



# СТАТИСТИЧНА РАДІОТЕХНІКА (ПО 09)

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

<b>Рівень вищої освіти</b>	<i>Перший (бакалаврський)</i>
<b>Галузь знань</b>	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Обов'язкова професійної підготовки</i>
<b>Форма навчання</b>	<i>Очна і очна прискорена</i>
<b>Рік підготовки, семестр</b>	<i>3 курс, 5 семестр (очна форма) 2 курс 3 семестр (очна прискорена)</i>
<b>Обсяг дисципліни</b>	<i>Загальна кількість: 4 кредити ЄКТС / 120 год. Лекційних занять: 16 год. Лабораторних занять: 14 год. Практичних занять: 20 год. Самостійна робота студентів (СРС): 70 год.</i>
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	<i>Модульні контрольні роботи, залік поточний контроль / захист лабораторних робіт</i>
<b>Розклад занять</b>	<i>Лекції (один раз на два тижні починаючи з 1-го тижня Лабораторні роботи (один раз на два тижні бажано після лекції)</i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	<i>Лектор: к.т.н., доц. кафедри радіоінженерії <b>Літвінцев Сергій Миколайович</b> (<a href="mailto:Litvintsev.Sergii@LLL.kpi.ua">Litvintsev.Sergii@LLL.kpi.ua</a>), +38 094 821 37 72 Лабораторні роботи: к.т.н., доц. кафедри радіоінженерії <b>Літвінцев Сергій Миколайович</b> к.т.н., доц. кафедри радіоінженерії <b>Гусєва Олена Володимирівна</b> Практичні заняття: к.т.н., доц. кафедри радіоінженерії <b>Гусєва Олена Володимирівна</b></i>
<b>Розміщення курсу</b>	<i>Курс розміщено на платформі дистанційного навчання "Сікорський": <a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=2529">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=2529</a></i>

# Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна "Статистична радіотехніка" є однією з базових дисциплін, які необхідно знати будь-якому радіоінженеру. Цей предмет є базою, на якій будуються усі наступні знання і вміння, необхідні при роботі з випадковими сигналами та результатами будь-яких вимірювань.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

1) *Знання*: випадкова подія, випадкова величина, інтегральна функція розподілу, щільність імовірності, моменти, математичне сподівання, дисперсія, випадковий процес, моментні функції, характеристична функція, коваріаційна та кореляційна функції, спектральна густина потужності, білий шум, гаусівський нормальний процес, внутрішні шуми, оптимальна фільтрація.

2) *Уміння*: виконувати статистичну обробку результатів вимірювань, визначати параметри випадкового процесу, проводити кореляційний аналіз сигналів і спектральний аналіз випадкових сигналів, враховувати дію різних внутрішніх шумів на корисний сигнал, вміти визначати випадковий сигнал на виході лінійних та нелінійних кіл, а також створювати оптимальний фільтр при наявності шуму різного характеру.

3) *Досвід*: вільно використовувати статистичний апарат для обробки результатів вимірювання та теорію статистичної обробки при обрахуванні випадкових сигналів на фоні різноманітних шумів.

Відповідно до освітньо-професійних програм (ОПП) першого «бакалаврського» рівня вищої освіти, після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають набути наступних програмних **компетентностей**:

### Загальні компетентності (ЗК)

ЗК-2 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК-7 – Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК-8 – Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

### Фахові компетентності (ФК)

ФК-17 – Здатність застосовувати сучасні САПР для проектування, конструктивного синтезу та високоефективної багатопараметричної оптимізації антен, активних та пасивних пристроїв НВЧ.

### Програмні результати навчання (ПРН)

Згідно ОПП першого «бакалаврського» рівня вищої освіти в результаті засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати наступні **програмні результати навчання**:

ПРН1 – Аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач та практичних проблем статистичної радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов;

ПРН28 – Проводити інженерну оцінку та виробляти рекомендації для забезпечення електромагнітної сумісності декількох НВЧ систем.

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

В структурно-логічній схемі освітньо-професійної програми підготовки фахівця першого (бакалаврського) рівня вищої освіти навчальна дисципліна «Статистична

радіотехніка» входить до переліку обов'язкових дисциплін, спрямованих на формування професійних компетентностей фахівця.

*Пререквізити* – навчальна дисципліна має спеціалізований характер та викладається на 3-му курсі, 5 семестр навчання за освітньою програмою «Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Для оволодіння цією дисципліною необхідні знання з наступних дисциплін: "Математичний аналіз", "Основи теорії кіл", "Основи теорії електронних комунікацій та радіотехніки. Частина 2. Сигнали та процеси в радіотехніці", "Процеси в лінійних електронних схемах".

*Постреквізити* – знання, отримані за цією дисципліною, забезпечать оволодіння наступними дисциплінами: "Цифрове оброблення сигналів", "Електромагнітна сумісність", "Генерація, модуляція та кодування сигналів".

