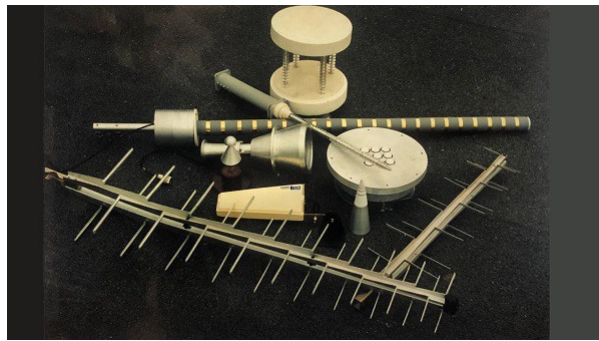




# [RE-149] КОНСТРУКЦІЇ АНТЕН РАДІОЛОКАЦІЙНИХ І РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ



## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	17 - Електроніка та телекомунікації
Спеціальність	172 - Телекомунікації та радіотехніка
Освітня програма	Радіотехнічні комп'ютеризовані системи
Статус дисципліни	Нормативна
Форма здобуття вищої освіти	Заочна
Рік підготовки, семестр	3 курс, 6 семестр
Обсяг дисципліни	3 кред. (Лекц. 10 год, Практ. год, Лаб. 6 год, СРС. 74 год )
Семестровий контроль/контрольні заходи	Залік / МКР
Розклад занять	<a href="https://rozklad.kpi.ua">https://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: <a href="#">Купрій О. М.</a> , Лаб.: <a href="#">Купрій О. М.</a> , СРС.: <a href="#">Купрій О. М.</a>
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Предметом вивчення цієї дисципліни є антени – їх проектування, конструктивне виконання, розрахунки основних характеристик і параметрів, фізичний зміст процесів, що супроводжують

їх роботу, експериментальне дослідження їх параметрів і характеристик.

За визначенням: антена – радіотехнічний пристрій або ціла система, що випромінює та приймає електромагнітні хвилі в режимах передачі та приймання, відповідно, і є складовою частиною кожної радіотехнічної системи. В багатьох випадках, саме антени, визначають максимально досяжні характеристики та параметри радіотехнічних систем, такі як дальність дії, точність визначення координат, роздільну здатність, широкосмуговість, заводо захищеність, а також їх вартість. Інколи антену називають “очима” радіотехнічної системи.

Нагадаємо, що радіотехнічними називають системи, що забезпечують обмін інформацією між двома і більше пунктами рознесеними в просторі. Прикладом радіотехнічних систем є системи радіолокації, радіонавігації, радіозв’язку (включаючи системи мобільного зв’язку), телебачення, телеметрії, радіоуправління, космічні радіотехнічні системи, радіотелескопи, системи зондування Землі, медичні радіотехнічні системи та інші.

Носієм інформації в цих системах є електромагнітні хвилі, які поширюються в навколишньому середовищі, в якому знаходяться передавальні та приймальні антени.

Засвоєння навчальної дисципліни “Антени” відповідає на запитання: Що таке антени та вказує на їх основні функції в радіотехнічних системах? Крім цього допоможе отримати:

#### **Знання:**

- принципів побудови конструкцій і принципів дії антен різних частотних діапазонів, особливо в діапазоні УКХ, особливості їх застосування в різних радіотехнічних системах;
- фізичного змісту та математичного трактування основних параметрів і характеристик антен;
- застосування принципу Кірхгофа-Гюйгенса для розв’язання задач випромінювання симетричного вібратора (СВ), поверхні прямокутної чи круглої форм апертурних антен, прямолінійної еквідистантної, рівноамплітудної, лінійнофазної антенної решітки (АР);
- принципів дії, конструктивного виконання, максимально досяжних характеристик і параметрів антен, що розглядаються в конспекті лекцій. Під’єднання їх до ліній живлення в діапазонах частот їх застосування.

