МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Балахнинский филиал ННГУ

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«26» июня 2019 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Направленность (профиль) образовательной программы
ЭЛЕКТРОРАДИОТЕХНИКА

Квалификация

БАКАЛАВР

Формы обучения
ОЧНО-ЗАОЧНАЯ

Балахна
2019

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Пересмотренная рабочая программа утверждена на заседании учёного совета Балахнинского филиала ННГУ
10 июня 2020 г. Протокол № 6. Председатель учёного совета БФ ННГУ _____А.К. Балдин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры
Прикладной информатики, информационных технологий, радио- и электротехники БФ ННГУ

Протокол от 6 июня 2020 г. № 10
И.о. Зав. кафедрой _____Д.Н. Шуваев

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 2020 г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.03), ориентирована на подготовку выпускников к решению проектного типа задач профессиональной деятельности и частичное формирование компетенции ПК-1, определяемое индикаторами ПК-1.1, ПК-1.2.

Формирование компетенции ПК-1 начато при изучении дисциплины Общая энергетика (ПК-1.3) , будет продолжено при изучении дисциплин Переходные процессы в электроэнергетических системах (ПК-1.5), Электромагнитная совместимость в электроэнергетике (ПК-1.5), Электродинамика и распространение радиоволн (ПК-1.1, 1.2, 1.3), Основы компьютерного проектирования и моделирования электрорадиотехнических систем (ПК-1.4), Методы анализа, проектирования и моделирования ЭРТ систем (ПК-1.1, 1.2, 1.4), Теория автоматического управления (ПК 1.2, 1.3), Устройства сверхвысоких частот и антенны (ПК-1.4), Математическое моделирование и численные методы расчёта электрических сетей (ПК-1.1, 1.2, 1.3) и завершено в ходе выполнения Технологической и Преддипломной практик и подготовки Выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы).

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции**		**Наименование оценочного средства**
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	**Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен участвовать в проектировании объектов электротехники и электрорадиотехнических систем	ПК-1.1. Выполняет сбор и анализ данных для проектирования.	Знает общие положения теории колебаний. Умеет применять теорию колебаний в научно-практических работах по исследованию и анализу объектов профессиональной деятельности. Владеет методами анализа колебательно-волновых процессов.	Вопросы текущего контроля, вопросы и задачи промежуточной аттестации (экзамен)
	ПК-1.2. Обосновывает выбор целесообразного и оптимального решения.	Знает законы распространения электромагнитных колебаний. Умеет применять теорию колебаний в опытно-конструкторских работах по объектам профессиональной деятельности, обосновывая выбор целесообразного и оптимального решения. Владеет методами теории колебаний.	Вопросы текущего контроля, вопросы и задачи промежуточной аттестации (экзамен)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоёмкость дисциплины

	Очно-заочная форма обучения
Общая трудоёмкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа - КСР	34 16 16 2
самостоятельная работа	38
Промежуточная аттестация – экзамен	36

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	**Всего (часы)**	**В том числе по очно-заочной форме обучения**				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				**Самостоятельная работа обучающегося, часы**
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Линейные колебательные системы с одной степенью свободы	16	2	4		6	10
Спектральное представление сигналов	5	1	1		2	3
Колебательные системы с несколькими степенями свободы	5	2	1		3	2
Параметрические и нелинейные колебательные системы	4	1			1	3
Кинематика волн	14	3	4		7	7
Электромагнитные волны	26	7	6		13	13
КСР	2				2	
Промежуточная аттестация – экзамен	36					
Всего	108	16	16		34	38

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен)

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Подготовка к лекционным и практическим занятиям. Подготовка к прохождению и прохождение испытаний промежуточной аттестации.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	**Шкала оценивания сформированности компетенций**						
	плохо	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
	Не зачтено		**Зачтено**				
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объёме, превышающем программу подготовки.
Умения	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объёме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочётами, выполнены все задания в полном объёме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме без недочётов
Навыки	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошиб-	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочётами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недо-	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочётов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	ки.		чётами	недочётов.		

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
Не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1. Вопросы к экзамену для контроля сформированности компетенции ПКО-1

Вопросы	Код формируемой компетенции
1. Классификация колебаний. Единый подход к описанию колебаний различной физической природы.	ПК-1
2. Примеры линейных колебательных систем с одной степенью свободы. Уравнение линейного осциллятора.	ПК-1
3. Свободные (собственные) колебания гармонического осциллятора. Фазовый портрет. Превращения энергии при колебаниях.	ПК-1
4. Затухающие свободные колебания линейного осциллятора. Характеристики затухания. Фазовый портрет.	ПК-1
5. Апериодический и критический режимы свободных колебаний линей-	ПК-1