Є складовою частиною інтегральної компетентності першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Розділ 1. Випадкові подія та величина**

Тема 1.1. РСО

Тема 1.2. Випадкова подія

Тема 1.3. Термінологія

Тема 1.4. Чотири теореми імовірності

Тема 1.5. Випадкова величина

Тема 1.6. Інтегральна функція розподілу

Тема 1.7. Щільність імовірності

Тема 1.8. Моменти, математичне сподівання та дисперсія

#### **Розділ 2. Випадковий процес та його параметри**

Тема 2.1. Випадковий процес

Тема 2.2. Функція розподілу одновимірна

Тема 2.3. Щільність імовірності одновимірна

Тема 2.4. Моментні функції та їх властивості

Тема 2.5. Характеристична функція та її властивості

#### **Розділ 3. Багатовимірність, кореляція, ергодичність**

Тема 3.1. Щільність імовірності двовимірна та багатовимірна

Тема 3.2. Поняття кореляції

Тема 3.3. Стаціонарність

Тема 3.4. Ергодичність

Тема 3.5. Фізичний сенс моментів ергодичних випадкових процесів

#### **Модульна контрольна робота з розділів 1-3**

#### **Розділ 4. Кореляційний аналіз**

Тема 4.1. АКФ детермінованого сигналу

Тема 4.2. ВКФ детермінованого сигналу

Тема 4.3. Взаємний енергетичний спектр сигналів

Тема 4.4. Коваріаційна та кореляційна функції

Тема 4.5. ВКФ випадкових процесів

Тема 4.6. Коефіцієнт кореляції

Тема 4.7. Інтервал кореляції

Тема 4.8. Енергетичний спектр

Тема 4.9. Спектральна густина потужності

Тема 4.10. Ефективна ширина спектру

## **Розділ 5. Спектральний аналіз**

Тема 5.1. Формули Вінера-Хінчина

Тема 5.2. Білий шум

Тема 5.3. Експериментальне визначення статистичних характеристик  $m_1$ ,  $m_2$ , дисперсії

Тема 5.4. Характеристики гармонійної напруги з випадковою фазою

Тема 5.5. Експериментальне визначення статистичних характеристик  $W$

Тема 5.6. ВКФ сигналів

Тема 5.7. Взаємний енергетичний спектр сигналів та його властивості

Тема 5.8. Кореляційний приймач

Тема 5.9. Когерентний приймач

## **Розділ 6. Гаусовський процес і внутрішні шуми**

Тема 6.1. Гаусовський нормальний процес та його властивості

Тема 6.2. Тепловий шум

Тема 6.3. Теорема Найквіста

Тема 6.4. Узагальнена теорема Найквіста

Тема 6.5. Тепловий шум коливального кола

Тема 6.6. Дробовий шум

Тема 6.7. Флікер-шум

Тема 6.8. Методи еквівалентного представлення шумів

## **Модульна контрольна робота з розділів 4-6**

## **Розділ 7. Випадкові сигнали і лінійні кола**

Тема 7.1. Проходження випадкових сигналів через лінійні кола. Ефект нормалізації

Тема 7.2. Властивість стійкості нормального закону

Тема 7.3. Центральна гранична теорема Ляпунова

Тема 7.4. Спектрально-кореляційні характеристики випадкового сигналу на виході лінійного кола

Тема 7.5. Спектральний метод

Тема 7.6. Часовий метод

Тема 7.7. Диференціювання випадкового сигналу

Тема 7.8. Інтегрування випадкового сигналу

## **Розділ 8. Випадкові сигнали і нелінійні кола**

Тема 8.1. Що таке нелінійний безінерційний перетворювач (НБП)

Тема 8.2. Одновимірний  $W$  на виході НБП

Тема 8.3. Лінійний детектор як приклад

Тема 8.4. Моменти і характеристична функція на виході НБП

Тема 8.5. Двовимірний  $W$  на виході НБП

Тема 8.6. Спектрально-кореляційні характеристики випадкового сигналу на виході НБП

Тема 8.7. Прямий метод визначення АКФ

Тема 8.8. Метод характеристичних функцій (метод Райса)

Тема 8.9. Метод похідних (метод Прайса)

## **Розділ 9. Оптимальна фільтрація**

Тема 9.1. Амплітудне детектування гаусівського вузькосмугового шуму

Тема 9.2. Лінійний детектор

Тема 9.3. Квадратичний детектор

- Тема 9.4. Частотний детектор
- Тема 9.5. Оптимальна фільтрація
- Тема 9.6. Оптимальний фільтр на фоні білого шуму
- Тема 9.7. Оптимальний фільтр на фоні небілого шуму

## Залік

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Для підготовки до лекційних, лабораторних занять, модульних контрольних робіт, самостійної роботи тощо використовується базова та додаткова література (надалі – література). Література, яку треба використовувати для опанування дисципліни, опрацьовується студентами самостійно із застосуванням інтернет-ресурсів, на дистанційній платформі «Сікорський» із застосуванням платформи Moodle. За умов дистанційного навчання можна користуватися літературою, яка розміщена у електронному вигляді на університетських та зовнішніх носіях.

