

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Воткинский филиал
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

по дисциплине: Гидрогазоаэродинамика

для специальности: 24.05.01 – «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»

форма обучения: очная

общая трудоемкость дисциплины составляет: **5** зачетных единиц

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры | | | |
|---|-------------|------------|-----|---|---|
| | | 8 | - | - | - |
| Контактные занятия (всего) | 64 | 64 | - | - | - |
| В том числе: | | | - | - | - |
| Лекции | 32 | 32 | - | - | - |
| Практические занятия (ПЗ) | 16 | 16 | - | - | - |
| Семинары (С) | - | - | - | - | - |
| Лабораторные работы (ЛР) | 16 | 16 | - | - | - |
| Самостоятельная работа (всего) | 80 | 80 | - | - | - |
| В том числе: | - | - | - | - | - |
| Курсовой проект (работа) | - | - | - | - | - |
| Расчетно-графические работы | - | - | - | - | - |
| Реферат | - | - | - | - | - |
| <i>Другие виды самостоятельной работы</i> | 80 | 80 | - | - | - |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен) | Э-36 | Э-36 | - | - | - |
| Общая трудоемкость | час | 180 | 180 | - | - |
| | зач. ед. | 5 | 5 | - | - |

Кафедра «Ракетостроение»

Составитель: Коренев Алексей Анатольевич, кандидат технических наук

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и рассмотрена на заседании кафедры

Протокол от 25.05. 2020 г. № 9

Заведующий кафедрой



Ф.А. Уразбахтин
25.05. 2020 г.

СОГЛАСОВАНО

Количество часов рабочей программы и формируемые компетенции соответствуют учебному плану направления 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива».

Протокол заседания учебно-методической комиссии по УГСН 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива» от 26.05 2020 г. № 2

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»



Ф.А. Уразбахтин
26.05 2020 г.

Руководитель образовательной программы



Ф.А. Уразбахтин
26.05 2020 г.

| | | | | | | | |
|--|--|---------------------------------|--|-----------------------------|--|--|---|
| Название дисциплины | | Гидрогазоаэродинамика | | | | | |
| Номер | 83 | | Академический год | | 2020/2021 | семестр | 8 |
| кафедра | «Ракето-строение» | Программа | 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива» | | | | |
| Составитель | Корнев А.А., к.т.н. | | | | | | |
| Цели и задачи дисциплины, основные темы | <p>Цели: Изучение студентами основ гидрогазоаэродинамики, получение ими знаний по современным методам расчета и анализа различных видов движений объектов и течений газов, а также выработка навыков самостоятельной инженерной работы</p> <p>Задачи: приобретение знаний по основным свойствам жидкостей и газов, по основам кинематики и динамики жидкости и газа; получение представления о законах аэродинамики и гидравлики; освоение методов проведения аэродинамических, газодинамических и гидравлических расчетов; получение представления об основных научных проблемах в области гидрогазоаэродинамики летательных аппаратов, их взаимосвязи со смежными областями.</p> <p>Знания: основные свойства жидкостей и газов; основы кинематики и динамики жидкости и газа; законы аэродинамики и гидравлики; методы проведения аэродинамических, газодинамических и гидравлических расчетов; изэнтропические течения газа и теорию скачков уплотнения; аэродинамические характеристики летательных аппаратов при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях полета.</p> <p>Умения: параметры потока, если известны исходные параметры торможения и некоторые данные по условиям движения газа; рассчитывать аэродинамические, газодинамические и гидравлические характеристики и параметры элементов и систем летательных аппаратов; определять величины гидрогазоаэродинамических сил; разрабатывать или выбирать математическую модель для расчета параметров обтекания и движения летательного аппарата.</p> <p>Навыки: применения методик расчета аэродинамических коэффициентов и гидрогазоаэро-динамических сил; использования газодинамических функций, уравнений, описывающих законы движения газа, специальной литературы и справочного материала при решении инженерно-технических задач.</p> <p>Лекции (основные темы): Сведения о свойствах жидкостей и газов. Аэродинамические характеристики (АДХ) профилей и крыльев конечного размаха. АДХ профиля и крыла конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках:</p> <p>Практические работы: Идентификация аэродинамических параметров летательного аппарата-прототипа. Определение положения центра масс прототипа на старте, в середине и в конце активного участка траектории. Определение коэффициента запаса статической устойчивости $K_{ст}(M)$ летательного аппарата-прототипа. Идентификация параметров оперения ракеты. Расчет лобового сопротивления ракеты. Аппроксимация зависимости $C_x(M)$.</p> <p>Лабораторные работы: Определение скорости воздушного потока в рабочей части аэродинамической трубы. Идентификация параметров оперения ракеты. Определение аэродинамических характеристик профиля крыла в дозвуковом потоке по измерениям давления на его поверхности.</p> | | | | | | |
| Основная литература | <p>1. Гидрогазодинамика (с элементами процессов и аппаратов) [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. А. Крестин, А. Л. Лукс, А. Г. Матвеев, А. В. Шабанова. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 366 с. — 978-5-9585-0625-5. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/49890.html. 2. Гиперзвуковая аэродинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 134 с. — 978-5-7410-1828-6. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/78901.html.</p> | | | | | | |
| Технические средства | Персональный компьютер | | | | | | |
| Компетенции | Приобретаются студентами при освоении модуля | | | | | | |
| Общекультурные | <p>ОК-2. Способность использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач; ОК-3. Способность критически оценивать основные теории и концепции, границы их применения;</p> | | | | | | |
| Профессиональные | <p>ОПК-2. Понимание роли математических и естественнонаучных наук и способность к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний, с использованием современных образовательных и информационных технологий, способность использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин (модулей); ОПК-3. Способность анализировать политические и социально-экономические проблемы, готовность использовать методы гуманитарных и социально-экономических дисциплин в профессиональной деятельности; ПК-3. Способность разрабатывать с использованием CALS-технологий на базе системного подхода последовательность решения поставленной задачи, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики приборов, систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс, а также состав, структуру, объемно-компоновочные схемы объектов наземного ракетно-космического комплекса (в том числе объектов наземного комплекса управления); ПСК-5.1. Способность проводить проектировочные расчеты баллистических ракет с РДТТ различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчеты твердотопливных двигателей, зарядов твердого топлива, подкрепленных отсеков, вспомогательных двигателей и других систем.</p> | | | | | | |
| Зачетных единиц | 5 | Форма проведения занятий | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |
| | | Всего часов | 32 | 16 | 16 | 80 | |
| Виды контроля | Диф.зач /зач/ экз | КП/КР | Условие зачета дисциплины | Получение оценки 3, 4 или 5 | Форма проведения самостоятельной работы | Подготовка к практическим и лабораторным работам, экзамену | |
| формы | Экз. | нет | | | | | |
| Перечень дисциплин, знание которых необходимо для изучения дисциплины | | | Высшая математика, Физика, Химия, Введение в специальную технику, Теоретическая механика, Термодинамика и теплопередача. | | | | |

