

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Директор института

М.А. Кудров

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Теория оптимального управления
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Программная инженерия передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии кафедра физики полета
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет
8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.
семинары: 60 час.
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Н.М. Гревцов, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

Программа обсуждена на заседании кафедры физики полета 05.04.2023

Аннотация

В курсе рассматриваются задачи оптимизации функций в конечномерном пространстве и вариационные задачи и методы их решения. Дисциплину можно рассматривать как прикладной раздел мат. анализа.

Для конечномерных задач, с условиями связи и без условий, выводятся необходимые и достаточные условия экстремума (минимума/максимума). Приводятся прямые (численные) методы решения. Дается их относительная скорость сходимости.

В области вариационных задач рассматриваются классическое вариационное исчисление и теория оптимального управления динамическими системами как ветвь современной теории управления. В разделе классического вариационного исчисления выводятся уравнения Эйлера – Лагранжа, Пуассона, Остославского для нахождения функций, удовлетворяющих необходимым условиям экстремума функционалов. Для простейшего функционала приводятся достаточные условия минимума или максимума на основе функции Вейерштрасса. Выводится условие Лежандра.

В разделе теории оптимального управления рассматриваются принцип максимума Понтрягина, принцип динамического программирования, выводятся уравнение Беллмана. Приводятся методы решения двухточечных краевых задач, которые появляются в результате применения принципа максимума.

Дается понятие об основных видах игровых задач: матричных, непрерывных, дифференциальных.

В процессе изложения материала приводятся примеры.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение студентами методов решения конечномерных задач оптимизации, классической вариационной теории и методов решения задач оптимального управления динамическими системами в современной постановке. Знакомство с оптимизационными задачами в области механики полета и методами их решения.

Задачи дисциплины

- знакомство студентов с постановками конечномерных задач оптимизации и задач оптимального управления;
- приобретение теоретических знаний в области оптимизации;
- изучение особенностей задач оптимального управления в области механики полета и освоение методов решения этих задач;
- приобретение навыков дискретизации непрерывных задач оптимального управления с целью их решения численными методами;
- освоение численных методов решения задач оптимального управления с использованием современной вычислительной техники.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или)	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности

обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.3 Умеет составлять аннотации, рефераты, библиографические перечни и обзоры информации в области своей профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ фундаментальные понятия в области оптимизации параметров и управления динамическими системами;
- ☐ основные классические и современные результаты в области конечномерной оптимизации и оптимизации в функциональном пространстве;
- ☐ основные методы решения задач оптимизации;
- ☐ методы решения оптимизационных задач механики полета.

уметь:

- ☐ корректно поставить задачу оптимизации, в частности, в области механики полета, абстрагируясь от несущественного;
- ☐ выбрать наиболее эффективный метод для решения конкретной оптимизационной задачи;
- ☐ получить аналитическое решение задачи, если это возможно;
- ☐ провести качественный анализ возможного решения оптимизационной задачи;
- ☐ составить схему для численного решения оптимизационной задачи;
- ☐ выбрать математическую модель движения летательного аппарата, учитывающую предмет оптимизации;
- ☐ анализировать результаты, получаемые в процессе решения задачи оптимизации, и сравнивать их с известными результатами;
- ☐ использовать компьютерную технику для решения оптимизационных задач.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования практических задач;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов расчетов;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- ☐ знаниями, достаточными для понимания содержания работ по оптимизации отечественных и иностранных авторов.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Задачи оптимизации в механике полёта		2		2
2	Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах на безусловный экстремум		2		3
3	Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах на условный экстремум		6		2

4	Прямые методы нахождения безусловного экстремума в конечномерных задачах		4		2
5	Прямые методы нахождения условного экстремума в конечномерных задачах		4		2
6	Классическое вариационное исчисление		4		2
7	Принцип максимума Понтрягина для задач оптимизации управления динамическими системами		4		1
8	Методы решения двухточечных краевых задач		4		1
9	Динамическое программирование		4		1
10	Прямые методы оптимизации управления динамическими системами		4		1
11	Принцип максимума Понтрягина для задачи Лагранжа со свободным правым концом		4		1
12	Принцип максимума Понтрягина для задачи Майера		4		1
13	Методы решения двухточечных краевых задач		2		2
14	Дискретный принцип максимума для задачи Майера.		4		2
15	Прямые методы решения задач оптимального управления.		2		2
16	Динамическое программирование		2		2
17	Задачи оптимизации в механике полёта		2		2
18	Игровые задачи		2		1
Итого часов			60		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Задачи оптимизации в механике полёта

