

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АЭРОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления беспилотными летательными аппаратами
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	5	180	68	17	34	17	112	36	0	76	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Клочков Александр Викторович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

АЭРОДИНАМИКА

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 — Способен к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА

ПК-3 — Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-1

знания:

на уровне представлений:

– знать особенности различных физических моделей, применяемых для описания газовых течений;

– знать методы расчета основных параметров течения и аэродинамических характеристик ЛА;

на уровне воспроизведения и понимания:

– понимать физический смысл аэрогазодинамических явлений;

– знать методы расчета основных параметров течения и аэродинамических характеристик ЛА;;

умения:

– уметь устанавливать связь между физической моделью изучаемого явления и математической постановкой задачи;

– уметь устанавливать связь между физической моделью изучаемого явления и математической постановкой задачи;;

навыки:

иметь навыки и владеть –

– владеть методиками определения аэродинамических коэффициентов летательных аппаратов (ЛА) и расчета аэродинамических сил, действующих на ЛА;

– владеть методиками определения аэродинамических коэффициентов ЛА и расчета аэродинамических сил, действующих на ЛА;.

ПК-3

знания:

на уровне представлений:

– знать методы и технику экспериментальных исследований;

на уровне воспроизведения и понимания:

– знать методы и технику экспериментальных исследований в аэродинамике ЛА;

на уровне воспроизведения и понимания:

– понимать физический смысл аэродинамических явлений;;

умения:

– уметь проводить анализ аэродинамических характеристик ЛА;;

навыки:

иметь навыки и владеть –

– владеть навыками проведения анализа аэродинамических характеристик ЛА;;;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АЭРОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **АЭРОГАЗОДИНАМИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МЕТОДЫ РАСЧЕТА В АЭРОГАЗОДИНАМИКЕ, БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ПК-3 — Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-1	ПК-3
3	6	Раздел 1. Предмет аэродинамики. Аэродинамические схемы летательных аппаратов. Классификация летальных аппаратов. Достоинства и недостатки различных аэродинамических схем. Органы управления ЛА. Шарнирные моменты.	15	12	1	10	1	3	10	10
3	6	Раздел 2. Основные понятия и определения. Системы координат, используемые при проведении аэродинамического расчета. Аэродинамические коэффициенты. Зависимости аэродинамических коэффициентов от угла атаки. Критический угол атаки. Механизация крыла. Балансировочный режим. Максимальная и минимальная скорость полета летательного аппарата. Центр давления, фокус и устойчивость летательного аппарата.	12	4	2	0	2	8	10	10
3	6	Раздел 3. Аэродинамика крыла. Основные геометрические размеры несущей поверхности. Профильное сопротивление. Пограничный слой на крыле. Отрыв потока, механизация крыла. Индуктивное сопротивление. Методы снижения индуктивного сопротивления. Волновое сопротивление. Обтекание ромбовидного профиля сверхзвуковым потоком. Стреловидность крыла. Особенности гиперзвуковых течений.	38	16	4	8	4	22	10	10
3	6	Раздел 4. Ламинарный и турбулентный режимы обтекания крыла. Силы вязкого трения. Гипотеза Ньютона о вязких напряжениях. Условие пренебрежения вязкими силами. Гипотезы Бусинеска и Прандтля, к-ε модель турбулентности. Пограничный слой на пластине. Вязкий кризис обтекания. Отражение скачка уплотнения от пограничного слоя.	28	12	2	8	2	16	20	10
3	6	Раздел 5. Определение аэродинамических характеристик фюзеляжа летательного аппарата. Особенности определения аэродинамических характеристик фюзеляжа летательного аппарата. Носовая, кормовая и цилиндрическая части фюзеляжа. Составляющие аэродинамических сил. Влияние формы носовой и кормовой части ЛА на аэродинамические характеристики фюзеляжа. Донное сопротивление. Особенности расчета при работающем двигателе.	19	4	2	0	2	15	20	10
3	6	Раздел 6. Теория моделирования. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие потоков. Критерии подобия. П-теорема.	24	4	2	0	2	20	10	10
3	6	Раздел 7. Методы и техника проведения аэродинамического эксперимента. Измерения давлений в потоке с помощью приемников давления (Пито, Пито-Прандтля, Прандтля, Вентури). Методы визуализации. Оптические методы исследований. Метод люминесцентных преобразователей давления (PSP) и температуры (TSP). Метод «густого масла».	26	12	2	8	2	14	10	20
3	6	Раздел 8. Аэродинамические трубы. Классификация. Рабочие части аэродинамических труб. Сверхзвуковые и гиперзвуковые аэродинамические трубы. Ударная труба. Баллистические и аэробаллистические установки.	18	4	2	0	2	14	10	20
Всего за 6 семестр			180	68	17	34	17	112	100	100
Всего по дисциплине			180	68	17	34	17	112	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Предмет аэродинамики.	Классификация летательных аппаратов	1
2	Раздел 2. Основные понятия и определения.	Аэродинамические коэффициенты. Зависимости аэродинамических коэффициентов от угла атаки.	2
3	Раздел 3. Аэродинамика крыла.	Обтекание ромбовидного профиля сверхзвуковым потоком	4
4	Раздел 4. Ламинарный и турбулентный режимы обтекания крыла.	Пограничный слой на пластине.	2
5	Раздел 5. Определение аэродинамических характеристик фюзеляжа летательного аппарата.	Определение аэродинамических характеристик фюзеляжа летательного аппарата.	2