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами основ гидрогазоаэродинамики, получение ими знаний по современным методам расчета и анализа различных видов движений объектов и течений газов, а также выработка навыков самостоятельной инженерной работы.

Задачи дисциплины:

- приобретение знаний по основным свойствам жидкостей и газов;
- приобретение знаний по основам кинематики и динамики жидкости и газа;
- получение представления о законах аэродинамики и гидравлики;
- освоение методов проведения аэродинамических, газодинамических и гидравлических расчетов;
- получение представления об основных научных проблемах в области гидрогазоаэродинамики летательных аппаратов, их взаимосвязи со смежными областями.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные свойства жидкостей и газов;
- основы кинематики и динамики жидкости и газа;
- законы аэродинамики и гидравлики;
- методы проведения аэродинамических, газодинамических и гидравлических расчетов;
- изэнтропические течения газа и теорию скачков уплотнения;
- аэродинамические характеристики летательных аппаратов при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях полета;

уметь:

- параметры потока, если известны исходные параметры торможения и некоторые данные по условиям движения газа;
- рассчитывать аэродинамические, газодинамические и гидравлические характеристики и параметры элементов и систем летательных аппаратов;
- определять величины гидрогазоаэродинамических сил;
- разрабатывать или выбирать математическую модель для расчета параметров обтекания и движения летательного аппарата;

владеть:

- методиками определения аэродинамических коэффициентов и расчета гидрогазоаэродинамических сил;
- навыками использования газодинамических функций;
- навыками использования уравнений, описывающих законы движения газа;
- навыком использования специальной литературы и справочного материала при решении инженерно-технических задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

2.1. Дисциплина «Гидрогазоаэродинамика» относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП ВО.

2.2. Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Высшая математика, Физика, Химия, Введение в специальную технику, Теоретическая механика, Термодинамика и теплопередача.

2.3. Изучения дисциплины студент должен:

знать:

- векторные пространства, аналитическую геометрию, дифференциальное и интегральное исчисления, дифференциальные уравнения и численные методы;

- физические основы механики: уравнения движения, законы сохранения, кинематика и динамика жидкостей и газов; три начала термодинамики и термодинамические функции состояния;
- векторный и естественный способ записи движения точки; предмет динамики и статики; законы механики Галилея-Ньютона; задачи механики; дифференциальные уравнения движения механической системы; количество движения материальной системы и материальной точки относительно центра и оси;
- методы расчета термодинамических и газодинамических параметров, виды и принципы инженерных расчетов;

уметь:

- записывать и решать дифференциальные уравнения;
- записывать и решать уравнения физических процессов;
- определять скорости и ускорения точек тела во вращательном и плоском движениях;
- исследовать и решать задачи термодинамики;
- рассчитывать процессы теплообмена;

владеть:

- навыками решения различных математических задач;
- навыками использования основных общезначимых законов и принципов;
- владеть методиками термодинамических расчетов;
- методами математического описания физических явлений и процессов, основными законами и методами механики.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