Задачи оптимизации в механике полёта. Введение. Конечномерное и функциональное пространства. Математическая постановка задач оптимизации. Задачи оптимизации в механике полёта.

2. Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах на безусловный экстремум

Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах на безусловный экстремум. Необходимые и достаточные условия оптимальности в конечномерных задачах на безусловный экстремум. Теоремы Ферма, Вейерштрасса. Условие Сильвестра.

3. Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах на условный экстремум

Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах на условный экстремум задач.

Задачи с ограничениями типа равенств и неравенств. Метод множителей Лагранжа. Линейная независимость ограничений. Детерминантный критерий Грама. Существенные и несущественные ограничения. Условия Куна–Таккера.

4. Прямые методы нахождения безусловного экстремума в конечномерных задачах

Прямые методы нахождения безусловного экстремума в конечномерных задачах.

Характеристики методов: сходимость, класс. Градиентные методы: с дроблением шага, наискорейшего спуска, релаксационные методы, масштабирование, эвристические схемы. Метод Ньютона и его модификации: метод с регулировкой шага (Ньютона –Рафсона), метод Марквардта. Метод секущих в n -мерном случае. Метод сопряженных градиентов. Выбор системы сопряженных векторов. Схема Флетчера-Ривса. Применение метода сопряженных градиентов для оптимизации выпуклых функций. Оптимальный поиск минимума (максимума) унимодальной функции. Пассивный поиск. Последовательный поиск. Методы дихотомии, золотого сечения.

5. Прямые методы нахождения условного экстремума в конечномерных задачах

Характеристики методов: сходимость, класс. Градиентные методы: с дроблением шага, наискорейшего спуска, релаксационные методы, масштабирование, эвристические схемы. Метод Ньютона и его модификации: метод с регулировкой шага (Ньютона –Рафсона), метод Марквардта. Метод секущих в n -мерном случае. Метод сопряженных градиентов. Выбор системы сопряженных векторов. Схема Флетчера-Ривса. Применение метода сопряженных градиентов для оптимизации выпуклых функций. Оптимальный поиск минимума (максимума) унимодальной функции. Пассивный поиск. Последовательный поиск. Методы дихотомии, золотого сечения.

6. Классическое вариационное исчисление

Постановки задач вариационного исчисления. Общая форма первой вариации. Основная лемма вариационного исчисления. Уравнения Эйлера-Лагранжа. Уравнение Остроградского. Задачи с подвижным правым (левым) концом. Условия трансверсальности. Условия Эрмана-Вейерштрасса. Односторонние вариации. Поле экстремалей. Сопряженная точка. Условие и уравнение Якоби. Функция Вейерштрасса. Сильный и слабый экстремумы. Необходимые и достаточные условия оптимальности для простейшей задачи вариационного исчисления. Условие Лежандра. Вариационные задачи на условный экстремум. Голономные и неголономные связи. Изопараметрические задачи.

7. Принцип максимума Понтрягина для задач оптимизации управления динамическими системами

Математическая формулировка задач оптимального управления динамической системой. Задачи Лагранжа, Майера, Больца. Классический подход к определению оптимальных программ. Гамильтониан. Необходимые условия оптимальности в этом подходе. Игольчатые вариации управления. Принцип максимума Понтрягина для решения задач со свободным правым концом и фиксированным временем. Вариации траектории и конус концевых вариаций фазового вектора. Необходимые условия оптимальности в принципе максимума. Принцип максимума Понтрягина в задачах с фиксированным и нефиксированным временем и подвижным правым концом. Условия трансверсальности. Непрерывность гамильтониана. Условие Лежандра – Клебша. Принцип максимума Понтрягина для задач Лагранжа, Майера, Больца с различными типами условий на управление и траекторию. Дискретный принцип максимума. Энергетический подход и метод сингулярных возмущений для оптимального планирования траекторий самолетов при решении транспортных задач.

