

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

**УТВЕРЖДЕНО**

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

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Аэродинамика воздухозаборников воздушно-реактивных двигателей
<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Программная инженерия передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии кафедра физики полета
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: А.Ф. Чевагин, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры физики полета 15.04.2022

## Аннотация

Дисциплина «Аэродинамика воздухозаборников воздушно-реактивных двигателей» содержит базовые сведения в области аэродинамики летательных аппаратов и авиационных силовых установок, основанные на законах газовой динамики, аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов (ЛА), а также на теории авиационных двигателей. Курс лекций базируется на описании физических процессов в воздушно-реактивных двигателях (ВРД), способов расчета аэродинамических характеристик силовых установок с ВРД, а также их основных компонентов, входящих в состав силовой установки. Основное внимание уделено внешней и внутренней аэродинамике входных устройств (воздухозаборников) ВРД, интеграции воздухозаборников с двигателем и с планером ЛА. Рассмотрены методы математического и экспериментального моделирования аэродинамики воздухозаборников, способы для оценки влияния воздухозаборника на характеристики двигателя и летательного аппарата в целом. Представлены результаты современных исследований и прикладных разработок силовых установок для дозвуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых летательных аппаратов. Дисциплина направлена на формирование у студентов знаний аэродинамики силовых установок, навыков постановки и решения задач по расчету их характеристик, а также на формирование базовых представлений по интеграции двигателей с летательным аппаратом.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- обучение студентов основам аэродинамики и газовой динамики применительно к силовым установкам летательных аппаратов, дисциплины, лежащей на стыке классической аэродинамики летательных аппаратов и газовой динамики воздушно-реактивных двигателей (ВРД), а также смежных дисциплин, обеспечивающих основу для научных исследований и практических разработок силовых установок с ВРД в компоновке на планере, интеграции двигателей на летательном аппарате, изучению современных методов повышения тяговой и топливной эффективности двигательных систем, решению проблем безопасности полетов.

### Задачи дисциплины

- формирование у студентов базовых знаний в области силовых установок летательных аппаратов и их воздухозаборников;
- приобретение теоретических знаний в области моделирования аэро-газодинамики системы двигатель-летательный аппарат;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области аэро-газодинамики.

## 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-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основы аэродинамики и газовой динамики применительно к силовым установкам (СУ) летательных аппаратов (ЛА);
- основы теории авиационных воздушно-реактивных двигателей (ВРД);
- основы теории входных устройств (воздухозаборников) ВРД;
- отличительные особенности внешней и внутренней аэродинамики ЛА и СУ;
- запуск и срыв внутреннего течения, гистерезис структуры течения;
- дроссельные характеристики, потери, особенности внутренних течений в каналах;
- методы исследования аэродинамических характеристик и математические модели, применяемые в аэродинамике воздухозаборников ВРД;
- связи аэродинамических характеристик воздухозаборников с тягово-экономическими характеристиками и газодинамической устойчивостью ВРД;
- связи характеристик воздухозаборников с летно-техническими характеристиками и безопасностью полетов ЛА;
- основные результаты фундаментальных и прикладных исследований по аэродинамике воздухозаборников ВРД, по аэродинамической интерференции и интеграции СУ и ЛА.

уметь:

- формулировать научную задачу на основе анализа исследуемой проблемы;
- пользоваться своими знаниями для решения научных и прикладных задач;
- проводить расчетные исследования, дополняющие и повышающие эффективность аэродинамического эксперимента;
- анализировать предмет исследования и взаимосвязи на уровне системы «самолет-двигатель»;
- применять полученные знания при разработке и исследовании перспективных аэродинамических компоновок СУ и ЛА.

владеть:

- навыками постановки задач аэродинамики силовых установок ЛА;
- навыками применения законов аэро-газодинамики, термодинамики, физики полета;
- навыками применения современных методов расчета, а также техникой и методикой физического и промышленного эксперимента;
- способами определения аэродинамических, летно-технических характеристик СУ и ЛА;
- знанием существующего опыта разработки аэродинамических компоновок воздухозаборников ВРД на ЛА.

#### 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	Введение		1		1
2	Основные уравнения		1		1
3	Основы теории авиационных воздушно-реактивных двигателей		2		
4	Вывод формулы тяги реактивного двигателя		2		1
5	Схемы, назначение и роль входных устройств дозвуковых и сверхзвуковых ВРД		2		1
6	Расчет потерь в сверхзвуковом воздухозаборнике ВРД		2		1
7	Методы расчета аэродинамического сопротивления силовой установки		2		1
8	Запуск и срыв течения в воздухозаборнике ВРД		2		1

9	Дросселирование силовой установки		2		1
10	Газодинамическая устойчивость воздухозаборника и компрессора ТРД(Д)		2		1
11	Неустойчивые режимы		2		1
12	Согласование входного устройства с двигателем		2		1
13	Методы экспериментальных исследований авиационных двигателей		2		1
14	Методы численного моделирования внутренних турбулентных течений в воздухозаборнике ВРД		2		1
15	Представление о методах газодинамического проектирования входных устройств и реактивных сопел ВРД		2		1
16	Интеграция силовой установки на летательном аппарате		2		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: 8 (Весенний)

##### 1. Введение

Введение. Типы авиационных двигателей. Двигатель и силовая установка. Место и роль дисциплины «Аэродинамика силовых 2 установок» в разработке и исследованиях летательных аппаратов (ЛА). Научные проблемы и тенденции в исследованиях по разработке ЛА новых поколений.

##### 2. Основные уравнения

Основные уравнения движения газа в силовых установках.

##### 3. Основы теории авиационных воздушно-реактивных двигателей

Основы теории авиационных воздушно-реактивных двигателей (ВРД). Основные характеристики турбореактивного двигателя (ТРД, ТРДД). Параметры рабочего процесса в силовой установке с ТРД. Предельные характеристики ТРД. Переход к скоростным прямоточным силовым установкам с ПВРД и ГПВРД.

##### 4. Вывод формулы тяги реактивного двигателя

Вывод формулы тяги реактивного двигателя. Внутренняя и эффективная тяга. Место приложения тяги. Компоненты силовой установки (воздухозаборник, двигатель, реактивное сопло) и их роль в создании тяги. Аэродинамическое сопротивление силовой установки.

##### 5. Схемы, назначение и роль входных устройств дозвуковых и сверхзвуковых ВРД

Схемы, назначение и роль входных устройств дозвуковых и сверхзвуковых ВРД. Структура течения. Принципы газодинамического проектирования. Основные характеристики. Связь потерь энергии газа с потерями тяговой и топливной эффективности ВРД.

#### 6. Расчет потерь в сверхзвуковом воздухозаборнике ВРД

Расчет потерь в сверхзвуковом воздухозаборнике ВРД. Определяющие параметры. Отличие подходов к проектированию воздухозаборников дозвукового ТРД, сверхзвукового ПВРД и гиперзвукового ГПВРД.

#### 7. Методы расчета аэродинамического сопротивления силовой установки

Методы расчета аэродинамического сопротивления силовой установки. Вклад сопротивления силовой установки в летно-технические характеристики ЛА.

#### 8. Запуск и срыв течения в воздухозаборнике ВРД

Запуск и срыв течения в воздухозаборнике ВРД. Методы расчета геометрии проточного тракта для реализации расчетного течения.

#### 9. Дросселирование силовой установки

Дросселирование силовой установки. Трансформация внутреннего течения. Дроссельная характеристика воздухозаборника. Отличительные особенности внутренней и внешней аэродинамики. Свободные и присоединенные отрывы потока. Методы прогнозирования возникновения отрывов течения.

#### 10. Газодинамическая устойчивость воздухозаборника и компрессора ТРД(Д)

Газодинамическая устойчивость воздухозаборника и компрессора ТРД(Д). Взаимодействие скачков уплотнения с пограничным слоем, отрывы и вихревые структуры в воздухозаборнике и их влияние на устойчивость двигателя.