#### Базова рекомендована література

1. Васильєв В. М. Теорія ймовірностей в радіотехніці : підручник / В. М. Васильєв, С. Я. Жук. — К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. — 352 с.
2. Костенко П. Ю. Основи статистичної теорії інформаційно-вимірювальних радіотехнічних систем : підручник / П. Ю. Костенко, С. Я. Фалькович. — Харків : ХНУПС, 2021. — 612 с.
3. Волощук В. І. Сигнали та процеси в радіотехніці. — Т.1 / В. І. Волощук. — Х. : Компанія СМІТ, 2003. — 580 с.
4. Статистична радіотехніка: Конспект лекцій / Укл. О. С. Макаренко, С. М. Літвінцев. — К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. — 89 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Радіотехнічні кола і сигнали" для студентів спеціальності "Радіотехніка". Частина III // Укл. Ф.Д. Любич, Ю.Г. Кулешов, О.С. Макаренко. — К.: КПІ, 1993. — 36 с.

#### Допоміжна рекомендована література

1. Філіпський Ю. К. Випадкові процеси у радіотехнічних колах: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Ю. К. Філіпський. — Одеса : АО БАХВА, 2012. — 176 с.
2. Коваль Ю.О. Основи теорії кіл: підручник для студентів ВНЗ. Ч.1 / Ю. О. Коваль, Л. В. Гринченко, І. О. Милютченко. – Харків: ХНУРЕ; Колегіум, 2004. — 436 с.

## Навчальний контент

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

Для вивчення навчальної дисципліни заплановано проведення восьми лекційних, семи практичних, та шести лабораторних занять, під час яких студенти мають виконати модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт після їх виконання.

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	РСО, випадкова подія, термінологія, чотири теореми імовірності, випадкова величина, інтегральна функція розподілу, щільність імовірності

	Випадковий процес, функція розподілу одновимірної, щільність імовірності одновимірної, моментні функції та їх властивості, характеристична функція та її властивості
2	Багатовимірність, кореляція, ергодичність, щільність імовірності двовимірної та багатовимірної, поняття кореляції, стаціонарність, ергодичність, фізичний сенс моментів ергодичних випадкових процесів
3	АКФ детермінованого сигналу, ВКФ детермінованого сигналу, взаємний енергетичний спектр сигналів, коваріаційна та кореляційна функції, ВКФ випадкових процесів, коефіцієнт кореляції, інтервал кореляції, енергетичний спектр, спектральна густина потужності, ефективна ширина спектру
4	Формули Вінера-Хінчина, білий шум, експериментальне визначення статистичних характеристик $m_1$ , $m_2$ , дисперсії, характеристики гармонійної напруги з випадковою фазою, експериментальне визначення статистичних характеристик $W$ , ВКФ сигналів, взаємний енергетичний спектр сигналів та його властивості, кореляційний приймач, когерентний приймач
5	Гаусовський нормальний процес та його властивості, тепловий шум, теорема Найквіста, узагальнена теорема Найквіста, тепловий шум коливального кола, дробовий шум, флікер-шум, методи еквівалентного представлення шумів
6	Проходження випадкових сигналів через лінійні кола, ефект нормалізації, властивість стійкості нормального закону, центральна гранична теорема Ляпунова, спектрально-кореляційні характеристики випадкового сигналу на виході лінійного кола, спектральний метод, часовий метод, диференціювання випадкового сигналу, інтегрування випадкового сигналу
7	Що таке нелінійний безінерційний перетворювач (НБП), одновимірний $W$ на виході НБП, лінійний детектор як приклад, моменти і характеристична функція на виході НБП, двовимірний $W$ на виході НБП, спектрально-кореляційні характеристики випадкового сигналу на виході НБП, прямий метод визначення АКФ, метод характеристичних функцій (метод Райса), метод похідних (метод Прайса)
8	Амплітудне детектування гаусівського вузькосмугового шуму, лінійний детектор, квадратичний детектор, частотний детектор, оптимальна фільтрація, оптимальний фільтр на фоні білого шуму, оптимальний фільтр на фоні небілого шуму

### Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Основні поняття та теореми теорії імовірностей
2	Випадковий процес та його статистичні характеристики
3	Кореляційний та спектральний аналіз сигналів МКР-1
4	Кореляційні функції та енергетичні спектри. Час кореляції. Ефективна ширина спектра
5	Шуми
6	МКР-2 Проходження випадкових сигналів через лінійні кола
7	Проходження випадкових сигналів через безінерційні нелінійні кола Оптимальний фільтр

### Лабораторні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань	Години
-------	---	--------

1	Експериментальне вимірювання щільності імовірності сигналу	4
2	Дослідження основних характеристик випадкових процесів (комп'ютерний практикум)	2
3	Проходження сигналів і перешкод через лінійні кола	4
4	Проходження сигналів і перешкод через лінійні кола (комп'ютерний практикум)	3
5	Перешкодостійкість систем зв'язку з амплітудною модуляцією	4
6	Перешкодостійкість систем зв'язку з амплітудною модуляцією (комп'ютерний практикум)	3

