

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

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Нестационарная аэродинамика летательных аппаратов
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Авиационные технологии
	Физтех-школа авиационных и цифровых технологий
	кафедра аэрофизики и летательных аппаратов
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 30 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: Д.А. Алиева

Программа обсуждена на заседании кафедры аэрофизики и летательных аппаратов 28.02.2025

Аннотация

В курсе рассматриваются фундаментальные и прикладные вопросы нестационарной аэродинамики самолетов. Вводятся основные величины и понятия, предмет нестационарной аэродинамики ставится в контекст задач динамики полета. Обсуждается линейная нестационарная теория тонкого профиля, подходы к аналитическому и численному решению задач, приводятся некоторые точные классические решения. Рассматриваются физические явления, обуславливающие нелинейные эффекты отрывных течений на больших углах атаки. Даются общие сведения о принципах и методах экспериментальных исследований нестационарных аэродинамических характеристик, экспериментальных динамических установках, обработке и анализе экспериментальных данных. Отдельные лекции посвящены способам приближенных оценок, а также методам расчёта нестационарных аэродинамических характеристик. Рассматриваются подходы к математическому моделированию аэродинамики в линейной и нелинейной постановке для задач динамики полета.

Содержание курса ориентировано на освоение комплексного подхода к вопросам нестационарной аэродинамики самолетов, включающего понимание основ физических процессов, способов их описания, экспериментального исследования и моделирования. Для освоения курса желательно знание основ курсов аэродинамики, динамики полета, теории автоматического управления, математического анализа, теории функций комплексного переменного.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- знакомство студентов с основами аэродинамики дозвуковых, околосзвуковых и сверхзвуковых течений идеального и вязкого газа. Курс содержит как теоретические основы аэродинамики, так и сведения о методах и средствах экспериментальных исследований.

Задачи дисциплины

- формирование у студентов базовых знаний в области аэродинамики, понимания связи аэродинамики с другими разделами физики;
- приобретение теоретических знаний в области описания и моделирования течений жидкостей и газов;
- формирование представлений об экспериментальных методах в аэродинамике.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические,	ОПК-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности

конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории аэродинамики;
- физические и математические модели, применяемые в аэродинамике;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов аэродинамики;
- современные проблемы аэродинамики;
- физические и математические модели, применяемые в аэродинамике;
- разновидности современных способов экспериментального исследования аэродинамики летательных аппаратов и их элементов и физические принципы, на которых они основаны.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных аэродинамических задач;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач аэродинамики;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых аэродинамических проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- применять понятия и формулы, представленные в курсе для оценки аэродинамических характеристик летательных аппаратов и их элементов;
- объяснять специфику поведения различных аэродинамических характеристик на основе физики явлений, происходящих в движущемся газе.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в аудитории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач аэродинамики;
- основными методами определения аэродинамических характеристик при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях.

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

	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.
--	---

№	Тема (раздел) дисциплины	Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Кинематика и динамика движения летательного аппарата			3	2
2	Традиционная математическая модель представления аэродинамики в задачах динамики полета			3	2
3	Линейная теория тонкого профиля			4	2
4	Нестационарная теория тонкого профиля			4	2
5	Некоторые точные решения для неустановившегося движения профиля			4	2
6	Приближенная оценка вращательных и нестационарных производных летательного аппарата			4	2
7	Экспериментальные исследования в АДТ при неустановившемся движении			4	2
8	Математические модели нестационарных аэродинамических характеристик при развитии отрыва			4	1
Итого часов				30	15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Кинематика и динамика движения летательного аппарата

Место нестационарной аэродинамики в исследовании устойчивости и управляемости летательного аппарата. Системы координат, используемые для описания движения летательного аппарата, пересчет из одной системы координат в другую, углы Эйлера, углы атаки и скольжения. Вывод уравнений движения самолета в размерном и безразмерном виде, полная система уравнений движения самолета. Связь между угловыми скоростями и скоростями изменения углов атаки и скольжения, безразмерные параметры подобия.

2. Традиционная математическая модель представления аэродинамики в задачах динамики полета

Представление аэродинамических сил и моментов от кинематических параметров и параметров течения в общем виде, влияние чисел Маха, Рейнольдса, Струхала. Приближенное представление аэродинамических характеристик на основе концепции аэродинамических производных. Анализ устойчивости движения профиля с закрепленным центром тяжести.

3. Линейная теория тонкого профиля

Линейная стационарная теория тонкого профиля. Линейная нестационарная теория тонкого профиля. Некоторые точные решения при неустановившемся движении профиля: задача о гармонических колебаниях, задача о ступенчатом изменении угла атаки, задача о вхождении профиля в порыв ветра. Примеры численного решения модельных задач.

