

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 02 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Оптимальное управление
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления)

Направленность: Математическое и информационное обеспечение
экономической деятельности (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью учебной дисциплины является развитие у студентов аналитического и алгоритмического мышления; изучение теоретических основ оптимального управления сосредоточенными и распределенными системами, в том числе техническими и экономическими системами; приобретение знаний, необходимых для анализа, прогнозирования и управления процессами, происходящих в науке, технике и экономике.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение различных методов вариационного исчисления;
- изучение методов и приемов оптимального управления сосредоточенными и распределенными системами;
- формирование умения выбирать фазовые и управляющие переменные; выбирать критерий качества (функционал) на основе существующих связей между изучаемыми явлениями;
- формирование навыков решения задач вариационного исчисления и оптимального управления.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения учебной дисциплины являются следующие объекты:

- вариационное исчисление, как метод, используемый для поиска экстремума функционалов;
- оптимальное управление сосредоточенными и распределенными системами;
- проблема синтеза оптимального управления.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает: – способы решения вариационных задач с учетом социальных и профессиональных особенностей – способы оптимального управления в практических задачах с учетом социальных и профессиональных особенностей	Знает задачи описания и анализа экономических процессов, методы содержательной интерпретации полученных результатов;	Коллоквиум

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет - формулировать вариационные задачи с учетом профессиональных и социальных аспектов - формулировать задачи оптимального управления с учетом профессиональных и социальных аспектов	Умеет оформлять результаты исследований в виде отчета и применять их в организационно-управленческой деятельности;	Расчетно-графическая работа
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет: - методологией и навыками решения практических задач оптимального управления с ограничениями, обусловленными социальной и профессиональной позициями	Владеет навыками построения стандартных математических и эконометрических моделей экономических процессов.	Контрольная работа
УК-2	ИД-1УК-2	Знает: - основные подходы при постановке экстремальных задач с ограничениями; - критерии качества (целевые функционалы) при формулировке вариационных задач;	Знает подходы в постановке задач для достижения поставленной цели, обладает знаниями в выборе оптимальных способов их решения; понимает базовые принципы функционирования экономики и экономического развития, цели и формы участия государства в экономике	Дифференцированный зачет
УК-2	ИД-2УК-2	Умеет: - применять вариационные принципы при решении задач с ограничениями; - выбирать критерии качества (целевые функционалы) при формулировке и решении вариационных задач;	Умеет, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, выбирать оптимальные способы решения научно-технических задач в профессиональной области для достижения поставленной цели; применяет методы личного экономического и финансового планирования для достижения текущих и долгосрочных финансовых целей	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
УК-2	ИД-ЗУК-2	Владеет: - приемами постановки и решения научно-технических и экономических задач с помощью методов вариационного исчисления и оптимального управления.	Владеет навыками определения круга профессиональных задач в рамках поставленной цели; выбором оптимальных способов их решения с учетом действующих правовых норм и имеющихся ресурсов; использует финансовые инструменты для управления личными финансами (личным бюджетом), контролирует собственные экономические финансовые риски	Отчет по НИР

