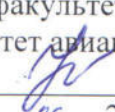


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
Факультет авиационной и морской техники
 Красильникова О.А.
«10» 06 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Аэродинамика самолетов»

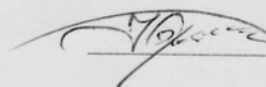
Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	5, 6	8

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой (2), Курсовая работа	Кафедра «Авиастроение»

Разработчик рабочей программы:

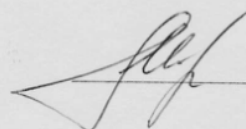
Профессор, Доцент, Доктор физико-математических наук



Бормотин К.С

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой
Кафедра «Авиастроение»



Марьин С.Б.

1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Аэродинамика самолетов» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации ФГОС, утвержденный приказом Минобрнауки от 04.08.2020 №877, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов» по специальности «24.05.07 Самолето- и вертолетостроение».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 32.002 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И КОНСТРУИРОВАНИЮ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ».

Обобщенная трудовая функция: D: Проведение проектировочных расчетов и формирование облика АТ

Задачи дисциплины	<p>Формирование у студентов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знаний законов аэродинамики и методов расчета аэродинамических характеристик летательных аппаратов; - понятий принципов действия и устройства приборов для проведения экспериментальных исследований летательных аппаратов; - знаний теории подобия для обработки результатов исследований; - умений производить измерения основных аэродинамических характеристик летательных аппаратов; - приобретения умений по расчету аэродинамических характеристик самолета.
Основные разделы / темы дисциплины	<p>Раздел 1. Основные физические свойства жидкостей и газов. Земная атмосфера: Тема 1. Понятие о физической структуре жидкости и газа, Тема 2. Методы исследования движения жидкости (газа), Тема 3. Анализ напряженно-деформированного состояния крыла под действием аэродинамических нагрузок в САЕ-системе.</p> <p>Раздел 2. Основы теории обтекания тел потенциальным потоком жидкости: Тема 1. Потенциальное течение, Тема 2. Вихревое течение, Тема 3. Уравнение движения идеальной жидкости, Тема 4. Теория обтекание тела.</p> <p>Раздел 3. Малые возмущения и скачки уплотнения в газовом потоке: Тема 1. Основные соотношения газовой динамики, Тема 2. Обтекание углов.</p> <p>Раздел 4. Элементы теории подобия: Тема 1. Подобие потоков, Тема 2. Основы экспериментальной аэродинамики, Тема 3. Градуировка микроманометра.</p> <p>Раздел 5. Основы теории пограничного слоя: Тема 1. Понятие о пограничном слое,</p>

	<p>Тема 2. Смешанный пограничный слой.</p> <p>Раздел 6. Профили крыльев и их аэродинамические характеристики:</p> <p>Тема 1. Характеристики профиля крыла, Тема 2. Характеристики профиля в потоке, Тема 3. Исследование влияния формы крыла в плане на его аэродинамические характеристики, Тема 4. Исследование влияния формы крыла в плане на его аэродинамические характеристики, Тема 5. Исследование движения газовой среды в трубах переменного сечения.</p> <p>Раздел 7. Основы теории крыла конечного размаха:</p> <p>Тема 1. Аэродинамическая модель крыла, Тема 2. Стреловидные крылья, Тема 3. Механизация крыла, Тема 4. Виртуальные аэродинамические трубы.</p> <p>Раздел 8. Воздушные винты:</p> <p>Тема 1. Общие сведения о воздушных винтах, Тема 2. Особенности работы несущего винта вертолёта.</p>
--	---

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Аэродинамика самолетов» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Профессиональные		
ПК-1 Способен к проектированию и конструированию агрегатов авиационной техники	<p>ПК-1.1 Знает особенности проектирования и конструирования агрегатов авиационной техники</p> <p>ПК-1.2 Умеет проводить инженерный анализ и давать сравнительную оценку существующих и перспективных конструктивных решений</p> <p>ПК-1.3 Владеет навыками проектирования конструкций, отвечающих требованиям технологии опытного и серийного производства, на основе результатов расчета характеристик авиационной техники и ее агрегатов</p>	<p>Знать: Законы аэродинамики и методы расчета аэродинамических характеристик летательных аппаратов</p> <p>Уметь: Обработать результаты экспериментальных данных</p> <p>Владеть: Современными компьютерными технологиями виртуального моделирования и инженерного анализа в расчете аэродинамики самолета</p>

