

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

Авторы-составители: **Луногов Игорь Владимирович**

Рабочая программа дисциплины
ОСНОВЫ ТЕОРИИ КОЛЕБАНИЙ
Код УМК 58699

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Основы теории колебаний

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.03** Радиофизика
направленность Электроника, микро- и наноэлектроника

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Основы теории колебаний** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.03 Радиофизика (направленность : Электроника, микро- и наноэлектроника)

ОПК.3 Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Индикаторы

ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.03 Радиофизика (направленность: Электроника, микро- и наноэлектроника)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (3) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Основы теории колебаний

Аннотация

Курс "Основы теории колебаний" предназначен для студентов физического факультета направления "Радиофизика". В рамках курса рассматриваются вопросы, связанные с поведением колебательных систем, имеющих отношение к радиоэлектронике.

Раздел 1. Колебания в системе с одной степенью свободы

Основные определения. История становления и развития теории колебаний. Изоморфизм процессов в колебательных системах различной физической природы. Фундаментальная роль колебательных явлений в радиофизике, радиотехнике, квантовой радиоэлектронике.

Понятие колебательной системы. Построение моделей колебательных систем, направления их классификации. Общность математических моделей колебательных систем различной физической природы. Динамические аналогии.

Общие методы составления уравнений движения колебательных систем. Уравнения линейных систем с постоянными и переменными параметрами. Изохронность и неизохронность консервативных систем

1. Колебания в линейной консервативной системе с одной степенью свободы. Изохронность и неизохронность консервативных систем.

Дается общая классификация колебательных движений с точки зрения линейности и нелинейности, математического аппарата, описывающего колебания в системе, динамических свойств, изохронности и неизохронности колебательных систем.

2. Вынужденные колебания в линейной системе с одной степенью свободы

Рассматривается классификация вынужденных колебаний при силовом и параметрическом воздействии. Исследуются способы вхождения в резонанс за счет изменения частоты системы и частоты внешнего воздействия. исследуется влияние добротности системы на амплитуду колебаний.

Раздел 2. Исследование динамических систем методами фазового пространства

Рассматривается возможность исследования колебательных систем с помощью пространства переменных состояния

3. Отображения движений динамических систем в пространствах состояний.

Понятие фазового пространства и фазовых траекторий. Определение особых точек. Определение поведения системы в окрестности особых точек. Фазовые траектории для консервативных и диссипативных систем. Особые траектории.

4. Понятие о бифуркации. Фазовый портрет консервативной системы с одной степенью свободы

Экстремумы потенциальной энергии системы. Вид траектории в окрестности точек экстремума. Типы особых точек. Устойчивость и неустойчивость колебательных систем.

Раздел 3. Приближенные методы анализа колебательных систем

Рассматриваются приближенные методы исследования поведения слабонелинейных колебательных систем.

5. Асимптотические методы анализа нелинейных колебательных систем. Метод малого параметра. Основы теории возмущений.

Использование приращения по координате и частоте для приближенного анализа колебательных систем. Секулярные уравнения.

6. Исследование систем, близких к консервативным. Метод медленно меняющихся амплитуд. Стационарные состояния и их устойчивость

Предпосылки метода медленно меняющихся амплитуд (МММА). Критерии использования метода ММА. Укороченные уравнения. Стационарные состояния. Устойчивость стационарных состояний.

7. Метод медленно меняющихся амплитуд в полярных координатах. Применимость метода ММА

Особенности применения метода ММА в полярных координатах. Уравнения для амплитуды и фазы колебаний. Зависимость амплитуды и фазы от времени.

8. Вынужденные колебания в слабонелинейной системах с одной степенью свободы. Явление скачка и гистерезис в контурах с нелинейными реактивными параметрами. Метод гармонического баланса.

Качественный анализ поведения слабонелинейной системы при внешнем силовом воздействии. Мягкая и жесткая нелинейность слабонелинейной системы. Склетчатая кривая. Ограниченность амплитуды вынужденных колебаний. Скачки и гистерезис в колебательной системе.

Раздел 4. Системы с несколькими степенями свободы
Исследование поведения систем с многими степенями свободы.

