

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ
П. В. Луканин
« 28 » 06 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.В.ДВ.01.02

(индекс дисциплины)

Экстремальные задачи и выпуклый анализ

(Наименование дисциплины)

Кафедра: **1** Информационно-измерительных технологий и систем управления
Код (Наименование кафедры)

Направление подготовки: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника
Автоматизация и управление технологическими процессами и

Профиль подготовки: производствами ЦБП

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	216		
	Аудиторные занятия	92		
	Лекции	46		
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	46		
	Самостоятельная работа	124		
Промежуточная аттестация				
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	4		
	Курсовой проект (работа)			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		6		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная				6						
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным
государственным образовательным стандартом высшего образования
по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника

на основании учебного плана № А090601

Кафедра-разработчик: Информационно-измерительных технологий и систем управления
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: Сидельников В.И.
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Информационно-измерительных технологий и систем управления
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: Сидельников В.И.
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел: Смирнова В.Г.
(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
 Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области освоения аналитических методов математического анализа экстремальных задач для систем управления в частности с помощью теории выпуклого анализа.

1.3. Задачи дисциплины

- Рассмотреть основные положения математических методов современного анализа характеристик СУ.
- Раскрыть возможности применения выпуклого анализа для решения экстремальных задач в управлении.
- Продемонстрировать владение математическим аппаратом современной математики для исследования аналитического конструирования систем управления.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК- 1	Способностью осуществлять фундаментальные исследования в актуальных направлениях современных информационно-коммуникационных технологий	2
Планируемые результаты обучения Знать: 1) Основные методы решения экстремальных задач для СУ; 2) Основные положения выпуклого анализа функций, описывающих поведение СУ. Уметь: 1) рассчитывать основные характеристики СУ в экстремальных условиях. 2) Определять аналитические выражения при выпуклом анализе характеристик СУ Владеть: 1) математическим аппаратом при постановке экстремальных задач. 2) Выпуклым анализом для изучения СУ.		
ПК- 2	Способностью осуществлять научно-исследовательскую деятельность в смежных областях научного знания.	2
Планируемые результаты обучения Знать: 1) возможности использования математического исследования для создания современных СУ; 2) аналитический подход к синтезу и анализу сложных СУ. Уметь: 1) применять аппарат выпуклых функций для изучения сложных СУ; 2) ставить экстремальные задачи при управлении триадой "вещество – энергия - информация". Владеть: 1) научным подходом при анализе и синтезе сложных СУ; 2) методами системного подхода при изучении сложных СУ.		
УК- 1	Способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и	2

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
	практических задач, в том числе международных областях	
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p>Знать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) современные математические методы исследования сложных СУ; 2) возможности и способы совершенствования современных СУ. <p>Уметь:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) критически оценивать структуры, схемы, технические средства и характеристики современных СУ; 2) выбирать пути совершенствования СУ. <p>Владеть:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) новыми идеями при разработке СУ; 2) знаниями в междисциплинарных областях, полезных для совершенствования СУ 		

