

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой радиофизики



(Корчагин Ю.Э.)

подпись, расшифровка подписи

31.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.05. Методы и системы радионавигационных измерений

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.04.03 Радиофизика

2. Профиль подготовки/специализация:

Компьютерные методы обработки радиофизической информации

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра радиофизики

6. Составители программы: Захаров Александр Викторович, к.ф.м.н., доцент

7. Рекомендована: НМС физического факультета, прот. № 5 от 31.08.2024 г.

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

изучение принципов функционирования, особенностей построения, методов синтеза и анализа радионавигационных систем и устройств.

Задачи учебной дисциплины заключаются в изучении:

- принципов построения и функционирования радионавигационных систем;
- способов определения местоположения объектов в радионавигационных системах;
- методов радионавигационных измерений дальности, угловых координат и скорости объектов;

- точности различных методов радионавигационных измерений;
- влияния внешних факторов на точность радионавигационных измерений;
- особенностей различных видов радионавигационных систем.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Цикл, к которому относится дисциплина.

Вариативная часть блока Б1.

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам:

Студенты должны **знать**:

- основы теории вероятностей и математической статистики,
- теоретические основы радиотехники,
- основы теории излучения, распространения и рассеяния радиоволн.
- основы теории радиоприемных устройств.

Студенты должны **уметь**:

- применять знания, полученные при освоении базовых дисциплин, к новым дисциплинам и областям знания;
- владеть компьютером и современным программным обеспечением на уровне опытного пользователя;
- приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии, в том числе Интернет;

Студенты должны **владеть**:

- способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности;
- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии;
- способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;
- способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Коды	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способность принимать участие в разработке и научных исследованиях систем связи и телекоммуникаций	ПК-1.2	Владеть фундаментальными знаниями в области радионавигации	Знать: <ul style="list-style-type: none"> - особенности распространения радиоволн в различных физических средах; - принципы определения местоположения и скорости движения объектов в радионавигационных системах; - методы дальномерных, разностно-дальномерных и угломерных измерений в радионавигационных системах, - погрешности определения координат и скорости движения объектов для различных методов местоопределения.

				<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать знания в области радионавигации для определения эффективности различных видов радионавигационных систем в конкретных условиях; - оценивать точность определения местоположения объектов в различных условиях в зависимости от вида радионавигационной системы . <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами определения местоположения и скорости движения объектов в радионавигационных системах; - навыками оценки погрешности (точности) измерения местоположения и скорости движения объектов в радионавигационных системах.
		ПК-1.3	Проводить анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - характеристики радионавигационных систем, использующих различные методы определения местоположения; - достоинства и недостатки различных методов угломерных, дальномерных и разностно-дальномерных радионавигационных измерений ; - ограничения в точности различных методов определения местоположения. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать характеристики известных узлов и блоков радионавигационных систем с учетом их назначения и методов, используемых для определения местоположения; - оценивать погрешности определения координат местоположения объекта в зависимости от применяемого метода радионавигационных измерений. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - математическим аппаратом теории радионавигационных измерений; - методами расчета местоположения объекта по результатам измерений навигационных параметров в радионавигационных системах; - методами анализа технических решений известных блоков радионавигационных систем.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.

Форма промежуточной аттестации — зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3
Аудиторные занятия		64	-	-	64
в том числе:	лекции	38	-	-	38
	практические	26	-	-	26
	лабораторные	-	-	-	-
Самостоятельная работа		44	-	-	44
в том числе: курсовая работа (проект)		-	-	-	-
Форма промежуточной аттестации – – зачет		-	-	-	-
Итого:		108	-	-	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1.	Понятие о радионавигационных системах и измерениях	Задачи и средства радионавигации. Физические основы радионавигационных измерений. Основные навигационные элементы. Системы координат. Обобщенная схема радионавигационной системы.	-
1.2.	Радиотехнические методы определения местоположения объектов в радионавигационных системах	Методы определения местоположения. Угломерный метод. Дальномерный метод. Разностно-дальномерный метод. Угломерно-дальномерный метод. Точность методов определения местоположения. Погрешности определения линий положения и координат объектов при различных методах определения местоположения. Рабочие зоны радионавигационных систем. Влияние условий распространения радиоволн на точность навигационных измерений.	-
1.3.	Методы измерения направления в радионавигационных системах	Общая характеристика угломерных методов в радионавигационных системах. Радиопеленгационные и радиомаячные методы. Фазовые методы измерения угловых координат. Дифференциально-фазовый метод. Амплитудные методы измерения угловых координат. Амплитудно-фазовый метод измерения. Частотный метод измерения. Временной метод измерения. Комбинированные методы измерения. Примеры применения угломерных методов в радионавигационных системах	-

