

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

Кафедра № 44

УТВЕРЖДАЮ
 Руководитель направления
 д.т.н., проф. _____
 (должность, уч. степень, звание)
 М.Б. Сергеев _____
 (инициалы, фамилия)

 (подпись)
 «05» марта 2020 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория оптимального управления»
 (Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	09.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Информатика и вычислительная техника
Наименование направленности	Вычислительные машины, комплексы, системы и сети
Форма обучения	заочная

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а) _____
 проф., д.т.н., доцент _____ «05» марта 2020 г _____
 (должность, уч. степень, звание) (подпись, дата) (инициалы, фамилия)
 Н. А. Балонин

Программа одобрена на заседании кафедры № 44
 «05» марта 2020 г, протокол № 5-19/20
 Заведующий кафедрой № 44
 д.т.н., проф. _____ «05» марта 2020 г _____
 (уч. степень, звание) (подпись, дата) (инициалы, фамилия)
 М.Б. Сергеев

Ответственный за ОП ВО 09.03.01(02)
 доц., к.т.н., доц. _____ «05» марта 2020 г _____
 (должность, уч. степень, звание) (подпись, дата) (инициалы, фамилия)
 Н.В. Соловьев

Заместитель директора института №4 по методической работе
 доц., к.т.н., доц. _____ «05» марта 2020 г _____
 (должность, уч. степень, звание) (подпись, дата) (инициалы, фамилия)
 А.А. Ключарев

Аннотация

Дисциплина «Теория оптимального управления» входит в образовательную программу высшего образования по направлению подготовки/ специальности 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» направленности «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети». Дисциплина реализуется кафедрой «№44».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-5 «Способен выполнять разработку технических документов, адресованных специалисту по информационным технологиям»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с получением студентами необходимых знаний и навыков в области компьютерного моделирования, как программного средства для решения практических задач по оптимизации технических систем).

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Получение студентами необходимых знаний и навыков в области теории оптимальных процессов, как математического и программного средства для решения практических задач, оптимизации информационных систем и аппаратно-программных комплексов

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

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

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

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-5 Способен выполнять разработку технических документов, адресованных специалисту по информационным технологиям	ПК-5.3.1 знать основы теории систем и системного анализа ПК-5.У.1 уметь анализировать техническую документацию, извлекать из нее сведения, необходимые для решения поставленной задачи ПК-5.В.1 владеть навыками составления описания информационной или математической модели

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математика. Математический анализ»
- «Физика»
- «Численные методы и вариационное исчисление»
- «Моделирование»

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

3. Объем и трудоемкость дисциплины

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)	3/ 108	3/ 108
Аудиторные занятия, всего час.	24	24
в том числе:		

лекции (Л), (час)	12	12
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	12	12
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	84	84
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач. Экз.**)	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Основы теории оптимизации Тема 1.1. Гносеологические аспекты теории оптимальных процессов	6		6		42
Тема 1.2. Оптимизация динамических систем Тема 1.3. Оптимизация информационных систем					
Раздел 2. Решение типичных задач Тема 2.1. Вариационные задачи механики Тема 2.2. Принцип максимума Понтрягина Тема 2.3. Экстремальные по детерминанту матрицы	6		6		42
Итого в семестре:	12		12		84
Итого	12	0	12	0	84

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Тема 1.1. Гносеологические аспекты теории оптимальных процессов История возникновения теории оптимальных процессов. Экстремальные свойства сингулярных чисел и векторов. Векторы, функции и линейные операторы в евклидовых и гильбертовых пространствах. Нормы функций и операторов. Оператор свертки. Операторы управляемости и наблюдаемости. Ганкелев оператор. Сопряженные операторы. Определение эллипсоида наблюдаемости и его свойства. Множество достижимости и эллипсоид управляемости. Тема 1.2. Оптимизация динамических систем Примеры задач оптимального управления. Классификация задач конечномерной оптимизации. Конечномерная безусловная оптимизация. Метод Ферма. Конечномерная условная оптимизация. Метод Лагранжа.

	Задача об экстремуме квадратичной формы на плоскости и на сфере. Общая задача об оптимальных начальных условиях. Тема 1.3. Оптимизация информационных систем. Роль матричной обработки в теории информации. Экстремальные малоуровневые матрицы. Классификация экстремальных матриц.
2	Тема 2.1. Вариационные задачи механики Вариационные задачи оптимального управления Классификация вариационных задач. Уравнение Эйлера. Вариационные задачи на условный экстремум. Операторные нормы линейных динамических систем. Задача о согласованном фильтре. Задача Булгакова при ограничении на энергию и на амплитуду. Задача Булгакова для управления экипажем. Тема 2.2. Принцип максимума Понтрягина Решение задач оптимального управления с помощью принципа максимума. Задача о максимальном быстродействии. Принцип максимума Понтрягина. Синтез оптимального регулятора с использованием уравнения Риккати. Наблюдающие устройства. Синтез регуляторов в пакетах класса MATLAB Тема 2.3. Экстремальные по детерминанту матрицы Возникновение оптимальных задач теории информационных процессов. Экстремальные по детерминанту матрицы и матрицы семейства Адамара. Взвешенные матрицы и матрицы Белевича. Малоуровневые матрицы нечетных порядков. Алгоритмы поиска экстремальных матриц. Возникновение новых теорий в начале XXI века. Потенциальное доказательство матричной гипотезы Адамара.