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Научно-исследовательская деятельность (ПК-1, ПК-2, УК-1)
- Современные информационные технологии (ПК-2)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Основные сведения об экстремальных задачах.			
Тема 1. Понятие экстремальных задач. Понятие экстремальных задач. Описание экстремальных задач науке и технике. Примеры постановки экстремальных задач при управлении.	15		
Тема 2. Основные подходы к решению экстремальных задач. Основные подходы к решению экстремальных задач. Математический аппарат для решения экстремальных задач. Исследования свойств решений экстремальных задач.	17		
Текущий контроль 1 Опрос	2		
Учебный модуль 2. Методы минимизации и аппроксимации экстремальных задач.			
Тема 3. Методы минимизации в функциональных пространствах. Теорема Вейерштрасса в функциональных пространствах. Методы минимизации. Градиент в задаче оптимального управления со свободным правым концом. Оптимальное управление процессами, описываемыми системой первого порядка с частными производными. Оптимальное управление процессами описываемыми уравнениями Гурса- Дарбу.	17		
Тема 4. Аппроксимация экстремальных задач. Разностная аппроксимация для одной квадратичной задачи оптимального управления. Общие условия аппроксимации. Регуляризация аппроксимацией экстремальных задач. Аппроксимация задачи быстрогодействия. Об аппроксимации максимальных задач.	17		
Текущий контроль 2 Опрос	2		
Учебный модуль 3. Основные характеристики выпуклого анализа.			
Тема 5. Основные свойства выпуклых множеств. Выпуклые функции: определения и свойства. Переход к выпуклым множествам, их характеристики. Опорные и индикаторные функции. Функции Минковского.	17		
Тема 6. Анализ основных характеристик выпуклых функций.	17		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Анализ основных характеристик выпуклых функций. Основные характеристики, условия отделимости выпуклых множеств в банаховых пространствах. Понятие производной по направлению. Субдифференциал выпуклой функции. Сопряженные функции. Поляры множества.			
Текущий контроль 3 Опрос	2		
Учебный модуль 4. Условия отделимости выпуклых множеств.			
Тема 7. Условия отделимости выпуклых множеств в банаховых пространствах. Условия отделимости выпуклых множеств в банаховых пространствах. Понятие производной выпуклых множеств. Субдифференциал выпуклых функций. Вычисление суммы и максимума нескольких функций.	17		
Тема 8. Понятие инфимальной конволюции. Понятие инфимальной конволюции. Определение инфимальной конволюции ее свойства. Понятие касательных конусов к множествам (нижних, верхних, Кларка).	17		
Текущий контроль 4 Опрос	2		
Учебный модуль 5. Метод множителей Лагранжа.			
Тема 9. Использование метода множителей Лагранжа для решения задач выпуклого программирования. Использование метода множителей Лагранжа для решения задач выпуклого программирования. Круг задач выпуклого программирования. Определение множителей Лагранжа. Использование функций заданных на банаховом пространстве.	17		
Тема 10. Условие отделимости множеств в банаховом пространстве. Исследование множеств для определения условий отделимости. Вычисление производных по направлению и субдифференциала суммы и максимума выпуклой функции.	17		
Текущий контроль 5 Опрос	2		
Учебный модуль 6. Обобщение выпуклых функций.			
Тема 11. Задачи выпуклого программирования. Понятия выпуклого программирования. Формулировка задач выпуклого программирования. Задачи выпуклого программирования.	15		
Тема 12. Характеристики выпуклых функций для решения задач выпуклого программирования. Локально выпуклые функции. Слабо и сильно выпуклые функции. Их свойства и особенности программирования. Обобщение задач выпуклого программирования.	17		
Текущий контроль 6 Опрос	2		
Промежуточный контроль Зачет	4		
ВСЕГО:	216		

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	4	2				
2	4	4				
3	4	4				
4	4	4				
5	4	4				
6	4	4				
7	4	4				
8	4	4				
9	4	4				
10	4	4				
11	4	4				

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
12	4	4				
ВСЕГО:		46				

3.2. Практические занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Экстремальные задачи: общие положения; применение к ситуациям управления	4	2				
2	Математические аппараты решения экстремальных задач	4	4				
3	Выпуклые множества как математический анализ решения экстремальных задач	4	4				
4	Теорема Хана-Банаха и ее следствие.	4	4				
5	Теорема отделимости и топологические свойства выпуклых функций.	4	4				
6	Замкнутые множества.	4	4				
7	Сопряженные функции (поляры).	4	4				
8	Теорема Минковского и Фенхеля-Моро.	4	4				
9	Сублинейные функции.	4	4				
10	Производная по направлению движения в СУ.	4	4				
11	Непрерывность выпуклых функций	4	4				
12	Субдифференциал и его использование	4	4				
ВСЕГО:		46					

3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрено.

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено.

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1, 2, 3, 4, 5, 6	Опрос	4	6				

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	4	60				

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Подготовка к практическим занятиям	4	60				
Подготовка к зачету	4	4				
ВСЕГО:		124				

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрено.

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ О.А.Васильева [и др.].— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 96 с.— (ЭБС «IPRbooks»: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26859>.)