### Платформа дистанційного навчання

Для кращого засвоєння матеріалу навчальної дисципліни в період дистанційної роботи, використовується електронна пошта, платформа дистанційного навчання «Сікорський» із застосуванням платформи Moodle, та платформа для проведення онлайн-зустрічей Google Meet та ZOOM, за допомогою яких:

- спрощується розміщення методичних рекомендацій, навчальних матеріалів, літератури тощо;
- здійснюється зворотній зв'язок зі студентами щодо навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- перевіряються і оцінюються виконані завдання;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, дотримання графіку подання навчальних/індивідуальних завдань та їх оцінювання.

### 6. Самостійна робота студента (СРС)

Самостійна робота передбачає: підготовку до лекцій та лабораторних занять; самоконтроль набутих знань; опрацювання рекомендованих джерел та літератури; підготовку до виконання модульних контрольних робіт; підготовку до заліку, тощо. На СРС виноситься проробка деяких теоретичних питань, установка на які надається під час лекції.

#### Підготовка до лекційних занять

Для підготовки до лекційних занять студенту необхідно опрацювати заплановану базу та допоміжну літературу, рекомендовані джерела. Перед лекціями необхідно повторити теоретичний матеріал, що був наданий у попередніх лекціях, або заданий наперед. На це студенту виділяється приблизно до 1 години на кожну тему дисципліни.

#### Підготовка до практичних занять

Для підготовки до практичних занять студенту необхідно опрацювати заплановану базу та допоміжну літературу, рекомендовані джерела по темі, яка виноситься на поточне практичне заняття. Домашні завдання, надані на практичних заняттях, необхідно виконувати до наступного заняття.

#### Підготовка до лабораторних занять

Студент повинен завчасно готуватись до лабораторних занять. Домашні завдання до лабораторних занять наведено в відповідному методичному посібнику. Завдання необхідно виконувати до початку відповідного лабораторного заняття.

## Модульна контрольна робота (МКР)

На підготовку до МКР відводиться до 2-х годин. МКР проводиться під час проведення поточного практичного заняття, наступного після проходження всіх тем, винесених на заплановану МКР. Перелік питань для підготовки до МКР надано у Додатку В.

## Залік

Залік проводиться в заліковий тиждень, наприкінці навчального семестру. Після написання студентами модульних контрольних робіт, за результатами набраних рейтингових балів за семестр або за рішенням викладача пише залікову роботу. На підготовку до заліку відводиться 6 годин СР. Перелік питань для підготовки до заліку надано у Додатку А. В період дистанційного навчання залік може бути проведений згідно графіку проведення сесії за допомогою Moodle та платформи для проведення онлайн-зустрічей Google Meet та ZOOM.

## Політика та контроль

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

#### Відвідування занять

Відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять — згідно Положенню про організацію освітнього процесу КПІ ім. Ігоря Сікорського. Мінімум раз на два тижні викладач проводить консультації з різних питань кредитного модулю. На консультаціях викладач може надавати допомогу з вивчення матеріалу занять, які були з тих чи інших причин пропущені студентами і мають опановувати їх самостійно.

У будь-якому випадку студентам рекомендується відвідувати усі види занять, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання домашніх завдань, контрольних та розрахункових робіт.

#### Правила виконання завдань

Опрацьовуючи навчальний матеріал навчальної дисципліни «Статистична радіотехніка», студенти:

1) на лекціях:

- виконують періодичні експрес-контролі залишкових знань з розділів навчальної дисципліни, що можуть включати в себе виконання або творчих завдань з питань, що не розглядалися на лекціях, або експрес-тестових завдань (протягом 5–10 хв. із застосуванням тестів на платформі «Сікорський»);

1) на практичних заняттях:

- виконують модульні контрольні роботи або в очному форматі, або із застосуванням платформи «Сікорський»;
- вирішують поставлені практичні задачі і зберігають отримані рішення для підготовки до заліку;

2) на лабораторних заняттях:

- готують домашні завдання за власним завданням на основі вивчення джерел та літератури;
- виконують завдання, поставлені до обов'язкового виконання відповідно до методичного посібника;
- зберігають отримані результати для подальшого оформлення звітів по результатам виконання лабораторних робіт.

Завдання та матеріали для проведення експрес-контролів/творчих завдань формуються викладачем на основі навчального матеріалу та подаються у Google Classroom або в іншій формі.

### Правила поведінки на заняттях

Опрацьовуючи матеріал навчальної дисципліни «Статистична радіотехніка» студенти на лекціях уважно слухають лектора та за потреби записують важливу інформацію, періодично виконують експрес-контролі в письмовій формі (протягом 5–10 хв.) та модульні контрольні роботи (МКР) із застосуванням платформи «Сікорський», або в очному форматі. Допускається діалог між студентами і викладачем у формі питань і відповідей.