ного осциллятора. Фазовые портреты.	
6. Линейный осциллятор с «отрицательным» трением (пример – модель возбуждения струны смычком). Фазовые портреты.	ПК-1
7. Вынужденные колебания линейного осциллятора. Явление резонанса, резонансные кривые (пример - колебательный контур).	ПК-1
8. Фазовые соотношения при вынужденных колебаниях линейного осциллятора.	ПК-1
9. Сложение двух скалярных гармонических колебаний с близкими частотами. Биения.	ПК-1
10. Сложение двух взаимно-перпендикулярных гармонических колебаний с близкими частотами.	ПК-1
11. Процессы установления колебаний (переходные процессы): резонансный и нерезонансный случаи.	ПК-1
12. Решение уравнения гармонического осциллятора при произвольной вынуждающей силе.	ПК-1
13. Разложение периодической функции в ряд Фурье (пример - последовательность прямоугольных импульсов).	ПК-1
14. Представление непериодической функции интегралом Фурье (пример – прямоугольный импульс). Соотношение неопределенностей для преобразования Фурье.	ПК-1
15. Спектральное разложение как физическое явление. Отклик линейного осциллятора на произвольное внешнее воздействие. Колебательный контур как спектральный прибор. Опыт Мандельштама.	ПК-1
16. Принцип радиосвязи. АМ-сигнал и его спектр. Колебательный контур как селективный приемник радиосигналов.	ПК-1
17. Примеры связанных колебаний. Свободные колебания в системе двух связанных контуров. Нормальные колебания.	ПК-1
18. Вынужденные колебания в системе двух связанных контуров. Резонансная кривая. Динамическое демпфирование.	ПК-1
19. Энергетика параметрических колебательных систем (пример – скачкообразное изменение емкости в колебательном контуре). Параметрический резонанс (пример – колебательный контур с периодически изменяемой емкостью).	ПК-1
20. Примеры нелинейных осцилляторов. Особенности свободных колебаний нелинейного осциллятора: ангармонизм, неизохронность. Особенности вынужденных колебаний нелинейного осциллятора: генерация гармоник и субгармоник, гистерезис резонансной кривой. Автоколебания (пример – генератор Ван-дер-поля).	ПК-1
21. Волновое уравнение (одномерное и трехмерное). Бегущие недеформирующиеся волны: плоские, сферические, цилиндрические.	ПК-1
22. Дисперсия. Дисперсионное уравнение. Нормальная и аномальная дисперсии. Распространение волновых пакетов на примере тригармонической волны. Первое приближение теории дисперсии. Фазовая и групповая скорости.	ПК-1
23. Вывод волнового уравнения из уравнений Максвелла. Плоские бегущие синусоидальные волны. Дисперсионное уравнение. Показатель преломления. Поперечность волн. Связь между электрическим и магнитным полями. Импеданс. Поляризация.	ПК-1
24. Стоячая синусоидальная электромагнитная волна.	ПК-1
25. Теорема Пойнтинга, вектор Пойнтинга. Энергетика электромагнитных волн с примерами (бегущая и стоячая волна).	ПК-1
26. Излучение электромагнитных волн элементарным вибратором. Свой-	ПК-1

ства поля излучения. Диаграмма направленности, сопротивление излучения.	
27. Излучение одиночного заряда. Формула Лармора.	ПК-1
28. Решетки из вибраторов. Условия острой направленности излучения. Ширина главного лепестка диаграммы направленности.	ПК-1
29. Нормальное падение электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред. Согласование сред. Фазовые соотношения.	ПК-1
30. Наклонное падение электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред. Закон Снелля. Формулы Френеля.	ПК-1

5.2.2. Типовые вопросы текущего контроля сформированности компетенции ПКО-1

1. Классификация колебаний. Единый подход к описанию колебаний различной физической природы.
2. Примеры линейных колебательных систем с одной степенью свободы.
3. Уравнение линейного осциллятора.
4. Свободные (собственные) колебания гармонического осциллятора.
5. Фазовый портрет.
6. Превращения энергии при колебаниях.
7. Затухающие свободные колебания линейного осциллятора.
8. Характеристики затухания.
9. Апериодический и критический режимы свободных колебаний линейного осциллятора.
10. Линейный осциллятор с «отрицательным» трением (пример – модель возбуждения струны смычком).
11. Явление резонанса. Вынужденные колебания линейного осциллятора. Резонансные кривые.
12. Биения. Сложение двух скалярных гармонических колебаний с близкими частотами.
13. Сложение двух взаимно-перпендикулярных гармонических колебаний с близкими частотами.
14. Процессы установления колебаний (переходные процессы): резонансный и нерезонансный случаи.
15. Решение уравнения гармонического осциллятора при произвольной вынуждающей силе.
16. Разложение периодической функции в ряд Фурье.
17. Представление непериодической функции интегралом Фурье (пример – прямоугольный импульс).
18. Соотношение неопределенностей для преобразования Фурье.
19. Спектральное разложение как физическое явление.
20. Отклик линейного осциллятора на произвольное внешнее воздействие.
21. Колебательный контур как спектральный прибор.
22. Опыт Мандельштама.
23. Принцип радиосвязи.
24. АМ-сигнал и его спектр.
25. Колебательный контур как селективный приемник радиосигналов.
26. Примеры связанных колебаний.
27. Свободные колебания в системе двух связанных контуров.
28. Нормальные колебания.
29. Вынужденные колебания в системе двух связанных контуров.
30. Резонансная кривая.
31. Динамическое демпфирование.
32. Энергетика параметрических колебательных систем.
33. Параметрический резонанс.
34. Примеры нелинейных осцилляторов.
35. Особенности свободных колебаний нелинейного осциллятора: ангармонизм, неизохронность.