4. Нестационарная теория тонкого профиля

Статический гистерезис аэродинамических характеристик. Динамический гистерезис аэродинамических характеристик. Аэродинамическая асимметрия при отрывном и вихревом обтекании крыла.

5. Некоторые точные решения для неустановившегося движения профиля

Физический смысл и приближенные оценки продольного и поперечного демпфирования самолета. Оценка вклада нестационарных аэродинамических производных в демпфирование. Метод дискретных вихрей для численного расчета аэродинамических производных летательного аппарата. Использование метода нелинейной несущей линии для оценки вращательных производных при различных числах Рейнольдса.

6. Приближенная оценка вращательных и нестационарных производных летательного аппарата

Описание приближенной оценки вращательных нестационарных производных ЛА.

7. Экспериментальные исследования в АДТ при неустановившемся движении

Общие сведения о типах экспериментальных исследований при неустановившемся движении, критерии подобия. Метод вынужденных колебаний с малой амплитудой для получения аэродинамических производных. Методы вынужденных колебаний с большой амплитудой для исследования нелинейных свойств отрывного обтекания. Установившееся вращение в вертикальной АДТ. Свободные движения с различным количеством степеней свободы. Управляемые движения. Динамические установки при трансзвуковых скоростях потока. Методы фильтрации экспериментальных сигналов. Методы математической статистики для обработки экспериментальных данных.

8. Математические модели нестационарных аэродинамических характеристик при развитии отрыва

Математическое моделирование нестационарных нагрузок в классических задачах, с использованием понятия передаточной функции динамической системы. Использование дополнительных дифференциальных уравнений для описания эффектов запаздывания отрыва потока: отрывное обтекание профиля, отрывное обтекание треугольного крыла, обтекание полной компоновки самолета. Математическая модель с нелинейной зависимостью по угловой скорости тангажа. Математические модели аэродинамики с учетом интенсивного вращения для расчета штопора самолета.

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

учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Механика жидкости и газа [Текст] = учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский .— 5-е изд., перераб. — М. : Наука, 1973 .— 736 с.
2. Аэродинамика самолета : Динамика продольного и бокового движения [Текст]/Г. С. Бюшгенс, Р. В. Студнев, -М., Машиностроение, 1979

Дополнительная литература

1. Экспериментальная аэродинамика [Текст] : уч. для вузов : доп. М-вом высш. образов. СССР / А. К. Мартынов .— М. : Оборонгиз, 1950 .— 480 с.

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)

Материалы, документы и инициативы Международной организации гражданской авиации в области безопасности полетов <https://www.icao.int/safety>

Экспериментальная база ЦАГИ https://tsagi.ru/experimental_base/

Свободно распространяемое программное обеспечение, реализующее метод дискретных вихрей <http://tornado.redhammer.se/>

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

Студент, изучающий курс «Нестационарная аэродинамика летательных аппаратов», должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать фундаментальные понятия, законы, теории аэродинамики, физические и математические модели, применяемые в аэродинамике, порядки численных величин, характерные для различных разделов аэродинамики, современные проблемы аэродинамики, физические и математические модели, применяемые в аэродинамике, разновидности современных способов экспериментального исследования аэродинамики летательных аппаратов и их элементов и физические принципы, на которых они основаны.

Успешное освоение курса требует напряжённой 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.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Авиационные технологии Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра аэрофизики и летательных аппаратов
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	Д.А. Алиева

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Нестационарная аэродинамика летательных аппаратов» обучающийся должен:

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории аэродинамики;
- физические и математические модели, применяемые в аэродинамике;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов аэродинамики;
- современные проблемы аэродинамики;
- физические и математические модели, применяемые в аэродинамике;
- разновидности современных способов экспериментального исследования аэродинамики летательных аппаратов и их элементов и физические принципы, на которых они основаны.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных аэродинамических задач;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач аэродинамики;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых аэродинамических проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- применять понятия и формулы, представленные в курсе для оценки аэродинамических характеристик летательных аппаратов и их элементов;
- объяснять специфику поведения различных аэродинамических характеристик на основе физики явлений, происходящих в движущемся газе.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в аудитории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач аэродинамики;
- основными методами определения аэродинамических характеристик при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях.

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

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

Вопросы по уравнениям движения

Вы проводите статический эксперимента в АДТ, какой системой координат вы воспользуетесь?

Вы проводите эксперимент на динамическом стенде в АДТ. Модель закреплена в центре тяжести. Какой системой координат вы воспользуетесь?

Вы хотите смоделировать полёт летательного аппарата по маршруту из пункта А в пункт Б. Какой системой координат вы воспользуетесь?

Какие две системы координат связывают углы Эйлера?

Что определяют (показывают) углы Эйлера?

Если повернуть связанную систему координат на угол крена γ относительно оси ОХ, как изменятся углы тангажа и рыскания?

В чём принципиальное отличие углов Эйлера и углов атаки и скольжения?