На практичних заняттях студенти і викладач обговорюють поставлені практичні задачі і шляхом дискусії намагаються знайти найкращий варіант вирішення.

На лабораторних заняттях студенти виконують завдання, поставлені до обов'язкового виконання. Робота студента передбачає участь у інтерактивних формах організації навчального заняття (надання відповідей на запитання, які були поставлені викладачем або студентами). Очікується, що кожен студент має бути готовим по всім питанням лабораторного заняття, доповнюватиме доповіді інших студентів та висловлюватиме власну думку під час обговорення питань, що виникли під час виконання завдань.

Студентам дозволяється користуватися власними письмовими нотатками й конспектами. Допускається використання ноутбуків, планшетів, телефонів для реалізації навчальних цілей. При цьому варто намагатися висловлювати думку самостійно, а не зачитувати чужі тексти. Викладач критично аналізує виголошені доповіді, коментує допущені помилки, модерує дискусії між студентами.

Тематика лекцій, практичних і лабораторних занять висвітлена у робочій програмі дисципліни (силабусі), яка розміщена в Електронному кампусі, на вебсайті кафедри радіоінженерії, платформі «Сікорський» (Moodle, Google Classroom).

### Заохочувальні та штрафні бали

*Заохочувальні бали.* Студентів заохочують до самостійного вивчення питань, які не винесені як обов'язкові в курс даного предмету (використання такої технології при виконанні лабораторних робіт +5 балів максимум).

Заохочується участь студентів при вирішенні проблеми, яка виникла у багатьох студентів при виконанні практичних та/або лабораторних завдань (+1 бал за вирішення однієї проблеми).

Заохочується робота студентів по створенню нових методичних матеріалів (нові питання для тестів, пропозиції покращення, і т.п.), і пошуку помилок в існуючих методичних матеріалах (+1 бал за кожен пропозицію/знайдену помилку).

### Пропущені контрольні заходи

Результат для студента, який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. При пропуску контрольного заходу з поважної причини студенту надається можливість виконати його (написати МКР, відпрацювати лабораторну роботу) в присутності викладача. Якщо пропуск стався без поважної причини, особливо що стосується лабораторної роботи, то питання її відпрацювання вирішується з викладачем при погодженні з керівництвом кафедри. Пропущений залік не зараховується незалежно від причин пропуску; у такому випадку студент отримує запис у відомості «не з'явився», якщо має право допуску до заліку, то повинен скласти залік на додатковій сесії.

## Оголошення результатів контрольних заходів

Результати виконання МКР оголошуються по результатам перевірки. При спілкуванні наживо, за бажанням студента, він може отримати пояснення, в яких можна побачити свою оцінку за певними критеріями оцінювання.

Результати за виконану лабораторну роботу виставляються по закінченню її виконання та захисту.

## Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

## Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

### Поточний контроль

Поточний контроль здійснюється під час навчальних занять і має на меті перевірити рівень підготовки студентів до навчальних занять. Під час практичних і лабораторних занять проводиться опитування здобувачів освіти по питаннях теми. Модульні контрольні роботи проводяться два раз на семестр як контроль залишкових знань з найважливіших розділів навчальної дисципліни. Експрес-контроль у формі тестів проводиться після лекцій.

### Календарний контроль

Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу. Є два можливих результати календарного контролю: атестований (а) та неатестований (н/а). Результат залежить від кількості набраних балів на момент проведення календарного контролю відповідно до вимог КПІ ім. Ігоря Сікорського.

### Семестровий контроль

Семестровим контролем вважається залік.

### Оцінювання та контрольні заходи

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що отримуються за:

- 1) контроль залишкових знань шляхом виконання експрес-тестових завдань по матеріалам 8 лекцій із застосуванням тестів на платформі «Сікорський»;
- 2) роботи на 7 практичних заняттях;
- 3) роботи на 6 лабораторних заняттях;
- 4) модульні контрольні роботи.

Інформація по перерахованим пунктам, зведена в таблицю

№ з/п	Контрольний захід	Макс бал	Кількість	Всього
1.	Відвідування лекцій (тест після лекції)	1	8	8
2.	Робота на практичних заняттях	3	7	21
3.	Робота на лабораторних заняттях	10	6	60
4.	Модульна контрольна робота (МКР)	5,5	2	11
6.	Бонуси	10	1	10
7.	Залік (у випадку, коли не набрав 60)	40	1	40
	Всього без бонусів			100
	Всього з бонусами			110

Для того, щоб отримати найвищий рейтинг, студенту потрібно брати активну участь в практичних і лабораторних заняттях, активно доповнювати відповіді інших студентів, чітко й логічно висловлювати власну позицію з дискусійних питань, своєчасно виконувати МКР та експрес-контролі. Студенту дається одноразова можливість виконати МКР та експрес-контролі.

