

**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:	Аэродинамика ракет
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Авиационные технологии передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии кафедра физики полета
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: С.И. Кусакин, д-р техн. наук, старший научный сотрудник

Программа обсуждена на заседании кафедры физики полета 04.06.2020

Аннотация

Дисциплина "Аэродинамика ракет" содержит базовые результаты в области аэродинамики ракет, основанные на законах газовой динамики, аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов. Дисциплина состоит из разделов, в которых рассмотрены составляющие авиационного комплекса (АК) и вооружение АК; математическое и экспериментальное моделирование в аэродинамике ракет; аэродинамические схемы ракет с плоским и пространственным расположением несущих и управляющих поверхностей; пространственные математические модели аэродинамических характеристик ракет; особенности аэродинамики ракет и их элементов: свойство аэродинамической осесимметрии ракет крестообразных схем, нелинейная аэродинамика крыльев малого удлинения и корпусов на больших углах атаки, аэродинамическое взаимовлияние каналов управления; полярный, декартовый, полярно-декартовый способы управления; характеристики устойчивости и управляемости, летно-технические характеристики и их связь с аэродинамическими характеристиками ракет; аэродинамическая интерференция ракет и самолета-носителя. Изложены основные подходы к определению параметров и аэродинамических компоновок ракет по тактико-техническим требованиям и ограничениям, предъявляемым к ракетам и их применению в составе авиационного комплекса. Дисциплина направлена на формирование у студентов знаний основных результатов в области аэродинамики ракет, умению анализировать влияние режимов полета и параметров ракет на аэродинамические и летно-технические характеристики, навыков постановки и решения задач разработки аэродинамических компоновок ракет.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изложение основных результатов аэродинамики ракет с целью подготовки студентов к применению этих результатов в практической работе по определению аэродинамических, летно-технических характеристик, разработке аэродинамических компоновок, исследованию динамики полета летательных аппаратов.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области аэродинамики ракет, основанных на знании законов газовой динамики и динамики полета летательных аппаратов (ЛА);
- доведению до студентов основных подходов к определению параметров и аэродинамических компоновок летательных аппаратов по тактико-техническим требованиям и ограничениям, предъявляемым к ЛА и их применению в составе авиационного комплекса;
- формирование у студентов понимания связи аэродинамических характеристик ЛА с устойчивостью и управляемостью, динамическими и летно-техническими характеристиками ЛА;
- обучение студентов умению анализировать влияние режимов полета и параметров ЛА на определяемые аэродинамические характеристики, применять полученные знания при исследовании компоновок, аэродинамических и летно-технических характеристик летательных аппаратов.

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	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов

анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
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:

- ☐ основные аэродинамические схемы летательных аппаратов;
- ☐ методы исследования аэродинамических характеристик и математические модели, применяемые в аэродинамике ракет;
- ☐ связь аэродинамических характеристик с летно-техническими характеристиками, устойчивостью и управляемостью ЛА;
- ☐ особенности аэродинамики дозвуковых, околозвуковых и сверхзвуковых ЛА;
- ☐ основные результаты аэродинамики ракет и их элементов, аэродинамической интерференции ракет и самолетов-носителей.

уметь:

- ☐ формулировать научную задачу на основе анализа исследуемой проблемы;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения научно-технических задач;
- ☐ проводить исследования, дополняющие и повышающие эффективность аэродинамического эксперимента;
- ☐ анализировать влияние режимов полета и параметров ракет на определяемые аэродинамические характеристики;
- ☐ применять полученные знания при разработке и исследовании аэродинамических компоновок и определении летно-технических характеристик ракет.

владеть:

- ☐ навыками постановки задач аэродинамики ЛА;
- ☐ анализом особенностей аэродинамики ЛА в широком диапазоне режимов полета;
- ☐ навыками решения прикладных задач аэродинамики 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	Авиационный комплекс (АК). Вооружение АК.	2			5

2	Режимы полета ракет и диапазоны изменения критериев подобия.	2			5
3	Аэродинамические схемы и особенности аэродинамики ракет различных схем.	2			5
4	Способы управления ракет. Пространственные математические модели аэродинамических характеристик ракет.	2			
5	Энергобаллистические характеристики ракет с ракетным двигателем на твердом топливе.	4			
6	Маневренные характеристики ракет.	4			5
7	Типовые траектории полета и тактические характеристики ракет с прямоточным и турбореактивным двигателем.	2			
8	Влияние режимов полета и геометрических параметров на аэродинамические характеристики ракет и их элементов. Аэродинамическая интерференция корпуса, крыла и органов управления ракет.	4			10
9	Характеристики устойчивости и управляемости ракет.	4			
10	Применение ракет в составе авиационного комплекса. Аэродинамическая интерференция ракет и самолета-носителя.	4			
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Авиационный комплекс (АК). Вооружение АК.

