

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

« 10 » октября 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Теория оптимизации
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления)

Направленность: Электроэнергетика и электротехника (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – освоение дисциплинарных компетенций по основам теории оптимизации, которые позволят студентам успешно решать теоретические и практические задачи в профессиональной деятельности, связанной с отысканием оптимальных условий работы систем электроэнергетики и электротехники, а также практическому применению современных методов оптимизации к объектам технической среды.

Задачи дисциплины:

- изучение общенаучных и конкретно-научных методов и принципов исследования в технике;
- изучение правил протоколирования, обработки результатов исследования и наблюдения, их изображения;
- формирование умения проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов;
- формирование навыков основных правил работы с научной литературой и подготовки материалов к печати, в т.ч. оформления курсовых и выпускных работ;
- формирование навыков, необходимых для создания оптимальных технических систем при реализации систем электроэнергетики и электротехники.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Системы электроэнергетики и электротехники и их оптимизация.

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
ОПК-3	ИД-1ОПК-3	Знает: основы теории одно- и многопараметрической оптимизации; численные методы решения оптимизационных задач; методы и средства задач анализа и синтеза объектов в технической среде; методы исследования, правила и условия выполнения работ по оптимизации электротехнической продукции.	Знает основы математики, физики, химии	Тест

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-3	ИД-2ОПК-3	Умеет: ставить цели проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей; выбирать на основе оптимального проектирования параметры проектируемых электротехнических изделий.	Умеет применять аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального исчисления, теории функций комплексных переменных, законы физики и химии для решения профессиональных задач	Отчёт по практическом у занятию
ОПК-3	ИД-3ОПК-3	Владеет: навыками выбора метода решения задач линейного и нелинейного программирования; навыками организации процессов внедрения результатов исследований и разработок в области электроэнергетики и электротехники; навыками проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений, связанных с созданием электротехнических изделий с оптимальными параметрами.	Владеет навыками анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Отчёт по практическом у занятию
ПКО-1	ИД-1ПКО-1	Знает: критерии и методы оптимизации, используемые при реализации экспериментальных исследований; методики проведения эксперимента с обработкой и анализом их результатов; методики описания выполненных исследований.	Знает методологию научных исследований, цели и задачи проводимых исследований и разработок; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации	Зачет
ПКО-1	ИД-2ПКО-1	Умеет: проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов; применять методы математического анализа	Умеет обобщать, анализировать и систематизировать информацию для подготовки аналитических обзоров по заданной теме	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области электроэнергетики.		
ПКО-1	ИД-3ПКО-1	Владеет: навыками проведения экспериментов и описания выполненных исследований.	Владеет навыками самостоятельного изучения, критического осмысления и систематизации научно-технической информации	Отчёт по практическом у занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	32	32	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

