

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики
Кафедра прикладной математики



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.15 «ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ
И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»**

Направление
подготовки/специальность: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) /
специализация "Системный анализ, исследование операций и управление" (Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности)

Программа подготовки академический бакалавриат

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2016

Рабочая программа дисциплины «Вариационное исчисление и оптимальное управление» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Программу составил: К.А. Лебедев – профессор кафедры прикладной математики, доцент, д.ф.-м.н.



Рабочая программа дисциплины «Вариационное исчисление и оптимальное управление» утверждена на заседании кафедры прикладной математики протокол № 25 «29» июня 2016 г.
Заведующий кафедрой (разработчик) М.Х. Уренов



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры прикладной математики протокол № 25 «29» июня 2016 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей) М.Х. Уренов



Председатель УМК факультета
Утверждена на заседании учебно-методической преподавателя факультета компьютерных технологий и прикладной математики

протокол №7 «29» июня 2016 г.
Председатель УМК факультета Малыхин К.В.



Рецензенты:

Шапошникова Татьяна Леонидовна
Доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, профессор. Почетный работник высшего профессионального образования РФ. Директор института фундаментальных наук (ИФН) ФГБОУ ВО «КубГТУ»

Павлова Алла Владимировна
Доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического моделирования ФГБОУ ВО «КубГТУ»

1. Цели и задачи учебной дисциплины

1.1 Цели изучения дисциплины определены государственным образовательным стандартом высшего образования и соотнесены с общими целями ООП ВО по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика», в рамках которой преподаётся дисциплина.

Целью освоения учебной дисциплины «Вариационное исчисление и оптимальное управление» является развитие профессиональных компетентностей приобретения практических навыков использования методов прикладной математики и компьютерных технологий.

1.2 Задачи дисциплины:

– актуализация и развитие научных знаний в области теории вариационного исчисления и оптимального управления;

– научить выбирать подходящие количественные численные методы для решения экстремальных задач;

– строить математические модели классического и современного типа;

– научить применять численные методы для решения задач с использованием современных ЭВМ и прикладных программ и различных языков программирования;

– овладение моделями оптимального управления в различных областях науки, техники, экономики.

1.3 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Вариационное исчисление и оптимальное управление» относится к базовой части профессионального цикла (**Б1.Б.15**).

Данная дисциплина (Вариационное исчисление и оптимальное управление) тесно связана с дисциплинами базового цикла (**Б.1**): математический анализ, физика, уравнения математической физики, функциональный анализ и профессионального цикла (**Б1.Б.16**): дифференциальные уравнения, методы оптимизации.

Она направлена на формирование знаний и умений обучающихся проводить анализ и синтез оптимальных процессов в реальных условиях практической деятельности.

Обеспечивает способность у обучающихся к теоретико-методологическому анализу вариационных и оптимизационных проблем; формирование компетенций в разработке и использовании оптимизационных технологии в экономике. В совокупности изучение этой дисциплины готовит обучаемых как к различным видам практической деятельности, так и к научно-теоретической, исследовательской деятельности.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных в рамках дисциплин математического и экономического, естественнонаучного цикла **ООП** бакалавриата.

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

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения курса «

п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
	ОПК-4	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	методы решения стандартных задач профессиональной деятельности профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности	решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
	ПК-1	Способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	как обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		7			
Контактная работа, в том числе:	76,3	76,3			
Аудиторные занятия (всего):	72	72			
Занятия лекционного типа	36	36	-	-	-
Лабораторные занятия	36	36	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)			-	-	-

Иная контактная работа:						
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4			
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе:		32	32			
Курсовая работа		-	-	-	-	-
Проработка учебного (теоретического) материала		26	26	-	-	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)				-	-	-
Реферат				-	-	-
Подготовка к текущему контролю		6	6	-	-	-
Контроль:		35,7	35,7			
Подготовка к экзамену		35,7	35,7			
Общая трудоемкость	час.	144	144	-	-	-
	в том числе контактная работа	76,3	76,3			
	зач. ед	4	4			

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре (очная форма)