#### **Уміння:**

- вибирати із відомих та пропонувати свої найбільш ефективні конструктивні варіанти антен для радіотехнічних систем різного призначення в різних частотних діапазонах, які будуть задовільняти заданим технічним умовам на антену;
- проводити інженерні розрахунки основних параметрів і характеристик вибраних чи запропонованих антен;
- проводити конструкторську розробку цих антен;
- проводити експериментальні дослідження основних характеристик та параметрів антен, їх аналіз;

#### **Досвід:**

- виконання розрахунків, проведення експериментальних досліджень характеристик і параметрів антен,
- роботи з апаратурою НВЧ діапазону;

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні компетентності та результати навчання за освітньою програмою (див. на сайті <https://osvita.kpi.ua/op>):

### **Загальні компетентності**

ЗК 02 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

### **Фахові компетентності**

ФК 18 Здатність до виконання аналізу, розрахунку, оптимізації вихідних характеристик математичних та схемних моделей аналогових та цифрових пристроїв радіотехнічних систем в залежності від діапазону частот з урахуванням факторів зовнішнього впливу, використовувати інформаційні ресурси Internet для отримання математичних та конструкторських моделей радіокомпонент від виробників.

ФК 20 Здатність розробляти радіопристрої, вузли і підсистеми з заданими параметрами передачі прийому і обробки радіосигналів для функціонування у складі радіотехнічних комп'ютеризованих систем.

### **Програмні результати навчання**

ПРН 17 Розуміння та дотримання вітчизняних і міжнародних нормативних документів з питань розроблення, впровадження та технічної експлуатації інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних і радіотехнічних систем.

ПРН 19 Здійснювати стандартні випробування інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем на відповідність вимогам вітчизняних та міжнародних нормативних документів.

ПРН 27 Визначати основні параметри, особливості та розробляти основні вузли і підсистеми трансиверів і антен для сучасних радіолокаційних і радіонавігаційних систем добування інформації.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Вивчення навчальної дисципліни “Конструкції антен радіолокаційних і радіонавігаційних систем” ґрунтується на компетенціях, набутих під час вивчення наступних навчальних дисциплін: «Вища математика», «Загальна фізика» (розділ «Електрика та магнетизм»), «Основи метрології», “Електродинаміка та поширення радіохвиль”, “Основи теорії кіл”, “Сигнали та процеси в радіотехніці” та дисциплін, що стосуються вивчення випромінювання та прийому сигналів для прикладних задач, таких як радіолокація, радіонавігація та ін.

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни “Конструкції антен радіолокаційних і радіонавігаційних систем” використовується в подальшому під час вивчення навчальних дисциплін циклу професійної підготовки, що стосуються прийому та передачі сигналів, таких як, радіолокація, радіонавігація та супутникові інформаційні системи, заводозахисність радіотехнічних систем, тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Тематика лекцій**

## Частина 1

### Розділ 1. Вступна частина.

Основні визначення. Види антен. Їх основні функції в радіотехнічних системах, класифікація антен. Основні задачі теорії антен. Порівняльний аналіз антен різних частотних діапазонів за їх направленістю та коефіцієнтом корисної дії. Коротка характеристика програм для чисельного розрахунку антен.

### Розділ 2.

Основні характеристики та параметри антен:

- комплексна функція направленості (спрямованості);
- діаграми направленості (амплітудна, фазова, поляризаційна);
- коефіцієнти направленої дії, підсилення, корисної дії;
- поляризаційні параметри антен;
- характеристика узгодження антени;
- робоча смуга частот антени;
- діючі довжина та площа антени;
- коефіцієнт використання площі антени;
- потужність випромінювання антени;
- опір випромінювання та вхідний опір антени;
- шумова температура антени;
- дальня зона антени та її межа;

### Розділ 3

Теорія симетричного вібратора (СВ). Розподіл струму та заряду за довжиною СВ. Поле випромінювання СВ та його аналіз. Діаграми спрямованості для різних відносних довжин симетричного вібратора. Характеристики та параметри СВ (опір випромінювання, коефіцієнт спрямовуючої дії, як функція його відносної довжини, вхідний опір)

### Розділ 4

Випромінювання із апертур прямокутної та круглої форм із різними законами розподілу амплітуд поля на апертурі та різними законами зміни фази поля на ній. Математичний та фізичний аналізи поля випромінювання. Діаграми спрямованості та їх аналіз.