#### 11. Неустойчивые режимы

Неустойчивые режимы. Помпаж. Амплитудно-частотные характеристики помпажа. Методы повышения газодинамической устойчивости силовой установки.

#### 12. Согласование входного устройства с двигателем

Согласование входного устройства с двигателем. Оптимальные режимы. Принципы регулирования силовой установки. Влияние регулирования на летно-технические характеристики ЛА.

#### 13. Методы экспериментальных исследований авиационных двигателей

Методы экспериментальных исследований авиационных двигателей, входных устройств и реактивных сопел ВРД в аэродинамических трубах. Ознакомление с экспериментальной базой ЦАГИ.

#### 14. Методы численного моделирования внутренних турбулентных течений в воздухозаборнике ВРД

Методы численного моделирования внутренних турбулентных течений в воздухозаборнике ВРД. Актуальные задачи численного моделирования. Суперкомпьютерная методология «Электронная аэродинамическая труба».

15. Представление о методах газодинамического проектирования входных устройств и реактивных сопел ВРД

Представление о методах газодинамического проектирования входных устройств и реактивных сопел ВРД. Современные тенденции в проектировании входных устройств ВРД.

16. Интеграция силовой установки на летательном аппарате

Описание методики комплексного подхода к выбору и оптимизации интегральных аэродинамических компоновок высокоскоростных ЛА. Коэффициенты чувствительности и их использование при выборе направлений совершенствования высокоскоростных ЛА.

## **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. Теория авиационных двигателей[Текст]:теория лопаточных машин : учеб. для вузов; рек. Гос. ком. РФ / П. К. Казанджан, Н. Д. Тихонов;под общ.ред.П.К.Казанджана .— 2-е изд.,перераб.и доп. — М. : Машиностроение, 1995 .— 320 с.
2. Прикладная газовая динамика [Текст] : в 2 ч. Ч. 1 : [учеб. пособие для вузов] / Г. Н. Абрамович .— 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 1991 .— 600 с.

Дополнительная литература

1. Авиационные и ракетные двигатели [Текст], Т. 1, Процессы горения топлив в РДТТ/науч. ред. А. З. Чулков , -М., [Б. и.], 1974
2. Полупроводниковые входные устройства СВЧ [Текст] : Т. 1. Общие вопросы теории. Туннельные и транзисторные усилители и детекторы СВЧ/под ред. В. С. Эткин, -М., Советское радио, 1975

## **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)**

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Студент, изучающий курс «Аэродинамика воздухозаборников воздушно- реактивных двигателей», должен овладеть общими понятиями физики процесса, а также должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики; порядки численных величин, характерные для различных разделов физики; современные проблемы физики, математики;

современное положение дел в проблеме идентификации физических механизмов аэродинамики и газовой динамики; разновидности современных способов экспериментального исследования турбулентных течений 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;
- решение задач, предлагаемых студентам на практических занятиях,
- подготовку к дифференцированному зачету.

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

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Программная инженерия передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии кафедра физики полета
<b>курс:</b>	<u>4</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	А.Ф. Чевагин, канд. техн. наук



## 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-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Аэродинамика воздухозаборников воздушно-реактивных двигателей» обучающийся должен:

### знать:

- основы аэродинамики и газовой динамики применительно к силовым установкам (СУ) летательных аппаратов (ЛА);
- основы теории авиационных воздушно-реактивных двигателей (ВРД);
- основы теории входных устройств (воздухозаборников) ВРД;
- отличительные особенности внешней и внутренней аэродинамики ЛА и СУ;
- запуск и срыв внутреннего течения, гистерезис структуры течения;
- дроссельные характеристики, потери, особенности внутренних течений в каналах;
- методы исследования аэродинамических характеристик и математические модели, применяемые в аэродинамике воздухозаборников ВРД;
- связи аэродинамических характеристик воздухозаборников с тягово-экономическими характеристиками и газодинамической устойчивостью ВРД;
- связи характеристик воздухозаборников с летно-техническими характеристиками и безопасностью полетов ЛА;
- основные результаты фундаментальных и прикладных исследований по аэродинамике воздухозаборников ВРД, по аэродинамической интерференции и интеграции СУ и ЛА.