№ /п	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС +ИКР
			Лекции	ПЗ	ЛР	
	РАЗДЕЛ 1 Основные понятия вариационного исчисления.					
1.	Основные понятия. Основная задача вариационного исчисления.	4	2		2	8
2.	Уравнение Эйлера и его применение к основным задачам ВИ	6	2		2	8
3.	Достаточное условия экстремума	4	2		2	8
	РАЗДЕЛ 2 Численные методы решения вариационных задач					
4.	Численные методы решения вариационных задач.	2	2		4	4
5.	Обобщения основной задачи.	6	2		4	4
	РАЗДЕЛ 3 Приложения методов ВИ к решению естественнонаучных задач.					
6.	Приложения методов ВИ к решению естественнонаучных задач.	6	2		4	4
	РАЗДЕЛ 4 Оптимальное управление					
7.	Задача автоматического регулирования.	2	2		2	4
8.	Задача оптимального управления.	4	2		4	8

9.	Принцип максимума Понтрягина.	6	4		4	4
10.	Метод динамического программирования.	4	2		4	
11.	Численные методы решения задач оптимального управления.	4	2		4	4
12.	Достаточные условия оптимальности и их применение к решению задач.	4	4		2	4
13.	Примеры задач оптимального управления из науки, техники и экономики.	2	2		4	8
	Итого	144	36		36	68+4

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

Раздел	Наименование раздела/модуля	Содержание раздела/модуля	Форма текущего контроля (по неделям семестра)
	2	3	4
	РАЗДЕЛ 1. Основные понятия вариационного исчисления.	<p>Тема 1. Основные понятия. Основная задача вариационного исчисления. История возникновения вариационного исчисления, как раздела дифференциального и интегрального исчислений. Задача о брахистохроме. Пример задачи оптимального управления. Вариационная задача как задача оптимального управления. Задачи конечномерной оптимизации и задачи ВИ. Постановка основной задачи ВИ. Примеры задач. Функционал. Вариация аргумента. Вариация функционала. Сильная и слабая окрестности. ε-окрестность n-го порядка кривой. Близость кривых. Расстояние между кривыми. Линейные функционалы. Локальный экстремум. Сильный и слабый экстремумы. Первое определение вариации функционала первого порядка. Второе определение вариации функционала первого порядка. Игольчатая вариация. Свойства вариаций. Теорема о дифференцируемости функционалов. Необходимое условие экстремума. Ряд Тейлора для функционалов. Примеры.</p> <p>Тема 2. Уравнения Эйлера. Уравнение Эйлера как необходимое условие экстремума. Основная лемма вариационного исчисления. Вывод уравнения Эйлера для основной задачи вариационного исчисления. Частные случаи функционалов. Алгоритм решения задач. Методы и приёмы решения задач. Применение уравнения Эйлера к известным задачам вариационного исчисления. Задача о кратчайшем расстоянии. Задача о цепной линии. Задача о брахистохроме. Задача Пуанкаре. Задача Ньютона об обтекании тела вращением.</p>	<p>1. Подготовка рефератов, презентаций, выступлений.</p> <p>2. Резюме, аналитический обзор по проблеме.</p>

