



РАДІОНАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ

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 навчання	заочна
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	3,5/105 (10 годин – лекції, 4 годин – лабораторні, 91 годин – СРС)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/модульна контрольна робота
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Васильєв Володимир Миколайович, +38(063)958-58-77, vasbelonovskij@gmail.com Лабораторні: д.т.н., проф. Васильєв Володимир Миколайович
Розміщення курсу	https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=6401

Програма навчальної дисципліни

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

Опис навчальної дисципліни. Авіація, космонавтика, морське і річкове судноплавство багато в чому залежать від точності і надійності вирішення задач навігації. Сучасні радіонавігаційні системи (РНС) мають високу точність і велику дальність дії. Особливе місце займають супутникові радіонавігаційні системи (СРНС).

Вивчення дисципліни «Радіонавігаційні системи» дає необхідну базу знань з застосування радіотехнічних систем для вирішення задач навігації, експлуатації радіонавігаційних систем а також їх дослідження та конструювання.

Мета навчальної дисципліни. Метою викладання дисципліни є формування у студентів системи знань з основ теорії навігації, методів та засобів радіонавігації, принципів роботи та використання радіонавігаційних систем дальньої та ближньої навігації, систем посадки літаків, а також знань з основ теорії та практики використання супутникових радіонавігаційних систем (GPS, ГЛОНАС).

Предмет вивчення: основи теорії навігації; радіотехнічні засоби та системи, що застосовуються для вирішення навігаційних задач.

Компетентності:

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 04);
- здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації (ФК 03);

- здатність здійснювати розробку сучасних радіотехнічних комп'ютеризованих систем, визначати їх технічні характеристики і параметри та застосовувати сучасні технології добування, передачі, прийому та відображення інформації (ФК 21).

Програмні результати навчання:

- розуміння та дотримання вітчизняних і міжнародних нормативних документів з питань розроблення, впровадження та технічної експлуатації інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних і радіотехнічних систем (ПРН 17);

- будувати моделі функціонування радіонавігаційних і радіолокаційних систем в умовах завад, розробляти алгоритми оптимального виявлення, розрізнення, оцінки невідомих параметрів і фільтрації сигналів в радіотехнічних системах різного функціонального призначення в умовах завад. Досліджувати ефективність отриманих алгоритмів оптимального виявлення, розрізнення, оцінки невідомих параметрів і фільтрації сигналів шляхом статистичного моделювання (ПРН 26);

- визначати основні параметри, особливості та розробляти основні вузли і підсистеми трансиверів і антени для сучасних радіолокаційних і радіонавігаційних систем добування інформації (ПРН 27);

- розробляти сучасні радіолокаційні і радіонавігаційні системи та системи передачі даних і цифрових телевізійних сигналів (ПРН 28).

У результаті вивчення даної навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- основ теорії навігації;
- радіотехнічних засобів та системи, що застосовуються для вирішення навігаційних задач;
- методів визначення навігаційних параметрів радіотехнічними засобами: радіокутометрія, радіодалекометрія, різницево-далекомірний метод, радіотехнічні методи вимірювання радіальних і кутових швидкостей;

- радіонавігаційних систем та їх характеристик: радіомаячні системи, пеленгаційні системи, системи ближньої навігації, системи дальньої навігації, системи посадки;

- супутникових методів радіонавігації, принципів навігаційних вимірювань за допомогою СРНС: далекомірний метод, різницево-далекомірний, псевдо-далекомірний;

- супутникових системи радіонавігації GPS, ГЛОНАС;

уміння:

- застосовувати методи та радіотехнічні засоби для вирішування навігаційних задач;
- досліджувати властивості сигналів в радіонавігаційних пристроях та системах;
- виконувати обробку результатів вимірювань радіонавігаційних приладів і систем та визначати (розраховувати) навігаційні параметри;

- визначати та аналізувати похибки вимірювань, досліджувати точність визначення навігаційних параметрів;

- аналізувати та давати рекомендації щодо використання радіонавігаційних систем в заданих навігаційних умовах.