6	Раздел 6. Теория моделирования.	Критерии моделирования	2
7	Раздел 7. Методы и техника проведения аэродинамического эксперимента.	Приемники (трубки) давления: Пито, Прандтля, Пито-Прандтля. Трубка Вентури. Расчет полного и статического давлений потока по измерениям приемников давления.	2
8	Раздел 8. Аэродинамические трубы.	Аэродинамические трубы.	2
Всего за 6 семестр			17

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Предмет аэродинамики.	Определение аэродинамических характеристик летательного аппарата с замкнутым крылом.	10
2	Раздел 3. Аэродинамика крыла.	Определение лобового сопротивления профиля в дозвуковом потоке методом импульсов	8
3	Раздел 4. Ламинарный и турбулентный режимы обтекания крыла.	Обтекание цилиндра дозвуковым потоком несжимаемого газа	8
4	Раздел 7. Методы и техника проведения аэродинамического эксперимента.	Определение коэффициента трения длинного трубопровода при установившемся течении воздуха	8
Всего за 6 семестр			34

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Предмет аэродинамики.	Повторение и осмысление сведений о методах разделения механики (как раздела физики) на подразделы, о предмете и задачах, решаемых аэродинамикой	3
2	Раздел 2. Основные понятия и определения.	Подготовка к практическим занятиям	2
3		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	6
4	Раздел 3. Аэродинамика крыла.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	10
5		Подготовка к практическим занятиям	12
6	Раздел 4. Ламинарный и турбулентный режимы обтекания крыла.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	12
7		Подготовка к практическим занятиям	4
8	Раздел 5. Определение аэродинамических характеристик фюзеляжа летательного аппарата.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	14
9		Подготовка к практическим занятиям	1
10	Раздел 6. Теория моделирования.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	18
11		Подготовка к практическим занятиям	2
12	Раздел 7. Методы и техника проведения аэродинамического эксперимента.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	12
13		Подготовка к практическим занятиям	2
14	Раздел 8. Аэродинамические трубы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	10
15		Подготовка к практическим занятиям	4
Всего за 6 семестр			112

3.5. Курсовой проект

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. 1 этап курсового проекта "Расчет аэродинамических характеристик летательного аппарата". 1. Получение задания на курсовой проект (КП). Проведение анализа литературы по индивидуальному заданию на КП. 2. Выбор прототипа летательного аппарата (ЛА). Выбор формы и геометрических параметров ЛА. Задание основных ТТХ ЛА, исходных данных для аэродинамического расчета (по согласованию с руководителем). 3. Расчет безразмерных аэродинамических коэффициентов: - коэффициента лобового сопротивления; - коэффициента подъемной силы - коэффициент стабилизирующего момента; - коэффициент тушащего момента; - коэффициент управляющего момента для трех чисел Маха (М) и не менее чем для 3-х значений углов атаки (α) (по указанию руководителя) на основе полуэмпирического метода Лебедева А.А., Чернобровкина Л.С.	1 - 8	18
Этап 2. 2 этап курсового проекта "Расчет аэродинамических характеристик летательного аппарата". 4. Расчет безразмерных аэродинамических коэффициентов: - коэффициента лобового сопротивления; - коэффициента подъемной силы - коэффициента стабилизирующего момента для трех чисел Маха (М) и не менее чем для 3-х значений углов атаки (α) (по указанию руководителя) с помощью современных компьютерных технологий (с использованием пакетов Solid Works, Ansis и др. по заданию руководителя КП). (Исследование сеточной сходимости обязательно). 5. Определение запаса устойчивости ЛА, балансировки ЛА 6. Анализ результатов исследований. 7. Оформление пояснительной записки и презентации к докладу	9 - 16	18
Всего за 6 семестр		36