		<p>ния</p> <p>Тема 3. Достаточные условия экстремума. Вторая вариация функционала. Условие знакопостоянства второй вариации и достаточное условие экстремума. Поле экстремалей (собственное, центральное). S-дискриминанта. Сопряжённая точка. Условие Якоби включения экстремали в поле экстремалей. Достаточные условия (слабого, сильного) экстремума: Вейерштрасса, Лежандра.</p>	
РАЗДЕЛ 2. Численные способы решения вариационных задач.	<p>Тема 4. Численные способы решения вариационных задач. Прямой метод сведения вариационной задачи к задаче конечномерной оптимизации. Вариационные методы математической физики. Метод Рунге. Метод Галеркина. Методы численного решения уравнения Эйлера. Метод стрельбы. Метод конечных разностей.</p> <p>Тема 5. Обобщения основной задачи ВИ. Способы вычисления вариаций для различных видов функционалов. Функционалы, зависящие от нескольких независимых функций. Функционалы, зависящие от производных высшего порядка. Функционалы, зависящие от функций нескольких переменных. Инвариантность уравнения Эйлера. Вариационные задачи со свободными границами. Функционалы с подвижными границами. Условия трансверсальности. Задачи с односторонними вариациями. Задача Больца.</p> <p>Тема 6. Приложения методов ВИ к решению естественнонаучных задач. Отражение экстремалей. Преломление экстремалей. Задача Больца. Связь задач Лагранжа и Больца. Исторический очерк проблемы постулата Евклида о параллельных. Постановка и решение задачи Пуанкаре. Роль задачи Пуанкаре в интерпретации геометрии Лобачевского. Задача о форме тела имеющего наименьшее сопротивление в потоке газа. Задачи на условный экстремум. Задача Эйлера об изгибе стержня. Задачи с интегральными связями (изопериметрические). Метод неопределённых коэффициентов. Задачи с конечными связями. Задача о геодезических. Геодезическое расстояние. Задача Клеро. Вариационные принципы механики. Каноническая форма уравнений Эйлера. Теория Гамильтона-Якоби. Теорема Якоби. Принцип наименьшего действия в форме Лагранжа. Разрывные задачи первого рода. Разрывные задачи второго рода.</p>	1. Опрос по результатам индивидуального задания	
РАЗДЕЛ 4. Оптимальное управление	<p>Тема 7. Задача автоматического регулирования</p> <p>Понятие об объекте регулирования. Выходные входные (управляющие) величины. Отрицательная обратная связь. Алгебраические и частотные критерии устойчивости (Михайлова, Найквиста). Критерий</p>	1. Подготовка рефератов, презентаций, выступлений	

		<p>качества управления. Синтез оптимального регулятора по квадратичному критерию</p> <p>Тема 8. Задачи оптимального управления. Понятие об управляемом объекте, как техническом объекте. Объект управления, как система дифференциальных уравнений. Понятие об оптимальном управлении. Основная задача оптимального управления. Задача Эйлера (брахистохроны) как задача оптимального управления. Задачи вариационного исчисления, как задачи оптимального управления. Примеры задач оптимального управления: задача на быстродействие, задача на оптимальный расход топлива, задача Лгранжа, задача Майера, задача Больца.</p> <p>Тема 9. Принципа максимума Понтрягина. Связь принципа Понтрягина с уравнением Эйлера и уравнениями Якоби. Игольчатые вариации. Принцип максимума как необходимое условие экстремума. Доказательство принципа максимума Понтрягина. Условия трансверсальности. Применение принципа максимума к решению задач. Основные теоремы о линейных оптимальных быстродействиях (теорема о числе переключений, теорема единственности, теорема существования). Сфера достижимости. Оптимальные процессы при ограниченных фазовых координатах. Статистические задачи оптимального управления. Примеры задач.</p> <p>Тема 10. Метод динамического программирования. Вывод уравнения Беллмана. Синтез оптимального управления. Алгоритм Беллмана для решения динамических оптимизационных задач: (непрерывный вариант, многошаговый вариант). Связь динамического программирования с принципом максимума Понтрягина.</p> <p>Тема 11. Численные методы решения задач оптимального управления. Методы решения линейных задач: метод последовательных приближений Нештадта и Итона, Шатровского. Обзор численных методов: методы стрельбы для решения краевой задачи оптимального управления, метод вариаций в фазовом пространстве, метод вариаций в пространстве управлений.</p> <p>Тема 12. Достаточные условия оптимальности. Достаточные условия оптимальности для непрерывных процессов. Доказательство теоремы. Обобщенная теорема о достаточных условиях. Условия при которых принцип максимума является достаточным условием экстремума. Достаточные условия оптимальности в форме принципа динамического программирования. Применение теоремы к решению задач. Сравнительный анализ методов Понтрягина и Беллмана.</p> <p>Тема 13. Задача оптимального управления манёвром самолёта. Задача об оптимальном перелёте космического корабля с орбиты Земли на орбиту Марса. Динамическая макроэкономическая модель экономики</p>	<p>2. Промежуточное тестирование.</p>
--	--	---	---------------------------------------

		Модель оптимального управления фирмой. Задача оптимального распределения ресурсов. Однопродуктовая макроэкономическая модель оптимального развития экономики. Нелинейная оптимизационная модель развития многоотраслевой экономики. Оптимальное распределение инвестиций между проектами.	
--	--	---	--