3.1 Знания, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

| № п/п | Знания |
|-------|--|
| 1. | Основные свойства жидкостей и газов. |
| 2. | Основы кинематики и динамики жидкости и газа. |
| 3. | Законы аэродинамики и гидравлики. |
| 4. | Методы проведения аэродинамических, газодинамических и гидравлических расчетов. |
| 5. | Изэнтропические течения газа и теория скачков уплотнения. |
| 6. | Аэродинамические характеристики летательных аппаратов при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях полета. |

3.2. Умения, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

| № п/п | Умения |
|-------|---|
| 1. | Рассчитывать параметры потока, если известны исходные параметры торможения и некоторые данные по условиям движения газа. |
| 2. | Рассчитывать аэродинамические, газодинамические и гидравлические характеристики и параметры элементов и систем летательных аппаратов. |
| 3. | Определять величины гидрогазоаэродинамических сил. |
| 4. | Разрабатывать или выбирать математическую модель для расчета параметров обтекания и движения летательного аппарата. |

3.3. Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

| № п/п | Навыки |
|-------|---|
| 1. | Владеть методиками определения аэродинамических коэффициентов и расчета |

| | |
|----|---|
| | гидрогазоаэродинамических сил. |
| 2. | Владеть навыками использования газодинамических функций. |
| 3. | Владеть навыками использования уравнений, описывающих законы движения газа. |
| 4. | Владеть навыком использования специальной литературы и справочного материала при решении инженерно-технических задач. |

3.4 Компетенции, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

| Компетенции | Знания (№№ из 3.1) | Умения (№№ из 3.2) | Навыки (№№ из 3.3) |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ОК-2. Способность использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач. | 1,2,4 | 1,2,3 | 1,3 |
| ОК-3. Способность критически оценивать основные теории и концепции, границы их применения. | 1,2,4 | 1,2,3 | 1,3 |
| ОПК-2. Понимание роли математических и естественнонаучных наук и способность к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний, с использованием современных образовательных и информационных технологий, способность использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин (модулей). | 1,2 | 2,3,4 | 1,3,4 |
| ОПК-3. Способность анализировать политические и социально-экономические проблемы, готовность использовать методы гуманитарных и социально-экономических дисциплин в профессиональной деятельности | 1,3,4,5,6 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| ПК-3. Способность разрабатывать с использованием САЛS-технологий на базе системного подхода последовательность решения поставленной задачи, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики приборов, систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс, а также состав, структуру, объемно-компоновочные схемы объектов наземного ракетно-космического комплекса (в том числе объектов наземного комплекса управления); | 2,3,4,5,6 | 2,4 | 1,2,3 |
| ПСК-5.1. Способность проводить проектировочные расчёты баллистических ракет с РДТТ различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчёты твёрдотопливных двигателей, зарядов твёрдого топлива, подкреплённых отсеков, вспомогательных двигателей и других систем. | 3,4,5,6 | 1,2,3,4 | 1,3,4 |

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплин и виды занятий (очная форма обучения)

| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|---|---------|--|--|-----------|------------------|------------|---|
| | | | | лек | прак | лаб | СРС | |
| 1 | Сведения о свойствах жидкостей и газов: основы кинематики и динамики жидкости и газа; пограничный слой и несжимаемые потоки | 8 | 1 2 3 4 5 | 2 2 2 2 2 | | 2 2 2 2 | 24 | Защита отчетов по практическим и лабораторным работам Контрольная работа 1 |
| 2 | Аэродинамические характеристики (АДХ) профилей и крыльев конечного размаха: изоэнтропические течения газа; теория скачков уплотнения, потенциальные течения идеального сжимаемого газа | 8 | 6 7 8 9 10 | 2 2 2 2 2 | | 2 2 2 | 28 | 1 аттестация Защита отчетов по практическим и лабораторным работам |
| 3 | АДХ профиля и крыла конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках: интерференция частей ЛА; аэродинамика сверхзвуковых скоростей, пограничный слой, аэродинамический нагрев; аэродинамика разреженных газов | 8 | 11 12 13 14 15 16 17 | 2 2 2 2 2 2 | 2 2 | 2 2 | 28 | Защита отчетов по практическим и лабораторным работам Контрольная работа 2 2 аттестация 3 аттестация |
| | Экзамен | | | | | | 36 | Вопросы к экзамену |
| | Всего | | | 32 | 16 | 16 | 116 | |

4.2. Содержание разделов курса

| № п/п | Раздел дисциплины | Знания (номер из 3.1) | Умения (номер из 3.2) | Навыки (номер из 3.3) |
|-------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 1. Сведения о свойствах жидкостей и газов: 1.1. Предмет гидрогазоаэродинамики. Основные свойства жидкостей и газов. Сжимаемость газа. Скорость звука. Вязкость и теплопроводность газа. Гипотеза сплошности среды. Понятие о стандартной атмосфере. 1.2. Методы кинематического исследования жидкости (газа). Линия тока. Ламинарное и турбулентное движение газа. Циркуляция скорости. Движение жидкой частицы. Понятие о | 1,2 | 1,2,3 | 1,2,3 |
| | | 1,2 | 1,2,3 | 1,2,3 |

| | | | | |
|---|---|-------|---------|---------|
| | <p>потенциальном течении. Основы теории вихрей.</p> <p>1.3. Основные уравнения движения жидкости и газа. Уравнения неразрывности, количества движения. Дифференциальные уравнения движения невязкого газа в форме Эйлера. Дифференциальные уравнения движения вязкого газа. Уравнения Навье-Стокса. Уравнение энергии для вязкого теплопроводного газа. Полная система уравнений сплошной среды. Начальные и граничные условия. Интегралы уравнения движения. Аэродинамическое подобие. Понятие об аэродинамических коэффициентах. Пограничный слой и несжимаемые потоки.</p> | 1,2,3 | 1,2,3 | 1,2,3 |
| 2 | <p>2. Аэродинамические характеристики (АДХ) профилей и крыльев конечного размаха:</p> <p>2.1. Основные соотношения для установившихся одномерных изэнтропических потоков газа. Распространение малых возмущений в потоке идеального газа.</p> <p>2.2. Возникновение скачков уплотнения. Основные соотношения для прямого и косого скачков уплотнения. Давление торможения за прямым скачком уплотнения. Ударная поляра.</p> <p>2.3. Критерий потенциальности потока газа. Основное дифференциальное уравнение потенциального потока газа. Метод малых возмущений. Метод характеристик.</p> <p>2.4. Аэродинамические характеристики тел вращения, составленных из различных элементов. Аэродинамические характеристики корпусов летательных аппаратов. Формулы Жуковского и Чаплыгина. Теория тонкого профиля. Особенности обтекания крыла конечного размаха.</p> | 3,5 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| | <p>2.2. Возникновение скачков уплотнения. Основные соотношения для прямого и косого скачков уплотнения. Давление торможения за прямым скачком уплотнения. Ударная поляра.</p> | 3,5 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| | <p>2.3. Критерий потенциальности потока газа. Основное дифференциальное уравнение потенциального потока газа. Метод малых возмущений. Метод характеристик.</p> | 3,4,5 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| | <p>2.4. Аэродинамические характеристики тел вращения, составленных из различных элементов. Аэродинамические характеристики корпусов летательных аппаратов. Формулы Жуковского и Чаплыгина. Теория тонкого профиля. Особенности обтекания крыла конечного размаха.</p> | 3,4,6 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| 3 | <p>3. Аэродинамические характеристики (АДХ) профилей и крыльев конечного размаха:</p> <p>3.1. Профиль и крыло конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках; интерференция частей летательного аппарата; аэродинамика сверхзвуковых скоростей, пограничный слой, аэродинамический нагрев; основы аэродинамики разреженных газов.</p> <p>3.2. Аэродинамические силы и моменты. Аэродинамическая устойчивость летательного аппарата. Аэродинамические схемы летательных аппаратов. Условия динамического и теплового подобия потоков.</p> <p>3.3. Основные уравнения гидродинамики. Виды сопротивлений при движении жидкости в трубах. Гидравлический удар. Виды трубопроводов. Местные гидравлические сопротивления. Коэффициент гидравлического трения.</p> | 3,4,6 | 2,3,4 | 1,3,4 |
| | <p>3.2. Аэродинамические силы и моменты. Аэродинамическая устойчивость летательного аппарата. Аэродинамические схемы летательных аппаратов. Условия динамического и теплового подобия потоков.</p> | 3,4,6 | 2,3,4 | 1,3,4 |
| | <p>3.3. Основные уравнения гидродинамики. Виды сопротивлений при движении жидкости в трубах. Гидравлический удар. Виды трубопроводов. Местные гидравлические сопротивления. Коэффициент гидравлического трения.</p> | 3,4 | 2,3,4 | 1,3,4 |

4.2. Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость (час) |
|-------|----------------------|---|--------------------|
| 1. | 1 | Идентификация аэродинамических параметров летательного аппарата-прототипа. Определение положения центра масс прототипа на старте, в середине и в конце активного участка траектории | 4 |
| 2. | 2 | Определение коэффициента запаса статической устойчивости $K_{ст}(M)$ летательного аппарата-прототипа | 4 |
| 3. | 2 | Идентификация параметров оперения ракеты | 4 |
| 4. | 3 | Расчет лобового сопротивления ракеты. Аппроксимация зависимости $C_x(M)$ | 4 |
| | Всего | | 16 |

4.3. Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость (час) |
|-------|----------------------|--|--------------------|
| 1. | 1 | Определение скорости воздушного потока в рабочей части аэродинамической трубы | 4 |
| 2. | 2 | Идентификация параметров оперения ракеты | 6 |
| 3. | 3 | Определение аэродинамических характеристик профиля крыла в дозвуковом потоке по измерениям давления на его поверхности | 6 |
| | Всего | | 16 |

5. Содержание самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1. Содержание самостоятельной работы