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																17
6			ЛР		ЛР	ДР		ЛР	ВРЗД	ДР	ЛР		ИПЗ		КП	ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- КП – курсовой проект;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы по разделу;
- индивидуальное практическое задание;
- курсовой проект;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, М. Г. Моисеев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. Ч. 2 Описание лабораторных работ. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.
2. И. А. Балаганский. . Основы баллистики и аэродинамики. Новосибирск: НГТУ, 2017, эл. рес.
3. М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
4. Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
3. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
4. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
5. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Установка для изучения истечения газа из баллона;
2. Дозвуковая аэродинамическая труба АСТ-1;
3. Труба больших скоростей Малая сверхзвуковая труба;
4. Демонстрационная дымовая установка.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Дозвуковая аэродинамическая труба АСТ-1;
2. Труба больших скоростей Малая сверхзвуковая труба.

6.4. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **АЭРОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1 Способен к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА;

ПК-3 Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением газодинамических процессов, сопровождающих работу ЛА. Излагаются особенности физических моделей, применяемых для описания газовых течений, связь между физической моделью явления и математической моделью, методы расчета параметров течения и аэродинамических характеристик, а также методы и техника экспериментальных исследований.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы по разделу;
- индивидуальное практическое задание;
- курсовой проект;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**112 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 112 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Предмет аэродинамики.		
Повторение и осмысление сведений о методах разделения механики (как раздела физики) на подразделы, о предмете и задачах, решаемых аэродинамикой	Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1.1) М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1.1-1.2)	3
Итого по разделу 1		3
Раздел 2. Основные понятия и определения.		
Подготовка к практическим занятиям	М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1.3-1.4)	2
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.		6
Итого по разделу 2		8
Раздел 3. Аэродинамика крыла.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	И. А. Балаганский. . Основы баллистики и аэродинамики: Новосибирск: НГТУ, 2017 (2) М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2.1)	10
Подготовка к практическим занятиям		12
Итого по разделу 3		22
Раздел 4. Ламинарный и турбулентный режимы обтекания крыла.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2.2)	12
Подготовка к практическим занятиям		4
Итого по разделу 4		16
Раздел 5. Определение аэродинамических характеристик фюзеляжа летательного аппарата.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2.3)	14
Подготовка к практическим занятиям		1
Итого по разделу 5		15
Раздел 6. Теория моделирования.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3.1-3.3)	18
Подготовка к практическим занятиям		2
Итого по разделу 6		20

Раздел 7. Методы и техника проведения аэродинамического эксперимента.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, М. Г. Моисеев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. Ч. 2 Описание лабораторных работ: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (стр.33-53)	12
Подготовка к практическим занятиям	М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3.5)	2
Итого по разделу 7		14
Раздел 8. Аэродинамические трубы.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, М. Г. Моисеев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. Ч. 2 Описание лабораторных работ: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (стр.53-77)	10
Подготовка к практическим занятиям		4
Итого по разделу 8		14

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- вопросы по разделу;
- индивидуальное практическое задание;
- курсовой проект;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Лабораторная работа

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении ЛР требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

ЛР выполняются на листах бумаги формата А4.

На титульном листе указываются название дисциплины, тема и номер ЛР, фамилия и инициалы студента и преподавателя, номер группы, номер и вариант задания.

В начале описательной части излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.

Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями и заносятся в таблицы.

Табличные данные в соответствии с требованиями ЛР представляются в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.

При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ. Результаты машинного счета оформляются в виде приложения.

По каждой ЛР студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала.