### уметь:

- формулировать научную задачу на основе анализа исследуемой проблемы;
- пользоваться своими знаниями для решения научных и прикладных задач;
- проводить расчетные исследования, дополняющие и повышающие эффективность аэродинамического эксперимента;
- анализировать предмет исследования и взаимосвязи на уровне системы «самолет-двигатель»;
- применять полученные знания при разработке и исследовании перспективных аэродинамических компоновок СУ и ЛА.

### владеть:

- навыками постановки задач аэродинамики силовых установок ЛА;
- навыками применения законов аэро-газодинамики, термодинамики, физики полета;
- навыками применения современных методов расчета, а также техникой и методикой физического и промышленного эксперимента;
- способами определения аэродинамических, летно-технических характеристик СУ и ЛА;
- знанием существующего опыта разработки аэродинамических компоновок воздухозаборников ВРД на ЛА.

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

1. Назначение, требования, возможные схемы воздухозаборников ВРД, отличия характеристик;
2. Схемы и рабочий процесс в авиационных двигателях;
3. Рабочий процесс в воздухозаборниках ВРД;
4. Составные компоненты силовых установок, газовая динамика и распределение параметров потока в проточном тракте СУ;
5. Какие математические модели применяются в аэродинамике воздухозаборников ВРД?

6. Взаимодействие скачков уплотнения с пограничным слоем. Есть ли отличие взаимодействия в задачах внешней и внутренней аэродинамики? В чем отличие присоединенных отрывов от свободных отрывов? Возможна ли трансформация отрывов при изменении противодавления со стороны двигателя?
7. Запуск и срыв течения. Определение геометрической степени сжатия воздухозаборника при запуске и срыве течения.
8. Что такое «Псевдоскачок»? Переход сверхзвукового течения в дозвуковое, структура течения в канале при наличии противодавления. Как зависят характеристики «псевдоскачка» от числа Маха, состояния погранслоя, числа  $Re$ ?
9. Что такое «дроссельные характеристики» воздухозаборника. Изменение внутренних и внешних аэродинамических характеристик при изменении противодавления в канале. Что такое докритический и сверхкритический режимы?
10. Что такое помпаж воздухозаборника. Влияние вихревых структур на газодинамическую устойчивость силовой установки. Чем отличается от помпажа двигателя?
11. Как можно расширить диапазон устойчивой работы силовой установки от помпажа?
12. Какие аэродинамические схемы применяются при разработке воздухозаборников и каковы их преимущества и недостатки?
13. В чем заключается интеграция воздухозаборников с двигателем, а также интеграция воздухозаборников с планером ЛА? Принципы интеграции и их результат.
14. Требования к интеграции. Каково возможное влияние планера на характеристики воздухозаборников и на силовую установку в целом?
15. Как изменяются характеристики воздухозаборника при расположении под крылом и над крылом сверхзвукового ЛА?