До зниження рейтингу студента призводить: невиконання МКР та експрес-контролів; неналежна підготовка до практичних і лабораторних занять; неточності, неповнота, помилки у відповідях чи ґрунтуваннях на не достовірних джерел.

Викладач оцінює роботу студента на кожному практичному і лабораторному занятті та виставляє бали за роботу та результати проведених МКР й експрес-контролів до модулю «Поточний контроль» Електронного кампусу. Результати першого і другого календарного контролю залежать від поточного рейтингу студента й заносяться викладачем до модулю «Календарний контроль» Електронного кампусу на восьмому й шістнадцятому тижнях навчання відповідно (див. Додаток С).

Студент може оскаржити оцінку викладача, подавши відповідну скаргу викладачу не пізніше наступного дня після ознайомлення студента з виставленою викладачем оцінкою. Скарга розглядатиметься за процедурами, встановленими університетом.

#### Умови допуску до семестрового контролю

Наявність кількості балів не менше 40 балів.

#### Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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)

Рекомендований перелік питань до семестрового контролю (заліку) надано в додатку А до силабусу.

### Рекомендації студентам

Працюючи на лекції студенту варто записувати основні терміни та поняття, фіксувати головні події запропонованої теми, конспектувати узагальнення та висновки, які робить викладач. Цей матеріал стане в пригоді під час підготовки до практичних і лабораторних занять, МКР, заліку, експрес-контролів.

Готуючись до практичного або лабораторного заняття студент має обов'язково опрацювати лекційний матеріал певної теми, бажано ознайомитись з додатковими ресурсами в мережі. При виникненні питань, виявленні незрозумілих положень необхідно обговорити їх з викладачем. На практичному і лабораторному занятті кожен студент має намагатися власноруч оволодіти тими практичними навичками, якими є можливість оволодіти. Не слід відмовлятися від відповіді на питання викладача. Навіть якщо студент не знає відповіді, доцільно спробувати відповісти, висловити свою думку, виходячи з власних знань, досвіду, логіки запитання тощо. Однак, варто пам'ятати, що незнання матеріалу дисципліни є суттєвим недоліком роботи студента і буде негативно впливати на його загальний рейтинг. Відповідальне ставлення до підготовки на кожне практичне і лабораторне заняття дає змогу не лише правильно засвоїти навчальний матеріал, але й зекономити зусилля при проходженні семестрового контролю.

Студентам може бути зарахована тема курсу при наявності сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою.

### Дистанційне навчання

Можливе синхронне та асинхронне дистанційне навчання з використанням платформ для відео-конференцій (Google Meet, Zoom, тощо) та освітньої платформи дистанційного навчання «Сікорський» (Moodle).

### Інклюзивне навчання

Інклюзивне навчання допускається.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Склав:** доцент кафедри РІ, Літвінцев Сергій Миколайович

**Ухвалено:** кафедрою радіоенженерії (протокол № 06/2025 від 17.06.2025 р.).

**Затверджено:** Вченою Радою РТФ (протокол № 06/2025 від 26.06.2025 р.)

## 10. Додаток А

Семестровий контроль проводиться шляхом проведення заліку. Залік складається з надання відповідей на три питання, які розміщені в заліковому білеті і затверджені на засіданні кафедри. Два питання теоретичні, третє питання практичне, і вимагає вирішення задачі за тематикою модулю.

Зразок залікового білету наведено нижче.

### Зразок залікового білету

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Рівень вищої освіти першого (бакалаврського)  
(назва ступеня)

Спеціальність *G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка*  
(код і назва напрямку підготовки)

Освітня програма *Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія*  
(код і назва спеціальності)

Навчальна дисципліна *Статистична радіотехніка*  
(назва)

**ЗАЛІКОВИЙ БІЛЕТ № \_\_\_\_\_**

- 1** *Питання з I блоку питань*
- 2** *Питання з II блоку питань*
- 3** *Задача з III блоку питань*

Затверджено на засіданні кафедри *Радіоінженерії*  
(назва кафедри)

Протокол № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_\_\_ » 202 \_\_\_\_\_ р.

Завідувач кафедри радіоінженерії \_\_\_\_\_  
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Залік складається з двох теоретичних питань і одної задачі, кожне з яких оцінюється в 20 балів. У випадку неоднозначної ситуації можливо додавання додаткового питання у вигляді задачі, яке оцінюється в 20 балів.

#### Теоретичне питання

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) — 25–30 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) — 19–24 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% та деякі помилки) — 12–18 балів;
- незадовільна відповідь — 0 балів.

#### Практичне завдання

- Практичне завдання вимагає від студента вирішення задачі за тематикою модуля.
- отримана правильна відповідь з усіма необхідними проміжними результатами і обрахунками (не менше 90% потрібної інформації) — 35–40 балів;
  - отримана правильна відповідь з частковими обрахунками (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) — 24–34 балів;
  - отримана частково правильна відповідь з частковими обрахунками (не менше 60% та деякі помилки) — 12–23 балів;

- отримана не правильна відповідь — 0 балів.