Студент обязан выполнять все ЛР в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям работа считается сданной.

Вопросы по разделу

Ответы на контрольные вопросы по определенным разделам дисциплины осуществляются в устной форме.

Студенту задаются 3 вопроса в рамках изучаемого раздела, для успешной аттестации необходимо правильно ответить не менее чем на 2 вопроса. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

Список контрольных вопросов представлен в УМК

Индивидуальное практическое задание

Отчет по практической работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практической работе.

При оформлении ПР требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

ПР выполняются на листах бумаги формата А4. На титульном листе указываются название дисциплины,

тема ПР, фамилия и инициалы студента и преподавателя, номер группы, номер и вариант задания. В начале описательной части излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.

Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями.

Все вычисления заносятся в таблицы. Табличные данные в соответствии с требованиями ПР представляются в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.

При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ. Результаты машинного счета оформляются в виде приложения.

По каждой ПР обучающийся должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала.

Защита отчета проходит в форме доклада обучающегося по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. В случае, если оформление отчета и поведение обучающегося во время защиты соответствуют необходимым требованиям, он получает максимальное количество баллов (5).

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от max (5) до min (3) являются:

- небрежное выполнение отчета по ПР,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),
- ответы не на все вопросы преподавателя по теме ПР.

Для получения оценки "5" - студент должен ответить верно на 5 вопросов преподавателя по теме ПР,

для получения оценки "4" - студент должен ответить верно на 4 вопроса преподавателя по теме ПР,

для получения оценки "3" - студент должен ответить на 3 вопроса преподавателя по теме ПР.

Курсовой проект

Критерии оценки защиты курсового проекта (КП):

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КП и ответил на все вопросы комиссии, организованной на кафедре для защиты КП, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КП.
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КП и ответил на 50% вопросов комиссии, организованной на кафедре для защиты КП, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КП.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КП, но не ответил на вопросы комиссии, организованной на кафедре для защиты КП, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КП.
- оценка «не защитил» выставляется обучающемуся, если он не решил все задачи, поставленные перед ним в КП.

Перечень тем курсовых проектов представлен в УМК дисциплины.

Вопросы к дифференцированному зачету

Список вопросов к дифференцированному зачету представлен в УМК

Дифференцированный зачет

Контроль по дисциплине проходит в форме дифференцированного зачета.

Допуск к дифференцированному зачету оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий.

Оценка за дифференцированный зачет выставляется по результатам выполнения тестового задания, включающее 5 тестовых вопросов.

- оценка «зачтено-удовлетворительно» проставляется при правильном ответе не менее чем на 60% вопросов тестового задания;
- оценка «зачтено-хорошо» проставляется при правильном ответе не менее чем на 80% вопросов тестового задания;
- оценка «зачтено-отлично» проставляется при правильном ответе не менее чем на 90% вопросов тестового задания;
- при ответе на менее чем 60% вопросов тестового задания оценка - "не зачтено".

Тестовые вопросы приведены в УМК дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-1	ПК-3	
3	6	Раздел 1. Предмет аэродинамики.	15	12	1	10	1	3	10	10	Лабораторная работа
3	6	Раздел 2. Основные понятия и определения.	12	4	2	0	2	8	10	10	Вопросы по разделу
3	6	Раздел 3. Аэродинамика крыла.	38	16	4	8	4	22	10	10	Лабораторная работа, Индивидуальное практическое задание
3	6	Раздел 4. Ламинарный и турбулентный режимы обтекания крыла.	28	12	2	8	2	16	20	10	Лабораторная работа
3	6	Раздел 5. Определение аэродинамических характеристик фюзеляжа летательного аппарата.	19	4	2	0	2	15	20	10	Вопросы по разделу
3	6	Раздел 6. Теория моделирования.	24	4	2	0	2	20	10	10	Вопросы по разделу
3	6	Раздел 7. Методы и техника проведения аэродинамического эксперимента.	26	12	2	8	2	14	10	20	Лабораторная работа
3	6	Раздел 8. Аэродинамические трубы.	18	4	2	0	2	14	10	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Курсовой проект
Всего за 6 семестр			180	68	17	34	17	112	100	100	
Всего по дисциплине			180	68	17	34	17	112	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине АЭРОДИНАМИКА

ПК-1 - Способен к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что из перечисленного определяет величину индуктивного сопротивления крыла:

1. Форма крыла в плане
2. Профиль крыла
3. Площадь крыла
4. Корневая хорда крыла
5. Бортовая хорда крыла

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какой вид будет иметь функциональная зависимость

$X=f(\rho, P, g, V, L)$ в соответствии с Пи-теоремой ?