### Розділ 5

Випромінювання антенних решіток. Загальні положення. Теорема (правило) перемноження діаграм спрямованості (ДС). Поле випромінювання прямолінійної, еквідистантної антенної решітки (АР) з рівноамплітудним збудженням і лінійним законом зміни фази струмів чи полів живлення випромінювачів в АР. Математичний та фізичний аналізи діаграм спрямованості цієї АР в режимах нормального, нахилового та осьового випромінювання. Крок АР та його вплив на діаграму спрямованості. Аналіз впливу кількості елементів АР на діаграму спрямованості. Амплітуди бокових пелюсток діаграми спрямованості. Вплив нерівномірності амплітудного розподілу полів (струмів) живлення та фазових спотворень на діаграму спрямованості АР.

Поняття про неперервний лінійний випромінювач. Коефіцієнт спрямовуючої дії АР.

## **Частина 2**

**Анени (конструкції, принципи дії, максимально досяжні характеристики, розрахунки).**

### **Розділ 6**

Вібраторні антени. Конструктивне виконання симетричних і несиметричних вібраторів в різних діапазонах частот. Пристрої симетрування та узгодження при живленні симетричного вібратора коаксіальною лінією передачі.

Антенна Уда-Ягі (хвильовий канал). Конструкції, принцип дії, потенціальні характеристики, під'єднання антени до лінії живлення. Розрахунки.

Логоперіодичні антени. Конструкції, принцип дії, потенціальні характеристики, під'єднання антени до лінії живлення. Розрахунки.

Антенна типу метелик.

### **Розділ 7**

Зигзагоподібна та спіральні антени. Конструкції, принцип дії, потенціальні характеристики, під'єднання антени до лінії живлення. Розрахунки.

Колінеарна антенна (прямолінійна антенна решітка з послідовним живленням). Конструкції, принцип дії, потенціальні характеристики, під'єднання антени до лінії живлення. Розрахунки.

### **Розділ 8**

Ознайомлення з конструкціями антен поверхневої хвилі: дискострижнева, діелектрична труба навантажена дисками та кільцями.

Конструкції, принцип дії, потенціальні характеристики, під'єднання антен до лінії живлення. Розрахунки.

### **Розділ 9**

Апертурні антени. Хвильовідні та рупорні антени. Конструкції, принцип дії, потенціальні характеристики, під'єднання антени до лінії живлення. Розрахунки.

Лінзові та рупорно-лінзові антени. Конструкції, принцип дії однодзеркальних антен, максимально досяжні характеристики. Приклади застосування. Опромінювачі однодзеркальних антен, їх конструкції та характеристики.

### **Розділ 10**

Дводзеркальні антени. Антени Касегрена, Грегорі та квазіпараболічна. Конструкції, принцип дії, максимально досяжні характеристики. Застосування. Перспективи розвитку антен.

**Тематика практичних занять (Програмою не передбачено)**

**Рекомендований перелік лабораторних робіт**

Основною метою лабораторних робіт є набуття студентами досвіду та навиків практичної роботи з апаратурою НВЧ діапазону. Ознайомлення з реальними конструкціями антен. Набути вміння провести експериментальні дослідження характеристик і параметрів антен та

провести їх аналіз і оброблення результатів досліджень, навчитись формулювати висновки по роботі. Крім цього, лабораторні роботи дозволяють викладачеві індивідуально з кожним студентом проводити бесіди і здійснювати контроль його самостійної роботи впродовж семестру.