9. Уравнения колебаний. Моды колебаний консервативной системы с 2-мя степенями свободы.

Моды колебаний консервативной системы с 2-мя степенями свободы. Зависимости нормальных частот и коэффициентов распределения от парциальных частот и степени связи между парциальными контурами (графики Вина). Связь и связанность, влияние малых потерь на характер колебаний. Вынужденные колебания в системах без потерь и с потерями.

10. Зависимости нормальных частот и коэффициентов распределения от парциальных частот и степени связи между парциальными контурами (графики Вина).

Рассматривается колебательная система с двумя степенями свободы при наличии индуктивной связи. Анализируется приближенное решение уравнения для нормальных частот и их связь с парциальными частотами при различных значениях расстройки нормальных частот относительно парциальных.

11. Связь и связанность, влияние малых потерь на характер колебаний.

Рассматривается система с двумя степенями свободы при наличии емкостной связи. Анализируется влияние коэффициентов емкостной связи на нормальные частоты и коэффициенты распределения энергии между нормальными координатами.

12. Вынужденные колебания в системе с двумя степенями свободы без потерь и с потерями.

Рассматривается особенность поведения колебательных систем с двумя степенями свободы при наличии внешней вынуждающей силы. Особенности резонанса при ортогональности внешних сил собственным колебаниям в системе.

Раздел 5. Автоколебательные системы

Рассматривается поведение автоколебательных систем в различных условиях

13. Линейные и нелинейные системы с обратной связью. Принцип действия автогенератора гармонических колебаний.

Отрицательное сопротивление. Способы компенсации потерь в колебательных системах. Автогенератор

на основе триода. Режимы работы автогенератора.

14. Параметрические системы. Параметрическая регенерация и дегенерация.

Параметрический резонанс. Устойчивость и неустойчивость колебательных систем

Компенсация потерь в колебательных системах за счет изменения параметра. Явление регенерации и дегенерации. Параметрический резонанс. Критерии устойчивости колебательных систем при параметрической накачке.

15. Когерентный и некогерентный режим работы параметрических усилителей.

Одноконтурный параметрический усилитель

Свойства параметрических систем в режимах регенерации и дегенерации. Возможности усиления сигнала с использованием холодного колебательного контура.

16. Ограничение амплитуды параметрических колебаний за счет нелинейной емкости и нелинейного трения

Свойства параметрических систем и их работа в виде генератора с мягким и жестким режимом возбуждения.

17. Двухконтурный параметрический усилитель. Энергетические соотношения

Мэнли-Роу.

Рассматриваются возможности использования двух связанных контуров в качестве усилителей сигнала на комбинационных частотах

Итоговое контрольное мероприятие

Проверка знаний по основным положениям дисциплины.

Свободные колебания в системе с одной степенью свободы. Классификация. Свободные колебания в консервативной системе с одной степенью свободы. Представление свободных колебаний в системе с одной степенью свободы на фазовой плоскости. Фазовый портрет движения в консервативной системе с одной степенью свободы. Примеры. Фазовый портрет колебаний в диссипативной системе с одной степенью свободы. Метод фазового пространства в исследовании динамических систем. Вынужденные колебания в диссипативной системе с одной степенью свободы. Классификация. Вынужденные колебания в системе с одной степенью свободы при силовом воздействии. Вынужденные колебания в слабо нелинейной системе при силовом воздействии. Метод гармонического баланса. Расчет резонансных кривых слабо нелинейной системы с линейным трением. Метод возмущений. Метод медленно меняющихся амплитуд (МММА). Укороченные уравнения. Стационарные состояния. Устойчивость стационарных состояний. Пример. Укороченные уравнения в полярных координатах. Обусловии применимости (МММА). Свободные колебания в линейных системах с двумя степенями свободы. Уравнение Лагранжа второго рода. Малые свободные колебания в консервативной системе с двумя степенями свободы. Нормальные колебания. Нормальные координаты. Виды связей в системе. Парциальные системы. Парциальные частоты. Коэффициенты связей. График Вина. Влияние связей на расстройку нормальных частот при резонансе парциальных. Связанность колебаний. Свободные колебания в системе с двумя степенями свободы при наличии трения. Действие внешних гармонических сил на систему без затухания. Вынужденные колебания в системах с двумя степенями свободы при наличии трения. Активные колебательные системы. Отрицательное сопротивление. Ламповый генератор. Уравнение Ван-дер-Поля. Стационарные состояния и их устойчивость. Параметрическая регенерация. Уравнение Матье. Параметрические системы. Когерентный и некогерентный случаи воздействия внешней вынуждающей силы. Ограничение амплитуды параметрических колебаний за счет нелинейного трения. Ограничение амплитуды параметрических колебаний за счет нелинейной емкости. Одноконтурный параметрический усилитель. Двухконтурный параметрический усилитель.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Стрелков С. П. Введение в теорию колебаний:учебник/С. П. Стрелков.-Санкт-Петербург:Лань,2005, ISBN 5-8114-0614-2.-440.-Библиогр.: с. 430
2. Основы теории колебаний:учебник для вузов/В. В. Мигулин [и др.] ; ред. В. В. Мигулин.-2-е изд., перераб..-Москва:Наука,1988, ISBN 5-02-013856-8.-391.-Библиогр.: с. 392
3. Иванов А. С. Основы теории колебаний: колебания динамических систем. Методы решения задач:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Радиофизика", "Физика", "Прикладная математика и физика"/А. С. Иванов.-Пермь:ПГНИУ,2017, ISBN 978-5-7944-2932-9.-1. <https://elis.psu.ru/node/436501>