где

X-сила лобового сопротивления

ρ - плотность

P - статическое давление

g - ускорение свободного падения

V - скорость набегающего потока

L - характерный размер тела

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какой вид будет иметь функциональная зависимость

$X=f(\rho, P, V, L)$ в соответствии с Пи-теоремой ?

где

X-сила лобового сопротивления

ρ - плотность

P - давление

V - скорость набегающего потока

L - характерный размер тела

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Как изменится скорость на срезе сопла при изменении параметров газа (P_0 и T_0) в камере двигателя ?

- | | |
|---|---------------------------|
| 1. При постоянном давлении P_0 увеличивается температура T_0 в 2 раза | А. Не изменится |
| 2. При постоянной температуре T_0 | В. Увеличится в 1.414 раз |

увеличивается
давление P_0 в 2
раза

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Каким критерием оценивается влияние следующих сил на аэродинамические коэффициенты ЛА?

1. трения А. Число Эйлера
2. тяжести Б. Число Рейнольдса
3. давления В. Число Фруда

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Отрыв пограничного слоя имеет место:

1. на верхней поверхности крыла при больших углах атаки и положительном градиенте давления
2. на верхней поверхности крыла при отрицательных углах атаки
3. на передней поверхности крыла при скругленной передней кромке
4. на нижней поверхности крыла при больших углах атаки и отрицательном градиенте давления

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие данные в ходе проведения эксперимента позволяет получить метод "густого масла" (с добавлением твердых люминисцентных частиц)

1. осреднённые линии тока в пограничном слое на поверхности модели
2. распределение давления в пограничном слое на поверхности модели
3. распределение статической температуры в пограничном слое на поверхности модели
4. профиль скорости в пограничном слое на поверхности модели
5. распределение осредненного напряжения трения в пограничном слое на поверхности модели

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В каком диапазоне чисел Маха происходит резкое возрастание коэффициента лобового сопротивления C_x ?

1. Малые дозвуковые скорости $0 \leq M \leq 0.4$
2. Большие дозвуковые скорости $0.4 \leq M \leq 0.85$
3. Околозвуковые скорости $0.85 \leq M \leq 1.15$
4. Сверхзвуковые скорости $1.15 \leq M \leq 4 \div 5$

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

К преимуществам газодинамического управления относятся:

1. низкие значения шарнирных моментов
2. независимость эффективности управления от высоты и скорости полета
3. возможность функционирования на пассивном участке траектории
4. простота конструкции
5. высокая эффективность

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Укажите неправильные определения волнового сопротивления

1. Сопротивление, обусловленное возникновением местных зон сверхзвукового течения на поверхности ЛА
2. Сопротивление, обусловленное формированием турбулентного пограничного слоя на поверхности ЛА при сверхзвуковом обтекании
3. Сопротивление, обусловленное возникновением скачков уплотнения перед ЛА при сверхзвуковом обтекании

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите последовательность реализации режимов течения по соплу Лаваля по мере повышения давления в ресивере аэродинамической трубы

1. Сверхкритический безотрывной
2. Докритический
3. Сверхкритический с отрывом потока в диффузоре
4. Критический

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Баллон разделен диафрагмой с отверстием на две полости. Первая полость содержит газ с давлением P_0 , которое в ходе эксперимента поддерживается постоянным. Давление во второй полости в ходе эксперимента уменьшается от P_0 до 0. Укажите какие режимы течения в отверстии и в какой последовательности будут реализованы.

1. Критический ($M=1$)
2. Сверхкритический ($M=1$)
3. Докритический ($M<1$)

ПК-3 - Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какой вид будет иметь функциональная зависимость

$X=f(\rho, P, \mu, V, L)$ в соответствии с Пи-теоремой ?