2.3.2 Семинарские занятия – не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование практических работ	Форма текущего контроля
1	Экстремум функций многих переменных	Проверка выполнения работ № 1
2	Экстремум функционалов.	Проверка выполнения лабораторных работ № 2
3	Уравнение Эйлера.	Проверка выполнения работ № 3
4	Обобщения (1) основной задачи ВИ	Проверка выполнения работ № 4
5	Обобщения (2) основной задачи ВИ.	Проверка выполнения работ № 5
6	Задачи на условный экстремум. Вариационные принципы механики	Проверка выполнения работ № 6
7	Достаточные условия экстремума функционалов	Проверка выполнения работ № 7
8	Задачи на принцип максимума Понтрягина.	Проверка выполнения работ № 8
9	Достаточные условия оптимальности.	Проверка выполнения работ № 9

2.3.4 Курсовые работы – не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине

Целью самостоятельной работы студента является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий. Вырабатываются навыки самостоятельной работы. Закрепляются опыт и знания полученные во время лабораторных занятий.

№	Вид самостоятельной работы	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка и повторение лекционного материала, материала учебной и	Методические указания для подготовки к лекционным и семинарским занятиям, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №25 от 29.06.2016 г.

	научной литературы, подготовка к семинарским занятиям	Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №25 от 29.06.2016 г.
2	Подготовка к лабораторным занятиям	Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №25 от 29.06.2016 г.
3	Подготовка к решению задач и тестов	Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №25 от 29.06.2016 г.
4	Подготовка докладов	Методические указания для подготовки эссе, рефератов, курсовых работ, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №25 от 29.06.2016 г.
5	Подготовка к решению расчетно-графических заданий (РГЗ)	Методические указания по выполнению расчетно-графических заданий, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №25 от 29.06.2016 г. Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №25 от 29.06.2016 г.
6	Подготовка к текущему контролю	Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №25 от 29.06.2016 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

С точки зрения применяемых методов используются как традиционные информационно-объяснительные лекции, так и интерактивная подача материала с мультимедийной системой. Компьютерные технологии в данном случае обеспечивают возможность разнопланового отображения алгоритмов и демонстрационного материала. Такое сочетание позволяет оптимально использовать отведенное время и раскрывать логику и содержание дисциплины.

Лекции представляют собой систематическое изложение учебного материала.

Лабораторные занятия позволяет научить студента применять теоретические

знания при решении и исследовании конкретных задач. Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах, при этом практикуется работа в группах. Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и студентами при проведении анализа результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что в процессе исследования часто встречаются задачи, для которых единых подходов не существует. Каждая конкретная задача при своем исследовании имеет множество подходов, а это требует разбора и оценки целой совокупности конкретных ситуаций.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля (см. список лабораторных работ, задач и вопросов) и итоговой аттестации (экзамена).

В качестве оценочных средств, используемых для текущего контроля успеваемости, предлагается перечень вопросов, которые прорабатываются в процессе освоения курса. Данный перечень охватывает все основные разделы курса, включая знания, получаемые во время самостоятельной работы. Кроме того, важным элементом технологии является самостоятельное решение студентами и сдача заданий. Это полностью индивидуальная форма обучения. Студент рассказывает свое решение преподавателю, отвечает на дополнительные вопросы.

Примерные задания на лабораторные работы

Лабораторное занятие 1. Экстремум функций многих переменных
Контрольные вопросы.

1. Что такое экстремум функции?
2. Сформулировать необходимое и достаточное условие экстремума.
3. Сформулировать принцип неопределенных множителей Лагранжа.
4. Перечислить численные методы поиска безусловного экстремума.

Задачи.
В аудитории [10]: Безусловный экстремум: примеры 1-5, задачи 1-6.
Условный экстремум [10]: примеры 1-4, задачи 14-20.

На дом [10]: Безусловный экстремум: задачи 7-13.
Условный экстремум [10]: задачи 21-26.

Лабораторное занятие 2. Экстремум функционалов.
Контрольные вопросы.

1. Что такое функция и что такое функционал?
2. Что такое расстояние между кривыми?
3. Какие функционалы называются непрерывными?
4. Что такое вариация функционала?
5. Сформулировать необходимое условие экстремума функционала.