### Додаткове питання

- точне рішення — 19–20 балів;
- правильне рішення з незначними помилками — 15–18 балів;
- шлях рішення правильний, відповідь хибна — 10–14 балів;
- неправильне рішення — 0 балів.

### Питання для формування залікових білетів

#### *Питання з I блоку питань*

1. Випадкова подія, неможлива, достовірна, несумісна, протилежна.
2. Перша теорема додавання.
3. Друга теорема додавання.
4. Перша теорема множення.
5. Друга теорема множення.
6. Формула повної ймовірності.
7. Формула Байєса.
8. Інтегральна функція розподілу F.
9. Щільність ймовірності W.
10. Математичне очікування.
11. Дисперсія, СКО.
12. Випадкова подія vs випадковий процес.
13. Початкові моментні функції.
14. Центральні моментні функції.
15. Коварійна функція K.
16. Кореляційна функція R.
17. Характеристична функція  $\theta$ .
18. Стаціонарний випадковий процес.
19. Ергодичний випадковий процес.
20. Інтервал кореляції.
21. Формула Вінера-Хінчина.
22. Середня потужність стаціонарного випадкового процесу.
23. Ширина енергетичного спектра  $\Delta\omega$ .
24. Правило  $3\sigma$

#### *Питання з II блоку питань*

1. Властивість нормалізації лінійного кола.
2. Нормальний (гаусівський) випадковий процес.
3. Білий шум.
4. Тепловий, дробовий, фліккер-шум.
5. Коефіцієнт шуму та шумова температура.
6. Шумовий опір та шумова провідність.
7. Взаємозв'язок шумових властивостей.
8. Коефіцієнт передачі оптимального фільтра на фоні білого шуму.
9. Коефіцієнт передачі оптимального фільтра на фоні небілого шуму.
10. Імпульсна характеристика узгодженого фільтра.
11. Сигнал на виході узгодженого фільтра.
12. Оптимальний фільтр для прямокутного відеоімпульсу.
13. Оптимальний фільтр для прямокутного радіоімпульсу.
14. Оптимальний фільтр для послідовності імпульсних сигналів.

#### *Завдання з III блоку питань*

1. Обрахувати математичне сподівання випадкового сигналу
2. Обрахувати дисперсію випадкового сигналу

3. Провести кореляційний аналіз відомого сигналу
4. Провести кореляційний аналіз невідомого сигналу
5. Обрахувати тепловий шум пристрою
6. Обрахувати дробовий шум пристрою
7. Обрахувати флікер-шум пристрою
8. Обрахувати проходження випадкового сигналу через лінійне коло
9. Обрахувати енергетичний спектр випадкового сигналу після проходження через лінійне коло
10. Обрахувати параметри фільтра, оптимального для даного сигналу

Сума балів переводиться в оцінку згідно з таблицею:

<b>Семестрові або залікові бали</b>	<b>Залікова оцінка</b>
95–100	відмінно
85–94	дуже добре
75–84	добре
65–74	задовільно
60–64	достатньо
менше 60	незадовільно
Не захищено всі лабораторні роботи	не допущено

## 11. Додаток В

### МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з навчальної дисципліни

### СТАТИСТИЧНА РАДІОТЕХНІКА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ступеня «бакалавр»

форма навчання

*денна*

---

Під час проведення практичних занять, після завершення визначених тем, студентам дається одноразова можливість написати МКР, яка складається із тестових завдань. Протягом модуля проводиться дві МКР, кожна з яких оцінюється максимум 6 балів.

#### Завдання до МКР

Тестові завдання до МКР формуються з таких блоків:

##### *МКР-1*

1. Випадкова подія, неможлива, достовірна, несумісна, протилежна.
2. Перша теорема додавання.
3. Друга теорема додавання.
4. Перша теорема множення.
5. Друга теорема множення.
6. Формула повної ймовірності.
7. Формула Байєса.
8. Інтегральна функція розподілу  $F$ .
9. Щільність ймовірності  $W$ .
10. Математичне очікування.
11. Дисперсія, СКО.
12. Випадкова подія vs випадковий процес.
13. Початкові моментні функції.
14. Центральні моментні функції.
15. Коварійна функція  $K$ .
16. Кореляційна функція  $R$ .
17. Характеристична функція  $\theta$ .

##### *МКР-2*

1. Ергодичний випадковий процес.
2. Інтервал кореляції.
3. Формула Вінера-Хінчина.
4. Середня потужність стаціонарного випадкового процесу.
5. Ширина енергетичного спектра  $\Delta\omega$ .
6. Правило  $3\sigma$
7. Властивість нормалізації лінійного кола.
8. Нормальний (гаусівський) випадковий процес.
9. Білий шум.
10. Тепловий, дробовий, фліккер-шум.
11. Коефіцієнт шуму та шумова температура.
12. Шумовий опір та шумова провідність.
13. Взаємозв'язок шумових властивостей.