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Аэродинамика самолетов» изучается на 3 курсе, 5, 6 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Конструкция самолетов и вертолетов».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Аэродинамика самолетов», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Конструирование деталей и узлов агрегатов самолетов», «Газовые и гидравлические системы летательных аппаратов», «Системы и оборудование самолетов», «Силовые установки летательных аппаратов», «Проектирование самолетов», «Проектирование конструкций и производство изделий из композиционных материалов», «Статистические методы оценки надежности технических систем», «Обеспечение заданного ресурса конструкций самолетов», «Надежность, безопасность и живучесть», «Эксплуатационная технологичность и надежность», «Производственная практика (конструкторская практика), 8 семестр», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Аэродинамика самолетов» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения / выполнения лабораторных работ, практических занятий.

Дисциплина «Аэродинамика самолетов» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний.

4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 8 з.е., 288 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	288
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	128
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	64
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	64 30

Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа, включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	160
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой (2), Курсовая работа	0

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
5 семестр				
Раздел 1. Основные физические свойства жидкостей и газов. Земная атмосфера.				
Тема 1. Понятие о физической структуре жидкости и газа. <i>Плотность, удельный вес, внутреннее трение и вязкость, уравнение состояния идеального газа, основы термодинамики, сжимаемость газов, скорость распространения звука в газе, понятие о стандартной атмосфере.</i>	2	2		6
Тема 2. Методы исследования движения жидкости (газа). <i>Линия тока, трубка тока, элементарная струйка, уравнение неразрывности, теорема Коши-Гельмгольца о разложении скорости жидкого элемента.</i>	2	2		6
Тема 3. Анализ напряженно-деформированного состояния крыла под действием аэродинамических нагрузок в САЕ-системе <i>Разработка модели крыла, задание аэродинамической нагрузки, анализ напряженно-деформированного со-</i>			8*	16

стояния крыла.				
Раздел 2. Основы теории обтекания тел потенциальным потоком жидкости				
Тема 1. Потенциальное течение. <i>Свойства потенциала скорости, плоскопараллельное течение жидкости, функция тока, однородный поступательный поток, источник и сток, пара источник-сток, диполь, наложение однородного потока на диполь.</i>	4	2		6
Тема 2. Вихревое течение. <i>Напряжение вихревого шнура, теорема Гельмгольца, циркуляция скорости и ее связь с потенциалом скоростей, связь элементарной циркуляции с напряжением вихря, теорема Стокса, циркуляционное невихревое движение, формула Био-Савара о вихревом влиянии.</i>	4	2		6
Тема 3. Уравнение движения идеальной жидкости. <i>Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости в форме Громеки, интеграл Бернулли-частное решение уравнений Эйлера-Громеки, пределы применимости уравнения Бернулли для несжимаемой жидкости к газу.</i>	4	2		6
Тема 4. Теория обтекание тела. <i>Бесциркуляционное обтекание кругового цилиндра. Парадокс Даламбера – Эйлера. Циркуляционное обтекание кругового цилиндра. Теорема Жуковского о подъемной силе. Постулат Жуковского - Чаплыгина</i>	4	2		6
Раздел 3. Малые возмущения и скачки уплотнения в газовом потоке				
Тема 1. Основные соотношения газовой динамики. <i>Основные соотношения для одномерных изэнтропических установившихся течений газа, зависимость между площадью поперечного сечения струйки и скоростью газа.</i>	3	2		6
Тема 2. Обтекание углов. <i>Распространение малых возмущений. Основные соотношения для прямого</i>	3	2		6