Лабораторні роботи передбачаються за такими темами:

1. Дослідження характеристик випромінювання системи вертикальних випромінювачів в горизонтальній площині.
2. Дослідження характеристик випромінювання ромбічної антени.
3. Дослідження характеристик випромінювання та узгодження антени Уда - Яги типу "хвильовий канал".
4. Дослідження характеристик випромінювання та узгодження рупорної, рупорно-лінзової антен та відкритого хвилеводу прямокутного поперечного перерізу.
5. Дослідження характеристик випромінювання однодзеркальної параболічної антени.
6. Дослідження характеристик випромінювання та узгодження логоперіодичної вібраторної антени.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. Конспект лекцій по курсу «Антени» Купрій О.М. 2019р
2. Modern Antenna Design, 2nd Edition. Thomas A. Milligan. ISBN: 978-0-471-45776-3 July 2005 Wiley-IEEE Press 640 Pages
3. Balanis C. Antenna Theory. Analysis and design. John Wiley & Sons Inc., 2005. 1073 с.
4. Бова М.Т., Резніков Г.В. «Антени та пристрої НВЧ». Київ. Вища Школа 1977, 1982pp - 260с.
5. "Rothammel's Antenna Book", Alois Krischke, DJ0TR, 1st Edition in English. 16-05-2019, German Bundesbank
6. Пристрої надвисоких частот та антени: Частина I. Антени: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів радіотехнічного факультету. Укл. Вунтесмері В.С., Купрій О.М., Мартинюк С.Є., Репа Ф.М. К. 2005 - 36 с.
7. Ільницький Л.Я., Савченко О.Я., Сібрук Л.В. Антени та пристрої надвисоких частот. Підручник для ВНЗ / За ред. Л.Я. Ільницького. - К.: Укртелеком, 2003. - 496 с.
8. Дорохов А.П. «Розрахунок та конструювання АФП». Харків. 1960 - 450с.
8. Дисертації на здобуття наукового ступеня «Кандидата технічних наук»: Ленівенка В.О., Кіма О.С., Пантова В.С., Мартинюк С.Є., Пельтая С.І. НТУУ «КПІ» РТФ кафедра ТОР.

Додаткова література:

Патент на корисну модель №1 "Вібраторна антена", який був виданий Державним патентним відомством України 30 червня 1995 р., отримали саме винахідники КПІ - Ф.Ф.Дубровка, В.М.Глуценко, О.М.Купрій

«Логоперіодичні вібраторні антени». Глушенко В.М., Дубровка Ф.Ф., Купрій О.М., Шренк О.Є. Вісті вищих учбових закладів «Радіоелектроніка». 1998. №8 - с. 12-26.

Пристрої надвисоких частот та антени: вузькосмугове узгодження комплексних навантажень

[Електронний ресурс] : методичні рекомендації до розрахунково-графічної роботи для студентів напряму підготовки 6.050901 «Радіотехніка» / НТУУ «КПІ», РТФ ; уклад. Д. О. Василенко. - Електронні текстові дані (1 файл: 2,25 Мбайт). - Київ : НТУУ «КПІ», 2015. - 60 с. - Назва з екрана. - Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/14431> (<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/14431>)

Antennenpraxis von G. Rothe, E Spindler Verlag Technik, Berlin, 1966.

Пристрої надвисоких частот та антени: широкосмгові пристрої узгодження [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до розрахунково-графічної роботи для студентів напряму підготовки 6.050901 «Радіотехніка» / НТУУ «КПІ», РТФ ; уклад. Д. О. Василенко. - Електронні текстові дані (1 файл: 734 Кбайт). - Київ : НТУУ «КПІ», 2015. - 52 с. - Назва з екрана. - Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/14432> (<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/14432>)

Сучасні методи аналізу, синтезу і оптимізації пристроїв надвисоких частот та антен: методичні рекомендації для студентів напряму підготовки 6.050901 «Радіотехніка» [Електронний ресурс]/ Д. О. Василенко. - К.: НТУУ «КПІ», РТФ, 2015. - 58 с. формату А4. - Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16419> (<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16419>)

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття:

#### Лекція № 1. Вступна частина

Призначення, основні функції та класифікація антен. Основні задачі теорії антен. Порівняльний аналіз антен різних частотних діапазонів за їх направленістю та коефіцієнтом корисної дії. Коротка характеристика програм для чисельного розрахунку антен.