8. Методы решения двухточечных краевых задач

Метод Ньютона, методы прогонки, Абрамова, Крылова-Черноузько. Метод прогонки для линейно-квадратичной задачи оптимального управления. Уравнение Риккати.

9. Динамическое программирование

Принцип оптимальности. Уравнение Беллмана для непрерывной задачи оптимального управления. Вычислительные схемы решения уравнения Беллмана. Понятие об оптимальном синтезе управления.

10. Прямые методы оптимизации управления динамическими системами

Математическая формулировка задач оптимального управления динамической системой. Задачи Лагранжа, Майера, Больца. Классический подход к определению оптимальных программ. Сопряженные переменные. Гамильтониан. Необходимые условия оптимальности в этом подходе.

11. Принцип максимума Понтрягина для задачи Лагранжа со свободным правым концом

Игольчатые вариации управления. Вариации траектории и конус конечных вариаций фазового вектора. Необходимые условия оптимальности принципа максимума. Принцип максимума Понтрягина в задачах с фиксированным и нефиксированным временем и подвижным правым концом. Условия трансверсальности.

12. Принцип максимума Понтрягина для задачи Майера

Конус возможных и конус допустимых конечных вариаций фазового вектора. Условие оптимальности в правом конце траектории – условие трансверсальности. Сопряженная система. Определение оптимального управления. Формулировка принципа максимума. Двухточечная краевая задача.

13. Методы решения двухточечных краевых задач

Метод Ньютона, методы прогонки. Метод прогонки для линейно-квадратичной задачи оптимального управления. Уравнение Риккати.

14. Дискретный принцип максимума для задачи Майера.

Дискретизация уравнений движения. Сопряженные системы при дискретизации. Принцип максимума для конечноразностных уравнений. Произвольные дискретные системы.

15. Прямые методы решения задач оптимального управления.

Определение производных функционала и условий связи по дискретизированным управляющим переменным. Расчет улучшающих вариаций управляющих переменных. Градиентная и компенсационная составляющие.

16. Динамическое программирование

Понятие об оптимальном синтезе управления. Принцип оптимальности. Уравнение Беллмана для непрерывной задачи оптимального управления. Вычислительные схемы решения уравнения Беллмана. Связь между динамическим программированием и принципом максимума.

17. Задачи оптимизации в механике полёта

Формулировка задач. Энергетический подход и метод сингулярных возмущений для оптимального планирования траекторий самолётов при решении транспортных задач.

18. Игровые задачи

Матричные игры. Гарантированная стратегия. Минимаксный принцип Неймана и Моргенштерна. Чистые и смешанные стратегии. Седловая точка. Непрерывные и дифференциальные игры.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. Э. Эльсгольц .— 2-е изд., стереотип. — М. : Наука, 1969 .— 424 с.
2. Нелинейное программирование [Текст]/Г. П. Кюнц, В. Крелле, пер. с нем. О.И. Помазанец, Е. Г. Миркиной , -М., Сов. радио, 1965
3. Оптимальное управление [Текст] : учебник для вузов / В. М. Алексеев, В. М. Тихомиров, С. В. Фомин .— М. : Физматлит, 2005 .— 384 с.
4. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценка и управление [Текст]/А. Брайсон, Хо Ю-Ши , пер. с англ. Э. М. Макашова, Ю. П. Плотникова под ред. А. М. Летова, -М., Мир, 1972
5. Лекции по вариационному исчислению [Текст]/Г. А. Блисс , -М., Изд-во иностр. лит., 1950

Дополнительная литература

1. Оптимизация. Теория. Примеры. Задачи [Текст] / Э. М. Галеев - М.КомКнига,2006
2. Динамика полета. Траектории летательных аппаратов [Текст] / И. В. Остославский, И. В. Стражева - М.Оборонгиз,1963

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

не предусмотрено.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий курс «Теория оптимального управления», должен с одной стороны овладеть общим математическим аппаратом теории оптимизации, а с другой стороны должен научиться применять теоретические знания при решении оптимизационных задач механики полета.

