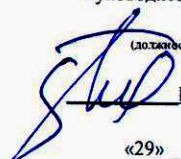


Кафедра №13

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель направления
доц., к.т.н., доц.
(должность, уч. степень, звание)

В.К. Пономарев
(подпись)
«29» мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Системы управления аэроупругими летательными аппаратами»
(Название дисциплины)

Код направления	24.03.02
Наименование направления/ специальности	Системы управления летательными аппаратами
Наименование направленности	Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации
Форма обучения	Очная

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

доц., к.т.н., доц.
должность, уч. степень, звание


подпись, дата

В.К. Пономарев
инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«29» мая 2023 г, протокол № 9

Заведующий кафедрой № 13

к.т.н., доц.
должность, уч. степень, звание


подпись, дата

Н.А. Овчинникова
инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 24.03.02(01)

доц., к.т.н., доц.
должность, уч. степень, звание


подпись, дата

В.К. Пономарев
инициалы, фамилия

Заместитель директора института (факультета) № 1 по методической работе

Ст. преподаватель
должность, уч. степень, звание


подпись, дата

В.Е. Таратун
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2023 г.

Аннотация

Дисциплина «Системы управления аэроупругими летательными аппаратами» является факультативной дисциплиной образовательной программы по специальности «24.03.02 «Системы управления летательными аппаратами» направленность «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации».

Дисциплина реализуется кафедрой №13.

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование общепрофессиональных компетенций:

ПК-2 «Способен разрабатывать проекты приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов и их составных частей»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами математического описания аэроупругих летательных аппаратов различных классов (самолетов, ракет, вертолетов), проектированию систем управления и анализу их динамических свойств.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа обучающегося, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания курса «Системы управления аэроупругими летательными аппаратами» является формирование у студентов общих теоретических и практических знаний в области проектирования, анализа и синтеза систем управления аэроупругими летательными аппаратами различных классов, ознакомление студентов с принципами и методами математического описания таких летательных аппаратов, изучение теории и вопросов практической реализации систем управления аэроупругими летательными аппаратами. Знакомство с последними достижениями в области математического описания и вычисления локальных аэродинамических нагрузок, программными средствами для численного анализа движения упругой конструкции, подверженной локальным нагрузкам в процессе полета.

1.2 Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

2. Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен разрабатывать проекты приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов и их составных частей	ПК-2.3.1 знать основы проектирования, конструирования и производства приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов; виды проектной документации

3.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Математика;
- Физика;
- Теоретическая механика;
- Основы моделирования приборов и систем;
- Гироскопические приборы и устройства;
- Основы теории управления;
- Основы прикладной гидро и аэродинамики;
- Динамика полета;
- Системы управления летательными аппаратами.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Моделирование приборов и систем летательных аппаратов;
- Надежность приборов и систем;
- Системы управления летательными аппаратами
-

3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№ 7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	1/ 36	1/ 36
<i>Аудиторные занятия</i> , всего час., <i>В том числе</i>	17	17
лекции (Л), (час)	17	17
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)		
Самостоятельная работа , всего (час)	19	19
Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет	Зачет

4. Содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Вводный раздел	4				2
Тема 1.1. Общие сведения об упругих аппаратах.					
Тема 1.2. Особенности задач автоматизации управления упругими					

аппаратами					
Раздел 2. Уравнения движения упругих аппаратов	4				5
Раздел 3. Программные средства для анализа динамических свойств упругих аппаратов	4				5
Раздел 4. Задачи и методы проектирования систем управления упругими летательными аппаратами	5				7
Итого в семестре:	17				19
Итого:	17	0	0	0	19

4.2 Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Вводный раздел</p> <p>Тема 1.1. Общие сведения об упругих аппаратах.</p> <p>Типы упругости и ее проявления. Пассивный и активный методы борьбы с упругостью. Понятие аэроупругости и аэросервоупругости. Колебания топлива в баках и их влияние на движение аэрокосмических аппаратов.</p> <p>Тема 1.2. Особенности задач автоматизации управления упругими аппаратами.</p> <p>Задачи парирования упругих колебаний. Задачи управления упругими колебаниями.</p>
2	<p>Раздел 2. Уравнения движения упругих аппаратов</p> <p>Постановка задачи об изгибных колебаниях корпуса ракеты. Дифференциальное уравнение изгибных колебаний. Уравнение сил и уравнение моментов. Собственные изгибные колебания корпуса ракеты в плоскости тангажа. Расчет форм и частот собственных изгибных колебаний. Преобразование уравнений движения ракеты в плоскости тангажа в бесконечномерную систему обыкновенных дифференциальных уравнений.</p>
3	<p>Раздел 3. Программные средства для анализа динамических свойств упругих аппаратов</p> <p>Использование программных средств, основанных на методах конечных элементов (ANSYS, COMSOL) для вычисления форм и частот собственных изгибных колебаний. Использование полученных данных для формирования модели в Simulink.</p>