Основні характеристики і параметри антен - фізичний зміст та математичне визначення.

- комплексна характеристика направленості (спрямованості) антени;
- коефіцієнти направленої дії, підсилення, корисної дії антени;
- поляризаційні характеристики антени;
- характеристика узгодження антени;
- робоча смуга частот антени;
- діюча довжина та площа антени;
- коефіцієнт використання площі антени;
- потужність випромінювання антени;
- опір випромінювання та вхідний опір антени;
- шумова температура антени;
- дальня зона та межа дальньої зони антени.

#### Лекція № 2. Теорія симетричного вібратора.

Розподіл струму та заряду за довжиною симетричного вібратора. Застосування підходу Кірхгофа-Гюйгенса для знаходження поля випромінювання симетричного вібратора. Його аналіз. Опір випромінювання, вхідний опір та коефіцієнт направленої симетричного вібратора, як функція його відносної довжини. Висновки.

**Лекція № 3.** Випромінювання із апертур прямокутної та круглої форм із різними законами розподілу амплітуд поля на апертурі та різними законами зміни фази поля на ній. Знаходиться згідно з підходом Кірхгофа-Гюйгенса. Аналіз діаграм спрямованості. Висновки.

**Лекція № 4.** Випромінювання антенних решіток (АР).

Загальні положення і визначення. Класифікація АР. Теорема перемноження діаграм спрямованості антенної решітки. Знаходження поля випромінювання прямолінійної, еквідистантної, рівноамплітудної, лінійнофазної АР та попередній аналіз діаграми спрямованості цієї АР.

**Лекція №5.** Антена Уда-Ягі (хвильовий канал). Конструкції, принципи дії, потенціальні характеристики, під'єднання антени до лінії живлення. Логоперіодичні антени. Конструкції, принципи дії, потенціальні характеристики, під'єднання антени до лінії живлення. Розрахунки. Апертурні антени: рупорні, рупорно-лінзові та лінзові антени. Конструкції, принцип дії, живлення, потенціальні характеристики. Однозеркальні параболічні антени. Конструкції, принцип дії, максимально- досяжні характеристики, живлення, застосування. Опромінювачі дзеркальних антен. Перспективи розвитку антен. Виставка антен ( лаб. 328-17.)

**Практичні заняття (Програмою не передбачені).**

**Лабораторні заняття (перелік назв):**

№ 1. Дослідження характеристик випромінювання систем вертикальних вібраторів в горизонтальній площині (площині магнітного поля).

№ 2. Дослідження характеристик випромінювання ромбічної антени.

№ 3. Дослідження характеристик узгодження та випромінювання антени Уда-Ягі «хвильовий канал» та її елементів.

№ 4. Дослідження характеристик випромінювання та узгодження рупорної, рупорно-лінзової антен та відкритого хвилевода прямокутного поперечного перерізу.

№ 5. Дослідження характеристик випромінювання однозеркальної параболічної антени.

№ 6. Дослідження характеристик випромінювання та узгодження логоперіодичної вібраторної антени.

Лабораторні роботи забезпечені методичними вказівками. [5]

Додатково в лабораторії № 328 каф. ТОР для студентів демонструється виставка антен розроблених студентами та викладачами кафедри.

## **6. Самостійна робота студента**

Студент повинен завчасно готуватися до лекцій та лабораторних робіт. Перед лекціями необхідно повторити матеріал попередньої лекції, а також виконати домашні завдання.

Домашні завдання до лабораторних робіт необхідно виконувати завчасно, а не напередодні цих занять.