б) дополнительная учебная литература

2. Высшая математика для экономистов [Электронный ресурс]: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям/ Н.Ш.Кремер [и др.].— М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2015.— 481 с.— (ЭБС «IPRbooks»: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52071>.)

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

Не предусмотрено.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL: <http://window.edu.ru/>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013
3. PTC Mathcad 15

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

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом
2. Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и выходом в Интернет

8.6. Иные материалы

Раздаточные материалы по темам семестра.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Проработка рабочей программы в соответствии с целями, задачами, структурой и содержанием дисциплины. Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; помечать важные мысли, выделять

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
	ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий: осуществлять с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии или на лабораторном занятии и др.
Практические занятия	На практических занятиях разъясняются теоретические положения дисциплины. Аспиранты приобретают навыки работы с информацией и анализом различных технических ситуаций Работа с конспектом лекций, с текстами из списка основной и дополнительной учебной литературы, подготовка ответов к контрольным вопросам и опросам, просмотр рекомендуемой литературы. Изучение материала дисциплины на занятиях с использованием компьютерных технологий.
Самостоятельная работа	Работа предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях в индивидуальном порядке. Расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и рекомендуемой литературе; а также подготовки к опросам и зачету. Самостоятельная работа выполняется индивидуально или под руководством и при участии преподавателя. Следует предварительно изучить методические указания по выполнению самостоятельной работы.

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК-1(2)	1. Знает основы, методы задач для САУ. 2. Владеет математическими методами с использованием информационных технологий. 3. Умеет пользоваться выпуклым анализом для определения характеристик САУ	1. Устное собеседование 2. Защита реферата.	1. Перечень вопросов к зачету (46 вопросов) 2. Темы рефератов (11 тем)
ПК-2(2)	1. Умеет проводить научно-исследовательскую работу. 2. Владеет математическим аппаратом исследования выпуклых функций для синтеза и анализа СУ. 3. Знает основы научных исследований в области экстремальных задач.	1. Устное собеседование 2. Защита реферата.	1. Перечень вопросов к зачету (46 вопросов) 2. Темы рефератов (11 тем)
УК-1(1)	1. Знает современные подходы к совершенствованию СУ. 2. Владеет способностью критически оценивать новые идеи при решении исследовательских и практических задач. 3. Умеет использовать международный опыт развития САУ.	1. Устное собеседование 2. Защита реферата.	1. Перечень вопросов к зачету (46 вопросов) 2. Темы рефератов (11 тем)

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
Зачтено	Обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания основных разделов дисциплины: описание и постановка экстремальных задач (ЭЗ), основные подходы к решению ЭЗ, методы минимизации и аппроксимации ЭЗ, методы поисков градиентов в ЭЗ, оптимальное управление процессами, описываемыми уравнениями Гурса-Дарбу, общие условия аппроксимации (регуляризация и быстроедействие), аппроксимация максимальных задач, основные характеристики выпуклого анализа, анализ основных характеристик выпуклых функций (субдифференциал, сопряжение, поляры множества), условия отделимости выпуклых множеств, вычисление суммы и максимума нескольких функций, понятие инфимальности конволюции, исследование выпуклых функций методом множителей Лагранжа решение их с помощью программного продукта (с использованием банахового пространства), условия отделимости множеств в банаховом пространстве (вычисление производных по направлению, субдифференциале суммы и максимуме выпуклой функции), обобщение выпуклых функций, задачи выпуклого программирования, характеристики выпуклых функций для решения задач выпуклого программирования, а также проявляет творческий интерес к использованию аппарата исследования СУ с помощью экстремальных и выпуклых анализов.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний по основным разделам дисциплины: описание и постановка экстремальных задач (ЭЗ), основные подходы к решению ЭЗ, методы минимизации и аппроксимации ЭЗ, методы поисков градиентов в ЭЗ, оптимальное управление процессами, описываемыми уравнениями Гурса-Дарбу, общие условия аппроксимации (регуляризация и быстроедействие), аппроксимация максимальных задач, основные характеристики выпуклого анализа, анализ основных характеристик выпуклых функций (субдифференциал, сопряжение, поляры множества), условия отделимости выпуклых множеств, вычисление суммы и максимума нескольких функций, понятие инфимальности конволюции, а также не владеет системным подходом математических прикладных возможностей исследования СУ с помощью анализа экстремумов и выпуклых функций.