4	<p>Раздел 4. Задачи и методы проектирования систем управления упругими летательными аппаратами</p> <p>Требования к системам управления упругими аппаратами. Метод нульфинитного демпфирования упругих колебаний. Методы оптимального управления. Сравнительная характеристика методов. Адаптивные алгоритмы и особенности их использования для управления аэрокосмическими аппаратами.</p>
----------	---

4.3 Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				

4.4 Лабораторные занятия

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено			

4.5 Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

4.6 Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 6, час
1	2	3
Самостоятельная работа, всего	19	19
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	15	15
курсовое проектирование (КП, КР)		
расчетно-графические задания (РГЗ)		
выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю (ТК)	4	4
домашнее задание (ДЗ)		
контрольные работы заочников (КРЗ)		

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке
629.76/78 Д46	Динамика ракет. Под общей редакцией В.П. Мишина М.: Машиностроение 1990 год, 464с.	10
629.7(ЛИАП) Х68	Хованский Ю.М, Пономарев В.К. Стабилизация летательных аппаратов. Лекции. 1979г.	176
629.7(ЛИАП) Х68	Хованский Ю.М, Пономарев В.К. Стабилизация летательных аппаратов. Лекции. 1981г.	28
629.7(ЛИАП) С28	Хованский Ю.М, Пономарев В.К. Системы управления летательными аппаратами. Лекции. 1983г.	18
629.7 Б75	Боднер, В.А. Системы управления летательными аппаратами / В.А. Боднер. М.:Машиностроение, 1973	65
629.7 С38	Синяков А.Н., Шаймарданов Ф.А. Системы автоматического управления ЛА и их силовыми установками. Учеб. для студ. вузов. – М.: Машиностроение, 1991	35
629.7 А99	Аэромеханика самолета: динамика полета: учебник для вузов / А. Ф. Бочкарев [и др.] ; ред. : А. Ф. Бочкарев, В. В. Андреевский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1985. - 360 с.	35

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ,

URL адрес	Наименование
http://www.mashin.ru/files/stranic_y_iz_efremov.pdf	Динамика полета. Учебник для студентов высших учебных заведений / А.В.Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко и др.; Под ред. Г.С.Бюшгенса.— М.: Машиностроение, 2011. 776с.:ил. ISBN 978-5-94275-580-5

8. Перечень информационных технологий

8.1 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Matlab
2	COMSOL

8.2 Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории
1	Лекционная аудитория	13-03
2	Мультимедийная лекционная аудитория	13-04

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1 Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов;

10.2 В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3 Типовые контрольные задания или иные материалы:

Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 15)

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. Зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Типы упругости и ее проявления.	ПК-2.3.1
2	Пассивный и активный методы борьбы с упругостью.	ПК-2.3.1
3	Понятие аэроупругости и аэросервоупругости.	ПК-2.3.1
4	Колебания топлива в баках и их влияние на движение аэрокосмических аппаратов.	ПК-2.3.1
5	Особенности задач автоматизации управления упругими аппаратами.	ПК-2.3.1
6	Задачи парирования упругих колебаний.	ПК-2.3.1
7	Задачи управления упругими колебаниями.	ПК-2.3.1
8	Постановка задачи об изгибных колебаниях корпуса ракеты.	ПК-2.3.1
9	Дифференциальное уравнение изгибных колебаний. Уравнение сил и уравнение моментов.	ПК-2.3.1
10	Собственные изгибные колебания корпуса ракеты в плоскости тангажа.	ПК-2.3.1
11	Расчет форм и частот собственных изгибных колебаний.	ПК-2.3.1
12	Преобразование уравнений движения ракеты в плоскости тангажа в бесконечномерную систему обыкновенных дифференциальных уравнений.	ПК-2.3.1
13	Использование программных средств, основанных на методах конечных элементов (ANSYS, COMSOL) для вычисления форм и частот собственных изгибных колебаний.	ПК-2.3.1
14	Использование полученных данных для формирования модели в Simulink.	ПК-2.3.1
15	Требования к системам управления упругими аппаратами.	ПК-2.3.1
16	Метод нульфинитного демпфирования упругих колебаний.	ПК-2.3.1
17	Методы оптимального управления.	ПК-2.3.1
18	Сравнительная характеристика методов управления упругими аппаратами.	ПК-2.3.1
19	Адаптивные алгоритмы и особенности их использования для управления аэрокосмическими аппаратами.	ПК-2.3.1

Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 17)

Таблица 17 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

1. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
	Учебным планом не предусмотрено

10.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;

- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине в форме зачета аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено». Список вопросов для подготовки к зачету представлен в разделе 11.4.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой