

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО ИрГУПС)

УТВЕРЖДЕНА
приказом и.о. ректора
от «17» июня 2022 г. № 77

Б1.О.06 Теория и методы оптимизации

рабочая программа дисциплины

Специальность/направление подготовки – 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Специализация/профиль – Мехатроника и робототехника на транспорте

Квалификация выпускника – Магистр

Форма и срок обучения – очная форма 2 года

Кафедра-разработчик программы – Автоматизация производственных процессов

Общая трудоемкость в з.е. – 4

Часов по учебному плану (УП) – 144

В том числе в форме практической подготовки (ПП) –

10

(очная)

Формы промежуточной аттестации

очная форма обучения:

экзамен 2 семестр

Очная форма обучения	Распределение часов дисциплины по семестрам	
	Семестр	Итого
Вид занятий	2	Часов по УП
	Часов по УП	Часов по УП
Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий/ в т.ч. в форме ПП*	51/10	51/10
– лекции	17	17
– практические (семинарские)	34/10	34/10
– лабораторные		
Самостоятельная работа	57	57
Экзамен	36	36
Итого	144/10	144/10

* В форме ПП – в форме практической подготовки.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, утвержденным Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14.08.2020 № 1023.

Программу составил(и):

д.т.н., профессор, профессор, С.П. Круглов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена для использования в учебном процессе на заседании кафедры «Автоматизация производственных процессов», протокол от «17» июня 2022 г. № 16

Зав. кафедрой, к.т.н., доцент

А.А. Александров

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1 Цели дисциплины	
1	изучение основ теории оптимального управления и методов оптимизации и их приложений к задачам управления транспортными системами;
2	изучение новых методов и алгоритмов, задач и компьютерных программ, созданных в области оптимизации мехатронных и робототехнических систем
1.2 Задачи дисциплины	
1	изучение применяемых при решении задач робототехники методов оптимизации и лежащего в основе данных методов математического аппарата;
2	овладение важнейшими методами расчета управляющих воздействий в технических системах, оптимальных в смысле показателей качества по быстродействию, энергозатратам и другим характеристикам с учетом ограничений на управление и состояние;
3	формирование устойчивых навыков по применению методов оптимизации и оптимального управления при решении мехатронных и робототехнических задач;
4	оптимизация алгоритмов управления движением мехатронных и робототехнических систем

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП	
Блок/часть ОПОП	Блок 1. Дисциплины / Обязательная часть
2.1 Дисциплины и практики, на которых основывается изучение данной дисциплины	
1	Дисциплина изучается на начальном этапе формирования компетенции
2.2 Дисциплины и практики, для которых изучение данной дисциплины необходимо как предшествующее	
1	Б1.О.10 Проектирование цифровых систем управления
2	Б3.01(Д) Выполнение, подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы
3	Б3.02(Д) Защита выпускной квалификационной работы

3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ТРЕБОВАНИЯМИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ		
Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа в профессиональной деятельности	Знать: основные понятия и концепции теории оптимальных процессов и математического анализа автоматических систем, порядок применения соответствующего теоретического аппарата в важнейших практических приложениях.
		Уметь: находить, обобщать и анализировать информацию о системах оптимального автоматического управления, планировать ход исследования и пути достижения поставленных целей.
		Владеть: основными понятиями и концепциями в области теории оптимального управления и анализа автоматических систем.
ОПК-11 Способен организовывать разработку и применение алгоритмов и современных цифровых программных методов расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и	ОПК-11.2 Способен разрабатывать алгоритмы управления мехатронных и робототехнических систем на основе современных методов теории управления	Знать: – порядок применения соответствующего теоретического аппарата в важнейших практических приложениях; – теоретические основы методов, применяемых при построении математических моделей оптимальных, самонастраивающихся, иерархических систем автоматического управления.
		Уметь: строить математические модели оптимальных процессов управления и адаптации.
		Владеть: – важнейшими методами построения и исследования математических моделей оптимальных динамических процессов в технических системах; – навыками проведения вычислительного эксперимента для исследования функционирования систем оптимального автоматического управления;

<p>управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем</p>		<p>– навыками использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при компьютерном моделировании оптимальных процессов.</p>
<p>ОПК-13 Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем</p>	<p>ОПК-13.1 Знает основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и исследовании мехатронных и робототехнических систем</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия и концепции теории оптимальных процессов и математического анализа автоматических систем, порядок применения соответствующего теоретического аппарата в важнейших практических приложениях; – важнейшие классы и разновидности оптимальных процессов, их отличительные свойства; – теоретические основы методов, применяемых при построении математических моделей оптимальных, самонастраивающихся, иерархических систем автоматического управления. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – находить, обобщать и анализировать информацию о системах оптимального автоматического управления, планировать ход исследования и пути достижения поставленных целей; – правильно формулировать цели управления техническими системами с учетом ограничений и возмущений. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основными понятиями и концепциями в области теории оптимального управления и анализа автоматических систем; – важнейшими методами построения и исследования математических моделей оптимальных динамических процессов в технических системах.
	<p>ОПК-13.2 Умеет использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и исследовании мехатронных и робототехнических систем</p>	<p>Знать: теоретические основы методов, применяемых при построении математических моделей оптимальных, самонастраивающихся, иерархических систем автоматического управления.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – строить математические модели оптимальных процессов управления и адаптации; – правильно формулировать цели управления техническими системами с учетом ограничений и возмущений; – планировать и реализовывать решение задач анализа оптимальных систем автоматического управления, пользуясь общесистемными средствами программного назначения, современными программными продуктами и информационными технологиями, системами компьютерной математики, инструментальными средствами компьютерного моделирования; – планировать и реализовывать решение задач синтеза оптимального систем автоматического управления, пользуясь системами компьютерной математики, инструментальными средствами компьютерного моделирования;

		<p>– разрабатывать и успешно применять, пользуясь приобретёнными при изучении автоматических систем управления (а также получаемыми самостоятельно при помощи современных информационных технологий) знаниями и методами исследования, алгоритмы решения практических задач в области машиностроения.</p> <p>Владеть:</p> <p>– важнейшими методами построения и исследования математических моделей оптимальных динамических процессов в технических системах;</p> <p>– навыками проведения вычислительного эксперимента для исследования функционирования систем оптимального автоматического управления;</p> <p>– навыками использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при компьютерном моделировании оптимальных процессов.</p>
--	--	---

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				*Код индикатора достижения компетенции
		Семестр	Часы			
			Лек	Пр	Лаб	
1.0	Раздел 1. Структура, классификация методов оптимизации.					
1.1	Тема 1. Введение. Классификация методов решения задач оптимального и субоптимального управлений (Л)	2	2			ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
1.2	Тема 2. Метод интегральной квадратической оценки при определении точности автоматических систем в установившемся режиме (ПЗ).	2		2		ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
1.3	Тема 3. Изучение постановок и исследование задач оптимизации на безусловный и условный экстремумы с помощью компьютерной среды Matlab (ПЗ)	2	2	4/2		ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
1.4	Тема 4. Концепция и методы обратных задач динамики (Л, ПЗ)	2	1	2		ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
2.0	Раздел 2. Методы классического вариационного исчисления.					
2.1	Тема 5. Метод неопределенных множителей Лагранжа (Л, ПЗ)	2	2	6		ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
2.2	Тема 6. Уравнение Эйлера. Условие Лежандра. Задача с подвижными концами. Условие трансверсальности (Л, ПЗ)	2	2	6		ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
2.3	Тема 7. Исследование вариационных задач, в том числе с помощью компьютерной среды Matlab (ПЗ)	2		4/2		ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
3.0	Раздел 3. Методы синтеза оптимального управления.					
3.1	Тема 8. Постановка задачи синтеза и подходы к построению общих схем вычислительных процедур решения оптимизационных задач (Л)	2	2			ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
3.2	Тема 9. Принцип максимума Л.С. Понтрягина (Л, ПЗ)	2	2	6/4		ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
3.3	Тема 10. Метод динамического программирования (Л)	2	2			ОПК-1.1

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Семестр	Очная форма				*Код индикатора достижения компетенции
			Часы				
			Лек	Пр	Лаб	СР	
							ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
3.4	Тема 11. Методы А.М. Легова - Р. Калмана, А.А. Красовского в линейно-квадратической оптимизационной задаче (Л, ПЗ)	2	2	4/2		6	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
	Форма промежуточной аттестации – экзамен	2	36				ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2
	Итого часов (без учёта часов на промежуточную аттестацию)		17	34/10		57	

5 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине оформлен в виде приложения № 1 к рабочей программе дисциплины и размещен в электронной информационно-образовательной среде Университета, доступной обучающемуся через его личный кабинет

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература 6.1.1 Основная литература

	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.1.1	Ашманов, С. А. Теория оптимизации в задачах и упражнениях : учеб. пособие - Изд. 2-е, стер. / С. А. Ашманов, А. В. Тимохов. СПб. : Лань, 2012. - 447с.	29
6.1.1.2	Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы : учебник и практикум для вузов - 3-е изд. испр. и допД. П. Ким.. Москва : Юрайт, 2022. - 441с. - Текст: электронный. - URL: https://urait.ru/bcode/491183 (дата обращения: 09.09.2022)	Онлайн
6.1.1.3	Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Задачник : учебное пособие для вузов - 2-е изд. испр. и допД. П. Ким.. Москва : Юрайт, 2022. - 331с. - Текст: электронный. - URL: https://urait.ru/bcode/491186 (дата обращения: 09.09.2022)	Онлайн
6.1.1.4	Молоканова, Н. П. Автоматическое управление. Курс лекций с решением задач и лабораторных работ : [учеб. пособие] / Н. П. Молоканова. М. : Форум, 2012. - 223с.	7

6.1.2 Дополнительная литература

	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.2.1	Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов : практикум для лабораторных и практических занятий. направление подготовки 15.04.04 (220700.68) – автоматизация технологических процессов и производств. магистерская программа «автоматизация и управление технологическими процессами». магистратура / . Ставрополь : СКФУ, 2015. - 124с. - Текст: электронный. - URL: https://e.lanbook.com/book/155078 (дата обращения: 19.04.2023)	Онлайн
6.1.2.2	Методы оптимизации : учебно-методический комплекс / . Воронеж : ВГУ, 2017. - 46с. - Текст: электронный. - URL: https://e.lanbook.com/book/154793 (дата обращения: 19.04.2023)	Онлайн
6.1.2.3	Асламова, В. С. Методы и теория оптимизации : учеб. пособие для обучающихся по направлениям магистер. подг. "Мехатроника и робототехника", "Конструкт.-технолог. обеспечение машиностр. пр-в" / В. С. Асламова, А. В. Данеев, В. Н. Сизых. Иркутск : Глазков. тип., 2016. - 101с.	8

6.1.2.4	Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учеб. пособие - Изд. 3-е, стер. / А. А. Первозванский ; авт. предисл. Б. Т. Поляк. СПб. : Лань, 2015. - 624с.	Онлайн
6.1.2.5	Пупков, К. А. Теория оптимизации систем автоматического управления : учеб. в 5 т. - Изд. 2-е, перераб. и доп. / К. А. Пупков [и др.]. М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - 744с.	6
6.1.3 Учебно-методические разработки (в т. ч. для самостоятельной работы обучающихся)		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/онлайн
6.1.3.1	Круглов, С.П. Методические указания по изучению дисциплины Б1.О.06 Теория и методы оптимизации по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, профиль Мехатроника и робототехника на транспорте / С.П. Круглов; ИрГУПС. – Иркутск : ИрГУПС, 2023. – 16 с. - Текст: электронный. - URL: https://www.irgups.ru/eis/for_site/umkd_files/mu_3971_1508_2022_1_signed.pdf	Онлайн
6.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»		
6.2.1	Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» — https://cyberleninka.ru/	
6.2.2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU — https://elibrary.ru/	
6.2.3	Национальная электронная библиотека «НЭБ» — https://rusneb.ru/	
6.2.4	Электронная библиотека Учебно-методического центра по образованию на железнодорожном транспорте «ЭБ УМЦ ЖДТ» — https://umczt.ru/books/	
6.2.5	Электронно-библиотечная система «BOOK.ru», https://www.book.ru/	
6.2.6	Электронно-библиотечная система «Издательство Лань», https://e.lanbook.com/	
6.2.7	Электронно-библиотечная система «Образовательная платформа ЮРАЙТ», https://urait.ru/	
6.2.8	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», https://biblioclub.ru/	
6.3 Программное обеспечение и информационные справочные системы		
6.3.1 Базовое программное обеспечение		
6.3.1.1	Microsoft Windows Professional 10, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.2	Microsoft Office Russian 2010, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.3	FoxitReader, свободно распространяемое программное обеспечение http://free-software.com.ua/pdf-viewer/foxit-reader/	
6.3.1.4	Adobe Acrobat Reader DC свободно распространяемое программное обеспечение https://get.adobe.com/ru/reader/enterprise/	
6.3.1.5	Яндекс. Браузер. Прикладное программное обеспечение общего назначения, Офисные приложения, лицензия – свободно распространяемое программное обеспечение по лицензии BSD License	
6.3.2 Специализированное программное обеспечение		
6.3.2.1	MathCAD_student 15.0 Academic_License, Customer Number 434692, контракт от 03.12.2012 № 0334100010012000148-0000756-01	
6.3.2.2	MatLab Classroom, R2010a, R2010b, лицензия от 16.03.2011 № 689810, ГК № 0334100010011000032-00000756-01	
6.3.2.3	Simulink Classroom R2010a, R2010b, лицензия № 689810 сетевая, государственный контракт от 06.07.2011 №334100010011000114-0000756-01	
6.3.3 Информационные справочные системы		
6.3.3.1	Не предусмотрены	
6.4 Правовые и нормативные документы		
6.4.1	Не предусмотрены	

7 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	
1	Корпуса А, Б, В, Г, Д, Е ИрГУПС находятся по адресу г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15; корпус Л ИрГУПС находится – по адресу г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.80
2	Учебная аудитория Д-410 для проведения лекционных и практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации Основное оборудование: специализированная мебель, мультимедиапроектор (переносной), экран, (ноутбук переносной). Для проведения занятий имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты)
3	Учебная аудитория Д-417 для проведения лекционных и практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

	работ), текущего контроля и промежуточной аттестации Основное оборудование: специализированная мебель, мультимедиапроектор, экран, (ноутбук переносной). Для проведения занятий имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты)
4	Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС. Помещения для самостоятельной работы обучающихся: – читальные залы; – учебные залы вычислительной техники А-401, А-509, А-513, А-516, Д-501, Д-503, Д-505, Д-507; – помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования – А-521

8 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебной деятельности	Организация учебной деятельности обучающегося
Лекция	<p>Лекция (от латинского «lection» – чтение) – вид аудиторных учебных занятий. Лекция: закладывает основы научных знаний в систематизированной, последовательной, обобщенной форме; раскрывает состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники; концентрирует внимание обучающихся на наиболее сложных, узловых вопросах; стимулирует познавательную активность обучающихся.</p> <p>Во время лекционных занятий обучающийся должен уметь сконцентрировать внимание на изучаемых проблемах и включить в работу все виды памяти: словесную, образную и моторно-двигательную. Для этого весь материал, излагаемый преподавателем, обучающемуся необходимо конспектировать. На полях конспекта следует пометить вопросы, выделенные обучающимся для консультации с преподавателем. Выводы, полученные в виде формул, рекомендуется в конспекте подчеркивать или обводить рамкой, чтобы лучше запоминались. Полезно составить краткий справочник, содержащий определения важнейших понятий лекции. К каждому занятию следует разобрать материал предыдущей лекции. Изучая материал по учебнику или конспекту лекций, следует переходить к следующему вопросу только в том случае, когда хорошо усвоен предыдущий вопрос. Ряд вопросов дисциплины может быть вынесен на самостоятельное изучение. Такое задание требует оперативного выполнения. В конспекте лекций необходимо оставить место для освещения упомянутых вопросов. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, то необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии</p>
Практическое занятие	<p>Практическое занятие – вид аудиторных учебных занятий, целенаправленная форма организации учебного процесса, при реализации которой обучающиеся по заданию и под руководством преподавателя выполняют практические задания. Практические задания направлены на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных учебных действий в данной сфере науки. Практические занятия развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания обучающихся, выступают как средства оперативной обратной связи; цель практических занятий – углублять, расширять, детализировать знания, полученные на лекции, в обобщенной форме и содействовать выработке навыков профессиональной деятельности.</p> <p>На практических занятиях подробно рассматриваются основные вопросы дисциплины, разбираются основные типы задач. К каждому практическому занятию следует заранее самостоятельно выполнить домашнее задание и выучить лекционный материал к следующей теме. Систематическое выполнение домашних заданий обязательно и является важным фактором, способствующим успешному усвоению дисциплины</p>
Лабораторная работа	<p>Основной целью лабораторных работ является теоретическое обоснование, наглядное и/или экспериментальное подтверждение и/или проверка существенных теоретических положений (законов, закономерностей) анализ существующих методик и методов их реализации и т.д. Они занимают преимущественное место при изучении дисциплин обязательной части и части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1.</p> <p>Исходя из цели, содержанием лабораторных работ могут быть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - экспериментальная проверка формул, методик расчета; - проведение натурных измерений свойств, рабочих параметров, режимов работы при помощи лабораторного оборудования и/или стендов и макетов; - ознакомление, анализ и теоретические выкладки по устройству, принципу действия и способам обслуживания аппаратов, деталей машин, механизмов, процессов, протекающих в них при этом и т.д.;

	<ul style="list-style-type: none"> - наглядная графическая интерпретация чертежей, схем, объемных поверхностей и т.д., воспроизводимых с помощью специализированного программного обеспечения; - имитационное моделирование процессов, протекающих в сложных химических, физических, механических, электрических и пр. объектах; - наглядное представление о работе персонала конкретной организации или подразделения ОАО «РЖД» посредством моделирования штатных и внештатных ситуаций в виртуальных специализированных АРМ (автоматизированных рабочих мест); - установление и подтверждение закономерностей (путем сравнения проведенного эксперимента и рассчитанных значений) и т.д.; - ознакомление с методиками проведения экспериментов, наглядным устройством стенд-макетов и пр.; - установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик; - анализ различных характеристик процессов, в том числе производственных и иных процессов; - расчет параметров различных явлений и процессов, смоделировать которые не возможно в реальных условиях (например, чрезвычайные ситуации и пр.); - наблюдение развития явлений, процессов и др. <p>Допускается иное содержание лабораторных работ, если это будет способствовать реализации целей и задач дисциплины и формированию соответствующих компетенций.</p> <p>По характеру выполняемых лабораторных работ возможны:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ознакомительные работы, используемые для закрепления изученного теоретического материалы; - аналитические работы, используемые для получения новой информации на основе формализованных методов; - творческие работы, ориентированные на самостоятельный выбор подходов решения задач. <p>Прежде, чем приступить к лабораторным занятиям, обучающимся необходимо повторить теоретический материал по теме работы. Каждая лабораторная работа оснащена методическими указаниями, разработанными преподавателями, ведущими дисциплину</p>
Самостоятельная работа	<p>Обучение по дисциплине «Теория и методы оптимизации» предусматривает активную самостоятельную работу обучающегося. В разделе 4 рабочей программы, который называется «Структура и содержание дисциплины», все часы самостоятельной работы расписаны по темам и вопросам, а также указана необходимая учебная литература: обучающийся изучает учебный материал, разбирает примеры и решает разноуровневые задачи в рамках выполнения как общих домашних заданий, так и индивидуальных домашних заданий (ИДЗ) и других видов работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины. При выполнении домашних заданий обучающемуся следует обратиться к задачам, решенным на предыдущих практических занятиях, решенным домашним работам, а также к примерам, приводимым лектором. Если этого будет недостаточно для выполнения всей работы можно дополнительно воспользоваться учебными пособиями, приведенными в разделе 6.1 «Учебная литература». Если, несмотря на изученный материал, задание выполнить не удастся, то в обязательном порядке необходимо посетить консультацию преподавателя, ведущего практические занятия, и/или консультацию лектора.</p> <p>Домашние задания, индивидуальные домашние задания и другие работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины должны быть выполнены обучающимся в установленные преподавателем сроки в соответствии с требованиями к оформлению текстовой и графической документации, сформулированным в Положении «Требования к оформлению текстовой и графической документации. Нормоконтроль»</p>
Комплекс учебно-методических материалов по всем видам учебной деятельности, предусмотренным рабочей программой дисциплины (модуля), размещен в электронной информационно-образовательной среде ИргУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет	

Приложение № 1 к рабочей программе

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации**

1. Общие положения

Фонд оценочных средств (ФОС) является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися образовательной программы.

Фонд оценочных средств предназначен для использования обучающимися, преподавателями, администрацией ИрГУПС, а также сторонними образовательными организациями для оценивания качества освоения образовательной программы и уровня сформированности компетенций у обучающихся.

Задачами ФОС являются:

- оценка достижений обучающихся в процессе изучения дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс;
- самоподготовка и самоконтроль обучающихся в процессе обучения.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания: валидность, надежность, объективность, эффективность.

Для оценки уровня сформированности компетенций используется трехуровневая система:

- минимальный уровень освоения, обязательный для всех обучающихся по завершению освоения образовательной программы; дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;
- базовый уровень освоения, превышение минимальных характеристик сформированности компетенций; позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;
- высокий уровень освоения, максимально возможная выраженность характеристик компетенций; предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

2. Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина.

Программа контрольно-оценочных мероприятий. Показатели оценивания компетенций, критерии оценки

Дисциплина «Теория и методы оптимизации» участвует в формировании компетенций:

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ОПК-11. Способен организовывать разработку и применение алгоритмов и современных цифровых программных методов расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем

ОПК-13. Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем

Программа контрольно-оценочных мероприятий очная форма обучения

№	Наименование контрольно-оценочного мероприятия	Объект контроля	Код индикатора достижения компетенции	Наименование оценочного средства (форма проведения*)
3 семестр				
1.0	Раздел 1. Структура, классификация методов оптимизации			
1.1	Текущий контроль	Тема 1. Введение. Классификация методов решения задач оптимального и субоптимального управлений (Л)	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Конспект (письменно)
1.2	Текущий контроль	Тема 2. Метод интегральной квадратической оценки при определении точности автоматических систем в установившемся режиме (ПЗ).	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Собеседование (устно)
1.3	Текущий контроль	Тема 3. Изучение постановок и исследование задач оптимизации на безусловный и условный экстремумы с помощью компьютерной среды Matlab (ПЗ)	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Собеседование (устно) В рамках ПП**: Разноуровневые задачи (задания/письменно)
1.4	Текущий контроль	Тема 4. Концепция и методы обратных задач динамики (Л, ПЗ)	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Конспект (письменно) Собеседование (устно)
2.0	Раздел 2. Методы классического вариационного исчисления			
2.1	Текущий контроль	Тема 5. Метод неопределенных множителей Лагранжа (Л, ПЗ)	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Конспект (письменно) Собеседование (устно)
2.2	Текущий контроль	Тема 6. Уравнение Эйлера. Условие Лежандра. Задача с подвижными концами. Условие трансверсальности (Л, ПЗ)	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Конспект (письменно) Собеседование (устно)
2.3	Текущий контроль	Тема 7. Исследование вариационных задач, в том числе с помощью компьютерной среды Matlab (ПЗ)	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Собеседование (устно) В рамках ПП**: Разноуровневые задачи (задания/письменно)
3.0	Раздел 3. Методы синтеза оптимального управления			
3.1	Текущий контроль	Тема 8. Постановка задачи синтеза и подходы к построению общих схем вычислительных	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1	Конспект (письменно)

		процедур решения оптимизационных задач (Л)	ОПК-13.2	
3.2	Текущий контроль	Тема 9. Принцип максимума Л.С. Понтрягина (Л, ПЗ)	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Конспект (письменно) В рамках ПП**: Собеседование (устно)
3.3	Текущий контроль	Тема 10. Метод динамического программирования (Л)	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Конспект (письменно)
3.4	Текущий контроль	Тема 11. Методы А.М. Летова - Р. Калмана, А.А. Красовского в линейно-квадратической оптимизационной задаче (Л, ПЗ)	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Конспект (письменно) В рамках ПП**: Собеседование (устно)
	Промежуточная аттестация	Экзамен	ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Экзамен (собеседование) Экзамен - тестирование (компьютерные технологии)

*Форма проведения контрольно-оценочного мероприятия: устно, письменно, компьютерные технологии.

**ПП – практическая подготовка

Описание показателей и критериев оценивания компетенций. Описание шкал оценивания

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся проводятся в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы к результатам обучения и формирования компетенций.

Текущий контроль успеваемости – основной вид систематической проверки знаний, умений, навыков обучающихся. Задача текущего контроля – оперативное и регулярное управление учебной деятельностью обучающихся на основе обратной связи и корректировки. Результаты оценивания учитываются в виде средней оценки при проведении промежуточной аттестации.

Для оценивания результатов обучения используется четырехбалльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и двухбалльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Перечень оценочных средств, используемых для оценивания компетенций, а также краткая характеристика этих средств приведены в таблице.

Текущий контроль

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Собеседование	Средство контроля на практическом занятии, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Может быть использовано для оценки знаний обучающихся	Вопросы для собеседования по темам/разделам дисциплины
2	Разноуровневые задачи (задания)	Различают задачи: – репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание	Комплект разноуровневых задач и заданий или комплекты задач и заданий

		<p>объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины;</p> <p>может быть использовано для оценки знаний и умений обучающихся;</p> <p>– реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей;</p> <p>может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся;</p> <p>– творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения;</p> <p>может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся</p>	определенного уровня
3	Конспект	<p>Особый вид текста, в основе которого лежит аналитико-синтетическая переработка информации первоисточника (исходного текста). Цель этой деятельности — выявление, систематизация и обобщение (с возможной критической оценкой) наиболее ценной (для конспектирующего) информации.</p> <p>Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся</p>	Темы конспектов

Промежуточная аттестация

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Экзамен	Средство, позволяющее оценить знания, умения, навыков и (или) опыта деятельности обучающегося по дисциплине. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Перечень теоретических вопросов и практических заданий (образец экзаменационного билета) к экзамену
2	Тест – промежуточная аттестация в форме экзамена	Система автоматизированного контроля освоения компетенций (части компетенций) обучающимся по дисциплине (модулю) с использованием информационно-коммуникационных технологий. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Фонд тестовых заданий

Критерии и шкалы оценивания компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена. Шкала оценивания уровня освоения компетенций

Шкала оценивания	Критерии оценивания	Уровень освоения компетенции
«отлично»	Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы	Высокий

«хорошо»	Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов	Базовый
«удовлетворительно»	Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы	Минимальный
«неудовлетворительно»	Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов	Компетенция не сформирована

Тест – промежуточная аттестация в форме экзамена

Критерии оценивания	Шкала оценивания
Обучающийся верно ответил на 90 – 100 % тестовых заданий при прохождении тестирования	«отлично»
Обучающийся верно ответил на 80 – 89 % тестовых заданий при прохождении тестирования	«хорошо»
Обучающийся верно ответил на 70 – 79 % тестовых заданий при прохождении тестирования	«удовлетворительно»
Обучающийся верно ответил на 69 % и менее тестовых заданий при прохождении тестирования	«неудовлетворительно»

Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости

Собеседование

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено»	Глубокое и прочное усвоение программного материала. Полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания. Обучающийся свободно справляется с поставленными задачами, может обосновать принятые решения, демонстрирует владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ
«хорошо»		Знание программного материала, грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач
«удовлетворительно»		Обучающийся демонстрирует усвоение основного материала, при ответе допускаются неточности, при ответе недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении программного материала, затруднения в выполнении практических заданий Слабое знание программного материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Не было попытки выполнить задание

Разноуровневые задачи (задания)

Шкалы оценивания	Критерии оценивания
------------------	---------------------

«отлично»	«зачтено»	Демонстрирует очень высокий/высокий уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Все требования, предъявляемые к заданию, выполнены
«хорошо»		Демонстрирует достаточно высокий/выше среднего уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Все требования, предъявляемые к заданию, выполнены
«удовлетворительно»		Демонстрирует средний уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены. Демонстрирует низкий/ниже среднего уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Демонстрирует очень низкий уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Не ответа.

Конспект

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено»	Конспект по теме выполнен в обозначенный преподавателем срок. Конспект выполнен обучающимся по заданной теме в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; раскрыл тему полностью и ответил на все вопросы преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен аккуратно, в наиболее оптимальной для фиксации результатов форме
«хорошо»		Конспект по теме выполнен в обозначенный преподавателем срок. Конспект выполнен обучающимся по заданной теме в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; раскрыл тему не полностью и ответил на часть вопросов преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен аккуратно, с незначительными исправлениями
«удовлетворительно»		Конспект по теме выполнен в обозначенный преподавателем срок. Конспект выполнен обучающимся по заданной теме в не полном объеме с частичным соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; раскрыл тему не полностью и ответил на часть вопросов преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен не аккуратно
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Конспект по теме не выполнен в обозначенный преподавателем срок. Конспект выполнен обучающимся не по заданной теме в не полном объеме без соблюдения необходимой последовательности. Обучающийся работал не самостоятельно; не раскрыл тему и не ответил на вопросы преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен не аккуратно

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

3.1 Типовые контрольные задания для проведения собеседования

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для проведения собеседований.

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования

«Тема 2. Метод интегральной квадратической оценки при определении точности автоматических систем в установившемся режиме (ПЗ).»

1. Дать определение критерия оптимальности (целевой функции).
2. Что необходимо знать для постановки задач оптимизации?
3. Какие существуют интегральные квадратические оценки (ИКО)?
4. Какое равенство положено в основу метода ИКО?

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования
«Тема 3. Изучение постановок и исследование задач оптимизации на безусловный и условный экстремумы с помощью компьютерной среды Matlab (ПЗ)»

5. Перечислите постановки задач оптимизации и дайте их краткую характеристику.
6. Чем отличаются постановки задач на условный и безусловный экстремум?
7. Перечислить особенности таких постановок задач оптимизации?
8. Как определяются экстремумы функций и функционалов?
9. Под руководством преподавателя на типовых примерах изучить постановки задач оптимизации и самостоятельно по вариантам выполнить исследования на безусловный и условный экстремумы с помощью пакета Optimization Toolbox в системе Matlab.

3.2 Типовые контрольные задания для решения разноуровневых задач (заданий)

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для решения разноуровневых задач.

Образец заданий для решения разноуровневых задач

«Тема 3. Изучение постановок и исследование задач оптимизации на безусловный и условный экстремумы с помощью компьютерной среды Matlab (ПЗ)»

1). Найти экстремаль функционала $I[x(t)] = \int_0^1 [x^2(t) + x'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x(0) = 0$, $x(1) = 1$.

2). Найти экстремаль функционала $I[x(t)] = \int_{-1}^0 [12tx(t) - x'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x(-1) = 1$, $x(0) = 0$.

3). Найти экстремаль функционала $I[x(t)] = \int_0^{\frac{\pi}{2}} [x'^2(t) - x^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x(0) = 1$, $x(\frac{\pi}{2}) = 0$.

Образец заданий для решения разноуровневых задач

«Тема 7. Исследование вариационных задач, в том числе с помощью компьютерной среды Matlab (ПЗ)»

1). Найти экстремаль функционала $I[x_1(t), x_2(t)] = \int_0^{\frac{\pi}{2}} [x_1^2(t) + x_2^2(t) - x_1'^2(t) - x_2'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x_1(0) = 1$, $x_2(0) = -1$, $x_1(\frac{\pi}{2}) = 1$, $x_2(\frac{\pi}{2}) = 1$.

2). Найти экстремаль функционала $I[x_1(t), x_2(t)] = \int_0^1 [x_1'^2(t) + 2x_1(t)x_2(t) + x_2'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x_1(0) = 1$, $x_2(0) = 1$, $x_1(1) = e$, $x_2(1) = \frac{1}{e}$.

3.3 Типовые контрольные задания для написания конспекта

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для написания конспектов.

Образец тем конспектов

«Тема 1. Введение. Классификация методов решения задач оптимального и субоптимального управлений (Л)»

1. О системном подходе при оптимизации.
2. Классификация методов решения задач оптимального и субоптимального управлений.

Образец тем конспектов

«Тема 4. Концепция и методы обратных задач динамики (Л, ПЗ)»

1. Уравнение Эйлера. Условие Лежандра.
2. Задача с подвижными концами. Условие трансверсальности..
3. Обобщённая задача Лагранжа. Задачи Майера и Больца.
4. Постановка задачи синтеза и подходы к построению общих схем вычислительных процедур решения оптимизационных задач.

3.4 Типовые контрольные задания для проведения тестирования

Фонд тестовых заданий по дисциплине содержит тестовые задания, распределенные по разделам и темам, с указанием их количества и типа.

Структура фонда тестовых заданий по дисциплине

Индикатор достижения компетенции	Тема в соответствии с РПД	Характеристика ТЗ	Количество тестовых заданий, типы ТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 1. Введение. Классификация методов решения задач оптимального и субоптимального управлений (Л)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – ЗТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 2. Метод интегральной квадратической оценки при определении точности автоматических систем в установившемся режиме (ПЗ).	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – ЗТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 3. Изучение постановок и исследование задач оптимизации на безусловный и условный экстремумы с помощью компьютерной среды Matlab (ПЗ)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – ЗТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 4. Концепция и методы обратных задач динамики (Л, ПЗ)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ

		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – 3ТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 5. Метод неопределенных множителей Лагранжа (Л, ПЗ)	Знание	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – 3ТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 6. Уравнение Эйлера. Условие Лежандра. Задача с подвижными концами. Условие трансверсальности (Л, ПЗ)	Знание	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – 3ТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 7. Исследование вариационных задач, в том числе с помощью компьютерной среды Matlab (ПЗ)	Знание	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – 3ТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 8. Постановка задачи синтеза и подходы к построению общих схем вычислительных процедур решения оптимизационных задач (Л)	Знание	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – 3ТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 9. Принцип максимума Л.С. Понтрягина (Л, ПЗ)	Знание	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 3 – 3ТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – 3ТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 10. Метод динамического программирования (Л)	Знание	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – 3ТЗ
ОПК-1.1 ОПК-11.2 ОПК-13.1 ОПК-13.2	Тема 11. Методы А.М. Летова - Р. Калмана, А.А. Красовского в линейно-квадратической оптимизационной задаче (Л, ПЗ)	Знание	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – 3ТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	1 – 3ТЗ
		Итого	100

Полный комплект ФТЗ хранится в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС и обучающийся имеет возможность ознакомиться с демонстрационным вариантом ФТЗ.

Ниже приведен образец типового варианта итогового теста, предусмотренного рабочей программой дисциплины.

№	Задание	Ответы
1	Что называется оптимизацией?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Процесс выработки наилучших решений. 2. Процесс передачи сигнала управления на объект управления. 3. Процесс целенаправленного воздействия на объект управления.
2	Что такое критерий оптимальности (целевая функция)?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Количественная мера передачи информации. 2. Количественная мера передачи энергии. 3. Количественная мера оценки качества принимаемого решения.
3	Что подразумевается под оптимальным управлением?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Целенаправленное воздействие на объект с наилучшей оценкой качества принимаемого решения. 2. Целенаправленное воздействие на объект с минимизацией целевой функции. 3. Целенаправленное воздействие на объект с максимизацией целевой функции.
4	Какую задачу решает динамическая оптимизация?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Задачу создания и реализации системы оптимального управления процессом в установившихся режимах. 2. Задачу создания и реализации системы оптимального управления процессом в условиях многих критериев качества. 3. Задачу создания и реализации системы оптимального управления процессом в неустойчивых режимах.
5	Какая оптимизация называется безусловной?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оптимизация, в которой требуется определить экстремум в условиях ограничений вида неравенств. 2. Оптимизация, в которой требуется определить экстремум в условиях ограничений вида равенств. 3. Оптимизация, в которой требуется определить экстремум без задания условий на какие-либо другие величины.
6	Какая оптимизация называется условной?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оптимизация, в которой требуется определить экстремум в условиях ограничений вида равенств-неравенств. 2. Оптимизация, в которой требуется определить экстремум при изопериметрических условиях. 3. Оптимизация, в которой требуется определить экстремум при некоторых условиях на ряд других величин.
7	Какая задача называется задачей линейного программирования?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Задача, в которой целевая функция и ограничения являются линейными функциями времени. 2. Задача, в которой целевая функция и ограничения являются линейными функциями переменных. 3. Задача, в которой целевая функция и ограничения программируются на ЭВМ.
8	Что подразумевается под сходимостью алгоритма оптимизации?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Последовательность итераций, сходящихся к точке экстремума. 2. Степень приближения к точке максимума. 3. Степень приближения к точке минимума.
9	Какая сходимость называется релаксационной?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сходимость, которая монотонно возрастает до точки максимума. 2. Сходимость, которая монотонно убывает до точки минимума. 3. Квадратичная сходимость с монотонным убыванием функции времени.
10	Какая задача оптимизации называется двойственной?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Задача, в которой операция на максимум заменяется операцией на минимум. 2. Задача оптимизации на минимум или максимум при целевой функции с обратным знаком. 3. Задача, в которой операция на минимум заменяется операцией на максимум.
11	Что называется глобальной сходимостью алгоритма оптимизации?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сходимость, для которой из любой начальной точки итерационная последовательность сходится к точке, удовлетворяющим условиям оптимальности. 2. Сходимость, для которой из любой начальной точки итерационная последовательность сходится к точке, удовлетворяющим условиям стационарности. 3. Сходимость, для которой итерационная последовательность сходится к точке, удовлетворяющим условиям экстремума.
12	Что называется асимптотической сходимостью алгоритма оптимизации?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сходимость, для которой итерационная последовательность сходится к точке, удовлетворяющим условиям экстремума. 2. Сходимость, для которой из любой начальной точки итерационная последовательность сходится к точке, удовлетворяющим условиям экстремума. 3. Поведение последовательности точек в окрестности предельной точки экстремума

№	Задание	Ответы
13	Что называется индексом эффективности?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Скорость сходимости алгоритма оптимизации. 2. Время сходимости алгоритма оптимизации. 3. Евклидова норма алгоритма оптимизации.
14	Какими характеристиками оценивается эффективность выбранного метода оптимизации?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Затраченное время и точность решения. 2. Точность решения и чувствительность к изменению параметра сходимости. 3. Время, затраченное на получение решения, точность решения, чувствительность к изменению параметра сходимости.
15	Чем измеряется расстояние между двумя точками в пространстве R^n ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Евклидовой нормой. 2. Нормой Гельдера. 3. Нормой по модулю 2.
16	Что является решением задачи оптимизации?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение точки экстремума. 2. Определение точки максимума. 3. Определение точки минимума.
17	Что называется градиентом функции?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вторая частная производная от функции по переменной x 2. Частная производная от функции по переменной x. 3. Частная производная от функции по переменной x, взятая с обратным знаком.
18	Что называется антиградиентом функции?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вторая частная производная от функции по переменной x. 2. Частная производная от функции по переменной x. 3. Частная производная от функции по переменной x, взятая с обратным знаком.
19	Что называется матрицей Гессе?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вторая частная производная от функции по переменной x, вычисленная в точке стационарности. 2. Частная производная от функции по переменной x. 3. Частная производная от функции по переменной x, взятая с обратным знаком.
20	Чем отличается вариация переменной от ее приращения?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отличия нет. 2. Вариация переменной определяется относительно одного момента времени, а приращение - относительно разных моментов времени. 3. Приращение переменной определяется относительно одного момента времени, а вариация - относительно разных моментов времени.
21	Какие условия являются необходимыми для существования в точке локального минимума?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Для наличия в точке локального минимума необходимо, чтобы градиент функции по переменной x был равен нулю, а матрица Гессе положительно полуопределенной. 2. Для наличия в точке локального минимума необходимо, чтобы градиент функции по переменной x был равен нулю, а матрица Гессе положительно определенной. 3. Для наличия в точке локального минимума необходимо, чтобы градиент функции по переменной x был равен нулю, а матрица Гессе отрицательно определенной.
22	Какие условия являются достаточными для существования в точке строгого локального минимума?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Для наличия в точке строгого локального минимума необходимо, чтобы градиент функции по переменной x был равен нулю, а матрица Гессе положительно полуопределенной. 2. Для наличия в точке строгого локального минимума необходимо, чтобы градиент функции по переменной x был равен нулю, а матрица Гессе положительно определенной. 3. Для наличия в точке строгого локального минимума необходимо, чтобы градиент функции по переменной x был равен нулю, а матрица Гессе отрицательно определенной.
23	В чем заключается принцип расширения?	<ol style="list-style-type: none"> 1. В погружении решения исходной оптимизационной задачи в решение более общей задачи за счет игнорирования дифференциальных связей. 2. В погружении решения общей оптимизационной задачи в решение частной задачи с ограничениями вида равенств-неравенств. 3. В погружении решения исходной оптимизационной задачи в решение более общей задачи при ограничениях на управление.
24	Чем отличается критерий Летова - Калмана от функционала обобщенной работы А.А. Красовского?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличием нелинейного слагаемого. 2. Наличием изопериметрического условия по управлению, имеющего энергетический смысл. 3. Наличием терминального члена.

№	Задание	Ответы
25	В задаче Больца используется	1. Функционал, содержащий терминальный и интегральный члены. 2. Функционал, содержащий только интегральный член. 3. Функционал, содержащий только терминальный член.
26	В задаче Майера используется	1. Функционал, содержащий терминальный и интегральный члены. 2. Функционал, содержащий только интегральный член. 3. Функционал, содержащий только терминальный член.
27	В задаче Лагранжа используется	1. Функционал, содержащий терминальный и интегральный члены. 2. Функционал, содержащий только интегральный член. 3. Функционал, содержащий только терминальный член.
28	Динамическое программирование Р. Беллмана позволяет	1. Получить аналитическое решение для управления с обратной связью. 2. Получить аналитическое решение для управления с оптимальной обратной связью. 3. Получить аналитическое решение для программного управления.
29	Принцип максимума Л.С. Понтрягина позволяет	1. Получить аналитическое решение для управления с обратной связью. 2. Получить аналитическое решение для управления с оптимальной обратной связью. 3. Получить аналитическое решение для программного управления.
30	Метод АКОР в вырожденной формулировке дает возможность	1. Получить единственное решение задачи оптимизации при оптимальной стратегии управления. 2. Получить неединственное решение задачи оптимизации при оптимальной стратегии управления. 3. Получить единственное решение задачи оптимизации как при оптимальной, так и при других стратегиях управления.

3.5 Перечень теоретических вопросов к экзамену (для оценки знаний)

1. Общая постановка задачи оптимизации и основные положения
2. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума
3. Необходимые и достаточные условия условного экстремума. Постановка задачи и основные определения
4. Условный экстремум при ограничениях типа равенств
5. Условный экстремум при ограничениях типа неравенств
6. Условный экстремум при смешанных ограничениях
7. Принципы построения численных методов поиска безусловного экстремума
8. Характеристики методов одномерной оптимизации
9. Характеристики методов случайного поиска
10. Характеристики методов первого порядка - градиентных методов
11. Характеристики методов второго порядка - метода Ньютона и его модификаций
12. Принципы построения численных методов поиска условного экстремума
13. Характеристики методов последовательной безусловной минимизации
14. Характеристики методов возможных направлений
15. Постановка и решение задач оптимизации методом обратных задач динамики
16. Уравнение Эйлера
17. Условие Лежандра
18. Задача с подвижными концами
19. Условие трансверсальности
20. Постановка задач оптимизации на условный экстремум
21. Обобщённая задача Лагранжа
22. Задачи Майера и Больца
23. Характеристики метода вариаций в задачах с подвижными концами
24. Характеристика метода вариаций в задачах с неподвижными границами
25. Общая постановка задачи вариационного исчисления и основные положения
26. Вывод уравнения Риккати в ЛК-задаче синтеза

27. Алгоритмы решения задач приближенно-оптимального синтеза в вырожденной формулировке
28. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов в вырожденной формулировке
29. Метод А.А. Красовского в ЛК-задачах синтеза оптимального управления
30. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов по критерию обобщенной работы А.А. Красовского
31. Метод А.М. Летова - Р. Калмана в линейно-квадратической (ЛК) задаче синтеза
32. Динамическое программирование и достаточные условия оптимальности В.Ф. Кротова
33. Принцип максимума Л.С. Понтрягина
34. Постановка задачи синтеза и подходы к построению общих схем вычислительных процедур решения оптимизационных задач
35. Характеристика методов оптимального управления макроэкономическими моделями
36. Характеристика методов оптимизации налоговой ставки на линейной модели «затраты-выпуск»

3.6 Перечень типовых простых практических заданий к экзамену

(для оценки умений)

1. Вариационные изопериметрические задачи поиска безусловного экстремума от одной функции:

а). Найти экстремаль функционала $I[x(t)] = \int_0^1 [x^2(t) + x'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x(0) = 0$, $x(1) = 1$.

б). Найти экстремаль функционала $I[x(t)] = \int_{-1}^0 [12tx(t) - x'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x(-1) = 1$, $x(0) = 0$.

в). Найти экстремаль функционала $I[x(t)] = \int_0^{\frac{\pi}{2}} [x'^2(t) - x^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x(0) = 1$, $x(\frac{\pi}{2}) = 0$.

2. Вариационные изопериметрические задачи поиска безусловного экстремума от нескольких функций:

а). Найти экстремаль функционала $I[x_1(t), x_2(t)] = \int_0^{\frac{\pi}{2}} [x_1^2(t) + x_2^2(t) - x_1'^2(t) - x_2'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x_1(0) = 1$, $x_2(0) = -1$, $x_1(\frac{\pi}{2}) = 1$, $x_2(\frac{\pi}{2}) = 1$.

б). Найти экстремаль функционала $I[x_1(t), x_2(t)] = \int_0^1 [x_1'^2(t) + 2x_1(t)x_2(t) + x_2'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x_1(0) = 1$, $x_2(0) = 1$, $x_1(1) = e$, $x_2(1) = \frac{1}{e}$.

3. Вариационные задачи поиска условного экстремума с дифференциальными связями:

а). Найти экстремаль функционала $I[x_1(t), x_2(t)] = \int_0^1 [x_1'^2(t) + x_2'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x_1(0) = 2$, $x_2(0) = 0$, $x_1(1) = 2ch1$, $x_2(1) = 2sh1$ и дифференциальной связи $x_1' - x_2 = 0$.

б). Найти экстремаль функционала $I[x_1(t), x_2(t)] = \int_0^1 [x_1^2(t) + 2x_1'(t) + x_2^2(t)] dt$,

удовлетворяющую граничным условиям: $x_1(0) = 1, x_2(0) = 0, x_1(1) = e + e^{-1}, x_2(1) = 2e - e^{-1}$ и дифференциальной связи $x_1' - x_2 = 0$.

в). Найти экстремаль функционала $I[x_1(t), x_2(t)] = \int_0^{\frac{\pi}{2}} [x_1^2(t) + 2x_1(t)x_2(t) + x_2^2(t)] dt$,

удовлетворяющую граничным условиям: $x_1(0) = 1, x_2(0) = -1, x_1(\frac{\pi}{2}) = \frac{\pi^2}{4} + 1, x_2(\frac{\pi}{2}) = \frac{\pi^2}{4} - 1$

$x_1(0) = 1, x_2(0) = 0, x_1(1) = e + e^{-1}, x_2(1) = 2e - e^{-1}$ и дифференциальной связи $x_1' + x_2' - 4t = 0$.

4. Вариационные задачи поиска условного экстремума с интегральными связями:

а). Найти экстремаль функционала $I[x(t)] = \int_0^1 [x'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x(0) = 1, x(1) = 6$ и интегральной связи $\int_0^1 x(t) dt = 3$.

б). Найти экстремаль функционала $I[x(t)] = \int_0^{\pi} x(t) \sin t dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x(0) = 0, x(\pi) = \pi$ и интегральной связи $\int_0^{\pi} x'^2(t) dt = \frac{3\pi}{2}$.

в). Найти экстремаль функционала $I[x(t)] = \int_0^1 [x'^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x(0) = 0, x(1) = 5$ и интегральной связи $\int_0^1 tx(t) dt = 1$.

5. Вариационные задачи поиска условного экстремума с конечными связями:

а). Найти экстремаль функционала $I[x_1(t), x_2(t)] = \int_0^{\frac{\pi}{2}} [x_1^2(t) + x_1^2(t) - x_1'(t) - x_2^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x_1(0) = 1, x_2(0) = -1, x_1(\frac{\pi}{2}) = 1, x_2(\frac{\pi}{2}) = 1$ и уравнению связи $x_1 - x_2 - 2 \cos t = 0$.

б). Найти экстремаль функционала $I[x_1(t), x_2(t)] = \int_0^1 [x_1^2(t) + 2x_1(t)x_2(t) + x_2^2(t)] dt$, удовлетворяющую граничным условиям: $x_1(0) = 1, x_2(0) = 1, x_1(1) = e, x_2(1) = \frac{1}{e}$ и уравнению связи $x_1 - x_2 - e^t + e^{-t} = 0$. в). Найти наискратчайшее расстояние между точками $A(0; -1; 1)$ и $B(1; 0; -1)$, лежащими на плоскости с уравнением $t + x_1 + x_2 = 0$.

3.7 Перечень типовых практических заданий к экзамену

(для оценки навыков и (или) опыта деятельности)

1. Исследовать типовые законы управления автоматическими системами при различных показателях качества

2. Исследовать оптимизационные задачи на безусловный условный экстремум с помощью пакета Optimization Toolbox в системе Matlab
3. Исследовать алгоритмы управления колебательным звеном по методу обратных задач динамики (ОЗД)
4. Исследовать оптимизационные задачи на условный экстремум с помощью пакета Optimization Toolbox в системе Matlab
5. Исследовать вариационные задачи с помощью пакета Optimization Toolbox в системе Matlab
6. Исследовать решение канонической системы дифференциальных уравнений с помощью принципа максимума
7. Аналитически исследовать решение ЛК-задачи синтеза оптимального управления
8. Исследовать решения задачи ЛК-задачи управления колебательным звеном на основе методов АКОР в формулировках А.А. Красовского и Летова-Калмана
9. Исследовать решения ЛК-задачи управления колебательным звеном на основе метода АКОР в вырожденной формулировке при различных стратегиях управления

4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

В таблице приведены описания процедур проведения контрольно-оценочных мероприятий и процедур оценивания результатов обучения с помощью оценочных средств в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Наименование оценочного средства	Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения
Собеседование	Собеседование, предусмотренное рабочей программой дисциплины, проводится на практическом занятии. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся тему, вопросы для подготовки к собеседованию. Результаты собеседования преподаватель доводит до обучающихся сразу после завершения собеседования
Разноуровневая задача (задание)	Выполнение разноуровневых задач (заданий), предусмотренных рабочей программой дисциплины, проводятся во время практических занятий. Во время выполнения задач (заданий) разрешается пользоваться учебниками, справочниками, конспектами лекций, тетрадями для практических занятий
Конспект	Защита конспектов, предусмотренных рабочей программой дисциплины, проводится во время практических занятий. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся: тему конспектов и требования, предъявляемые к их выполнению и защите

Для организации и проведения промежуточной аттестации составляются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Перечень теоретических вопросов и типовые практические задания разного уровня сложности для проведения промежуточной аттестации обучающиеся получают в начале семестра через электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС (личный кабинет обучающегося).

Описание процедур проведения промежуточной аттестации в форме экзамена и оценивания результатов обучения

Промежуточная аттестация в форме экзамена проводится путем устного собеседования по билетам или в форме компьютерного тестирования.

При проведении промежуточной аттестации в форме собеседования билеты составляются таким образом, чтобы каждый из них включал в себя теоретические вопросы и практические задания.

Билет содержит: два теоретических вопроса для оценки знаний. Теоретические вопросы выбираются из перечня вопросов к экзамену; два практических задания: одно из них для оценки умений (выбирается из перечня типовых простых практических заданий к экзамену); другое практическое задание для оценки навыков и (или) опыта деятельности (выбираются из перечня типовых практических заданий к экзамену).


Распределение теоретических вопросов и практических заданий по экзаменационным билетам находится в закрытом для обучающихся доступе. Разработанный комплект билетов (25-30 билетов) не выставляется в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС, а хранится на кафедре-разработчике фондов оценочных средств.

На экзамене обучающийся берет билет, для подготовки ответа на экзаменационный билет обучающемуся отводится время в пределах 45 минут. В процессе ответа обучающегося на вопросы и задания билета, преподаватель может задавать дополнительные вопросы.

Каждый вопрос/задание билета оценивается по четырехбалльной системе, а далее вычисляется среднее арифметическое оценок, полученных за каждый вопрос/задание. Среднее арифметическое оценок округляется до целого по правилам округления

При проведении промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования вариант тестового задания формируется из фонда тестовых заданий по дисциплине случайным образом, но с условием: 50 % заданий должны быть заданиями открытого типа и 50 % заданий – закрытого типа.

Образец экзаменационного билета

 <p>ИрГУПС 20__-20__ учебный год</p>	<p>Экзаменационный билет № 1 по дисциплине «<u>Теория и методы оптимизации</u>»</p>	<p>Утверждаю: Заведующий кафедрой « _____ » ИрГУПС _____</p>
<ol style="list-style-type: none">1. Общая постановка задачи оптимизации и основные положения.2. Алгоритмы решения задач приближенно-оптимального синтеза в вырожденной формулировке.3. Решение оптимизационной задачи с применением пакета Optimization Toolbox в среде Matlab.4. Исследовать решение канонической системы дифференциальных уравнений с помощью принципа максимума.		