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Понятие экстремальных задач.	1
2	Описание экстремальных задач в науке и технике (и применительно к СУ)	1
3	Постановка экстремальных задач при управлении	1
4	Основные подходы к решению экстремальных задач	2
5	Математический аппарат для решения экстремальных задач	2
6	Исследование свойств решений экстремальных задач	2
7	Методы минимизации в экстремальных задачах	3
8	Теорема Вейрштрасса в функциональных пространствах	3
9	Градиент в задачах оптимального управления со свободным правым концом	3
10	Оптимальное управление процессами, описываемыми системой первого порядка с частными производными	3
11	Оптимальное управление процессами, описываемыми уравнениями Гурса – Дарбу.	3
12	Общие условия аппроксимации экстремальных задач	4
13	Разностная аппроксимация для одной квадратичной задачи оптимального управления.	4
14	Регуляризация аппроксимацией экстремальных задач	4
15	Аппроксимация задачи быстрогодействия в экстремальных задачах	4

16	Об аппроксимации максимальных экстремальных задач .	4
17	Выпуклые функции: определение и свойства.	5
18	Переход к выпуклым множествам, их характеристики.	5
19	Основные и индикаторные выпуклые функции.	5
20	Выпуклые функции Минковского.	5
21	Анализ основных характеристик выпуклые функции.	6
22	Основные характеристики, условия отделимости выпуклые функции в банаховых пространствах.	6
23	Понятие по направлению и субдифференциала выпуклые функции.	6
24	Сопряженные выпуклые функции. Поляры множества.	6
25	Условия отделимости выпуклых функции в банаховых пространствах.	7
26	Понятие производной выпуклых множеств.	7
27	Субдифференциал выпуклых множеств.	7
28	Вычисление суммы и максимума выпуклые функции.	7
29	Понятие инфимальной конволюции.	8
30	Определение инфимальной конволюции, её свойства.	8
31	Понятие касательных конусов к множествам (нижних, верхних, Кларка).	8
32	Использование метода множителей Лагранжа для решения задач выпуклого программирования.	9
33	Круг задач выпуклого программирования.	9
34	Определение множителей Лагранжа.	9
35	Использование функций, заданных в банаховом пространстве.	9
36	Условие отделимости множеств в банаховом пространстве.	10
37	Исследование множеств для определения условий отделимости.	10
38	Вычисление производных по направлению и субдифференциала суммы и максимума выпуклые функции.	10
39	Задачи выпуклого программирования.	11
40	Понятие выпуклого программирования.	11
41	Формулировка выпуклого программирования.	11
42	Характеристики выпуклые функции для решения задач выпуклого программирования.	12
43	Локально выпуклые функции	12
44	Слабо и сильно выпуклые функции.	12
45	Свойства и особенности программирования выпуклых функций.	12
46	Обобщение задач выпуклого программирования.	12

10.2.2. Перечень тем рефератов, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировки тем рефератов	№ темы
1	Задачи минимизации в функциональных пространствах.	1
2	Теорема Вейерштрасса в функциональных пространствах.	2,3
3	Методы минимизации в экстремальных задачах.	3
4	Оптимальное управление в экстремальных задачах.	3
5	Оптимальное управление процессами, описываемыми уравнениями Гурса-Дарбу.	4
6	Методы решения некорректных экстремальных задач.	4
7	Основные понятия выпуклого анализа.	5
8	Общие характеристики выпуклого анализа.	6
9	Сопряженная функция: свойства, поляры множества, касательные конусов к множествам, нормальный конус.	7
10	Условия отделимости выпуклых множеств.	8,10
11	Метод множителей Лагранжа для решения задач выпуклого программирования.	9,11,12

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная

10.3.3. Особенности проведения зачета

Время подготовки к ответу 20 минут.

Реферат обучающиеся выполняют самостоятельно в рамках подготовки к зачету (темы рефератов сообщаются преподавателем заранее), непосредственно на зачет обучающиеся приходят с готовыми рефератами.