Какие уравнения входят в систему уравнения движения самолета?

Может ли совпадать угловая скорость тангажа ω_z и скорость изменения угла атаки (α)?

Примеры вопросов по теории тонкого профиля (задание 1)

Можно ли считать движение профиля в плоскости ОХУ под углом атаки $\alpha=5^\circ$ с угловой скоростью $\Omega=2$ град/сек нестационарным?

Как влияет вихревой след на величину подъемной силы тонкого профиля с отклоняемым органом управления на задней кромке при его отклонении на величину δ за время $\Delta t=t_2-t_1=1$ с?

Как изменится момент тангажа тонкого профиля, движущегося с постоянной скоростью V с заданным углом атаки α в плоскости ОХУ, если он вращается с угловой скоростью $\Omega = \text{const}$?

Как вы понимаете высказывание "вихревой след является "памятью" о движении профиля"?

Как связано значение аналитической функции f в некоторой точке z её области определения со значением этой функции на контуре C , охватывающем эту точку?

В каком случае при рассмотрении задачи о движении тонкого профиля в потоке идеальной несжимаемой необходимо

учитывать его толщину?

Как следует расположить ось вращения, чтобы колебания тонкого профиля по тангажу с угловой скоростью $\Omega=0.1$ град/сек около нулевого среднего угла были динамически устойчивыми?

Как изменится коэффициент подъёмной силы тонкого профиля, движущегося в потоке идеальной несжимаемой жидкости со скоростью V , если его угол атаки мгновенно изменил своё значение в два раза?

Примеры задач для расчета по методу дискретных вихрей (задание 2)

1. Рассчитайте при помощи метода дискретных вихрей аэродинамические производные прямоугольного крыла, имеющего размах 4 м и хорду 0.4 м для различных чисел Маха. Результаты представьте на графике.
2. Рассчитайте при помощи метода дискретных вихрей аэродинамические производные компоновки, состоящей из прямоугольного крыла и горизонтального оперения трапециевидной формы. Геометрические параметры: размах крыла 20 м, хорда 2 м, оперение отстоит от передней кромки крыла на расстояние 10 м, размах оперения 3 м, длина корневой хорды 0.8 м, стреловидность оперения по передней кромке 15° . Оперение располагается на 1 м выше крыла. Сравните производную
3. Рассчитайте при помощи метода дискретных вихрей аэродинамические производные компоновки, состоящей из прямоугольного крыла и вертикального оперения трапециевидной формы. Геометрические параметры: размах крыла 20 м, хорда 2 м, оперение отстоит от передней кромки крыла на расстояние 7 м, высота оперения 2 м, длина корневой хорды 1.2 м, стреловидность оперения по передней кромке 30° , по задней кромке 5° . Оперение располагается на 1 м выше крыла. Сравните производные демпфирования моментов крена и рыскания для компоновки с оперением и без него.
4. Пользуясь схемой проекций компоновки самолёта, представленной на рисунке
 - а) изобразите схематизированную геометрию для расчёта по методу дискретных вихрей
 - б) рассчитайте при помощи метода дискретных вихрей аэродинамические производные этого самолета. Геометрические параметры: $S_{кр}=150\text{ м}^2$, размах $L=35$ м.

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

1. Как зависят физические характеристики воздуха от высоты?
2. Что такое число Рейнольдса, как оно моделируется при испытаниях в аэродинамических трубах?
3. Что такое число Маха?
4. Сформулируйте теорему Жуковского о подъемной силе.
5. Как зависит подъемная сила плоской пластинки и крылового профиля от угла атаки (теория и практика)?
6. Что такое индуктивное сопротивление крыла конечного размаха? От чего оно зависит?
7. Какое крыло имеет минимальный коэффициент индуктивного сопротивления при заданном удлинении и коэффициенте подъемной силы?
8. Сформулировать закон вязкого трения Ньютона.
9. Сравнить вязкое сопротивление плоской пластинки при ламинарном и турбулентном обтекании. Объяснить различие.
10. Что такое максимальная подъемная сила, способы ее увеличения?
11. Как изменяется температура, давление и плотность с изменением скорости (числа Маха) в изэнтропическом течении сжимаемого газа?
12. Как изменяется распределение коэффициента давления (коэффициент подъемной силы) с изменением числа Маха при дозвуковом обтекании профиля?
13. Что такое волновое сопротивление, причины его образования?
14. Как выглядит соотношение Прандтля на прямом скачке уплотнения?
15. Что такое сильный и слабый косые скачки уплотнения?
16. Что такое стреловидные крылья, зачем они применяются?
17. Каков коэффициент подъемной силы пластинки при чисто сверхзвуковом обтекании?
18. Какова температура потока в критической точке, равновесная температура стенки в зависимости от числа Маха полета?

Критерии оценивания

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.

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

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

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