Предмет и разделы дисциплины. Составляющие авиационного комплекса (АК). Вооружение АК: авиационные средства поражения (АСП) класса "воздух-воздух" и "воздух-поверхность". Тактико-технические характеристики АК и АСП. Факторы, определяющие аэродинамические компоновки ракет.

2. Режимы полета ракет и диапазоны изменения критериев подобия.

Математические модели: модель вязкого газа, основанная на уравнениях Навье-Стокса; модель идеального газа, основанная на уравнениях Эйлера; потенциальная модель, основанная на уравнении для потенциала скорости. Эксперимент в аэродинамических трубах для определения аэродинамических характеристик ракет в автономном полете и в условиях аэродинамической интерференции с самолетом-носителем.

3. Аэродинамические схемы и особенности аэродинамики ракет различных схем.

Аэродинамические схемы ракет: нормальная, бесхвостка, утка, поворотное крыло, бескрылая. Взаимное расположение подвижных и неподвижных поверхностей. Особенности аэродинамических схем с плоским и пространственным расположением несущих и управляющих поверхностей. Пространственный угол атаки и аэродинамический угол крена. Свойство аэродинамической осесимметрии ракет крестообразных схем.

4. Способы управления ракет. Пространственные математические модели аэродинамических характеристик ракет.

Полярный, декартовый, полярно-декартовый способы управления ракет. Пространственные математические модели (ПММ) аэродинамических характеристик (АДХ) ракет. Параметры ПММ АДХ ракет аэродинамически осесимметричных схем. Эквивалентные углы отклонения дифференциального руля по тангажу, рысканию и крену. Матрица раскладки. Вектор и плоскость управления.

5. Энергобаллистические характеристики ракет с ракетным двигателем на твердом топливе.

Участки активного и пассивного полета ракет с ракетным двигателем на твердом топливе (РДТТ). Дальность пуска. Характеристики РДТТ: тяга, удельный импульс, энерговооруженность. Баллистический коэффициент. Скорость, время и дальность активного и пассивного полета ракеты.

6. Маневренные характеристики ракет.

Коэффициент маневренности. Балансировочные аэродинамические характеристики. Максимальные балансировочные углы атаки. Допустимые углы атаки. Располагаемые и предельные перегрузки. Диапазоны перегрузок ракет класса "воздух-воздух" и "воздух-поверхность".

7. Типовые траектории полета и тактические характеристики ракет с прямоточным и турбореактивным двигателем.

Типовые траектории полета ракет с прямоточным и турбореактивным двигателем. Маршевый участок полета. Число М, дальность, высота маршевого участка полета. Лобовое сопротивление, потребная тяга, аэродинамическое качество, удельный весовой расход топлива.

8. Влияние режимов полета и геометрических параметров на аэродинамические характеристики ракет и их элементов. Аэродинамическая интерференция корпуса, крыла и органов управления ракет.

Особенности обтекания и аэродинамические характеристики ракет на дозвуковых, околозвуковых и сверхзвуковых режимах полета. Нелинейная аэродинамика крыльев малого удлинения и корпусов на больших углах атаки. Аэродинамическая интерференция корпуса, крыла и органов управления ракет. Аэродинамическое взаимовлияние каналов управления.

9. Характеристики устойчивости и управляемости ракет.

Аэродинамические характеристики, определяющие устойчивость и управляемость ракет. Статические аэродинамические коэффициенты, вращательные и нестационарные производные. Запасы продольной и путевой статической устойчивости. Статическая устойчивость по крену. Аэродинамическое демпфирование. Эффективность органов управления ракет. Способы обеспечения устойчивости и управляемости ракет.

10. Применение ракет в составе авиационного комплекса. Аэродинамическая интерференция ракет и самолета-носителя.

Способы размещения ракет на самолете-носителе: внешний, конформный, внутренний. Влияние способов размещения на лобовое сопротивление и заметность авиационного комплекса. Математическое и экспериментальное моделирование аэродинамики и динамики отделения ракет от самолета-носителя. Аэродинамическая интерференция ракет и самолета-носителя. Безопасность старта ракет с самолета-носителя.