<i>скачка уплотнения. Косые скачки уплотнения. Ударная поляра.</i>				
Раздел 4. Элементы теории подобия.				
Тема 1. Подобие потоков. <i>Масштабные множители, аэродинамическое моделирование, основные законы подобия, критерии подобия.</i>	3	2		6
Тема 2. Основы экспериментальной аэродинамики. <i>Задачи экспериментальной аэродинамики, аэродинамические трубы.</i>	3	2		6
Тема 3. Градуировка микроманометра. <i>Конструкция микроманометра. Расчет давления по значениям микроманометра</i>			4*	4
ИТОГО по дисциплине за 5 семестр	32	20	12	80
6 семестр				
Раздел 5. Основы теории пограничного слоя.				
Тема 1. Понятие о пограничном слое. <i>Соотношения для течения в пограничном слое, расчет характеристик ламинарного и турбулентного пограничного слоя</i>	4	3		4
Тема 2. Смешанный пограничный слой. <i>Влияние сжимаемости на пограничный слой, соотношение для двумерного пограничного слоя, отрыв течения, управление пограничным слоем.</i>	4	3		4
Раздел 6. Профили крыльев и их аэродинамические характеристики.				
Тема 1. Характеристики профиля крыла. <i>Геометрические характеристики, аэродинамические коэффициенты и качество профиля, поляры профиля.</i>	4	2		16
Тема 2. Характеристики профиля в потоке. <i>Характеристики профиля в дозвуковом потоке, в околосзвуковом и сверхзвуковом потоке.</i>	4	2		4

Тема 3. Исследование влияния формы крыла в плане на его аэродинамические характеристики. <i>Эксперименты в аэродинамических трубах, измерение статического и динамического давления, данные тензочувствительных датчиков, обработка результатов испытаний</i>			4*	8
Тема 4. Исследование влияния формы крыла в плане на его аэродинамические характеристики. <i>Аэродинамические характеристики крыла по распределению давления, диаграммы распределения давления по поверхности исследуемого профиля</i>			4*	8
Тема 5. Исследование движения газовой среды в трубах переменного сечения. <i>Трубка Вентури, скорость потока воздуха</i>			4*	8
Раздел 7. Основы теории крыла конечного размаха.				
Тема 1. Аэродинамическая модель крыла. <i>Характеристики крыла, скос потока у крыла, индуктивное сопротивление крыла</i>	4	1		4
Тема 2. Стреловидные крылья. <i>Понятие о стреловидности крыла. Обтекание стреловидного крыла. Крылья малых удлинений.</i>	4	1		4
Тема 3. Механизация крыла. <i>Срыв потока, расчет максимального коэффициента подъемной силы, механизация крыла.</i>	4	1		4
Тема 4. Виртуальные аэродинамические трубы. <i>Разработка и анализ профилей, разработка и анализ крыльев, поляры профиля, поляры крыла.</i>			6*	8
Раздел 8. Воздушные винты.				
Тема 1. Общие сведения о воздушных винтах. <i>Принцип работы, основные характеристики воздушных винтов, теория</i>	2			4

<i>идеального воздушного винта.</i>				
Тема 2. Особенности работы несущего винта вертолѐта. <i>Влияние кривой обдувки, условия динамического подобия винтов, аэродинамические характеристики.</i>	2	1		4
ИТОГО по дисциплине за 6 семестр	32	14	18	80
ИТОГО по дисциплине	64	34	30	160

* реализуется в форме практической подготовки

6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблицы 4.1, 4.2):

Таблица 4.1 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу
5 семестр

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	60
Выполнение отчета и подготовка к защите лаб.раб.	4
Выполнение отчета и подготовка к защите РГР	16
ИТОГО в 5 семестре	80

Таблица 4.2 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу
6 семестр

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	36
Выполнение отчета и подготовка к защите лаб.раб.	32
Выполнение и подготовка к защите КР	12
ИТОГО в 6 семестре	80

7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

1. Технологическое обеспечение аэродинамических обводов современного самолёта / Под ред. Б.Н.Марьина, В.И.Меркулова, В.Ф.Кузьмина. - М.: Машиностроение, 2001. - 428с.
2. Чепурных, И.В. Динамика полёта самолётов : учебное пособие для вузов / И. В. Чепурных. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 112с.
3. Игнатьева, А. В. Расчет аэродинамических характеристик самолета с механизацией крыла [Электронный ресурс] : учебное пособие / Игнатьева А.В., Чемезов В.Л. - Новосиб.:НГТУ, 2010. - 46 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.
4. Бормотин, К.С. Анализ напряжённо-деформированного состояния в системе MSC.NASTRAN & MSC.PATRAN : учеб. пособие / К. С. Бормотин, А. И. Олейников. - Комсомольск-на-Амуре : Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2009. - 135с.