## 12. Додаток С

### РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

з навчальної дисципліни

#### СТАТИСТИЧНА РАДІОТЕХНІКА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ступеня «бакалавр»

форма навчання

денна

1. Рейтинг студента з навчальної дисципліни складається з балів, що він отримує за:
- контроль залишкових знань на 8 лекціях;
  - роботи на 7 практичних заняттях;
  - роботи на 6 лабораторних заняттях;
  - модульні контрольні роботи (МКР).

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи	
	кредити	акад. год.	Лекції	Практики	Лаб. роботи	СРС	МКР	Семестрова атестація
5	4	50	16	14	20	70	2 шт	залік

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) Відвідування лекцій (тест після лекції) — максимальна кількість балів —  $1 \times 8 = 8$ ;
- 2) Виконання та захист 6 лабораторних робіт, максимальна кількість балів —  $6 \times 10 = 60$ ;
- 3) Відвідування та робота на практичних заняттях, кількість балів  $7 \times 3 = 21$ ;
- 4) Дві модульні контрольні роботи (МКР), що поділяються на дві одногодичні контрольні роботи, максимальна кількість балів —  $5,5 \times 2 = 11$ ;

#### Система рейтингових балів

##### 1. Тестування рівня знань після кожної лекції

1.1. Тестування проводиться безпосередньо після проведення лекції. Час тестування — 72 години.

1.2. Тестування проводиться шляхом проходження тестів в системі Moodle на платформі Sikorskii (<https://do.ipk.kpi.ua>).

1.3. Питання в тестах відповідають темі проведеної лекції.

1.4. Максимально можлива кількість балів за одну лекцію — 1 бал.

##### 2. Лабораторна робота

2.1. Виконання домашнього завдання по лабораторній роботі — 1 бал (наявність файлу домашнього завдання або його присутність в звіті при виконанні офф-лайн).

2.2. Виконання лабораторної роботи.

— При виконанні роботи очно: 2 бали за всі виконані і працюючі завдання. Підтвердженням виконання є скріншоти в звіті.

— При виконанні роботи он-лайн: 1 бал за одне обов'язкове завдання (наявність файлу по завданню).

— Оформлення протоколу по результатам виконання лабораторної роботи.

2.3. Захист лабораторної роботи (існує варіант захисту через тестування):

– повне володіння матеріалом під час захисту (не менше 90% потрібної інформації) — 5 балів;

– часткове володіння матеріалом (не менше 80%) — 6 бали;

– часткове володіння матеріалом (не менше 70%) — 5 бали;

– задовільне володіння матеріалом (не менше 60%) — 4 бали;

– не задовільне володіння матеріалом (менше 60%) — 0 балів;

Захист в день виконання або на наступне заняття — +1 бал за одну лабораторну роботу (бонус).

Гарне оформлення протоколу лабораторної роботи (наявність всіх графічних побудов, ґрунтовних висновків) — 1 бал.

Невчасний захист роботи — -1 бал.

Лабораторна робота вважається успішно захищеною, якщо студент набирає 6 балів з 10 можливих. Якщо студент набирає менше 6 балів — потрібне повторне захищення роботи.

### *3. Модульна контрольна робота (МКР)*

– повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) — 5,5 бали;

– повна відповідь (не менше 80% потрібної інформації) — 5 балів;

– достатньо повна відповідь (не менше 70%) — 4 балів;

– неповна відповідь (більше 60%) — 3 бали;

– незадовільна відповідь — 0 балів.

### *4. Практичні заняття*

*Відвідування:*

– відвідування практичних занять — 1 бал за кожне заняття;

*Участь в процесі вирішення завдань:*

– вирішення задачі біля дошки — оцінюється оцінкою від 0 до 5. Всі оцінки підсумовуються та перераховуються з коефіцієнтом 0,2 до балів рейтингу;

– відповідь з місця "на плюс" — 1 "плюс" за кожну правильну відповідь. Всі "плюси" підсумовуються та перераховуються з коефіцієнтом 0,5 до балів рейтингу.

### *5. Заохочувальні та штрафні бали*

*Штрафні бали (під час військового часу не враховуються):*

– не вчасний захист лабораторних робіт — -1 бал за кожну;

– не вчасне написання або повторне написання МКР — -2 бали за кожну.

*Заохочувальні бали:*

– оригінальне вирішення МКР;

– оригінальне вирішення лабораторних робіт, або вирішення завдання додатково до наданого;

– запропоновано свій варіант тестів.

Студент не може отримати більше 10 штрафних або 20 заохочувальних балів!

Максимальна сума балів складає 100. Захист всіх лабораторних робіт є обов'язковою умовою допуску до заліку.

Студенти, які за семестр набрали більше 60 балів мають право отримати оцінку «автоматом», переведення балів в оцінки проводиться згідно з таблицею.

Студенти, які набрали менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, здають залік. При цьому бали за здачу заліку нараховуються в незалежності від роботи у семестрі, і ця рейтингова оцінка є остаточною, тобто під час виконання залікової роботи можна отримати менше балів, ніж було.