где

X-сила лобового сопротивления

ρ - плотность

P - статическое давление

μ - коэффициент кинематической вязкости

V - скорость набегающего потока

L - характерный размер тела

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какой вид будет иметь функциональная зависимость

$X=f(\rho, \mu, V, L)$ в соответствии с Пи-теоремой ?

где

X-сила лобового сопротивления

ρ - плотность

μ - коэффициент кинематической вязкости

V - скорость набегающего потока

L - характерный размер тела

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В каких случаях момент тангажа C_{mz} , действующий на летательный аппарат равен нулю?

1. При равенстве нулю силы лобового сопротивления
2. При равенстве нулю продольной силы
3. При равенстве нулю нормальной силы
4. При равенстве нулю подъемной силы
5. При совпадении центра давления и центра тяжести

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Где должен находиться центр давления, чтобы полет неуправляемого симметричного ЛА был устойчивым?

1. Впереди центра тяжести
2. В носовой части ЛА
3. За центром тяжести
4. В центре тяжести
5. В любой точке ЛА

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Аэродинамическим фокусом ЛА по углу атаки называется:

1. точка приложения той части аэродинамической силы, которая обусловлена углом атаки
2. точка, расположенная на его продольной оси, относительно которой коэффициент момента тангажа остается постоянным при малых изменениях угла атаки
3. точка приложения суммарной аэродинамической силы
4. точка, расположенная на его продольной оси, относительно которой момент тангажа равен 0
5. точка, расположенная на его оси продольной оси и совпадающая с центром тяжести на балансировочном угле атаки

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

Какие условия реализуются при истечении газа из баллона через отверстие на различных режимах истечения?

(a - выходное сечение отверстия, n - окружающая среда, o - в баллоне)

1. $P_a = P_n$ А. докритический
2. $Ma = 1$ Б. сверхкритический
3. $Ma < 1$

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что называется базовой плоскостью крыла?

1. плоскость, содержащая бортовую хорду и перпендикулярная базовой плоскости ЛА
2. плоскость, содержащая центральную хорду и параллельная базовой плоскости ЛА
3. плоскость, содержащая центральную хорду и перпендикулярная базовой плоскости ЛА
4. плоскость, содержащая концевую хорду и перпендикулярная базовой плоскости ЛА

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что такое аэродинамическое качество ЛА?

1. Максимальное значение подъемной силы ЛА Y_{\max}
2. Отношение максимальной подъемной силы ЛА Y_{\max} к минимальному значению силы лобового сопротивления X_{\min}
3. Отношение максимальной подъемной силы ЛА Y_{\max} к весу ЛА
4. Отношение подъемной силы ЛА к силе лобового сопротивления Y/X
5. Максимальное значение силы лобового сопротивления ЛА X_{\max}

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите в какой последовательности реализуются режимы по мере опорожнения баллона

1. Докритический
2. Сверхкритический
3. Критический

№ 10 Прочитайте текст и установите соответствие

Как изменится тяга двигателя в пустоте при изменении параметров газа (P_0 и T_0) в камере двигателя ?

- | | |
|--|------------------------|
| 1. При
постоянном
давлении P_0
увеличивается
температура T_0
в 2 раза | А. Не изменится |
| 2. При
постоянной
температуре T_0
увеличивается
давление P_0 в 2
раза | Б. Увеличится в 2 раза |

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

К преимуществам рулей, расположенных на задней кромке несущих поверхностей и стабилизаторов относятся:

1. высокая эффективность для сверхзвуковых скоростей полета
2. простота конструкции
3. эффективность управления по крену
4. низкие значения шарнирных моментов
5. низкие значения шарнирных моментов рулей
6. эффективность для дозвуковых скоростей

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Выберите необходимые действия и их последовательность при проведении расчета аэродинамических характеристик пластинки, установленной под углом атаки $\beta > 0$ в сверхзвуковом потоке идеального газа с числом Маха M_1

1. Расчет нормальной силы по значениям P_n и P_v
2. Расчет коэффициентов силы лобового сопротивления и подъемной силы
3. Расчет аэродинамического качества
4. Расчет давления над пластинкой P_v по соотношениям Прантля-Майера
5. Расчет давления под пластинкой P_n по соотношениям для косоугольного скачка уплотнения
6. Проверка условия отсутствия отошедшего скачка уплотнения $\beta < \beta_{\max}(M_1)$