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. Аэродинамика ракет [Текст]. В 2 кн. Кн. 2. Методы аэродинамического расчета / под ред. М. Хемша, Дж. Нилсена ; пер. с англ. под ред. А. Д. Хонькина; предисл. Ю. А. Рыжова .— М. : Мир, 1989 .— 510 с.
2. Аэродинамика самолета : Динамика продольного и бокового движения [Текст]/Г. С. Бюшгенс, Р. В. Студнев, -М., Машиностроение, 1979
3. Аэродинамика ракет [Текст]. В 2 кн. Кн. 1. Введение в аэродинамику ракет / под ред. М. Хемша, Дж. Нилсена ; пер. с англ. под ред. А. Д. Хонькина; предисл. Ю. А. Рыжова .— М. : Мир, 1989 .— 426 с.
1. Авиация. Энциклопедия. Под редакцией Г.П. Свищева. М.: «Большая Российская Энциклопедия», Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского, 1994.
2. Аэродинамика, динамика полета и прочность. Энциклопедия. Машиностроение. Раздел IV. Том IV-21. Книга 1. Под редакцией В.Г. Дмитриева. М.: Машиностроение, 2002.
3. Аэродинамика, устойчивость и управляемость сверхзвуковых самолетов. Под редакцией Г.С. Бюшгенса. М.: Наука, 1998.
4. В.Г. Микеладзе, В.М. Титов. Основные геометрические и аэродинамические характеристики самолетов и ракет. Справочник. М.: Машиностроение, 1982.

Дополнительная литература

1. Аэродинамика ракет [Текст] : учебное пособие / Н. Ф. Краснов, В. Н. Кошевой, А. Н. Данилов [и др.] ; под общ. ред. Н. Ф. Краснова .— М. : Высшая школа, 1968 .— 772 с.
2. В.С. Борисенко, В.А. Каримов, С.И. Кусакин. Метод и программное обеспечение расчета аэродинамических характеристик ракет нормальной схемы в широком диапазоне условий их применения. В кн.: ЦАГИ - основные этапы научной деятельности, 1993-2003, М., Физматлит, 2003.

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

Журналы (J.Aircraft, AIAA Paper) и труды конференций, доступные через Internet.

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

Не используются

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

Студент, изучающий курс «Аэродинамика ракет», должен овладеть навыками постановки задач аэродинамики ЛА, анализом особенностей аэродинамики ЛА в широком диапазоне режимов полета, навыками решения прикладных задач аэродинамики ЛА.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные аэродинамические схемы летательных аппаратов; методы исследования аэродинамических характеристик и математические модели, применяемые в аэродинамике ракет; связь аэродинамических характеристик с летно-техническими характеристиками, устойчивостью и управляемостью ЛА; особенности аэродинамики дозвуковых, околозвуковых и сверхзвуковых ЛА; основные результаты аэродинамики ракет и их элементов, аэродинамической интерференции ракет и самолетов - носителей.

Для успешного освоения курса студент должен:

- изучать рекомендованную литературу;
- готовиться к экзамену.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Авиационные технологии передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии кафедра физики полета
курс:	1
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	С.И. Кусакин, д-р техн. наук, старший научный сотрудник

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-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
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 «Аэродинамика ракет» обучающийся должен:

знать:

- ☐ основные аэродинамические схемы летательных аппаратов;
- ☐ методы исследования аэродинамических характеристик и математические модели, применяемые в аэродинамике ракет;
- ☐ связь аэродинамических характеристик с летно-техническими характеристиками, устойчивостью и управляемостью ЛА;
- ☐ особенности аэродинамики дозвуковых, околосзвуковых и сверхзвуковых ЛА;
- ☐ основные результаты аэродинамики ракет и их элементов, аэродинамической интерференции ракет и самолетов-носителей.

уметь:

- ☐ формулировать научную задачу на основе анализа исследуемой проблемы;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения научно-технических задач;
- ☐ проводить исследования, дополняющие и повышающие эффективность аэродинамического эксперимента;
- ☐ анализировать влияние режимов полета и параметров ракет на определяемые аэродинамические характеристики;
- ☐ применять полученные знания при разработке и исследовании аэродинамических компоновок и определении летно-технических характеристик ракет.

владеть:

- ☐ навыками постановки задач аэродинамики ЛА;
- ☐ анализом особенностей аэродинамики ЛА в широком диапазоне режимов полета;
- ☐ навыками решения прикладных задач аэродинамики ЛА.