Дополнительная:

1. Рабинович М. И.,Трубецков Д. И. Введение в теорию колебаний и волн:учеб. пособие/М. И. Рабинович, Д. И. Трубецков.-М.: Ижевск:Регулярная и хаотическая динамика,2000, ISBN 5-93972-012-9.-560.-Библиогр.: с. 528-557
2. Капранов М. В.,Кулешов В. Н.,Уткин Г. М. Теория колебаний в радиотехнике:учебное пособие для вузов/М. В. Капранов, В. Н. Кулешов, Г. М. Уткин.-Москва:Наука,1984.-320.-Библиогр.: с. 318
3. Гукенхеймер Дж.,Холмс Ф. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей/пер. с англ. А. П. Иванова и А. Д. Морозова.-М.; Ижевск:Ин-т компьютер. исслед.,2002, ISBN 5-93972-200-8.-560.-Библиогр.: с. 527
4. Харкевич А. А.Избранные труды.в 3 т. Т. 2.Линейные и нелинейные системы/А. А. Харкевич.-Москва:Наука,1973.-566

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://window.edu.ru/window/> Единое окно Доступа к информационным ресурсам

<http://eqworld.ipmnet.ru/> Международный научно-образовательный сайт EqWorld

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным услугам

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Основы теории колебаний** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

В учебном процессе для освоения дисциплины могут использоваться различные информационные технологии:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».
2. Программы для демонстрации видео материалов (проигрыватель) «WindowsMediaPlayer».
3. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome».
4. Офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В учебном процессе для освоения дисциплины могут использоваться компьютерное и мультимедийное оборудование: лекции готовятся в формате презентаций (MS Power Point), где отражаются ключевые содержательные моменты материалов курса.

Аудитория для проведения лекций и практических занятий, оснащенная презентационной техникой:

- 1) персональный компьютер или ноутбук с соответствующим программным обеспечением;
- 2) мультимедийное оборудование (проектор, экран);
- 3) маркерная доска и маркеры (или меловая доска и мел)

Аудитория для проведения мероприятий текущего контроля, индивидуальных (групповых) консультаций :

- 1) персональный компьютер или ноутбук с соответствующим программным обеспечением;
- 2) мультимедийное оборудование (проектор, экран);
- 3) маркерная доска и маркеры (или меловая доска и мел).