Задачи.
Функционал. Близость кривых.
[10, с.22], примеры 1-8, задачи 27-34.
Непрерывность функционалов.

[10, с.27], примеры 9-11, задачи 36-44.

Вариация функционалов

[10, с.32], примеры 13-18, задачи 45-67.

Необходимое условие экстремума.

[10, с. 42], примеры 20-21, задачи 68-70.

Лабораторное занятие 3. Уравнение Эйлера.

Контрольные вопросы.

1. Записать уравнение Эйлера.

2. Сформулировать основную лемму.

3. Перечислить частные случаи функционалов.

4. Перечислить наиболее известные задачи вариационного исчисления.

Задачи.

[10, с.46], примеры 1-13, задачи 71-95.

Вариационные задачи в параметрической форме

[10, с.62], примеры 14-15, задачи 96-98.

Лабораторное занятие 4. Обобщения (1) основной задачи ВИ.

Контрольные вопросы.

1. Как находятся вариации функционалов?

2. Что такое условия трансверсальности?

Задачи.

Функционалы, зависящие от производных высшего порядка.

[10, с. 64], примеры 1-2, задачи 99-104

Функционалы, зависящие от нескольких независимых функций.

[10, с. 64], примеры 3-4, задачи 105-109.

Функционалы, зависящие от функций нескольких переменных.

[10, с. 68], примеры 5-6, задачи 109-111.

Лабораторное занятие 5. Обобщения (2) основной задачи ВИ.

Контрольные вопросы.

1. Поставить задачу с подвижными границами.

2. Сформулировать условия трансверсальности.

3. Дать определение односторонним вариациям

Задачи.

Задачи с подвижными границами.

[10, с. 119], примеры 1-6, задачи 177-181.

Задачи на односторонние вариации

[10, с. 138], примеры 4-6, задачи 191-192.

Лабораторное занятие 6. Вариационные задачи на условный экстремум.

1. Сформулировать изопериметрическую задачу?

2. Сформулировать задачу с конечными связями.

3. Что называется геодезическим расстоянием?

Контрольные вопросы.

Задачи.

Задачи с интегральными связями (изопериметрические).

[10, с. 103], примеры 1-6, задачи 166-169.

Задачи с конечными связями.

[10, с. 114], примеры 7,

Геодезическое линии.

[10, с. 116], примеры 8, задачи 170-171.

Геодезическое расстояние.

[10, с. 128], примеры 7-9, задачи 182-184.

Каноническая форма уравнений Эйлера

[10, с. 140], пример 1-3, задачи 193-198.

Вариационные принципы механики

[10, с. 151], примеры 7, задачи 212-214.

Лабораторное занятие 7. Достаточные условия экстремума функционалов.

Контрольные вопросы.

1. Что называется второй вариацией функционала?
2. Что называется полем экстремалей?
3. Дать определения собственному и центральному полям экстремалей.
4. Сформулировать условие Якоби
5. Записать функцию Вейерштрасса.
6. Сформулировать достаточные условия Вейерштрасса.
7. Сформулировать достаточные условия Лежандра..

Задачи.

Вторая вариация функционала.

[10, с. 39], примеры 19-9, задачи 62-67.

Поле экстремалей

[10, с. 76], примеры 1-7, задачи 126-134.

Достаточное условие Якоби включения экстремали в поле экстремалей

[10, с. 82], примеры 9-11, задачи 135-140.

Достаточное условие Лежандра включения экстремали в поле экстремалей

[10, с. 87], примеры 13-14, задачи 142-145.

Достаточные условия экстремума функционала

А) Вейерштрасса

[10, с. 88], примеры 1-, задачи 146-153.

Б) Лежандра

[10, с. 91], примеры 3-5, задачи 154-159.

В) Фигуратриса

[10, с. 96], примеры 7-10, задачи 160-163.

Лабораторное занятие 8. Теория оптимального управления.

Контрольные вопросы.

1. Дать определение объекту управления.
2. Сформулировать задачу Лагранжа.

Задачи.

[1, с. 155], задачи 8.1-8.18.

Задача о быстродействии [11, 12, 14],

Примеры задач технических задач

А) Задача о ракете зонде.[14].

Б) Задача о маневре самолета

Грачев Н.И., Евтушенко Ю.Г. Библиотека программ для решения задач оптимального управления //Журнал вычислительной математики и математической физики 1979. т.19. №2. С.367-387.

В) Задача о перелете с орбиты Земли на орбиту Марса//Журнал вычислительной математики и математической физики 1980. Т. 20.

Г) Задача на применение динамического программирования

Лабораторное занятие 9. Достаточные условия оптимальности.

Контрольные вопросы.

Задачи с фазовыми ограничениями [4, с. 76], [4, с. 82].

Условия при которых принцип максимума является достаточным условием экстремума. [4, с. 111].

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

1. Задача о брахистохроне и основные задачи вариационного исчисления.
2. Основные понятия вариационного исчисления.
3. Уравнение Эйлера.
4. Простейшие случаи интегрируемости уравнения Эйлера.
5. Функционалы, зависящие от нескольких функций.
6. Функционалы зависящие от производных высшего порядка.
7. Функционалы зависящие от функций нескольких независимых переменных.
8. Вариационные задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности для вариационных задач с подвижными границами.
9. Задача Больца с подвижными границами.
10. Поле экстремалей. Достаточное условия включения экстремали в поле экстремалей Якоби.
11. Вторая вариация функционала. Достаточные условия экстремума.
12. Достаточное условие Вейерштрасса.
13. Вариационные принципы механики. Каноническая форма уравнений Эйлера.
14. Метод стрельбы для численного решения уравнения Эйлера.
15. Конечно-разностные методы для решения численного решения уравнения Эйлера.
16. Прямые методы решения вариационных задач.
17. Задачи на условный экстремум. Метод неопределённых коэффициентов.
18. Изопериметрические задачи.
19. Задачи с односторонними вариациями.
20. Геодезические линии. Геодезическое расстояние.
21. Задача Пуанкаре и неевклидова геометрия.
22. Объект автоматического управления.
23. Обратная связь. Регулирование. Устойчивость и качество.
24. Постановка задачи оптимального управления.
25. Задача Лагранжа. Задача Майера. Задача Больца
26. Принцип максимума Понтрягина и связь с задачами ВИ. Условия трансверсальности.
27. Доказательство принципа максимума.
28. Метод динамического программирования и принцип максимума
29. Численные методы решения задач оптимального управления.
30. Применение принципа максимума к решению задач.
31. Достаточные условия оптимальности.
32. Примеры задач оптимального управления из науки, техники и экономики. подтверждающие теоретические выводы.

Оценивание ответов студентов проводится в соответствии с критериями:.

Отлично: На оба теоретических вопроса даны развернутые ответы, студент аргументирует свои суждения, грамотно владеет профессиональной терминологией и показывает: глубокое, полное знание содержания учебного материала, понимание сущности рассматриваемых закономерностей, принципов и теорий; умение давать точные определения основным понятиям, выделять существенные связи между рассматриваемыми закономерностями, связывать теорию с практикой, решать прикладные задачи. Студент полно и правильно ответил на вопросы преподавателя.

Хорошо: На оба теоретических вопроса даны развернутые ответы. Студент, допуская отдельные неточности, обнаруживает достаточное владение учебным материалом, в том числе понятийным аппаратом; демонстрирует уверенную ориентацию в изученном материале, возможность применять знания для решения практических задач, но затрудняется в приведении примеров. Возможно, при изложении одного вопроса допущены неточности в формулировке; студент в целом правильно отвечает на вопросы преподавателя

Удовлетворительно: Студент излагает основное содержание учебного материала, но раскрывает материал неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, не умеет доказательно обосновать свои суждения.

Неудовлетворительно: Студент демонстрирует разрозненные бессистемные знания, не выделяет главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, беспорядочно, неуверенно излагает материал, не может применять знания при решении практических задач в соответствии с требованиями программы или вообще отказывается от ответа.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1. Основная литература:

1. Ванько В.И., Ермошина О.В., Кувыркин Г.Н. Вариационное исчисление и оптимальное управление. Изд-во МГТУ Баумана. 2006. 466 с.
2. Эльсгольц Л.Э. Вариационное исчисление М.: 2010

5.2. Дополнительная литература.

3. Будылин А.М. Вариационное исчисление. СПб.: СПбГУ, 2001.
4. Лагоща Б.А. Оптимальное управление в экономике. М.: Финансы и статистика. 2003.

5. Лебедев К.А. Об одной модификации метода Ньютона для решения краевых задач оптимального управления. Деп. ВИНТИ 15.07.88, № 5717 - В88

6. Пантелеев А.А., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах. Изд-во. М. Высшая школа: 2002.

7. Цлаф Л.Я. Вариационное исчисление и интегральные уравнения. М.: Наука, 2005.

5.3. Периодические издания:

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

8. Вариационное исчисление [Электронный ресурс]. – <http://home.ural.ru>

9. Образовательный сайт [Электронный ресурс]. <http://www.exponenta.ru>

10. Краснов М.Л., Макаренко, Г.И., Киселёв А.И. Вариационное исчисление М.: Наука. 1973 [Электронный ресурс]. –

<http://padabum.com/d.php?id=10153>

11. Алексеев В.М., Галеев Э.М. Тихомиров В.М. Сборник задач по оптимизации. 1984. 285 с. [Электронный ресурс]. – <http://nashaucheba.ru>

12. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления М. : Наука. 1969. 406 с. [Электронный ресурс].

<http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=2854426>

13. Понтрягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов. М. Наука. 1976. 390 с. [Электронный ресурс]. <http://bookfi.org/book/562180>

14. Федоренко Р.П. Приближённое решение задач оптимального управления. М.: Наука. 1978. 483. [Электронный ресурс] – <http://e.lanbook.com/books/element.php?>

15. Википедия, свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]. – Wikipedia <http://ru.wikipedia.org>

16. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. 2-е издание / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – Изд-во: Горячая линия-Телеком, 2013. – 384 с. [Электронный ресурс] - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843.

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Рабочая программа для учебной дисциплины предназначен для использования дистанционных образовательных технологий (далее ДОТ) в очной, заочной и очно-заочной формах обучения.

Основная цель создания РП - предоставить студенту полный комплект учебно-методических материалов для самостоятельного изучения дисциплины. При этом задачами преподавателя являются: оказание консультационных услуг, текущая и итоговая оценка знаний. Текущая оценка знаний проводится с использованием тестов, а также по результатам выполнения заданий, если это предусмотрено программой обучения.

РАЗДЕЛ - это часть РП, предназначенная для изучения отдельных тем, проведения самоконтроля и текущего контроля знаний.

При изучении дисциплины используется приведенная ниже литература и электронные источники. Цели и задачи и требования к уровню освоения дисциплины, объем дисциплины и виды учебной работы изложены в первом разделе РП.

Теоретический материал содержит систематизированные сведения научного и прикладного характера, изложенные в форме, удобной для изучения и преподавания. Особое внимание уделяется связи рассматриваемых вопросов с объектами профессиональной деятельности выпускника и требованиями его образованности, а также рассмотрению новых сведений (концепций, фактов); связи новых знаний с уже имеющимися.

Краткие выводы (резюме) по теме ориентируют студента на определенную совокупность сведений, которые следует надежно усвоить и запомнить. Материал разбит на

разделы. РАЗДЕЛ разбивается на логические структурные единицы, сопровождаются схемами, рисунками, графиками.

По каждой логической структурной единице имеются вопросы для контроля знаний. Структура текстов лекций, то есть последовательность разделов, тем и вопросов полностью соответствует тематическому плану учебной программы по дисциплине. Тексты лекций содержат всю необходимую информацию для успешного ответа на контрольные вопросы по теме и тестовые задания.

Практический лабораторный материал предназначен для выработки умений и навыков применения теоретических знаний с примерами выполнения заданий и анализом наиболее часто встречающихся ошибок. Представлено пошаговые решения типичных задач и упражнений с выдачей пояснений и ссылками на соответствующие разделы теоретического курса.