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

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

Примеры контрольных заданий:

1. Режимы полета ракет и диапазоны изменения критериев подобия.
2. Математические модели, применяемые в аэродинамике ракет.
3. Аэродинамические схемы ракет: преимущества и недостатки.
4. Особенности аэродинамических компоновок ракет с плоским и пространственным расположением крыльев.
5. Свойство аэродинамической осесимметрии ракет крестообразных схем.
6. Способы управления ракет.
7. Пространственные математические модели аэродинамических характеристик ракет.
8. Эквивалентные углы отклонения дифференциального руля по тангажу, рысканию и крену, матрица раскладки, вектор и плоскость управления.
9. Матрица раскладки для ракеты крестообразной схемы с дифференциальным рулем и декартовым способом управления, плоскости управления которой по каналам тангажа и рыскания ориентированы по схеме "+".
10. Матрица раскладки для ракеты крестообразной схемы с дифференциальным рулем и декартовым способом управления, плоскости управления которой по каналам тангажа и рыскания ориентированы по схеме "х".
11. Энергобаллистические характеристики ракет с ракетным двигателем на твердом топливе (РДТТ).
12. Маневренные характеристики ракет с РДТТ.
13. Число М, высота и дальность маршевого полета ракет с прямоточным и турбореактивным двигателем (ПД и ТРД).
14. Типовые траектории полета и маневренность ракет с ПД и ТРД.
15. Особенности обтекания и аэродинамические характеристики ракет на дозвуковых, околозвуковых и сверхзвуковых режимах полета.
16. Особенности нелинейной аэродинамики крыла малого удлинения.
17. Особенности аэродинамики корпуса на больших углах атаки.
18. Аэродинамическая интерференция элементов ракет.
19. Аэродинамические характеристики, определяющие устойчивость и управляемость ракет.
20. Аэродинамическая интерференция самолета-носителя и ракет. Безопасность старта ракет с самолета-носителя.

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

1. Аэродинамически осесимметричные схемы ракет: нормальная сила крыла и руля конфигураций, ориентированных по схемам «+» и «х».
2. Что такое аэродинамическое подобие?
3. Как изменяются параметры стандартной атмосферы с ростом высоты?
4. Какие математические модели применяются в аэродинамике?
5. Каков диапазон изменения перегрузок зарубежной высокоманевренной ракеты малой дальности (по заданным исходным данным)?
6. Как изменяется с ростом высоты при фиксированном числе Маха полета коэффициент лобового сопротивления ракеты при нулевом угле атаки и неотклоненных органах управления?
7. От каких аэродинамических характеристик и характеристик двигателя зависит максимальная дальность пуска ракеты с ракетным двигателем на твердом топливе?

8. Что такое баллистический коэффициент и энерговооруженность?
9. От каких параметров зависят энергобаллистические и маневренные характеристики ракет?
10. От каких аэродинамических характеристик и характеристик двигателя зависит дальность полета ракеты с воздушно-реактивным двигателем?
11. Что такое балансировка, устойчивость и управляемость ЛА?
12. Что такое продольная (путевая, поперечная) статическая устойчивость ЛА?
13. От каких аэродинамических характеристик зависит продольная (путевая, поперечная) статическая устойчивость ЛА?
14. Что такое запас продольной (путевой) статической устойчивости, аэродинамический фокус и центр давления ЛА?
15. Что такое потери на балансировку и как они зависят от запаса статической устойчивости и режимов полета ЛА?
16. Как можно уменьшить потери на балансировку и улучшить летно-технические характеристики ЛА?
17. Как можно расширить диапазон балансировочных углов атаки для повышения маневренности ракеты?
18. В чем заключаются особенности обтекания профиля дозвуковым, трансзвуковым и сверхзвуковым потоком газа? Что такое критическое число Маха и волновой кризис?
19. Что такое эффект скольжения? Аэродинамические характеристики скользящего крыла.
20. В чем заключаются особенности обтекания корпусов при дозвуковых, трансзвуковых и сверхзвуковых скоростях?
21. Как аэродинамическая интерференция элементов влияет на аэродинамические характеристики ЛА?
22. Способы размещения ракет и обеспечения безопасности их старта с самолета-носителя.

Билет 1.

1. Режимы полета ракет и диапазоны изменения критериев подобия.
2. Энергобаллистические характеристики ракет с ракетным двигателем на твердом топливе.
3. В чем заключается свойство аэродинамической осесимметрии ракет крестообразных схем?

Билет 2.

1. Математические модели, применяемые в аэродинамике ракет.
2. Число М, высота и дальность маршевого полета ракет с прямоточным и турбореактивным двигателем.
3. Как изменяется балансировочный угол атаки при изменении ориентации ракеты крестообразной схемы по аэродинамическому углу крена от схемы "+" к схеме "х"?

Билет 3.

1. Аэродинамические схемы ракет: преимущества и недостатки.
2. Особенности обтекания и аэродинамические характеристики ракет на дозвуковых, околозвуковых и сверхзвуковых режимах полета.
3. Как изменяется с ростом высоты полета при фиксированном числе Маха коэффициент лобового сопротивления ракеты при нулевом угле атаки и неотклоненных органах управления?

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 экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой.

Экзамен проводится путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.