


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИВОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра №13

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель направления
ДОЦ, К.Т.Н. ДОЦ.

В.К. Пономарев
(подпись)
«29» 05 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Системы управления аэроупругими летательными аппаратами»
(Повышение дисциплины)

Код направления	24.05.06
Наименование направления/специальности	Системы управления летательными аппаратами
Наименование направленности	Приборы систем управления летательных аппаратов
Форма обучения	очная

Лист согласования работы программы дисциплины

Программу составил(а)

ДОЦ, К.Т.Н. ДОЦ.
должность, уч. степень, звание



А.И. Панферов
инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 13
«29» 05 2020 г, протокол № 9

Заведующий кафедрой № 13

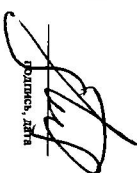
К.Т.Н.
должность, уч. степень, звание



Н.А. Орышников
инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 24.05.06(01)

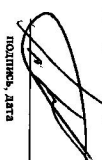
ДОЦ, К.Т.Н. ДОЦ.
должность, уч. степень, звание



В.К. Пономарев
инициалы, фамилия

Заместитель директора института (факультета) № 1 по методической работе

АССИСТЕНТ
должность, уч. степень, звание



В.Е. Таратун
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2020г.

Дисциплина «Системы управления аэроупругими летательными аппаратами» является факультативной дисциплиной образовательной программы по специальности «24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» направленность «Приборы систем управления летательных аппаратов». Дисциплина реализуется кафедрой №13. Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование

профессиональных компетенций:
 ПК-4 «Способность на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательных и подвижных аппаратов различного назначения как объектов-ориентации, стабилизации и навигации и создавать их математические модели движения, позволяющие прогнозировать тенденцию развития их как объектов управления и тактики их применения»;

ПК-12 «Способность проводить анализ подвижных аппаратов и разрабатывать опытные образцы приборов, систем и комплексов соответствующего профиля»,
 Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами математического описания аэроупругих летательных аппаратов различных классов (самолетов, ракет, вертолетов), проектирование систем управления и анализу их динамических свойств.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, самостоятельная работа обучающихся, 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. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, сопоставленных с планируемыми результатами освоения ОП

В результате освоения дисциплины обучающийся расширяет следующие компетенции:
 ПК-4 «Способность на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательных и подвижных аппаратов различного назначения как объектов-ориентации, стабилизации и навигации и создавать их математические модели движения, позволяющие прогнозировать тенденцию развития их как объектов управления и тактики их применения»;

знать – современные методы математического описания летательных аппаратов с учетом аэроупругости

уметь - создавать их математические модели движения;

владеть навыками – использования программными средствами для численного анализа движения упругой конструкции, подверженной локальным нагрузкам в процессе полета;

иметь опыт деятельности - использования соответствующих программных средств;

ПК-12 «Способность проводить анализ подвижных аппаратов и разрабатывать опытные образцы приборов, систем и комплексов соответствующего профиля»;

знать - методы анализа динамических свойств упругих подвижных аппаратов;

уметь - использовать программные средства для анализа динамических свойств упругих аппаратов;

владеть навыками – в использовании программных средств анализа динамических свойств упругих аппаратов;

иметь опыт деятельности - в использовании соответствующих программных средств;

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;
 - Пироконические 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 распределении этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№8	3
1	2		3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	1/36		1/36
Аудиторные занятия, всего час,	17		17
<i>В том числе</i>			
лекции (Л), (час)	17		17
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)			
лабораторные работы (ЛР), (час)			
курсовой проект (работы) (КП, КР), (час)			
Экзамен, (час)			
<i>Самостоятельная работа</i> , 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

Таблица 2 – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Разделы, темы дисциплины	Семестр 8				
	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Раздел 1. Вводный раздел Тема 1.1. Общие сведения об упругих аппаратах. Тема 1.2. Особенности задач автоматизации управления упругими аппаратами	4				2
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

Таблица 3 - 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	Раздел 2. Уравнения движения упругих аппаратов 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.
3	Раздел 3. Программные средства для анализа динамических свойств упругих аппаратов 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.
4	Раздел 4. Задачи и методы проектирования систем управления упругими летательными аппаратами Требования к системам управления упругими аппаратами. Метод нульфильтрации демпфирования упругих колебаний. Метод оптимального управления. Сравнительная характеристика методов. Адаптивные алгоритмы и особенности их использования для управления аэрокосмическими аппаратами.