8.2 Дополнительная литература

1. Динамика полёта : учебник для авиационных спец.вузов / Под ред А.М.Мхитаряна. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1978. - 424с
2. Аэромеханика самолёта: динамика полёта : учебник для авиац.вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 360с.
3. Фролов, В.А. Аэродинамические характеристики профиля и крыла [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Фролов. – Самара, 2007. // БиблиоРоссика: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.bibliorossica.com/catalog.html?ln=ru>, ограниченный. – Загл. с экрана.
4. Саленко, С. Д. Динамика полета. Ч.1. Траектории летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / СаленкоС.Д., ОбуховскийА.Д. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 140 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.
5. Саленко, С. Д. Динамика полета. Ч.2. Устойчивость и управляемость летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / СаленкоС.Д., ОбуховскийА.Д. - Новосиб.: НГТУ, 2015. - 128 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.
6. Белов, С. В. Аэродинамика и динамика полета : учебное пособие / С. В. Белов, А. В. Гордиенко, В. Д. Проскурин. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 110 с. — ISBN 978-5-7410-1200-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/52316.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
7. фон, Карман От аэродинамики малых скоростей к астронавтике / Теодор Карман фон ; перевод Е. В. Богатырева ; под редакцией Б. Я. Бендерского. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 116 с. — ISBN 978-5-4344-0658-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR

- BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91978.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
8. Шиляев, М. И. Аэродинамика и тепломассообмен газодисперсных потоков : учеб. пособие / Шиляев М.И., - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Форум : ИНФРА-М, 2019. - 288 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-91134-976-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1009727>. – Режим доступа: по подписке.
 9. Аэродинамика : учебник / А. Г. Голубев, А. С. Епихин, В. Т. Калугин [и др.] ; под редакцией В. Т. Калугина. — 2-е изд. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2017. — 608 с. — ISBN 978-5-7038-4428-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/94740.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Обучение дисциплине «Аэродинамика самолётов» предполагает изучение курса как на аудиторных занятиях, так и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций, практических работ и лабораторных работ.

8.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины «Аэродинамика самолётов» основывается на активном использовании Microsoft Power Point, Microsoft Office, Patran, Natran, XF5L в процессе изучения теоретических разделов дисциплины, подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам, а также при выполнении курсовой работы. С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно- телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий, лабораторных работ и курсовой работы. Для ознакомления с расчетными методами аэродинамики используется система XF5L.

8.5 Лицензионное программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
University MD FEA Bundle (Natran, Patran)	Лицензионное свидетельство ЕС 4681 от 01.09.2002 г.
XF5L	свободное (Freeware)
OnlyOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: https://www.onlyoffice.com/ru/download-desktop.aspx

9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиболее важному средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
Ауд. 225 3 корпус	Мультимедийный класс	Экран, мультимедиа проектор, персональные компьютеры
Ауд. 112 3 корпус	Лаборатория аэродинамики	Аэродинамическая труба, измерительные приборы, модели тел.

При реализации дисциплины «Аэродинамика самолетов» на базе профильной организации используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Стандартное или специализированное оборудование, обеспечивающее выполнение заданий	Назначение оборудования
Аэродинамическая труба, измерительные приборы, модели тел.	Проведение лабораторных работ

10.2 Технические и электронные средства обучения

Процесс обучения сопровождается использованием компьютерных программ: University MD FEA Bundle, XFLR5, OnlyOffice.