Коротко описати конструкції, принципи дії та максимально досяжні характеристики і параметри: антени Уда-Ягі, логоперіодичної вібраторної антени, рупорної та однозеркальної параболічної антен (коефіцієнт направленої дії, смуги робочих частот, рівень бокових пелюсток). Вказати в яких діапазонах частот вони найбільш конкурентоздатні. Привести рисунки цих антен. Які лінії живлення використовуються в діапазонах частот її застосування.

Завдання виконати до початку лабораторних робіт.



### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Відвідування занять:

Відвідування лекційних та лабораторних робіт - обов'язкове. Лабораторні роботи, що пропущені, обов'язково відпрацьовуються в дні, що погоджені з викладачем. Пропущені заліки чи екзамени відмічаються в відомості «не з'явився» та складаються на додатковій сесії.

#### Оголошення результатів контрольних заходів.

Підведення підсумків проводиться під час співбесіди з викладачем. Після співбесіди оголошується результат. Підведення підсумків по лабораторним роботам проводиться з кожним студентом (-кою) індивідуально після оформлення ним (нею) протоколів лабораторних робіт шляхом співбесіди. Після співбесіди оголошується результат.

**Академічна доброчесність і норми етичної поведінки згідно з нормативними документами КПІ ім. Ігоря Сікорського.**

#### Процедура оскарження результатів контрольних заходів.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів шляхом подачі аргументованої заяви на ім'я заступника декана по роботі зі студентами Радіотехнічного факультету з письмовим поясненням незгоди в терміни, що визначені в університеті.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з дисципліни (РД) формується, як сума балів, отриманих в семестрі - спеціального рейтингу (РС) і екзаменаційних балів (РЕ):

$$РД = РС + РЕ.$$

Розмір стартової шкали РС = 45 балів.

Розмір стартової шкали РЕ = 55 балів.

Розмір шкали рейтингу з дисципліни РД = 100 балів.

#### Система рейтингових балів РС та критерії їх оцінювання:

##### 1. Виконання та захист самостійних робіт:

а) написання і оформлення роботи вчасно згідно вимог (самостійно) - 15 балів

б) написання і оформлення роботи вчасно з помилками (самостійно) - 10 балів

в) написання і оформлення роботи невчасно (несамостійно) < 10 балів.

##### 2. Виконання, оформлення і захист шести лабораторних робіт:

а) максимальна кількість балів - 30 (5 балів за кожен лабораторну роботу)

б) максимальна кількість балів за умов виконання, оформлення та захист робіт в терміни не пізніше двох тижнів після закінчення виконання робіт і кваліфіковані відповіді на захисті.

в) кількість балів знижується за захист робіт в неустановлений термін.

3. За 100% відвіданих занять (лекцій і лабораторних), а також вчасний захист лабораторних і самостійних робіт, оцінка, отримана на екзамені чи заліку, підвищується на 5 балів.

Максимальний рейтинг в семестрі складає РС = 45 балів.

- **Умови позитивної проміжної атестації:**

а) відвідування занять не менше 75%

б) залежить від учбового плану на семестр і розкладу занять.

- **Умови допуску до екзамену чи заліку:**

а) виконання і захист самостійної роботи, а також всіх лабораторних робіт

б) набуття не менше ніж 30 балів протягом семестру.

**Система рейтингових балів РЕ та критерії оцінювання**

На екзамені чи заліку виконується письмова робота з додатковою співбесідою. Кожне завдання містить два теоретичних запитання і одну задачу.

Максимальна оцінка:

1. За перше запитання - 20 балів
2. За друге запитання - 15 балів
3. Задача - 20 балів

Максимальний РЕ складає 55 балів.

Система рейтингової успішності доводиться до відома студентів на першій лекції семестру викладачем, що веде лекції.

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

В лабораторії антен кафедри для студентів працює постійно діюча виставка антен, що розроблені викладачами, співробітниками та студентами кафедри.

Лабораторія кафедри радіоінженерії

---

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено [Купрій О. М.](#);

Ухвалено кафедрою РІ (протокол № 06/2022 від 06.06.2022 )

Погоджено методичною комісією факультету/ННІ (протокол № 09-2022 від 2022-06-29 )