Аудитория для самостоятельной работы:

- 1) компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», с доступом в электронную информационно-образовательную среду ПГНИУ;

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Основы теории колебаний**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.3

Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать основы дифференциальных уравнений, уметь решать дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, владеть навыками приближенного решения динамических уравнений</p>	<p align="center">Неудовлетворител Фрагментарные знания основ дифференциальных уравнений, фрагментарные умения решать дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, фрагментарные навыки приближенного решения уравнений динамических систем</p> <p align="center">Удовлетворительн Частично сформированные знания основ дифференциальных уравнений, частично сформированные умения решать дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, частично сформированные навыки приближенного решения уравнений динамических систем</p> <p align="center">Хорошо Сформированные, но содержащие пробелы знания основ дифференциальных уравнений, сформированные, но содержащие пробелы умения решать дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, сформированные, но содержащие пробелы навыки приближенного решения уравнений динамических систем</p> <p align="center">Отлично Сформированные знания основ дифференциальных уравнений, сформированные умения решать дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, сформированные навыки приближенного</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично решения уравнений динамических систем

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	1. Колебания в линейной консервативной системе с одной степенью свободы. Изохронность и неизохронность консервативных систем. Входное тестирование	Проверка остаточных знаний по дифференциальным уравнениям, электричеству и радиоэлектронике
ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	3. Отображения движений динамических систем в пространствах состояний. Защищаемое контрольное мероприятие	знание свойств динамических систем
ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	6. Исследование систем, близких к консервативным. Метод медленно меняющихся амплитуд. Стационарные состояния и их устойчивость Защищаемое контрольное мероприятие	Знание принципов работы автоколебательных систем. Умение решать задачи на составление динамических уравнений автоколебательных систем. Владение приближенными методами анализа поведения автоколебательных систем

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	10. Зависимости нормальных частот и коэффициентов распределения от парциальных частот и степени связи между парциальными контурами (графики Вина). Защищаемое контрольное мероприятие	Знание свойств колебательных систем с N степенями свободы. Умение решать задачи по определению нормальных координат и частот.
ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Итоговое контрольное мероприятие Итоговое контрольное мероприятие	Знать общие свойства динамических и автоколебательных систем, колебательных систем с одной и N степенями свободы в задачах о собственных и вынужденных колебаниях. Уметь строить фазовые портреты динамических систем, ставить начальные условия и использовать базисные уравнения теории колебаний для решения стандартных задач. Владеть приближенными методами анализа колебательных систем.

Спецификация мероприятий текущего контроля

1. Колебания в линейной консервативной системе с одной степенью свободы.

Изохронность и неизохронность консервативных систем.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Допущено менее 10% ошибок при тестировании	81
Допущено менее 30% ошибок при тестировании	61
Допущено менее 50% ошибок при тестировании	41
Допущено более 50% ошибок при тестировании	0

3. Отображения движений динамических систем в пространствах состояний.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
4. Выделены сепаратрисы на фазовой плоскости	6
7. Определены начальные условия и найдены константы	6
3. Нарисованы фазовые траектории в окрестности особых точек	2
6. Найдено общее решение	2
5. Записано уравнение для указанной колебательной системы	2
2. Указаны особые точки, написан их тип и состояние равновесия системы	1
1. Нарисованы изоклины, показаны касательные к фазовым траекториям	1

6. Исследование систем, близких к консервативным. Метод медленно меняющихся амплитуд. Стационарные состояния и их устойчивость

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
3. Найти укороченные уравнения и стационарные состояния системы	6
5. Исследовать устойчивость стационарных состояний системы	5
6. Определить зависимость амплитуды колебаний от расстройки частоты	5
2. Определить масштаб времени и расстройку частоты	2
1. Записать динамическое уравнение для автоколебательной схемы по исходным данным ее параметров	2

10. Зависимости нормальных частот и коэффициентов распределения от парциальных частот и степени связи между парциальными контурами (графики Вина).

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
6. Определить нормальные координаты	9
3. Найти решение системы уравнений с определением нормальных частот	4
5. Определить парциальные частоты	2
1. Записать положительно определенные квадратичные формы для потенциальной и кинетической энергии колебательной системы	2
2. Записать систему уравнений	2
4. Определить коэффициенты связи в системе.	1

Итоговое контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **36 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
1. Представить развернутый ответ на поставленные в билете вопросы	14
4. Ответить на произвольный вопрос по курсу "Основы теории колебаний"	12
3. Ответить на дополнительный вопрос по одной тем билета	12
2. Ответить на дополнительный вопрос по каждому из двух вопросов билета	2