Лабораторные включает в себя: тексты задач (практических ситуаций) для самостоятельного решения при подготовке к итоговой аттестации; примеры решения задач (практических ситуаций) по темам, на которые предложены аналогичные задания в экзаменационных (зачетных) билетах.

Лабораторные содержит: электронный семинар (форум или чат) с подробным планом и списком рекомендуемой литературы; практические занятия; задания и упражнения (с примерами выполнения);

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине (модулю). **Творческие задания (проекты, рефераты), способствующие формированию компетенций базовой части ООП**

Проект/реферат выполняют на листах формата А4. Страницы текста, рисунки, формулы нумеруют, рисунки снабжают подрисовочными надписями. Текст следует печатать шрифтом №14 с интервалом между строками в 1,5 интервала, без недопустимых сокращений. В конце реферата должны быть сделаны выводы. В конце работы приводят список использованных источников. Реферат должен быть подписан студентом с указанием даты ее оформления. Работы, выполненные без соблюдения перечисленных требований, возвращаются на доработку. Выполненная студентом работа определяется на проверку преподавателю в установленные сроки. Если у преподавателя есть замечания, работа возвращается и после исправлений либо вновь отправляется на проверку, если исправления существенные, либо предъявляется на экзамене, где происходит ее защита.

Вариационное исчисление и оптимальное управление сегодня рассматривается как одно из главных новых направлений обучения и эти курсы читаются во всех ведущих университетах мира Проведите анализ по одной из выбранных вами тематик (не менее 10 слайдов и 20 листов текста). Возможно использование звукового сопровождения, анимации (аудио-, и видеоматериала). На первой странице слайда обязательно укажите Ф.И.О. автора, курс. Оценивается работа по следующим критериям:

- полнота представленного материала;
- оформление;
- представление и защита.

Темы презентаций и докладов

- Основные задачи вариационного исчисления
- Уравнение Эйлера.
- Функционалы, зависящие от нескольких функций.
- Функционалы зависящие от производных высшего порядка.
- Функционалы зависящие от функций нескольких независимых переменных.
- Вариационные задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности для вариационных задач с подвижными границами.
- Задача Больца с подвижными границами
- Метод стрельбы для численного решения уравнения Эйлера.
- Конечно-разностные методы для решения численного решения уравнения Эйлера..

- Прямые методы решения вариационных задач.
- Изопериметрические задачи.
- Задачи с односторонними вариациями.
- Задача Пуанкаре и неевклидова геометрия.
- Задачи Лагранжа, Майера, Больца
- Принцип максимума Понтрягина и связь с задачами ВИ.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

8.1 Перечень информационных технологий.

1. Операционная система MS Windows (разделы 2, 3, 5 дисциплины).
2. Интегрированное офисное приложение MS Office (разделы 2, 3, 5 дисциплины).
3. Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения

1. MathCAD (все разделы).

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Википедия, свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]. – Wikipedia <http://ru.wikipedia.org>
2. Электронная библиотека КубГУ
3. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

9. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбу).
2.	Семинарские занятия	
3.	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения , программное обеспечение MathCAD
4.	Курсовое проектирование	
5.	Групповые (индивидуальные) консультации	
6.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория.
7.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети

		«Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
--	--	---

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются - проекционное оборудование (цифровой проектор, экран, ноутбук).

Для проведения занятий используются аудитории с учебной мебелью (столы, стулья), соответствующей количеству студентов и позволяющей осуществлять упражнения по моделированию компьютерные классы.

Компьютерная поддержка учебного процесса по направлению 09.03.03 Прикладная информатика обеспечивается практически по всем дисциплинам. Факультет компьютерных технологий и прикладной математики, оснащен компьютерными классами на 14 и 15 ПЭВМ, установлена локальная сеть, все компьютеры факультета подключены к сети Интернет. Студентам доступны современные ПЭВМ на базе процессоров Celeron и Pentium, современное лицензионное программное обеспечение – операционная система Windows 8, пакет стандартных программ Microsoft Office.

В состав факультета компьютерных технологий и прикладной математики входит лаборатория интенсивных методов использования вычислительной техники (ЛИМВТ).

Студенты и преподаватели вуза имеют постоянный доступ к электронному каталогу учебной, методической, научной литературе, периодическим изданиям и архиву статей.