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

1. Каково соотношение вклада в силу тяги воздухозаборника, турбокомпрессора и реактивного сопла? Рассмотреть два случая: дозвуковая СУ и сверхзвуковая СУ.
2. «Вырождение» ТРД. Почему и для каких чисел Маха становится предпочтительным переход с ТРД на ПВРД.
3. Роль воздухозаборника в сжатии/торможении потока. Как выглядит распределение сил внутри канала ПВРД? Где приложена тяга в силовой установке с ПВРД/ГПВРД?
4. Чем отличаются воздухозаборники ПВРД и ГПВРД? Каково отличие структур течения?
5. Принципы проектирования воздухозаборников ТРД, ПВРД и ГПВРД? Что выполняет роль компрессора в ПВРД и ГПВРД?
6. Потери в воздухозаборнике. Как влияют потери на тягово-экономические характеристики СУ?
7. Как управлять пограничным слоем в воздухозаборнике? Что это дает? Соотношение аэродинамического сопротивления и внутренней тяги силовой установки?
8. Что такое «эффективная тяга» и способы ее увеличения?
9. Как влияют потери в воздухозаборнике на «внутреннюю тягу» двигателя? Следует ли регулировать воздухозаборник по скорости полета?
10. Нужно ли регулировать воздухозаборник по скорости потока? Идеальная площадь «горла»? Срыв и запуск течения. Какова связь с геометрией воздухозаборника и скоростью полета.
11. Как влияет стационарная и динамическая неоднородность потока в воздухозаборнике на газодинамическую устойчивость ТРД? Почему? Нормируемые параметры неоднородности.
12. От каких аэродинамических характеристик и характеристик двигателя зависит дальность полета ЛА?
13. В чем заключаются особенности обтекания ЛА и воздухозаборника ВРД на дозвуковых, трансзвуковых и сверхзвуковых режимах полета? Можно ли летать с головной волной перед воздухозаборником. Каковы оптимальные системы сжатия потока в зависимости от скорости полета.
14. В чем заключаются особенности аэродинамики воздухозаборника на больших углах атаки? Как обеспечить устойчивость двигателя на режимах сверхманевренности при углах атаки до 90-180 град (например, фигура высшего пилотажа «Кобра»?)
15. Как защитить двигатель от попадания посторонних предметов при пробеге на ВПП? Вихреобразование перед воздухозаборником. Физика явления и рекомендации?

16. Как трансформируется структура течения и характеристики воздухозаборника при изменении оборотов турбореактивного двигателя?
17. Как трансформируется структура течения и характеристики воздухозаборника при изменении расхода топлива в камере сгорания ПВРД?
18. Как можно оценить аэродинамическое сопротивление воздухозаборника с головной волной с помощью одномерных соотношений? Каково соотношение силы сопротивления планера и силовой установки?
19. Можно ли снизить аэродинамическое сопротивление ЛА за счет увеличения расхода воздуха через входное устройство? Что такое сопротивление «по жидкому контуру»? Как зависит от числа Маха?

#### Билет 1.

1. Вывод уравнений сохранения в форме газодинамических функций.
2. Расчет коэффициента восстановления полного давления и расхода воздуха сверхзвукового воздухозаборника. Определяющие параметры для коэффициента восстановления полного давления. Отличие структуры течения и потерь полного давления в ПВРД и ГПВРД.
3. Задача: Дать качественное сравнение структуры течения и вида дроссельных характеристик при числах Маха  $M > 1$  для:
  - а) изолированного воздухозаборника,
  - б) воздухозаборника под плоской пластиной,
  - в) воздухозаборника над плоской пластиной.Рассмотреть два случая:
  - угол атаки  $\alpha = 0$ ,
  - угол атаки  $\alpha > 0$ .

#### Билет 2.

1. Согласование воздухозаборника и газотурбинного двигателя. Оптимальный режим. Регулирование воздухозаборника для обеспечения оптимального согласования с двигателем. Математическая модель регулирования. Способы практической реализации системы регулирования.
2. Число Маха, высота и дальность маршевого полета ракет с прямоточным и турбореактивным двигателем.
3. Задача (о расчете коэффициентов расхода и аэродинамического сопротивления «по жидкому контуру» по заданной геометрии воздухозаборника)

#### Билет 3.

1. Внутренняя и эффективная тяга двигателя. Место приложения силы в силовой установке. Влияние потерь полного давления на характеристики силовой установки. Изменение вклада узлов СУ на внутреннюю тягу с ростом числа Маха.
2. Методы расчета сопротивления воздухозаборника:
  - а) с головной волной,
  - б) с системой скачков уплотнения.
3. Особенности обтекания и аэродинамические характеристики воздухозаборниках ТРД(Д) на дозвуковых, околозвуковых и сверхзвуковых режимах полета. Отличие принципов проектирования дозвуковых и сверхзвуковых воздухозаборников.

#### 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.