1.4.	Методы измерения дальности в радионавигационных системах	Общая характеристика дальномерных методов в радионавигационных системах. Фазовый метод измерения дальности. Частотный метод измерения дальности. Временной метод измерения дальности. Примеры применения дальномерных методов в радионавигационных системах	-
1.5.	Методы разностно-дальномерных измерений в радионавигационных системах.	Общая характеристика и особенности методов разностно-дальномерных измерений. Фазовый разностно-дальномерный метод. Импульсный разностно-дальномерный метод измерения. Импульсно-фазовый разностно-дальномерный метод измерения. Примеры применения разностно-дальномерных методов в радионавигационных системах.	-
1.6.	Методы измерения скорости в радионавигационных системах	Общая характеристика методов измерения скорости. Автономные системы измерения скорости объекта. Доплеровский (частотный) метод измерения скорости объекта. Корреляционный метод измерения скорости. Примеры применения методов измерения скорости в радионавигационных системах .	-
1.7.	Спутниковые глобальные радионавигационные системы	Классификация современных радионавигационных систем. Назначение и особенности различных типов радионавигационных систем. Спутниковые радионавигационные системы, их назначение и особенности. Низкоорбитальные системы первого поколения. Дифференциальный и интегральный доплеровские методы. Примеры систем первого поколения. Системы второго поколения и их особенности. Дифференциальный режим работы. Спутниковые радионавигационные системы GPS и ГЛОНАСС. Региональные и локальные варианты спутниковых радионавигационных систем.	-
1.8.	Наземные радиосистемы дальней навигации	Особенности наземных систем дальней навигации. Фазовые радионавигационные системы. Импульсно-фазовые радионавигационные системы. Дифференциальный режим работы. Проекты интеграции наземных и спутниковых радионавигационных систем.	-
1.9.	Наземные радиосистемы ближней навигации	Особенности наземных систем ближней навигации. Дальномерно-угломерные системы ближней навигации. Угломерные системы ближней навигации. Радиомаяки и радиопеленгаторы. Наземные радиопеленгаторы. Автоматические радиоконпасы.	-

		Радиомаячные системы посадки летательных аппаратов. Особенности построения систем посадки.	
1.10.	Автономные радионавигационные системы и устройства	Особенности автономных навигационных систем. Доплеровские измерители скорости и угла сноса летательных аппаратов.. Радиовысотомеры малых высот. Обзорно-сравнительные (корреляционно-экстремальные) радионавигационные системы. Системы навигации по рельефу местности. Системы навигации по картам местности.	-
2. Практические занятия			
2.1.	Радиотехнические методы определения местоположения объектов в радионавигационных системах	Методы определения местоположения. Угломерный метод. Дальномерный метод. Разностно-дальномерный метод. Угломерно-дальномерный метод. Точность методов определения местоположения. Рабочие зоны навигационных систем. Влияние условий распространения радиоволн на точность навигационных измерений.	-
2.2.	Методы измерения направления в радионавигационных системах	Фазовые методы измерения угловых координат. Дифференциально-фазовый метод. Амплитудные методы измерения угловых координат. Амплитудно-фазовый метод измерения. Частотный метод измерения. Временной метод измерения.	-
2.3.	Методы измерения дальности в радионавигационных системах	Фазовый метод измерения дальности. Частотный метод измерения дальности. Временной метод измерения дальности.	-
2.4.	Методы разностно-дальномерных измерений в радионавигационных системах.	Фазовый разностно-дальномерный метод. Импульсный разностно-дальномерный метод измерения. Импульсно-фазовый разностно-дальномерный метод измерения.	-
2.5.	Методы измерения скорости в радионавигационных системах	Доплеровский (частотный) метод измерения скорости объекта. Корреляционный метод измерения скорости.	-
2.6.	Спутниковые глобальные радионавигационные системы	Спутниковые радионавигационные системы GPS и ГЛОНАСС. Региональные и локальные варианты спутниковых радионавигационных систем второго поколения.	-
2.7.	Наземные радиосистемы дальней навигации	Фазовые радионавигационные системы. Импульсно-фазовые радионавигационные системы.	-
2.8.	Наземные радиосистемы ближней навигации	Дальномерно-угломерные и угломерные системы ближней навигации. Радиомаяки и радиопеленгаторы. Наземные радиопеленгаторы. Автоматические радиоконпасы. Радиомаячные системы посадки летатель-	-

		ных аппаратов.	
2.9.	Автономные радионавигационные системы и устройства	Доплеровские измерители скорости и угла сноса летательных аппаратов. Радиовысотомеры малых высот. Корреляционно-экстремальные радионавигационные системы.	-
3. Лабораторные занятия			

* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоят. работа	
1.	Понятие о радионавигационных системах и измерениях	2	-	-	2	4
2.	Радиотехнические методы определения местоположения объектов в радионавигационных системах	4	2	-	4	9
3.	Методы измерения направления в радионавигационных системах	6	3	-	6	13
4.	Методы измерения дальности в радионавигационных системах	6	3	-	6	15
5.	Методы разностно-дальномерных измерений в радионавигационных системах.	4	2	-	6	13
6.	Методы измерения скорости в радионавигационных системах	6	4	-	6	13
7.	Спутниковые глобальные радионавигационные системы	3	3	-	4	10
8.	Наземные радиосистемы дальней навигации	3	3	-	3	10
9.	Наземные радиосистемы ближней навигации	2	2	-	3	7
10.	Автономные радионавигационные системы и устройства	2	4	-	4	10
	Итого:	38	26	-	44	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Кроме прослушивания лекционного курса и выполнения заданий на практических занятиях, необходимо изучение методических материалов для самостоятельной работы, составленных для уг-

лубленного изучения данного курса. Во внеаудиторное время рекомендуются дистанционные формы общения с преподавателем и самостоятельный поиск информации в сети Internet.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

1. Радионавигационные системы. Учебник. Изд 2-е, перераб. и доп. / Под ред. П.А. Бакулева, А.А. Сосновского. – М.: Радиотехника, 2011. – 272 с.
2. Бакулев П.А. Радионавигационные системы. Учебник для вузов / П.А. Бакулев, А.А. Сосновский. – М.: Радиотехника, 2005. – 224 с.
3. Скрыпник О.Н. Радионавигационные системы воздушных судов / О.Н. Скрыпник. - М.: ИНФРА-М, 2014. – 240 с.
4. Радиотехнические системы. Учебник для вузов / Под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Академия, 2008 – 592 с.
5. Сосновский А. А. Авиационная радионавигация. Справочник / А. А. Сосновский, И. А. Хаймович. – М.: Транспорт, 1980. - 225 с.
6. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации / Ю.Г.Сосулин. – М.: Радио и связь, 1992. – 304 с.

б) дополнительная литература:

7. Бакулев П.А. Радиолокационные и радионавигационные системы / П.А. Бакулев, А.А. Сосновский. - М.: Радио и связь, 1994. –296с.
8. Беляевский Л.С. Основы радионавигации / Л.С. Беляевский, В.С. Новиков, П.В. Олянюк. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
9. Белавин О.В. Основы радионавигации / О.В. Белавин. – М.: Сов. радио, 1977. – 320с.
10. Ярлыков М.С. Статистическая теория радионавигации / М.С. Ярлыков. - М.: Радио и связь, 1985. - 344 с.
11. Шкирятов В.В. Радионавигационные системы и устройства / В.В. Шкирятов. - М.: Радио и связь, 1984. - 160 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского госуниверситета: электронно-библиотечная система. - URL: https://lib.vsu.ru/
2.	Электронно-библиотечная система «Лань» - URL : https://e.lanbook.com/ .
3.	Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» - URL : https://urait.ru/ .
4.	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека. - URL : https://biblioclub.ru/ .

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

1. Радионавигационные системы. Задачник по курсу / Под ред. П.А. Бакулева, А.А. Сосновского. – М.: Радиотехника, 2011. – 112 с.
2. Белавин О.В. Основы радионавигации / О.В. Белавин. – М.: Сов. радио, 1977. – 320с
3. Скрыпник О.Н. Радионавигационные системы воздушных судов / О.Н. Скрыпник. - М.: ИНФРА-М, 2014. – 240 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В процессе самостоятельной работы во внеаудиторное время рекомендуются дистанционные формы общения с преподавателем и самостоятельный поиск информации в сети Internet.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук HP Pavilion Dv9000, проектор BenQ MP575. Экран на треноге.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Понятие о радионавигационных системах и измерениях	ПК-1	ПК-1.2	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
2.	Радиотехнические методы определения местоположения объектов в радионавигационных системах	ПК-1	ПК-1.2	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
3.	Методы измерения направления в радионавигационных системах	ПК-1	ПК-1.2, ПК-1.3	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
4.	Методы измерения дальности в радионавигационных системах	ПК-1	ПК-1.2, ПК-1.3	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
5.	Методы разностнодальномерных измерений в радионавигационных системах.	ПК-1	ПК-1.2, ПК-1.3	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
6.	Методы измерения скорости в радионавигационных системах	ПК-1	ПК-1.2, ПК-1.3	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
7.	Спутниковые глобальные радионавигационные системы	ПК-1	ПК-1.2, ПК-1.3	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
8.	Наземные радиосистемы дальней навигации	ПК-1	ПК-1.2, ПК-1.3	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
9.	Наземные радиосистемы ближней навигации	ПК-1	ПК-1.2, ПК-1.3	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
10.	Автономные радионавигационные системы и устройства	ПК-1	ПК-1.2, ПК-1.3	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Перечень вопросов к зачету

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется в начале занятия путем *выборочного опроса* студентов по теме предыдущего занятия.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью *собеседования по списку вопросов*.