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
7-й семестр				
введение	1	0	0	0
Введение. Исторический экскурс. Постановка и структура задач поисковой оптимизации.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Раздел 1. Основы линейной алгебры	3	0	8	20
Тема 1. Введение в линейную алгебру Скаляры и векторы, их свойства. Скалярное и векторное произведение. Евклидовое пространство. Норма вектора. Матрицы, их свойства. Нормы, определитель, миноры и ранг матрицы. Операции над векторами и матрицами.				
Раздел 2. Теоретические основы теории оптимизации	4	0	8	10
Тема 2. Элементы теории множеств Множества (пространства), подмножества (подпространства), свойства множеств. Линейные множества. Выпуклые множества. Тема 3. Функции Классификация функций. Непрерывные, разрывные, дискретные, монотонные, унимодальные, выпуклые, вогнутые, псевдовыпуклые, псевдовогнутые функции. Тема 4. Постановка задачи оптимизации Постановка обобщенной задачи оптимизации. Критерии (целевые функции) оптимизации. Однокритериальные и многокритериальные задачи оптимизации. Условная и безусловная оптимизация. Локальный и глобальный экстремум. Условия оптимальности. Критерий Сильвестра.				
Раздел 3. Математические модели оптимизации	3	0	8	10
Тема 5. Классификация задач математического программирования Линейное, выпуклое, нелинейное, целочисленное, стохастическое программирование. Рекуррентный метод решения задач математического программирования. Методы решения задач линейного и выпуклого программирования. Постановка оптимизационных задач как задач линейного и выпуклого программирования. Симплексный метод. Метод возможных перемещений. Метод искусственного базиса (М-метод). Тема 6. Численные методы решения задач одномерной оптимизации Методы равномерного поиска и поразрядного приближения. Метод дихотомии (деления интервала пополам). Метод секущих. Метод касательных. Метод золотого сечения. Метод Ньютона-Рафсона. Методы квадратичной и кубической аппроксимации (интерполяции-экстраполяции). Метод стохастической аппроксимации. Тема 7. Численные методы решения задач многомерной оптимизации				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Метод наискорейшего спуска (градиентный метод). Методы координатного спуска (Гаусса- Зайделя). Методы координатного спуска (спирального координатного спуска, координатного спуска с квадратичной интерполяцией-экстраполяцией). Метод многомерной стохастической аппроксимации.				
Раздел 4. Теория оптимального управления	7	0	8	14
Тема 8. Методы условной оптимизации Метод подстановки. Метод проекций. Метод штрафных функций. Метод Лагранжа Тема 9. Методы решения вариационных задач Постановка вариационной задачи как задачи синтеза оптимального управления динамическим объектом. Критерии оптимальности. Тема 10. Оптимальное управление Принцип максимума. Динамическое программирование. Вычислительные аспекты решения задач методом динамического программирования.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	0	32	54
ИТОГО по дисциплине	18	0	32	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Симплексный метод. Решение задач по разделу «Математические модели оптимизации»
2	Целочисленное программирование. Решение задач по разделу «Математические модели оптимизации»
3	Линейное программирование. Решение задач по разделу «Математические модели оптимизации»
4	Метод Ньютона-Рафсона. Метод секущих. Решение задач по разделу «Математические модели оптимизации»
5	Метод золотого сечения. Решение задач по разделу «Математические модели оптимизации»
6	Градиентный метод. Решение задач
7	Метод штрафных функций. Метод Лагранжа. Решение задач по разделу «Теория оптимального управления»
8	Оптимальное управление электродвигателем. Решение задач по разделу «Теория оптимального управления»

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, 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
1. Основная литература		
1	Баничук Н. В. Введение в оптимизацию конструкций. Москва : Наука, 1986. 302 с.	22
2	Гольдштейн А. Л. Оптимизация в среде MATLAB : учебное издание. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2015. 191 с. 15,48 усл. печ. л.	14
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Лутманов С. В. Курс лекций по методам оптимизации. Ижевск : Регуляр. и хаот. динамика, 2001. 363 с.	29
2	Ногин В. Д., Протодяконов И. О., Евлампиев И. И Основы теории оптимизации : учебное пособие для вузов. М. : Высш. шк., 1986. 384 с.	29

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	Крутиков В. Н., Мишечкин В. В. Методы оптимизации : электронное учебное пособие. 2-е изд., доп и перераб. Кемерово : КемГУ, 2019. 106 с.	URL: https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-135233 (дата обращения: 13.04.2021).	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Сорокин А. Б. Безусловная оптимизация : учебно-методическое пособие. Москва : РТУ МИРЭА, 2020. 115 с. URL: https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-163863 (дата обращения: 13.04.2021).	URL: https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-163863 (дата обращения: 13.04.2021).	сеть Интернет; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

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/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Проектор, экран, ноутбук, маркерная доска	1
Практическое занятие	Маркерная доска	1

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»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Теория оптимизации»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы:	Автоматизированный электропривод и робототехнические комплексы; Накопители энергии, передача и распределение энергии; Электроснабжение
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
Выпускающая кафедра:	Микропроцессорных средств автоматизации
Форма обучения:	Очная