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	90	90	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	41	41	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	45	45	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
6-й семестр				
Классические задачи вариационного исчисления.	8	0	10	10
<p>Тема 1. Задачи, приводящие к вариационным формулировкам. Подбор различных задач, приводящих к поиску максимума или минимума некоторой интегральной величины.</p> <p>Тема 2. Основы дифференциального исчисления в линейных нормированных пространствах. Линейные нормированные и банаховы пространства. Непрерывность и дифференцируемость функционала. определенное на нормированном пространстве. Дифференциалы Фреше и Гато, первая вариация. Экстремум функционала, необходимое условие экстремума функционала. Основные леммы вариационного исчисления.</p> <p>Тема 3. Вариационные задачи с фиксированными границами. Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнения Эйлера. Функционалы от нескольких функций. Функционалы с производными высшего порядка. Функционалы от функции нескольких переменных. Канонический вид уравнений Эйлера.</p> <p>Тема 4. Простейшие задачи вариационного исчисления с подвижными границами. Вариационные задачи с подвижными концами. Естественные краевые условия. Задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности. Экстремали с угловыми точками. Условия Вейерштрасса -Эрдмана.</p>				
Вариационные задачи на условный экстремум.	6	0	4	8
<p>Тема 5. Вариационные задачи на условный экстремум. Основные типы задач на условный экстремум. Задача Лагранжа. Изопериметрическая задача. Необходимые условия экстремума в задаче Лагранжа. Необходимые условия экстремума в изопериметрической задаче. Задача Больца и задача Майера.</p> <p>Тема 6. Достаточные условия экстремума. Квадратичный функционал. Вторая вариация функционала. Слабый экстремум. Условие Лежандра. Уравнение Якоби. Сильный экстремум.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Вариационные методы в оптимальном управлении.	5	0	4	8
Тема 7. Задача оптимального управления Постановка задачи оптимального управления. Критерии качества. Задача Лагранжа в форме Понтрягина. Тема 8. Синтез оптимального управления Линейные задачи оптимального управления. Вариационные методы в задачах синтеза оптимального управления.				
Методы оптимального управления.	4	0	7	8
Тема 9. Принцип максимума. Автономная система управления. Формулировка принципа максимума. Сопряженная система. Функция Понтрягина. Линейная задача оптимального быстрогодействия. Задача синтеза управления. Тема 10. Метод динамического программирования. Различные формулировки принципа оптимальности. Задача распределения ресурсов. Дискретная и непрерывная задачи оптимальности. Уравнение Беллмана.				
Выпуклый анализ и вариационные задачи.	4	0	8	8
Тема 11. Основные понятия выпуклого анализа. Минимизация выпуклых функционалов. Дифференцируемость функционалов. Критерий минимизации. Тема 12. Пространства функций, имеющих обобщенные производные. Обобщенное решение уравнений в частных производных. Связь обобщенного решения с классическим.				
Компромиссное управление в задачах оптимального управления распределенными системами.	7	0	5	6
Тема 13. Оптимальное управление распределенными системами: постановка задач управления, виды целевых функций, управлений и наблюдений. Построение выпуклого полунепрерывного снизу коэрцитивного функционала специального вида. Тема 14. Компромиссное управление эллиптическими системами. Получение оптимизационных систем для различных комбинаций типов управлений и наблюдений. Тема 15. Компромиссное управление параболическими системами. Получение оптимизационных систем для различных				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
комбинаций типов управлений и наблюдений.				
Жесткое управление в задачах оптимального управления распределенными системами.	7	0	7	6
Тема 16. Аппроксимативная управляемость систем. Задачи с жестким управлением. Преобразование Лежандра. Минимизация функционалов с использованием сопряженных функционалов. Тема 17. Аппроксимативная управляемость эллиптическими и параболическими системами. Метод градиентного спуска отыскания минимумов целевых функционалов. Численная реализация градиентного метода.				
ИТОГО по 6-му семестру	41	0	45	54
ИТОГО по дисциплине	41	0	45	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Задачи вариационного исчисления.
2	Пространства функций, вычисление норм в различных функциональных пространствах.
3	Непрерывность и дифференцируемость функционалов.
4	Первая вариация функционала.
5	Экстремум функционала. Необходимое условие экстремума.
6	Уравнения Эйлера для простейшей задачи вариационного исчисления.
7	Функционалы, зависящие от нескольких функций.
8	Функционалы, зависящие от производных высшего порядка (уравнения Эйлера-Пуассона).
9	Функционалы, зависящие от функций нескольких переменных (уравнения Эйлера-Остроградского).
10	Задачи с подвижными концами. Естественные условия. Задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности.
11	Задачи на условный экстремум. Задача Лагранжа и изопериметрическая задача.
12	Достаточные условия экстремума функционала. Задача Лагранжа в форме Понтрягина.
13	Вариационные методы в задачах синтеза оптимального управления.
14	Принцип максимума.
15	Задачи быстрогодействия.
16	Уравнение Беллмана.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
17	Компромиссное управление эллиптическими системами.
18	Компромиссное управление параболическими системами.
19	Жесткое управление эллиптическими системами.
20	Жесткое управление параболическими системами.
21	Метод градиентного спуска.
22	Численная реализация изученных методов.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
-------	---	-------------------------------------

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Алексеев В.М. Оптимальное управление : учебник для вузов / В.М. Алексеев, В.М. Тихомиров, С.В. Фомин. - Москва: Физматлит, 2007.	25
2	Фурсиков А. В. Оптимальное управление распределенными системами. Теория и приложения : учебное пособие для вузов / А. В. Фурсиков. - Новосибирск: Науч. кн., 1999.	3
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Краснов М .Л. Вариационное исчисление : учебное пособие для втузов / М .Л. Краснов, Г .И . Макаренко , А .И. Киселев. - Москва: Наука, Физматлит, 1973.	33
2	Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление : учебник для вузов / Л.Э. Эльсгольц. - Москва: УРСС, 2002.	70
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Ногин В.Д. Введение в оптимальное управление: Учебно-методическое пособие.	http://window.edu.ru/resource/537/75537/files/nogin_u12.pdf	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	IBM PC совместимые компьютеры	15
Практическое занятие	IBM PC совместимые компьютеры	15

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптимальное управление»

основной образовательной программы высшего образования – программы
академической бакалавриата