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование тем | Трудоемкость (час) |
|-------|----------------------|---|--------------------|
| 1 | 1 | Сведения о свойствах жидкостей и газов; основы кинематики и динамики жидкости и газа; пограничный слой и несжимаемые потоки | 24 |
| 2 | 2 | Аэродинамические характеристики (АДХ) профилей и | 28 |

| | | | |
|---|--------------|--|-----------|
| | | крыльев конечного размаха; изоэнтропические течения газа; теория скачков уплотнения, потенциальные течения идеального сжимаемого газа | |
| 3 | 3 | АДХ профиля и крыла конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках; интерференция частей ЛА; аэродинамика сверхзвуковых скоростей, пограничный слой, аэродинамический нагрев; аэродинамика разреженных газов | 28 |
| | Всего | | 80 |

5.2. Оценочные средства, используемые для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по итогам освоения дисциплины, их виды и формы, требования к ним и шкалы оценивания приведены в приложении к рабочей программе дисциплины «Фонд оценочных средств по дисциплине «Гидрогазоаэродинамика», которое оформляется в виде отдельного документа.

6. Рекомендуемые образовательные технологии

| Образовательная технология | Кол-во ауд. часов при изучении дисциплины (модуля) |
|--|--|
| Разбор аварийных ситуаций, произошедших при испытании твердотопливных ракетных двигателей. | 4 |
| 2. Иллюстративный материал, представленный в слайдах. | 2 |
| 3. Работа в малых группах | 4 |
| Всего | 10 (15,6%) |

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература

| № п/п | Наименование книги | Год издания |
|-------|---|-------------|
| 1 | Гидрогазодинамика (с элементами процессов и аппаратов) [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. А. Крестин, А. Л. Лукс, А. Г. Матвеев, А. В. Шабанова. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 366 с. — 978-5-9585-0625-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/49890.html | 2015 |
| 2 | Гиперзвуковая аэродинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. В. Белов, Я. В. Кондров, Е. В. Осипов. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. - 134 с. — 978-5-7410-1828-6. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/78901.html | 2017 |

б) дополнительная литература

| № п/п | Наименование книги | Год издания |
|-------|--|-------------|
| 1 | Аэродинамика и динамика полета [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Белов, А. В. Гордиенко, В. Д. Проскурин. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 110 с. — 978-5-7410-1200-0. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/52316.html | 2014 |
| 2 | Шиплюк А. Н. Методы оптимизации в задачах аэрогазодинамики | 2014 |

| |
|---|
| [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 107 с. — 978-5-7782-2453-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45387.html |
|---|

г) программное обеспечение:

1. Microsoft Office 2016.
2. OpenOffice.
3. SMath Studio Desktop.

д) методические указания:



1. Хрюкина Р.Ф., Соболева М.Г., Лодыгин А.А. Аэродинамика. Лабораторный практикум по выполнению лабораторных работ по курсам «Аэродинамика», «Аэромеханика». Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. 60 с.
2. Коренев А.А. Решение задач по определению параметров движения жидкости и газа: Методические указания Воткинск: Электронный ресурс кафедры «Ракетостроение», 2015. 30 с.
3. Гладышев Н.Н. Гидрогазоаэродинамика: конспект лекций СПб.: ГОУВПО СПбГТУРП, 2012 159 с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

| № п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования |
|-------|---|
| 1 | Аудитория №101. Лаборатория систем автоматизированного проектирования. Оборудование: Парты, стол преподавателя, доска аудиторная. Комьютер - 11 шт. Ноутбук. Проектор и экран. 3D-принтер BQ Witbox. 3D ручка Mugiwell. Станок настольный сверлильно-фрезерный WMD20V с ЧПУ Mach3 с комплектом оснастки. Станок настольный токарный WM250Vx550 с ЧПУ Mach3 с комплектом оснастки. Набор инструментов. Набор мерительного инструмента: индикатор часового типа, микрометр гладкий, штангенциркуль, штатив. Графический планшет Wacom Intuos Pen. |
| 2 | Аудитория №102. Лаборатория автоматизации производственных процессов. Оборудование: Парты, стол преподавателя, доска аудиторная. Компьютер. Измеритель температуры и влажности цифровой. Лабораторная установка АСУ ТП. Ноутбук. Проектор. Прибор Б5-29. Промышленный робот "Электроника". Промышленный робот РИТМ-0103. Стенд лабораторный "Элементы робототехники". Прибор Б5-29. Прибор Б5-50. Прибор С1-82. Источник питания Mastech HY-5005. |
| 3 | Аудитория №314. Парты, стол преподавателя, доска аудиторная, проектор, компьютер. |
| 4 | Аудитория для самостоятельной работы обучающегося - читальный зал Воткинского филиала ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» |

**ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ
НА УЧЕБНЫЙ ГОД**

Рабочая программа дисциплины утверждена на ведение учебного процесса в учебном году

| Учебный год | «Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись, дата) |
|-------------|--|
| 2018-2019 | <i>Измененный текст</i>  - Уразбахтин Ф.Ф. 25.08.2018 г. |
| 2019-2020 | <i>Измененный текст</i>  - Уразбахтин Ф.Ф. 26.08.2019 г. |
| 2020-2021 | |
| 2021-2022 | |
| 2022-2023 | |
| 2023-2024 | |
| 2024-2025 | |

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное федеральное образовательное учреждение
высшего образования

«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)

Воткинский филиал

Кафедра Ракетостроение

(наименование кафедры)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ГИДРОГАЗОАЭРОДИНАМИКА

(наименование дисциплины)

24.05.01 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАКЕТ
И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

(шифр и наименование направления/специальности наименование дисциплины)

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ «РАКЕТЫ С РАКЕТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ТВЕРДОГО
ТОПЛИВА»

(наименование профиля/специализации/магистерской программы)

Специалист

Квалификация (степень) выпускника

Воткинск 2017

Содержание

| Раздел | Стр. |
|--|------|
| Содержание | 2 |
| Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Гидрогазоаэродинамика» | 3 |
| 1. Зачетно-экзаменационные материалы | 4 |
| 2. Комплекты оценочных средств | 5 |
| 3. Темы для самостоятельной работы | 7 |
| 4. Критерии формирования оценок на экзамене | 7 |

Паспорт
фонда оценочных средств
по дисциплине

Гидрогазоаэродинамика
(наименование дисциплины)

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины* | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства |
|-------|---|---|--|
| 1 | Сведения о свойствах жидкостей и газов; основы кинематики и динамики жидкости и газа; пограничный слой и несжимаемые потоки | ОК-2, ОК-3, ОПК-2 | |
| 2 | Аэродинамические характеристики (АДХ) профилей и крыльев конечно-го размаха; изоэнтропические течения газа | ОК-2, ОК-3, ОПК-2, ПК-3, ПСК-5.1 | Контрольная работа 1 |
| 3 | Теория скачков уплотнения, потенциальные течения идеального сжимаемого газа | ОК-2, ОК-3, ОПК-2, ОПК-3 | |
| 4 | АДХ профиля и крыла конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках; интерференция частей ЛА | ОК-2, ОК-3, ОПК-2, ПК-3, ПСК-5.1 | Темы для самостоятельной работы |
| 5 | Аэродинамика сверхзвуковых скоростей, пограничный слой | ОК-2, ОК-3, ОПК-2, ОПК-3, ПК-3 | Контрольная работа 2 |
| 6 | Аэродинамический нагрев; аэродинамика разреженных газов | ОК-2, ОК-3, ОПК-2, ОПК-3, ПК-3, ПСК-5.1 | Собеседование по вопросам по лекционному материалу |

*Наименование темы (раздела) или тем (разделов) берется из рабочей программы дисциплины.

1. Зачетно-экзаменационные материалы

Перечень контрольных вопросов для проверки остаточных знаний и для проведения экзамена.

1. Предмет гидрогазоаэродинамики. Основные свойства жидкостей и газов.
2. Сжимаемость газа. Скорость звука. Вязкость и теплопроводность газа.
3. Гипотеза сплошности среды. Понятие о стандартной атмосфере
4. Основные кинематические понятия и определения
5. Методы кинематического исследования жидкости (газа). Линия тока.
6. Ламинарное и турбулентное движение газа. Циркуляция скорости.
7. Движение жидкой частицы. Понятие о потенциальном течении. Основы теории вихрей.
8. Основные уравнения движения жидкости и газа. Уравнения неразрывности, количества движения.
9. Дифференциальные уравнения движения невязкого газа в форме Эйлера.
10. Дифференциальные уравнения движения вязкого газа. Уравнения Навье-Стокса.
11. Уравнение энергии для вязкого теплопроводного газа. Полная система уравнений сплошной среды. Начальные и граничные условия.
12. Интегралы уравнения движения. Аэродинамическое подобие.
13. Понятие об аэродинамических коэффициентах. Пограничный слой и несжимаемые потоки
14. Параметры торможения. Максимальная скорость. Оценка влияния сжимаемости
15. Сопло Лавала. Истечение газа через отверстие
16. Основные соотношения для установившихся одномерных изэнтропических потоков газа. Распространение малых возмущений в потоке идеального газа.
17. Возникновение скачков уплотнения. Основные соотношения для прямого и косого скачков уплотнения.
18. Давление торможения за прямым скачком уплотнения. Ударная поляра.
19. Критерий потенциальности потока газа. Основное дифференциальное уравнение потенциального потока газа.
20. Метод малых возмущений. Метод характеристик.
21. Аэродинамические характеристики тел вращения, составленных из различных элементов.
22. Аэродинамические характеристики корпусов летательных аппаратов. Формулы Жуковского и Чаплыгина.

23. Связанная и скоростная система координат. Аэродинамическое качество ЛА
24. Теория тонкого профиля. Особенности обтекания крыла конечного размаха.
25. Профиль и крыло конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках; интерференция частей летательного аппарата
26. Аэродинамика сверхзвуковых скоростей, пограничный слой
27. Аэродинамический нагрев; основы аэродинамики разреженных газов.
28. Аэродинамические силы и моменты. Аэродинамическая устойчивость летательного аппарата
29. Аэродинамические схемы летательных аппаратов. Маневренные свойства ЛА
30. Способы создания аэродинамических сил и моментов. Порядок проведения аэродинамических расчетов
31. Условия динамического и теплового подобия потоков
32. Основные уравнения гидродинамики. Виды сопротивлений при движении жидкости в трубах
33. Гидравлический удар. Виды трубопроводов
34. Местные гидравлические сопротивления. Коэффициент гидравлического трения

2. Комплекты оценочных средств

2.1. Вопросы к собеседованию по лекционному материалу на темы «Сведения о свойствах жидкостей и газов; основы кинематики и динамики жидкости и газа; пограничный слой и несжимаемые потоки; Аэродинамические характеристики (АДХ) профилей и крыльев конечного размаха; изоэнтропические течения газа; Теория скачков уплотнения, потенциальные течения идеального сжимаемого газа; АДХ профиля и крыла конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках; интерференция частей ЛА; Аэродинамика сверхзвуковых скоростей, пограничный слой; Аэродинамический нагрев; аэродинамика разреженных газов»:

- Предмет гидрогазоаэродинамики. Основные свойства жидкостей и газов.
- Основные кинематические понятия и определения.
- Методы кинематического исследования жидкости (газа). Линия тока.
- Ламинарное и турбулентное движение газа. Циркуляция скорости.
- Основные уравнения движения жидкости и газа. Уравнения неразрывности, количества движения.
- Дифференциальные уравнения движения невязкого газа в форме Эйлера.
- Дифференциальные уравнения движения вязкого газа. Уравнения Навье-Стокса.

- Уравнение энергии для вязкого теплопроводного газа. Полная система уравнений сплошной среды. Начальные и граничные условия.
- Интегралы уравнения движения. Аэродинамическое подобие.
- Понятие об аэродинамических коэффициентах. Пограничный слой и несжимаемые потоки.
- Параметры торможения. Максимальная скорость. Оценка влияния сжимаемости.
- Сопло Лавалю. Истечение газа через отверстие.
- Основные соотношения для установившихся одномерных изэнтропических потоков газа. Распространение малых возмущений в потоке идеального газа.
- Возникновение скачков уплотнения. Основные соотношения для прямого и косого скачков уплотнения.
- Давление торможения за прямым скачком уплотнения. Ударная полара.
- Критерий потенциальности потока газа. Основное дифференциальное уравнение потенциального потока газа.
- Аэродинамические характеристики тел вращения, составленных из различных элементов.
- Аэродинамические характеристики корпусов летательных аппаратов. Формулы Жуковского и Чаплыгина.
- Связанная и скоростная система координат. Аэродинамическое качество ЛА
- Теория тонкого профиля. Особенности обтекания крыла конечного размаха.
- Аэродинамика сверхзвуковых скоростей, пограничный слой.
- Аэродинамический нагрев; основы аэродинамики разреженных газов.
- Аэродинамические силы и моменты. Аэродинамическая устойчивость летательного аппарата.
- Аэродинамические схемы летательных аппаратов. Маневренные свойства ЛА.
- Способы создания аэродинамических сил и моментов. Порядок проведения аэродинамических расчетов.
- Условия динамического и теплового подобия потоков.
- Основные уравнения гидродинамики. Виды сопротивлений при движении жидкости в трубах. Гидравлический удар. Виды трубопроводов.
- Местные гидравлические сопротивления. Коэффициент гидравлического трения.

На собеседовании задается три вопроса. Критерии формирования оценок по результатам собеседования:

- **«неудовлетворительно»** - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос;

- «удовлетворительно» - обучающийся развернуто и правильно ответил на один вопрос;
- «хорошо» - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса;
- «отлично» - обучающийся развернуто и правильно ответил на три вопроса.

2.2. Варианты заданий для контрольных работ

Контрольная работа 1

Вариант 1

1. Скорость звука. Вязкость и теплопроводность газа. Гипотеза сплошности среды.
2. Определить эксергию потока водяного пара при давлении 10,0 МПа и температуре 500°С, если температура среды 20°С, а давление 0,1 МПа.

Вариант 2

1. Ламинарное и турбулентное движение газа. Циркуляция скорости.
2. Определить полную энергию струйки в потоке воздуха, если его скорость 200 м/с, температура 500 К, отношение удельных теплоемкостей 1,4, а теплоемкость при постоянном давлении 1005 Дж/ (кг·К).

Контрольная работа 2

Вариант 1

1. Гидравлический удар. Виды трубопроводов.
2. Водяной пар расширяется в сопле Лавала от давления 3,5 МПа и температуры торможения 450°С до давления 0,05 МПа. Определить скорость истечения и размеры сопла, если коэффициент потери энергии 0,12 и расход 0,5 кг/с.

Вариант 2

1. Аэродинамические схемы летательных аппаратов.
2. Определить изменение давления, температуры и скорости, а также число Маха запрямым скачком уплотнения, если известно, что отношение плотностей за этим скачком и перед ним равно 5, а показатель адиабаты равен 1,2.

3. Темы для самостоятельной работы

Варианты заданий для самостоятельной работы: поиск учебных пособий по данному материалу, подготовка презентации и доклада

1. Предмет гидрогазоаэродинамики. Основные свойства жидкостей и газов. Сжимаемость газа. Скорость звука. Вязкость и теплопроводность газа. Гипотеза сплошности среды. Понятие о стандартной атмосфере.
2. Методы кинематического исследования жидкости (газа). Линия тока. Ламинарное и турбулентное движение газа. Циркуляция скорости. Движение жидкой частицы. Понятие о потенциальном течении. Основы теории вихрей.
3. Основные уравнения движения жидкости и газа. Уравнения неразрывности, количества движения. Дифференциальные уравнения движения невязкого газа в форме Эйлера. Дифференциальные уравнения движения вязкого газа.
4. Уравнения Навье-Стокса. Уравнение энергии для вязкого теплопроводного газа. Полная система уравнений сплошной среды. Начальные и граничные условия. Интегралы уравнения движения.
5. Аэродинамическое подобие. Понятие об аэродинамических коэффициентах. Пограничный слой и несжимаемые потоки.

6. Основные соотношения для установившихся одномерных изэнтропических потоков газа. Распространение малых возмущений в потоке идеального газа.
7. Возникновение скачков уплотнения. Основные соотношения для прямого и косого скачков уплотнения. Давление торможения за прямым скачком уплотнения. Ударная поляра.
8. Критерий потенциальности потока газа. Основное дифференциальное уравнение потенциального потока газа. Метод малых возмущений. Метод характеристик.
9. Аэродинамические характеристики тел вращения, составленных из различных элементов. Аэродинамические характеристики корпусов летательных аппаратов.
10. Формулы Жуковского и Чаплыгина. Теория тонкого профиля. Особенности обтекания крыла конечного размаха.
11. Профиль и крыло конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках; интерференция частей летательного аппарата.
12. Аэродинамика сверхзвуковых скоростей, пограничный слой, аэродинамический нагрев; основы аэродинамики разреженных газов.
13. Аэродинамические силы и моменты. Аэродинамическая устойчивость летательного аппарата. Аэродинамические схемы летательных аппаратов.
14. Условия динамического и теплового подобия потоков.
15. Основные уравнения гидродинамики. Виды сопротивлений при движении жидкости в трубах.
16. Гидравлический удар. Виды трубопроводов. Местные гидравлические сопротивления. Коэффициент гидравлического трения.

4. Критерии формирования оценок на экзамене

Допущенным к экзамену считается обучающийся:

- имеющий конспект 100% лекций;
- выполнивший все практические задания;
- выполнивший все контрольные работы;
- получивший «удовлетворительно» и выше оценку на собеседовании;
- выполнивший презентацию и сделавший доклад о выполнении самостоятельной работы.

На экзамене студенту выдается билет, в котором два вопроса и задача.

Критерии оценки экзамена:

- «**неудовлетворительно**» - студент не ответил ни на один вопрос и не решил задачу;
- «**удовлетворительно**» - студент решил задачу и ответил, неполно, не менее, чем на один вопрос;
- «**хорошо**» - студент решил задачу и развернуто и правильно ответил не менее, чем на один вопрос;
- «**отлично**» - студент решил задачу и развернуто и правильно ответил на оба вопроса.

5. Методика организации текущего контроля

| Вид обучения | Номер контрольной точки (КТ) | Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1) | | | Форма и методы контроля КТ | Номер раздела РП с примерными заданиями | Максимальный балл по каждой форме контроля |
|--------------|------------------------------|--|---|---|----------------------------|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Лекции | 1А | * | | | Письм., контр. работа 1 | 6.1 | 15 |

| Вид обучения | Номер контрольной точки (КТ) | Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1) | | | Форма и методы контроля КТ | Номер раздела РП с примерными заданиями | Максимальный балл по каждой форме контроля |
|---------------------------------|------------------------------|--|---|---|--|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | 2А | | * | * | Письм., контр. работа 2 | 6.1 | 15 |
| | 3А | * | * | * | Устно доп. вопросы | | 5 |
| Практические занятия (семинары) | 1А | * | | | Работа на занятиях Доп. вопросы Инд. защита отчетов по практ. и лаб.р. | 6.1, 6.2 | 20 |
| | 2А | | * | * | Работа на занятиях Доп. вопросы Инд. защита отчетов по практ. и лаб.р. | 6.1, 6.2 | 20 |
| | 3А | * | * | * | Устно доп. вопросы | 6.1, 6.2 | 5 |
| Лабораторные занятия | 1А | | | | | | |
| | 2А | | | | | | |
| | 3А | | | | | | |
| Самостоятельная работа | 1А | * | | | Задания к темам лекций, практич. и лабор. работам | 4.1, 4.3, 6.1 | 5 |
| | 2А | | * | * | Задания к темам лекций, практич. и лабор. работам | 4.1, 4.3, 6.1 | 5 |
| Посещение занятий | 1А | * | | | 9 неделя | – | 5 |
| | 2А | | * | * | в конце семестра | – | 5 |
| Экзамен | В конце семестра | * | * | * | собеседование | 6.2 | 0/20 |
| Всего баллов | | | | | | 100/120 | |

Обозначения, используемые в таблице:

1А, 2А, 3А – 1, 2, 3 контрольная точка (аттестация)