11 Иные сведения

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в раз-

личных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

«Аэродинамика самолетов»

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	5, 6	8

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой (2), Курсовая работа	Кафедра «Авиастроение»

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Профессиональные		
ПК-1 Способен к проектированию и конструированию агрегатов авиационной техники	<p>ПК-1.1 Знает особенности проектирования и конструирования агрегатов авиационной техники</p> <p>ПК-1.2 Умеет проводить инженерный анализ и давать сравнительную оценку существующих и перспективных конструктивных решений</p> <p>ПК-1.3 Владеет навыками проектирования конструкций, отвечающих требованиям технологии опытного и серийного производства, на основе результатов расчета характеристик авиационной техники и ее агрегатов</p>	<p>Знать: Законы аэродинамики и методы расчета аэродинамических характеристик летательных аппаратов</p> <p>Уметь: Обрабатывать результаты экспериментальных данных</p> <p>Владеть: Современными компьютерными технологиями виртуального моделирования и инженерного анализа в расчете аэродинамики самолета</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Раздел 1. Основные физические свойства жидкостей и газов. Земная атмосфера.	ПК-1.2	Практическая работа, РГР	Полнота и правильность выполнения заданий и работ
Раздел 2. Основы теории обтекания тел потенциальным потоком жидкости.	ПК-1.1	Практическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий
Раздел 3. Малые возмущения и скачки уплотнения в газовом потоке	ПК-1.1	Практическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий
Раздел 4. Элементы теории подобия	ПК-1.3	Практическое задание, лабораторная работа	Полнота и правильность выполнения заданий и работ
Раздел 5. Основы теории пограничного слоя	ПК-1.1	Практическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий

Раздел 6. Профили крыльев и их аэродинамические характеристики:	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3	Курсовая работа, лабораторная работа, практическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий и работ
Раздел 7. Основы теории крыла конечного размаха	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3	Лабораторная работа, практическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий и работ
Раздел 8. Воздушные винты	ПК-1.1 ПК-1.3	Практическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий

2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 семестр			
Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»			
Практическая работа	В течение семестра	10 баллов	10 баллов – студент правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы. 7 баллов – студент выполнил практические задания с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов. 3 балла – студент выполнил практические задания с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей. 0 баллов – при выполнении практических заданий студент продемонстриро-

			вал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.
Лабораторная работа	В течение семестра	10	<p>10 баллов – студент правильно выполнил лабораторные работы. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент выполнил лабораторные работы с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла – студент выполнил лабораторные работы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении лабораторных работ студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
РГР	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов – студент правильно выполнил задания. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент выполнил задания с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла – студент выполнил задания с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении заданий студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>

ИТОГО:		30 баллов	
<p>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>			
<p>6 семестр Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</p>			
Практическая работа	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов – студент правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент выполнил практические задания с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла – студент выполнил практические задания с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении практических заданий студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
Лабораторная работа	В течение семестра	10	<p>10 баллов – студент правильно выполнил лабораторные работы. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент выполнил лабораторные работы с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла – студент выполнил лабораторные работы с существенными неточностями.</p>

			<p>стями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении лабораторных работ студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
ИТОГО:		20 баллов	

Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:

0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);
65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);
75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);
85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

6 семестр

Промежуточная аттестация в форме «КР»

По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания

- оценка «отлично» выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научно-го творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.

3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

3.1 Задания для текущего контроля успеваемости

5 семестр

Практические работы

Задание 1. Течение описывается потенциалом скорости $\phi = x^2 - y^2$. Определить составляющие скорости, записать уравнение линий тока. Построить линию тока, не проходящую через начало координат.

Задание 2. Плоские источник и сток равной интенсивности $Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$ расположены на оси x на расстоянии 2 м друг от друга (источник в точке $x = 1$, а сток в точке $x = -1$). Определить скорость в начале координат $O(0,0)$, а также в точках $A(-0,5; 0)$ и $B(0,5; 0)$.

Задание 3. Поле скоростей задано проекциями вектора скорости на оси декартовой системы координат $V_x = axz$, $V_y = ayz$, $V_z = -az^2$, $a = \text{const} > 0$. Найти вихревые линии.

Задание 4. Определить скорость полета самолета, если статическое давление за бортом $p_{\text{ст}} = 61\,656 \text{ Н/м}^2$. Рассматривать воздух как несжимаемый газ.

