульний контроль</i> (сума балів за окремий змістовий модуль) проводиться (виставляється) на підставі оцінювання результатів знань студентів після вивчення матеріалу з логічно завершеної частини дисципліни – змістового модуля.</p> <p>Завданням модульного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу (теми), вироблення навичок проведення розрахункових робіт, вміння вирішувати конкретні ситуативні задачі, самостійно опрацьовувати тексти, здатності осмислювати зміст даної частини дисципліни, уміння публічно чи письмово подати певний матеріал.</p> <p><i>Семестровий (підсумковий) контроль</i> проводиться у формі екзамену.</p> <p><i>Екзамен</i> – форма підсумкового контролю, яка передбачає перевірку розуміння студентом теоретичного та практичного програмного матеріалу з усієї дисципліни, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо.</p>				
	Сума	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою		

	балів за всі види навчальної діяльності		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
	90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
	80 – 89	<b>B</b>	добре	
	70 – 79	<b>C</b>		
	60 – 69	<b>D</b>	задовільно	
	50 – 59	<b>E</b>		
	26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
	0-25	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни
Вимоги до письмової роботи	Підсумкова письмова робота виконується у формі тестових завдань з вибором правильної відповіді. Кількість тестових завдань – 25.			
Лабораторні заняття	<p>Після узагальнення (вступного слова) викладач дає відповіді на окремі теоретичні запитання, які виникли в студентів у процесі підготовки до заняття. Зазвичай з кожної теми лекційного курсу на практичні заняття виносять індивідуалізовані теми комплексного характеру, які дають змогу студенту ширше застосувати здобуті знання та підготуватися до самостійного виконання домашнього завдання.</p> <p>Для перевірки рівня засвоєння навчального матеріалу студенти виконують тестові завдання.</p> <p>До початку лабораторної роботи студент має отримати допуск на основі усної співбесіди. На лабораторній роботі кожен студент отримує інструкцію до виконання. Після завершення роботи студент оформляє і захищає звіт з результатами роботи.</p>			
Умови допуску до підсумкового контролю	<p>Студент допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав сумарно 25 балів і вище.</p> <p>Студент не допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав менше 25 балів. У цьому випадку студенту у відомості робиться запис "не допущений" і виставляється набрана кількість балів. Допускається, як виняток, з дозволу декана факультету за заявою, погодженою з відповідною кафедрою, одноразове виконання студентом додаткових видів робіт з навчальної дисципліни (відпрацювання пропущених занять, перескладання змістових модулів, виконання індивідуальних завдань тощо) для підвищення оцінок за змістові модулі.</p> <p>Напередодні екзамену викладач подає доповідну декану про недопуск студентів академічної групи (груп). Відмітка про недопуск у відомості робиться при наявності розпорядження декана.</p>			
<b>8. Політика курсу</b>				
Студент зобов'язаний відвідувати заняття відповідно до встановленого розкладу, не запізнюватися, мати відповідний зовнішній вигляд. У разі відсутності через хворобу надається відповідна довідка.				

Пропущена лекція відпрацьовується студентом самостійно, як короткий конспект за темою заняття.

Пропущена лабораторна робота виконується студентом самостійно вдома або в комп'ютерному класі, результати оцінюються викладачем.

У випадку, коли студент приймав участь у програмі мобільності, можливе врахування отриманих оцінок в іншому навчальному закладі за умови відповідності навчальних планів.

Можливе зарахування результатів неформальної освіти згідно з Положенням про порядок зарахування результатів неформальної освіти у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника.

#### **Політика академічної поведінки і етики**

Студент повинен бути толерантним і поважати думку інших.

Заперечення повинні формулюватися тільки в коректній формі.

Плагіат та академічна недобросовісність несумісні з принципами діяльності ЗВО.

Не допускається підказування та списування під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного чи підсумкового контролю.

Не допускається користування телефонами та будь-якими іншими електронними засобами під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного, чи підсумкового контролю.

### **9. Рекомендована література**

#### **Базова**

1. Грузинський Ю.Є. Технології сучасних кіберфізичних систем: Навчальний посібник [Електронний ресурс]: – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 327 с.
2. R. G. Sanfelice. Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach // Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice / D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic. — CRC Press, 2016.
3. Lee E.A., Seshia S.A. Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach, Second Edition. MIT Press, 2017. 585 p.  
[https://ptolemy.berkeley.edu/books/leeseshia/releases/LeeSeshia\\_DigitalV2\\_2.pdf](https://ptolemy.berkeley.edu/books/leeseshia/releases/LeeSeshia_DigitalV2_2.pdf)
4. Мельник А.О. Кіберфізичні системи: проблеми створення та напрями розвитку / Вісник “Комп’ютерні системи та мережі”. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2014. - С. 154–161.
5. Jan Poesse Wireless challenges in the Ageing in Place Environment / Philips Research, 2015 – 37 с.
6. Бабак В.П., Бабак С.В., Єременко В.С. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальних систем: Підручник за ред. чл.-кор. НАН України В.П. Бабака / 2-е вид., перероб. і доп.-К.: Університет новітніх технологій; НАУ, 2017. -496с.
7. Бучма І.М. Мікропроцесорні пристрої Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2005. – 236 с.
8. Kyung Sup Kwak. An Overview of IEEE 802.15.6 Standard" [Electronic resource] / Kyung Sup Kwak, Sana Ullah, Nia-mat Ullah // 2010 3rd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL 2010), 7—10 Nov., 2010. — Rome, Italy. — DOI: 10.1109/ISABEL.2010.5702867.
9. Sushabhan Choudhury. ZigBee and Bluetooth Network based Sensory Data Acquisition System [Електронний ресурс] / Sushabhan Choudhury, Piyush Kuchhal, Rajesh Singh. — doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.195 — P. 367—372.
10. IEEE 802.11 ad: directional 60 GHz communication for multi-Gigabit-per-second Wi-Fi / Nitsche, T., Cordeiro, C., Flores, A. B., Knightly, E. W., Perahia, E., & Widmer, J. C. // IEEE Communications Magazine. — 2014. — 52 (12). — Pp. 132—141.

11. IEEE 802.11 ad: A standard for TV white space spectrum sharing / Flores, A. B., Guerra, R. E., Knightly, E. W., Ecclesine, P., & Pandey, S. // IEEE Communications Magazine. — 2013. — 51 (10). — Pp. 92—100.

12. В. Грига, Б. Бабій Система контролю доступу на основі RFID технологій // Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції “Прикладні науково-технічні дослідження” – Івано-Франківськ, Україна, 2021. – С. 236-238

**Викладач**



**Грига В.М.**