Курс: 4

Семестр: 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачёт: 7 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 контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчета по индивидуальному практическому заданию и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ИЗ	Т/КР		Зачёт
Усвоенные знания						
З.1 знать основы теории одно- и многопараметрической оптимизации; численные методы решения оптимизационных задач; методы и средства задач анализа и синтеза объектов в технической среде; методы исследования, правила и условия выполнения работ по оптимизации электротехнической продукции		ТО		КР1-КР4		ТВ
З.2 знать критерии и методы оптимизации, используемые при реализации экспериментальных исследований; методики проведения эксперимента с обработкой и анализом их результатов; методики описания выполненных исследований.		ТО		КР1-КР4		ТВ
Освоенные умения						
У.1 уметь ставить цели проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей; выбирать на основе оптимального проектирования параметры проектируемых электротехнических изделий.			ИЗ	КР1-КР4		ПЗ
У.2 уметь проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов; применять методы математического анализа и			ИЗ	КР1-КР4		ПЗ

моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области электроэнергетики.						
Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками выбора метода решения задач линейного и нелинейного программирования; навыками организации процессов внедрения результатов исследований и разработок в области электроэнергетики и электротехники; навыками проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений, связанных с созданием электротехнических изделий с оптимальными параметрами.			ИЗ			ПЗ
В.2 владеть навыками проведения экспериментов и описания выполненных исследований.			ИЗ			ПЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; ИЗ – индивидуальное практическое задание.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

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

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала 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, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты отчета по индивидуальному практическому заданию и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита отчета по индивидуальному практическому заданию

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

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

Типовая тема индивидуального практического задания – «Методы и модели оптимизации технических систем»

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 4 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Основы линейной алгебры», вторая КР – по модулю 2 «Теоретические основы теории оптимизации», третья КР – по модулю 3 «Математические модели оптимизации», четвертая КР – по модулю 4 «Теория оптимального управления».

Типовые задания первой КР:

1. Матрицы, их свойства.
2. Исследовать выпуклость функции $f(\mathbf{x}) = x_1^2 + x_2^2$ на множестве E^2 с помощью матрицы Гессе.

Типовые задания второй КР:

1. Критерии (целевые функции) оптимизации.
2. Найти минимальное значение f^* и точку минимума x^* функции $f(x) = x^2 + 3x(\ln x - 1)$ на отрезке $x \in [0,5, 1]$. Точку x^* найти с погрешностью $\varepsilon = 0,05$.

Типовые задания третьей КР:

1. Классификация задач математического программирования.
2. Задачи решить симплексным методом. Сравнить полученное решение с решением, найденным геометрически.

1. $f(\mathbf{x}) = 2x_1 - 6x_2 \rightarrow \max$ при ограничениях:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 2, \\ -x_1 + 2x_2 \leq 4, \\ x_1 + 2x_2 \leq 8, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.$$

Типовые задания четвертой КР:

1. Методы условной оптимизации.
2. Методом штрафных функция найти минимальное значение функции

$$f(x) = x \rightarrow \min$$

при ограничении

$$g(x) = -x + 2 \leq 0.$$

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача индивидуального практического задания и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.3.1. 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 образовательной программы.

2.3.2. 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 освоенных умений и для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

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

2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Прямые методы оптимизации.
2. Метод Ньютона – Рафсона.
3. Двойственность в линейном программировании.
4. Множители Лагранжа.
5. Метод барьерных функций.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений и для контроля приобретенных владений:

1. Используя графический метод, найти решение

$$f(\mathbf{x}) = -x_1 - 2x_2 \rightarrow \min,$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 7,$$

$$2x_1 + x_2 \leq 8,$$

$$x_2 \leq 3,$$

$$x_1, x_2 \geq 0.$$

2. Решить задачу M -методом, используя симплексные таблицы

$$f(\mathbf{x}) = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\begin{cases} x_1 - x_2 \leq -1, & (\text{I}) \\ x_1 - x_2 \geq -3, & (\text{II}) \\ x_1 \leq 3, & (\text{III}) \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

3. Найти экстремум функции $f(x, y) = e^{xy}$ на прямой $x + y = 1$ методом Лагранжа.

2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

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

Общая оценка уровня сформированности всех 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.