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	01.03.02 «Прикладная математика и информатика»	
Направленность (профиль) образовательной программы:	«Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности»	
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»	
Выпускающая кафедра:	Прикладная математика	
Форма обучения:	Очная	
Курс: 3	Семестр: 6	
Трудоёмкость:		
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ	
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.	
Виды промежуточного контроля:		
Диф. Зачет: 6 семестр		

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра базового учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, защита индивидуальных заданий и дифференцированного зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине	Вид контроля					
	Текущи й		Рубежны й		Итоговый	
	С	ТО	ОИЗ	КР		Зачет
Усвоенные знания						
Знать задачи описания и анализа экономических процессов, методы содержательной интерпретации полученных результатов		ТО1		КР1		ТВ
Знать подходы в постановке задач для достижения поставленной цели, обладает знаниями в выборе оптимальных способов их решения; понимает базовые принципы функционирования экономики и экономического развития, цели и формы участия государства в экономике		ТО2		КР2		ТВ
Уметь оформлять результаты исследований в виде отчета и применять их в организационно-управленческой деятельности			ОИЗ1	КР2		ПЗ
Уметь исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, выбирать оптимальные способы решения наудтехнических задач в профессиональной области для достижения поставленной цели; применяет методы личного экономического и финансового планирования для достижения текущих и долгосрочных финансовых целей			ОИЗ2	КР2 -3		ПЗ
Владеть навыками построения стандартных математических и эконометрических моделей экономических процессов			ОИЗ4	КР2		ПЗ

Владеть навыками определения круга профессиональных задач в рамках поставленной цели; выбором оптимальных способов их решения с учетом действующих правовых норм и имеющихся ресурсов; использует финансовые инструменты для управления личными финансами (личным бюджетом), контролирует собственные экономические финансовые риски			ОИЗ5	КР3		ПЗ
---	--	--	------	-----	--	----

С - собеседование по теме;

ТО - теоретический опрос;

ОИЗ – отчет по индивидуальному заданию;

КР – контрольная работа;

ТВ - теоретический вопрос;

ПЗ - практическое задание.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графику учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты индивидуальных заданий и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита индивидуального домашнего задания

Индивидуальные домашние задания соответствуют темам практических занятий (табл. 4.3 РПД). Защита индивидуального домашнего задания (ИДЗ) проводится индивидуально с каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы по основным разделам дисциплины:

КР.1 “Непрерывность и дифференцируемость функционалов”

Типовые задания первой КР:

1. Исследовать на непрерывность функционал.
2. Найти первую вариацию функционала.

КР2 “ Экстремум функционалов ”.

Типовые задания второй КР:

1. Уравнения Эйлера для простейшей задачи вариационного исчисления..
2. Найти экстремали функционала.

КР3 “ Получение оптимизационных систем ”.

Типовые задания третьей КР:

1. Сформулировать задачу оптимального управления распределенной системой параболического типа со стартовым управлением и финальным наблюдением.
2. Получить систему оптимальности для задачи оптимального управления распределенной системой эллиптического типа со граничным управлением и распределенным наблюдением.

Типовая шкала и критерии оценки результатов рубежных контрольных работ приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.3. Выполнение комплексного индивидуального домашнего задания.

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное (домашнее) задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.4. Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная защита всех индивидуальных домашних заданий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных дисциплинарных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Задачи вариационного исчисления.
2. Экстремум функционала. Необходимое условие экстремума
3. Функционалы, зависящие от функций нескольких переменных (уравнения Эйлера-Остроградского)
4. Задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности.
5. Уравнение Беллмана.
6. Компромиссное управление параболическими системами.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Исследовать на непрерывность функционал

$$I[y] = \int_a^b g(x)y(x)dx, \quad g(x) \in L_2[a,b],$$

где $g(x)$ – фиксированная функция, $y(x)$ – произвольная функция из $L_2[a,b]$.

2. Найти экстремали функционала

$$I[y] = \int_0^1 (x + (y')^2) dx, \quad y(0) = 1, y(1) = 2.$$

Классифицировать задачу оптимального управления

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{\partial y}{\partial x} + y, \quad y = y(t, x)$$

$$y|_{t=0} = u(x), \quad y|_{x=0} = y|_{x=L} = 0,$$

$$F(y, u) = \int_0^L (y|_{t=\tau} - y^*)^2 dx \rightarrow \min$$

Типовые комплексные задания для приобретенных владений:

1. Вариационные методы в задачах синтеза оптимального управления.
2. Задача оптимального быстрогодействия.
3. Получить оптимизационную систему для задачи управления

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + u, \quad y = y(t, x), u = u(t, x)$$

$$y|_{t=0} = f(x), \quad y|_{x=0} = y|_{x=L} = g(t),$$

$$F(y, u) = \int_0^L (y|_{t=\tau} - y^*)^2 dx + \alpha \|u\|^2 \rightarrow \min, \quad \alpha \in (0;1).$$

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.