В результате изучения дисциплины студент должен корректно поставить задачу оптимизации, выбрать наиболее эффективный метод решения, правильно трактовать полученный результат. При этом он должен уметь работать с литературой (книги, статьи в научных журналах, Интернет) по предмету.

Успешное освоение курса требует самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

– чтение и конспектирование рекомендованной литературы;

- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций и проверки выполнения заданий.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Программная инженерия передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии кафедра физики полета
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
8 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	Н.М. Гревцов, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности
	ОПК-4.3 Умеет составлять аннотации, рефераты, библиографические перечни и обзоры информации в области своей профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теория оптимального управления» обучающийся должен:

знать:

- ☐ фундаментальные понятия в области оптимизации параметров и управления динамическими системами;
- ☐ основные классические и современные результаты в области конечномерной оптимизации и оптимизации в функциональном пространстве;
- ☐ основные методы решения задач оптимизации;
- ☐ методы решения оптимизационных задач механики полета.

уметь:

- ☐ корректно поставить задачу оптимизации, в частности, в области механики полета, абстрагируясь от несущественного;
- ☐ выбрать наиболее эффективный метод для решения конкретной оптимизационной задачи;
- ☐ получить аналитическое решение задачи, если это возможно;
- ☐ провести качественный анализ возможного решения оптимизационной задачи;
- ☐ составить схему для численного решения оптимизационной задачи;
- ☐ выбрать математическую модель движения летательного аппарата, учитывающую предмет оптимизации;
- ☐ анализировать результаты, получаемые в процессе решения задачи оптимизации, и сравнивать их с известными результатами;
- ☐ использовать компьютерную технику для решения оптимизационных задач.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования практических задач;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов расчетов;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- ☐ знаниями, достаточными для понимания содержания работ по оптимизации отечественных и иностранных авторов.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль заключается в учете посещения студентами аудиторных занятий, а также в учете тех или иных видов активности студентов,: выполнения домашних заданий, обсуждения возникающих вопросов по текущему материалу и т.п. Данные по текущему контролю учитываются как при выставлении оценок.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Необходимые и достаточные условия оптимальности для задачи.
2. Метод внутренних штрафных функций. Его применение для решения задачи с использованием логарифмической штрафной функции.
3. Связь с проекцией градиента необходимых условий оптимальности.
4. Доказать, что детерминантный критерий Грама является необходимым и достаточным условием линейной независимости векторов.
5. Метод множителей Лагранжа для решения задачи. Условия Куна-Таккера.
6. Методы внешних штрафных функций. Его применение для решения задачи с использованием квадратичной штрафной функции.
7. Вывести необходимые и достаточные условия оптимальности для задачи.
8. Метод секущих в задаче поиска корней вектор-функции (на примере двумерной вектор-функции).
9. Методы последовательного поиска минимума унимодальной функции.
10. С использованием метода сопряженных градиентов в аналитической форме решить задачу с начальными условиями.
11. Метод проекции градиента для решения общей задачи нелинейного программирования. Свойства улучшающих вариаций.
12. Метод проекции градиента применительно к решению задачи. Исключение несущественных ограничений.
13. Метод сопряженных градиентов для задачи.

Билет 1

1. Необходимые и достаточные условия оптимальности для предложенной задачи.
2. Метод внутренних штрафных функций. Его применение для решения задачи с использованием логарифмической штрафной функции.

Билет 2

1. Связь с проекцией градиента необходимых условий оптимальности.
2. Доказать, что детерминантный критерий Грама является необходимым и достаточным условием линейной независимости векторов.

Билет 3

1. Метод множителей Лагранжа для решения задачи. Условия Куна-Таккера.
2. Методы внешних штрафных функций. Его применение для решения задачи с использованием квадратичной штрафной функции.

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

"Зачтено" выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

"Не зачтено" выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения дифференцированного зачета и зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачет и зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.