досвід:

- застосування методів аналізу і розробки як радіонавігаційних пристроїв та систем, так і їх складових;

- математичного та комп'ютерного моделювання сигналів та процесів в радіонавігаційних системах;

- визначення робочих зон радіонавігаційних систем;

- шифрування та розшифровування даних радіонавігаційних систем відповідно до заданого протоколу;

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

Пререквізити навчальна дисципліна «Радіонавігаційні системи» базується на знаннях з таких дисциплін: «Математичний аналіз», «Електродинаміка та поширення радіохвиль», «Основи теорії телекомунікацій і радіотехніки», «Схемотехніка», «Проектування мікроконтролерних пристроїв в радіотехнічних комп'ютеризованих системах».

Постреквізити: дисципліна «Радіонавігаційні системи» є базовою з професійної підготовки бакалаврів за освітньо-професійною програмою «Радіотехнічні комп'ютеризовані системи» спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Методи радіокутометрії.

Тема 2. Методи радіодалекометрії.

Тема 3. Радіомаячні та пеленгаційні системи.

Тема 4. Всенаправлені азимутальні радіомаяки ДВЧ-діапазону VOR, DVOR.

Тема 5. Далекомірний радіомаяк DME.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Література базова:

1. Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування / Б. Гофманн-Велленгоф, К. Легат, М. Візер ; пер. з англ. за ред. : Я. С. Яцківа ; літ. ред. : О. Є. Смолінська. – Л.: ЛНУ ім. І. Франка, 2006. – 449 с.

2. Радіолокаційне та радіонавігаційне обладнання аеропортів: навч. посіб. / О.В. Зуєв, В. Г. Мелкумян, А.А.Семенов, О.В. Соломенцев. – К: НАУ, 2006. – 217 с.

3. Конін В.В. Системи супутникової радіонавігації / В.В. Конін, В.П. Харченко. – К.: Холтех, 2010. – 520 с.

4. Васильєв В.М. Радіонавігаційні системи: підручник / В.М. Васильєв. – К.: НТУУ «КПІ», 2023. – 338 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/56820>

5. Впровадження навігації, заснованої на характеристиках (PBN). Дорожня карта та стратегія України на 2013-2025 р. Державна авіаційна служба України: веб-сайт

<https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/Strategiya-ta-plan-vprovadzheniya-PBN.pdf>

6. Annex 10 to the Convention International Civil Aviation. Aeronautical Telecommunications. Volume I. Radio Navigational Aids, 6th Edition, July 2006 – 578 pp.

<https://store.icao.int/en/annexes/annex-10>

Література додаткова:

1. Безпека авіації / В.П. Бабак, В.П. Харченко, Ф.Й. Яновський та інші. – К.: Техніка, 2004. – 584 с.

2. Системи зв'язку та навігації: навч. посіб. /В.П. Харченко, Ю. М. Барабанов, М. А. Міхалочкін. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друку», 2009. – 216 с.

3. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден /В.О. Рогожин, В.М.Синеглазов, М.К. Філяшкін. – К.: НАУ, 2005. – 314 с.

4. Сумик М.М. Основи теорії радіотехнічних систем: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Радіотехніка». – Л.: Вид-во Нац. ун-ту «Львів. політехніка», 2005. – 240 с.

5. Васильєв В.М. Радіонавігаційні системи. Лабораторний практикум /В.М.Васильєв.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 78 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/56821>

6. Єдиний європейський повітряний простір: навч. посіб. /І.С. Биковцев, В.С. Дем'янчук, О.С. Желєзна та інші. – К.: Украерорух, 2011. – 400 с.

7. Правила технічної експлуатації наземних засобів радіотехнічного забезпечення в цивільній авіації України, (ПТЕ РТЗ ЦА – 2007). – К.: Державіаадміністрація, 2007.

Інформаційні ресурси

1. Науково-технічна бібліотека НТУУ «КПІ» ім. Г.І.Денисенка. Доступ з мережі університету: <http://servict.library.ntu-kpi.ua/documents/E041/doc>

2. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Каталог інформаційних ресурсів НТУУ «КПІ». Доступ з мережі університету: <http://direktori.kpi.ua/author/3398>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Тема 1. Методи радіокутометрії.