Перечень вопросов к зачету и порядок формирования КИМ

1. Задачи, методы и средства радионавигации. Обобщенная схема радионавигационной системы.
2. Основные навигационные элементы. Системы координат в радионавигации.
3. Дальномерный метод определения местоположения и его точность.
4. Разностно-дальномерный метод определения местоположения и его точность.
5. Угломерный метод определения местоположения и его точность.
6. Угломерно-дальномерный метод определения местоположения и его точность.
7. Погрешности определения линий положения и координат объектов при определении местоположения.
8. Рабочие зоны радионавигационных систем.
9. Влияние условий распространения радиоволн на точность радионавигационных измерений.
10. Фазовые методы измерения угловых координат и их применение. Дифференциально-фазовый метод.
11. Амплитудные методы измерения угловых координат и их применение.
12. Амплитудно-фазовый метод измерения угловых координат и его применение.
13. Частотный метод измерения угловых координат и его применение.
14. Временной метод измерения угловых координат и его применение.
15. Комбинированные методы измерения угловых координат и его применение.
16. Фазовый метод измерения дальности и его применение.
17. Частотный метод измерения дальности и его применение.
18. Временной метод измерения дальности и его применение.
19. Фазовый разностно-дальномерный метод местоопределения и его применение..
20. Импульсный разностно-дальномерный метод местоопределения и его применение..
21. Импульсно-фазовый разностно-дальномерный метод местоопределения и его применение.
22. Доплеровский (частотный) метод измерения скорости и его применение.
23. Корреляционный метод измерения скорости и его применение.
24. Низкоорбитальные спутниковые радионавигационные системы первого поколения.

25. Спутниковые радионавигационные системы GPS и ГЛОНАСС. Региональные и локальные варианты спутниковых радионавигационных систем второго поколения
26. Фазовые радионавигационные системы дальней навигации.
27. Импульсно-фазовые радионавигационные системы дальней навигации.
28. Дальномерно-угломерные и угломерные системы ближней навигации.
29. Наземные радиопеленгаторы. Автоматические радиоконпасы.
30. Радиомаячные системы посадки летательных аппаратов.
31. Доплеровские измерители скорости и угла сноса летательных аппаратов.
32. Радиовысотомеры малых высот.
33. Обзорно-сравнительные (корреляционно-экстремальные) радионавигационные системы.

Примечание. Контрольно-измерительные материалы (билеты) формируются из данного списка вопросов, по два вопроса на каждого экзаменуемого.

Описание технологии проведения.

В начале студент получает два вопроса из списка вопросов, выбираемых произвольно. После непродолжительной подготовки проводится собеседование с экзаменуемым по этим вопросам. Далее студенту предлагается ответить на несколько дополнительных вопросов.

Требования к выполнению, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом;
- 2) умение применять теоретические знания при решении практических задач.
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными исследований.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 2-х балльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p>Полный ответ на два произвольно выбранных вопроса из комплекта вопросов или незначительные погрешности в ответе, не указывающие на отсутствие общего понимания существа предмета.</p> <p>Обучающийся владеет понятийным аппаратом в данной области науки, теоретическими основами дисциплины, способен к решению типовых задач, дает правильные ответы на дополнительные вопросы, однако возможно допускает ошибки при отклонении вопроса от стандартного.</p>	Базовый уровень	Зачтено
<p>Отсутствие ответа (или ответ со значительными погрешностями) на один или оба произвольно выбранных вопроса из комплекта вопросов.</p> <p>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания или отсутствие знаний по теме предмета, допускает грубые ошибки при ответах на простые вопросы, не умеет решать даже типовые задачи.</p>	–	Не зачтено

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление/специальность 03.04.03 Радиофизика
шифр и наименование специальности

Дисциплина Б1.В.05. Методы и системы радионавигационных измерений
код и наименование дисциплины

Профиль подготовки
Компьютерные методы обработки радиофизической информации
в соответствии с Учебным планом

Форма обучения Очная

Учебный год 2025/2026


Ответственный исполнитель

Зав кафедрой радиофизики
должность, подразделение


_____ *подпись*

(Ю.Э. Корчагин) 31.08. 2024 г.
расшифровка подписи

Исполнители
Доц. каф. радиофизики
должность, подразделение


_____ *подпись*

(А.В. Захаров) 31.08. 2024 г.
расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП по направлению/специальности


_____ *подпись*

(Ю.Э. Корчагин) 31.08. 2024 г.
расшифровка подписи

Начальник отдела обслуживания ЗНБ


_____ *подпись*

(Н.В. Белодедова) 31.08. 2024 г.
расшифровка подписи

Программа рекомендована НМС физического факультета
(наименование факультета, структурного подразделения)

протокол № 5 от 27.06.2024 г.