36. Особенности вынужденных колебаний нелинейного осциллятора: генерация гармоник и субгармоник, гистерезис резонансной кривой.
37. Автоколебания (пример – генератор Ван-дер-поля).
38. Волновое уравнение (одномерное и трехмерное).
39. Бегущие недеформирующиеся волны: плоские, сферические, цилиндрические.
40. Дисперсия.
41. Дисперсионное уравнение.
42. Нормальная и аномальная дисперсии.
43. Распространение волновых пакетов на примере тригармонической волны.
44. Фазовая и групповая скорости.
45. Плоские бегущие синусоидальные волны.
46. Дисперсионное уравнение.
47. Показатель преломления.
48. Поперечность волн.
49. Связь между электрическим и магнитным полями.
50. Импеданс.
51. Поляризация.
52. Стоячая синусоидальная электромагнитная волна.
53. Теорема Пойнтинга
54. Вектор Пойнтинга.
55. Энергетика электромагнитных волн с примерами (бегущая и стоячая волна).
56. Свойства поля излучения.
57. Диаграмма направленности, сопротивление излучения.
58. Излучение одиночного заряда. Формула Лармора.
59. Решетки из вибраторов.
60. Условия острой направленности излучения.
61. Ширина главного лепестка диаграммы направленности.
62. Нормальное падение электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред.
63. Согласование сред.
64. Фазовые соотношения.
65. Наклонное падение электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред.
66. Закон Снелля.
67. Формулы Френеля.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Горелик Г.С. Колебания и волны. – М.: Физматлит, 2007. – 656 с.
Режим доступа: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922107761.html (дата обращения: 26.08.2020).

2. Сборник задач по общему курсу физики. Электричество и магнетизм. Под ред. И. А. Яковлева. М.: Наука, 1977.
Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788221410.html [25.09.2019]

б) Дополнительная литература:

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981. – (djvu).
Режим доступа: http://www.newlibrary.ru/book/andronov_a_a___vitt_a_a___haikin_s_ye_/teorija_kolebanii.html [25.08.2020]

2. Каганов В.И. Колебания и волны в природе и технике. Компьютеризированный курс : Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2015. – 333 с. - ISBN 978-5-9912-0534-4 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991205344.html (дата обращения: 26.08.2020).

в) Программное обеспечение лицензионное и свободно распространяемое

- Операционная система Microsoft Windows
- Пакет прикладных программ Microsoft Office
- Правовая система «Консультант плюс»
- Браузер Google Chrome

г) Интернет-ресурсы

- Федеральный портал. Российское образование: http://www.edu.ru/;
- Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: http://www.gost. *ru/*.
- http://elektromehanika.org/
- Сайт Министерства энергетики РФ. - www.minenergo.gov.ru
- ЭБС «Юрайт». Режим доступа: http://biblio-online.ru
- ЭБС «Консультант студента». Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Лань». Режим доступа: http://e.lanbook.com/
- ЭБС «Znanium.com». Режим доступа: www.znanium.com

д) Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Электрика и электроэнергетика https://pomegerim.ru.
- «Техэксперт» – профессиональные справочные системы http://техэксперт.рус/ [26.10.19]
- ИС «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». Разделы:
  - Энергетика http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.27 [26.10.19]
  - Электротехника http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.30 [26.10.19]
- База данных Energy & Power Source для профессионалов в области энергетики и исследователей - http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple [26.10.19]
- Банк изобретений, технологий и научных открытий: http://www.ntpo.com [26.10.19]
- Научная электронная библиотека www.elibrary.ru [26.10.19]
- База данных рецензируемой литературы Scopus https://www.scopus.com [26.10.19]
- База данных Web of Science https://apps.webofknowledge.com [26.10.19]
- ГАРАНТ. Информационно-правовой-портал http://www.garant.ru/
- Правовая система «Консультант плюс»

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения, используемые при реализации дисциплины, представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий.

Лекционные и практические занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием (мультимедиа-проектор, экран, ноутбук).

Помещения (аудитории) для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключённой к сети «Интернет» и обеспеченной доступом в электронную информационно-образовательную среду вуза.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Автор – д.ф.-м.н., профессор М.И. Бакунов

Рецензент:
д.т.н., начальник отдела АО "Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения им. И. И. Африкантова" В.А. Панов

Программа утверждена на заседании объединённой методической комиссии Института открытого образования и филиалов университета, протокол № 13 от 29.04.2019 г.