Фазовий метод радіокутометрії. Фазові радіопеленгатори з безпосереднім вимірюванням різниці фаз, з використанням ефекту Допплера. Диференційно-фазовий РП. Допплерівська радіомаячна кутомірна система.

Амплітудний методи радіокутометрії. Амплітудна пеленгація по мінімуму та по максимуму сигналів. Використання синфазної багатовібраторної антени. Амплітудна пеленгація методом порівняння. Рівносигнальні радіомаяки з випромінюванням амплітудно-модульованих коливань Амплітудо-фазовий метод кутотметрії. Фазо-кутомірна система з швидким обертанням ДСА. Частотний та часовий методи радіокутометрії.

Тема 2. Методи радіодалекометрії.

Фазовий, частотний, часовий та різницево-далекомірний методи радіодалекометрії. Фізична основа фазового та частотного методів вимірювання дальності. Вплив доплерівських зсувів частот на точність вимірювання дальності. Радіовисотомір з частотною модуляцією. Фізична основа фазового різницево-далекомірного методу. Фазова різницево-далекомірна РНС з частотним поділом каналів. Фазові різницево-далекомірні системи з часовим поділом каналів.

Тема 3. Радіомаячні та пеленгаційні системи.

Приводні радіостанції, призначення, задачі, що вирішуються, технічні характеристики. Структура ПРС, режими і принцип роботи. Бортове обладнання. Структурна схема автоматичного радіокомпаса, рамкова антена, гоніометр, індикатори.

Автоматичні радіопеленгатори, призначення, задачі, що вирішуються. Основні тактико-технічні данні радіопеленгаторів. Визначення пеленга в стандартному АРП, принцип визначення пеленга в доплерівському пеленгаторі, принцип виміру пеленгу фазовим доплерівським АРП. Структурна схема АРП, антенна система.

Радіонавігаційні системи ближньої навігації

Тема 4. Всенаправлені азимутальні радіомаяки ДВЧ-діапазону VOR, DVOR.

Призначення, задачі, що вирішуються системами VOR та DVOR. Принцип роботи радіомаяка VOR. Генерування навігаційних сигналів, спектр сигналу радіомаяка VOR. Структурна схема, функціональні вузли, що входять до складу VOR. Передавач радіомаяка VOR. Антена радіомаяка VOR та її елементи. Бортове обладнання.

Принцип роботи радіомаяка DVOR, відмінність від системи VOR. Імітація кругового руху антени електронним способом.. Структура DVOR, передавач радіомаяка, функціональний опис. Формування модульованих і немодульованих сигналів. Антенна система DVOR.

Тема 5. Далекомірний радіомаяк DME.

Призначення, задачі, що вирішуються системою DME. Основи функціонування далекомірного каналу. Робота наземний приємо-відповідача. Параметри сигналів DME. Бортовий приймач. Структурна схема маяка DME, процесори приємо-відповідача, монітора, програмні пакети, задачі, що вирішують. Схема приймача маяка DME, обробка сигналів, процесор обробки. Передавач маяка DME, схема передавача. Антенна система, конструкція, основні характеристики. Бортове обладнання.

Лабораторні заняття (комп'ютерний практикум)

1. Моделювання сигналів і діаграм направленості антен фазо-кутомірних систем.
2. Похибки кутомірно-далекомірних радіонавігаційних систем.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Методи визначення місцеположення об'єктів.	3
2.	Точність радіонавігаційних вимірів.	3
3.	Допплерівська радіомаячна кутомірна система.	4
4.	Радіомаяки з «опорним нулем». Частотний та часовий методи радіокутометрії.	4
5.	Вплив доплерівських зсувів частот на точність вимірювання дальності.	4
6.	Імпульсно-фазова різницево-далекомірна система «Loran-C».	4
7.	Допплерівський метод вимірювання кутової швидкості.	4
8.	Застосування градієнтний методу для оцінки точності.	4
9.	Авіаційні автоматичні радіокомпаси.	4
10.	Порівняльний аналіз різних видів АРП.	4
11.	Передавач радіомаяка VOR.	4
12.	Взаємодія наземного і бортового обладнання DVOR.	4
13.	Робота приймально-передавального обладнання DME.	4
14.	Схема азимутального каналу. Вимірювання азимуту на борту і на землі.	4
15.	Взаємодія обладнання радіомаякової системи посадки.	4
16.	Формування псевдовипадкового коду.	3
17.	Кодування інформаційних сигналів.	3
18.	Методи підвищення точності СРНС, диференціальний режим.	3
19.	Підготовка до лабораторних занять.	8
20.	Підготовка до МКР.	8
21.	Підготовка до заліку.	8
	Всього:	91

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Рекомендовані методи навчання: вивчення основної та допоміжної літератури за тематикою лекцій, розв'язування задач на лабораторних заняттях та при виконанні завдань. Студенту

рекомендується вести докладний конспект лекцій. Важливим аспектом якісного засвоєння матеріалу, відпрацювання методів та алгоритмів вирішення основних завдань дисципліни є самостійна робота. Вона містить читання літератури, огляд літератури за темою, підготовку до занять, контрольних заходів та заліку.

Правила відвідування занять. Студентам рекомендується відвідувати лекційні заняття і особливо лабораторні, оскільки на них в умовах колективного обговорення та вирішення завдань розвиваються необхідні уміння, досвід та навички. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

На лекції заборонено відволікати викладача від викладання матеріалу, усі питання, уточнення та ін. студенти задають в кінці лекції у відведений для цього час.

Призначення заохочувальних та штрафних балів. Заохочувальні бали виставляються за: активну участь на лекціях та лабораторних заняттях, участь у конкурсах робіт, підготовку та публікацію наукових статей і тезисів доповідей на наукових конференціях, участь в науково-дослідній роботі на тему, що відповідає темам дисципліни. Кількість заохочуваних балів не більше 10;

Штрафні бали можуть виставлятися за: невиконання або невчасне виконання завдань. Кількість штрафних балів не більше 10.

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>.

Навчання іноземною мовою Навчальна дисципліна «Сучасні радіонавігаційні системи та комплекси» передбачає її вивчення на українській мові. У процесі викладання навчальної дисципліни використовуються матеріали та джерела англійською мовою.

Студенти мають можливість отримати знання з окремих тем та розділів навчальної дисципліни на навчальних курсах платформи Coursera (<https://www.coursera.org>), Prometheus (<https://prometheus.org.ua>) та ін., у якості змішаного чи додаткового навчання згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/node/179>).

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

8.1. Види контролю

Поточний контроль: здійснюється шляхом опитування на лабораторних заняттях, при виконанні МКР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Календарна контроль студентів проводиться за значенням поточного рейтингу студента на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю, студент вважається атестованим.

Семестровий контроль: в п'ятому семестрі – залік.

8.2. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Оцінювання результатів навчання здійснюється за 100-бальною шкалою з подальшим переведенням до оцінок за університетською шкалою.
2. Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів.
3. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі.
4. Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.
5. Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.
6. Положення про рейтингову систему оцінки успішності доводиться на першому занятті з дисципліни.

8.3. Критерії нарахування балів

1. Виконання та захист лабораторних робіт (всього 2 роботи). Кожна лабораторна робота оцінюється із 30 балів:
 - повна відповідь – 28-30 балів;
 - достатньо повна відповідь або повна відповідь з незначними помилками – 23-27 балів;
 - неповна відповідь та незначні помилки – 18-22 балів;
 - неповна відповідь з істотними помилками – 8-17 балів;
 - зміст відповіді не відноситься до суті лабораторної роботи, або результати під час виконання роботи не отримані – 0 балів.
2. Модульна контрольна робота оцінюється із 40 балів:
 - правильно і повністю виконані всі завдання (не менше 90 % потрібної інформації) – 36-40 балів;
 - частково виконані завдання (не менше 75% потрібної інформації) – 30-35 балів;
 - завдання контрольної роботи виконані із помилками (не менше 60 % потрібної інформації) – 23-29 балів;
 - завдання контрольної роботи виконані з істотними помилками (не менше 40 % потрібної інформації) – 12-22 балів;
 - завдання не виконані або містять грубі помилки – 0 балів.
3. Сума максимально можливих балів контрольних заходів (пункти 1-2) протягом семестру (R_c) складає:

$$R_c = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

4. Умовою допуску до заліку є рейтингова оцінка не менша 40 балів і відсутність заборгованостей з лабораторних робіт та семестрового індивідуального завдання.
5. Складання заліку оцінюється із 100 балів. На заліку студенти відповідають на питання білету. Відповіді на запитання (завдання) оцінюються за такими критеріями:
 - «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 95 -100 балів;
 - «дуже добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації, або незначні неточності) – 94 - 85 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 70 % потрібної інформації, або незначні неточності) – 84 - 75 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 65 % потрібної інформації та деякі помилки – 65 - 74 балів;
- «достатньо» (менше 60 % потрібної інформації, помилки – 60 - 64 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 - 59 балів, залік вважається не зданий.

6. Після виконання залікової контрольної роботи здобувач отримує рейтингову оцінку з дисципліни R_D , що є більшою з оцінок, що отримані за результатами залікової контрольної роботи або за рейтингом R_C (п.3.14 ПОЛОЖЕННЯ про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського).

7. Рейтингова оцінка з дисципліни R_D переводиться до семестрової оцінки згідно з таблицею:

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)

Перелік питань для контролю якості засвоєння курсу дисципліни

1. Вкажіть ознаки, за якими класифікуються радіонавігаційні системи
2. Перелічіть задачі, які вирішуються за допомогою радіонавігаційних систем
3. Назвіть основні навігаційні параметри, за якими контролюються рухомі об'єкти.
4. Що таке навігаційний трикутник?
5. Поясніть фізичні основи фазового методу виміру кутів
6. Як впливає обертання антени на формування електромагнітного поля?
7. Поясніть фізичні основи амплітудного методу виміру кутів
8. Поясніть фізичні основи частотного методу виміру кутів
9. За яких умов з'являється доплерівський зсув частоти?
10. Поясніть фізичні основи фазового методу виміру відстані
11. Поясніть фізичні основи частотного методу виміру відстані
12. Поясніть фізичні основи часового методу виміру відстані
13. Які методи використовуються в радіовисотомірах?
14. Як визначається положення об'єкту за різницево-далекомірним методом?
15. Поясніть принцип виміру швидкості за доплерівським методом
16. Як визначається положення об'єкта з використанням кутомірних систем?
17. Як визначається положення об'єкта з використанням далекомірних систем?
18. Визначити призначення приводних радіостанцій (радіомаяків)
19. Визначити призначення радіопеленгаторів
20. Визначити призначення радіонавігаційних систем ближньої навігації
21. Чим відрізняються принцип роботи системи VOR і DVOR?
22. Поясніть принцип роботи системи DME
23. Визначити призначення систем посадки
24. Поясніть принцип формування глісади

25. Поясніть призначення та склад глобальної навігаційної супутникової системи
26. Вказати елементи орбіт супутників землі
27. Описати системи координат, що використовуються в супутникової навігації
28. Надати зміст навігаційних даних, що передається СРНС
29. Поясніть псевдодалекомірний спосіб визначення координат
30. Наведіть методи підвищення точності СРНС.

Дистанційний курс навчальної дисципліни розміщений на сайті:

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6401>

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Лабораторія для проведення практичних занять та досліджень основних положень радіонавігаційних систем розташована в аудиторії № 204 навчального корпусу №17. В лабораторії розгорнутий програмно-апаратний комплекс для математичного моделювання роботи та розрахунків основних параметрів радіонавігаційних систем.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф. кафедри РТС, д.т.н., проф. Васильєв Володимир Миколайович

Ухвалено кафедрою радіотехнічних систем (протокол № 06/22 від 14.06. 2022 р.)

Погоджено Методичною комісією радіотехнічного факультету (протокол № 06-2022 від 29.06.2022 р.)