4.3. Практические (семинарские) занятия
Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

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

4.4. Лабораторные занятия
Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

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

4.5. Курсовое проектирование (работы)
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, 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. 8–10.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1. Основная литература
Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке
629.7/6/78 Д46	Динамика ракет. Под общей редакцией В.П. Мишина М.: Машиностроение 1990 год. 464с.	10
629.7/УИАП) Х68	Хованский Ю.М, Пономарев В.К. Стабилизация летательных аппаратов. Лекции 1979г.	176
629.7/УИАП) Х68	Хованский Ю.М, Пономарев В.К. Стабилизация летательных аппаратов. Лекции 1981г.	28
629.7/УИАП) С28	Хованский Ю.М, Пономарев В.К. Системы управления летательными	18

	аппаратами. Лекция. 1983г.	
629.7 Б75	Болнер, В.А. Системы управления летательными аппаратами / В.А. Болнер. М.:Машиностроение, 1973	65
629.7 С38	Синяков А.Н., Шаймарданов Ф.А. Системы автоматического управления ДА и их силовыми установками. Учеб. для студ. вузов. – М.: Машиностроение, 1991	35

6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке
629.7 А99	Динамика полета. Учебник для студентов высших учебных заведений / А.В.Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко и др.; Под ред. Г.С.Бюштенга. — М.: Машиностроение, 2011. 776с. ил. ISBN 978-5-94275-580-5 http://www.mashin.tu/files/stranicy Iz_etf_emov.pdf	35
	Аэромеханика самолета. Динамика полета: учебник для вузов / А. Ф. Бочкарев, В. В. Андреевский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 360 с.	

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

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

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование

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

8.1. Перечень программного обеспечения

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	
2	Мультимедийная лекционная аудитория	

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ПК-4 «способность на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательных и подвижных аппаратов различного назначения как объектов ориентации, стабилизации и навигации и создавать их математические модели движения, позволяющие прогнозировать тенденции развития их как объектов управления и тактики их применения»	
5	Основы прикладной гидро- и аэродинамики

5	Аэромеханика
6	Теория гироскопов и гиростабилизаторов
7	Цифровые системы управления и обработки информации
7	Системы управления летательными аппаратами
8	Системы управления летательными аппаратами
8	Производственная практика (научно-исследовательская работа)
9	Производственная практика (научно-исследовательская работа)
9	Системы управления летательными аппаратами
ПК-12 «Способность проводить анализа подвижных аппаратов и разрабатывать опытные образцы приборов, систем и комплексов соответствующего профиля»	
3	Электротехника
4	Электротехника
5	Аэромеханика
5	Основы конструирования приборов
5	Основы прикладной гидро- и аэродинамики
6	Динамика полета
7	Системы управления летательными аппаратами
8	Системы управления летательными аппаратами
8	Производственная (конструкторская) практика
9	Системы управления летательными аппаратами
10	Производственная преддипломная практика

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно-рейтинговой системы Университета. В таблице 15 представлена 100-балльная и 4-балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
85 ≤ K ≤ 100	«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;

		<ul style="list-style-type: none"> - свободно владеет системой специализированных понятий.
70 ≤ K ≤ 84	«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; - указывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.
55 ≤ K ≤ 69	«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.
K ≤ 54	«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.

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

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

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета

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

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – 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

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

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

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

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

10.5. Методические материалы, определяющие последовательность оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержится в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области исследования, анализа и синтеза систем управления аэроупругими летательными аппаратами, а также 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, подтвержденной локальным нагружением в процессе полета.

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 целостное 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 различного 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.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется пессимистическое 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 программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

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