Расчетно-графическая работа

Данные задания выдаются преподавателем по вариантам.

Задание. (Реализуется в форме практической подготовки) **Анализ напряженно-деформированного состояния крыла под действием аэродинамических нагрузок в САЕ-системе.** Плоское крыло расположено под небольшим углом атаки α относительно равномерного воздушного потока. Крыло подвергается аэродинамической нагрузке: подъему (L) и сопротивлению (D). Распределение подъема, перпендикулярное воздушному потоку, не является постоянным на поверхности. Аэродинамическая нагрузка прикладывается к верхней поверхности крыла. Крыло моделируется оболочечными элементами. Изменение подъема составляет $L(x, y) = l \cdot f_x \cdot f_y$. Изменение сопротивления составляет $D(x, y) = d \cdot f_x \cdot f_y$. Основание крыла ($y = 0$) зафиксировано. Толщина 10 мм. Коэффициент Пуассона 0.3.

Лабораторные работы

Задание 1. (Реализуется в форме практической подготовки) **Градировка микроманометра.** Изучить конструкцию микроманометра и способы обработки экспериментального материала.

6 семестр

Практические работы

Задание 1. Самолет летит на высоте 8 км. Показания насадка полного давления $p_{\text{нас}} = 47,34$ кПа. Внешние условия стандартные. Определить скорость V и число Маха полета, относительную погрешность определения V и M без учета сжимаемости.

Задание 2. Температура воздуха в форкамере сверхзвуковой трубы $T = 288$ К. Поток на срезе сопла трубы имеет скорость $V_1 = 530$ м/с и обтекает тело с образованием прямого скачка. Найти скорость после скачка.

Задание 3. Тонкая пластина с хордой 0,5 м и шириной 2 м обтекается воздухом со скоростью $V_{\infty} = 40$ м/с при $\alpha = 0$ и нормальных атмосферных условиях, $Re_k = 4,85 \cdot 10^5$. Определить толщину ламинарного пограничного слоя перед точкой перехода; положение точки перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный; коэффициент трения пластины и силу лобового сопротивления.

Задание 4. Определить коэффициент подъемной силы несущего винта вертолета весом $G = 225000$ Н, который «завис» на высоте 500 м, если диаметр винта $D = 8$ м, а частота вращения $n = 240$ об/мин.

Лабораторные работы

Задание 1. (Реализуется в форме практической подготовки) **Исследование влияния угла атаки крыла на его аэродинамические характеристики.** Исследовать аэродинамические характеристики крыла весовым методом и провести анализ влияния угла атаки крыла на его аэродинамические характеристики на дозвуковых скоростях

Задание 2. (Реализуется в форме практической подготовки) **Исследование влияния формы крыла в плане на его аэродинамические характеристики.** Определить аэродинамические характеристики крыла по распределению давления и построить диаграммы распределения давления по поверхности исследуемого профиля.

Задание 3. (Реализуется в форме практической подготовки) **Исследование движения газовой среды в трубах переменного сечения.** Изучить закономерности изменения давления при движении сплошной среды в канале переменного сечения на примере движения воздуха в трубке Вентури.

Задание 4. (Реализуется в форме практической подготовки) **Виртуальные аэродинамические трубы.** В программе XFLR5 построить профиль крыла, вычислить поляры профиля, построить крыло, вычислить поляры крыла типа 1,2. Оценить отличие поляр при изменении расположения центр тяжести в 50 мм и 75 мм.

3.2. Задания для промежуточной аттестации

Курсовая работа

Данные работы выдаются преподавателем по вариантам. Курсовая работа реализуется в форме практической подготовки.

Задание. Провести расчет аэродинамических характеристик самолета: определить максимальное качество, наивыгоднейший угол атаки, максимальный коэффициент аэродинамической силы. Известно, что $C_{ya}^{\alpha} = 5$, крыло с симметричным профилем, коэффициент индуктивного сопротивления $A = 0.22$, коэффициент лобового сопротивления $C_{xa} = 0.017$ при коэффициенте подъемной силы $C_{ya} = 0$, критический угол атаки $\alpha_{кр} = 20^{\circ}$.