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				
Всего				

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7			
2	Современные средства 3D моделирования	1	1
3	Современные средства оптимизации в Интернет	1	1

4	Моделирование динамической системы	2	1
5	Принцип максимума Понтрягина	2	1
6	Оптимальное управление при квадратичном критерии	2	2
7	Задача оптимизации детерминанта	2	2
8	Алгоритмы оптимизации матриц	1	2
9	Средства визуализации математических расчетов	1	2
Всего		12	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы
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 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	44	44
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	16	16
Подготовка отчетов по лабораторным работам	16	16
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	8	8
Всего:	84	84

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/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
519.643 М 64	Ортогональные преобразования: учебное пособие / Балонин Н.А., Сергеев М.Б. ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб.: РИО ГУАП, 2018. - 57 с.	80
62.52 М 64	Новый курс теории управления движением / Балонин Н.А. - СПб.: Из-во С.-Петерб. ун-та, 2000, 160 с.	20
681.5 М 64	Моделирование линейных систем: учебное пособие с грифом Минобр. / Л. А. Мироновский; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб.: РИО	78

	ГУАП, 2009. - 248 с.	
004(075) М64	Введение в MATLAB [Текст] : учебное пособие / Л. А. Мироновский, К. Ю. Петрова ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2006. - 163 с.	90

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
http://livelab.spb.ru/gfom	Введение в ортогональные преобразования / Н.А. Балонин
http://mathscinet.ru/main/library	Библиотека математического центра Mathscinet.ru
http://znanium.com/bookread2.php?book=773106	Математическое моделирование технических систем : учебник / В.П. Тарасик. - Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2017. - 592 с.
http://e.lanbook.com/book/68465	Веремей, Е.И. Линейные системы с обратной связью. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2013. - 448 с.

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 R2012b

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	52-09
2		

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	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»	– 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»	– 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»	– 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.

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– 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 представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

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

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

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

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для дифф. зачета
1.	История возникновения теории оптимальных процессов.
2.	Экстремальные свойства сингулярных чисел и векторов.
3.	Векторы, функции и линейные операторы в евклидовых и гильбертовых пространствах.
4.	Нормы функций и операторов.
5.	Ганкелев оператор. Сопряженные операторы. ...
6.	Примеры задач оптимального управления.
7.	Конечномерная безусловная оптимизация. Метод Ферма.
8.	Конечномерная условная оптимизация. Метод Лагранжа.
9.	Задача об экстремуме квадратичной формы на плоскости и на сфере.
10.	Роль матричной обработки в теории информации.
11.	Экстремальные малоуровневые матрицы.
12.	Классификация экстремальных матриц.
13.	Вариационные задачи механики
14.	Классификация вариационных задач. Уравнение Эйлера.
15.	Принцип максимума Понтрягина
16.	Решение задач оптимального управления с помощью принципа максимума.
17.	Синтез оптимального регулятора с использованием уравнения Риккати.
18.	Экстремальные по детерминанту матрицы
19.	Возникновение оптимальных задач теории информационных процессов.
20.	Экстремальные по детерминанту матрицы и матрицы семейства Адамара.
21.	Взвешенные матрицы и матрицы Белевича.
22.	Малоуровневые матрицы нечетных порядков.
23.	Алгоритмы поиска экстремальных матриц.
24.	Возникновение новых теорий в начале XXI века.
25.	Потенциальное доказательство матричной гипотезы Адамара.
26.	
27.	
28.	
29.	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

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

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

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

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	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

11.1. 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 обучающимися 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.

Структура предоставления лекционного материала:

- Изложение теоретических вопросов, связанных с рассматриваемой темой
- Описание методов и программных средств компьютерного моделирования, применяемых для оптимизации управления
- Демонстрация примеров оптимального управления с применением методов и программных средств компьютерного моделирования
- Обобщение изложенного материала
- Ответы на возникающие вопросы по теме лекции

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Вариант задания по каждой лабораторной работе обучающийся получает в соответствии с номером в списке группы. Перед проведением лабораторной работы обучающемуся следует внимательно ознакомиться с методическими указаниями по ее выполнению. В соответствии с заданием обучающийся должен подготовить необходимые данные, получить от преподавателя допуск к выполнению лабораторной работы, выполнить указанную последовательность действий, получить требуемые результаты, оформить и защитить отчет по лабораторной работе

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен включать в себя: титульный лист, формулировку задания, теоретические положения, используемые при выполнении лабораторной работы, описание процесса выполнения лабораторной работы, полученные результаты и выводы

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

По каждой лабораторной работе выполняется отдельный отчет. Титульный лист оформляется в соответствии с шаблоном (образцом) приведенным на сайте ГУАП (www.guar.ru) в разделе «Сектор нормативной документации». Текстовые и графические материалы оформляются в соответствии с действующими ГОСТами и требованиями, приведенными на сайте ГУАП (www.guar.ru) в разделе «Сектор нормативной документации»

11.3. 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 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.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

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» 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