

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»

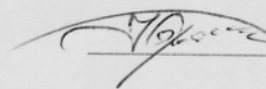
Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Самолетостроение
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	5	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

Разработчик рабочей программы:

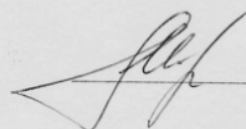
Профессор, Доцент, Доктор физико-математических наук



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 ВО, утвержденный приказом Минобрнауки России от 04.08.2020 №877, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Самолетостроение» 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: С Руководство проектно-конструкторскими работами по разработке авиационной техники. НЗ-3 Основы аэроупругости, НЗ-7 Аэродинамика и газодинамика.

Профессиональный стандарт 32.004 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЧНОСТНЫМ РАСЧЕТАМ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ». Обобщенная трудовая функция: D Руководство проектно-расчетными работами по прочности авиационных конструкций.

ТД-2 Анализ результатов расчетов и экспериментов для определения допустимых режимов эксплуатации, НЗ-15 Основы аэродинамики, НУ-3 Выполнять расчеты на прочность методом конечного элемента по готовым расчетным моделям с применением специализированных программных комплексов, НУ-4 Проводить расчеты на прочность конструкций с учетом геометрической нелинейности элементов, температурного воздействия, пластичности материалов коррозионного поражения.

Задачи дисциплины	<p>Формирование у студентов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знаний законов аэродинамики и методов расчета аэродинамических характеристик летательных аппаратов;</li> <li>- понятий принципов действия и устройства приборов для проведения экспериментальных исследований летательных аппаратов;</li> <li>- знаний теории подобия для обработки результатов исследований;</li> <li>- умений производить измерения основных аэродинамических характеристик летательных аппаратов;</li> <li>- приобретения умений по расчету аэродинамических характеристик самолета.</li> </ul>
Основные разделы / темы дисциплины	<p><b>Раздел 1. Основные физические свойства жидкостей и газов. Земная атмосфера:</b>          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><b>Раздел 2. Основы теории обтекания тел потенциальным потоком жидкости:</b>          Тема 1. Потенциальное течение,          Тема 2. Вихревое течение,          Тема 3. Уравнение движения идеальной жидкости,          Тема 4. Теория обтекание тела</p> <p><b>Раздел 3. Малые возмущения и скачки уплотнения в газовом потоке:</b>          Тема 1. Основные соотношения газовой динамики,</p>

	<p>Тема 2. Обтекание углов</p> <p><b>Раздел 4. Элементы теории подобия:</b></p> <p>Тема 1. Подобие потоков,</p> <p>Тема 2. Основы экспериментальной аэродинамики,</p> <p>Тема 3. Градуировка микроманометра</p> <p><b>Раздел 5. Основы теории пограничного слоя:</b></p> <p>Тема 1. Понятие о пограничном слое,</p> <p>Тема 2. Смешанный пограничный слой</p> <p><b>Раздел 6. Профили крыльев и их аэродинамические характеристики:</b></p> <p>Тема 1. Характеристики профиля крыла,</p> <p>Тема 2. Характеристики профиля в потоке,</p> <p>Тема 3. Исследование влияния формы крыла в плане на его аэродинамические характеристики,</p> <p>Тема 4. Исследование влияния формы крыла в плане на его аэродинамические характеристики,</p> <p>Тема 5. Исследование движения газовой среды в трубах переменного сечения</p> <p><b>Раздел 7. Основы теории крыла конечного размаха:</b></p> <p>Тема 1. Аэродинамическая модель крыла,</p> <p>Тема 2. Стреловидные крылья,</p> <p>Тема 3. Механизация крыла,</p> <p>Тема 4. Виртуальные аэродинамические трубы</p> <p><b>Раздел 8. Воздушные винты:</b></p> <p>Тема 1. Общие сведения о воздушных винтах,</p> <p>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
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1 Способен разрабатывать проекты и конструкции агрегатов и узлов летательных аппаратов	<p>ПК-1.1 Знает особенности проектирования и конструирования агрегатов летательных аппаратов военного и гражданского назначения</p> <p>ПК-1.2 Умеет проводить инженерный анализ и давать сравнительную оценку существующих и перспективных решений</p> <p>ПК-1.3 Владеет навыками,</p>	<p><b>Знать:</b> Законы аэродинамики и методы расчета аэродинамических характеристик летательных аппаратов</p> <p><b>Уметь:</b> Обрабатывать результаты экспериментальных данных</p> <p><b>Владеть:</b> Современными компьютерными технологиями виртуального моделирования и инженерного анализа расчете аэродинамики</p>

	обеспечивающими аргументированную защиту разработанных конструкций	самолета
--	--	----------

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Аэродинамика самолетов» изучается на 3 курсе, 5 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», «Метрология, стандартизация и сертификация».

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», «Б1.В.ДВ.02.01 Статистические методы оценки надежности технических систем», «Б1.В.ДВ.02.02 Обеспечение заданного ресурса конструкций самолетов», «Б1.В.ДВ.03.01 Надежность, безопасность и живучесть», «Б1.В.ДВ.03.02 Эксплуатационная технологичность и надежность», «Производственная практика (конструкторская практика)», «Производственная практика (преддипломная практика)», «Динамика полета самолетов», «Механика разрушения», «Проектирование конструкций из композиционных материалов», «Применение пакетов прикладных программ в механике конструкций», «Управление качеством», «Прочность авиационных конструкций», «Производственная практика (конструкторская практика)», «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика), 11 семестр», «Производственная практика (преддипломная практика)».

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

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, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

### 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 4 з.е., 144 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	144

<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	64
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	32 0
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	32 24
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	80
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	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)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Раздел 1. Основные физические свойства жидкостей и газов. Земная атмосфера.</b>				
<b>Тема 1. Понятие о физической структуре жидкости и газа.</b> <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>	1	1		2
<b>Тема 2. Методы исследования движения жидкости (газа).</b> <i>Линия тока, трубка тока, элементарная струйка, уравнение неразрывности, теорема Коши-Гельмгольца о</i>	2	1		2

<i>разложении скорости жидкого элемента.</i>				
<b>Тема 3. Анализ напряженно-деформированного состояния крыла под действием аэродинамических нагрузок в САЕ-системе</b> <i>Разработка модели крыла, задание аэродинамической нагрузки, анализ напряженно-деформированного состояния крыла.</i>			5*	6
<b>Раздел 2. Основы теории обтекания тел потенциальным потоком жидкости</b>				
<b>Тема 1. Потенциальное течение.</b> <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>	2	1		2
<b>Тема 2. Вихревое течение.</b> <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>	2	1		2
<b>Тема 3. Уравнение движения идеальной жидкости.</b> <i>Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости в форме Громеки, интеграл Бернулли-частное решение уравнений Эйлера-Громеки, пределы применимости уравнения Бернулли для не-сжимаемой жидкости к газу.</i>	2	0.5		2
<b>Тема 4. Теория обтекание тела.</b> <i>Бесциркуляционное обтекание кругового цилиндра. Парадокс Даламбера – Эйлера. Циркуляционное обтекание кругового цилиндра. Теорема Жуковского о подъемной силе. Постулат Жуковского - Чаплыгина</i>	2	0.5		2
<b>Раздел 3. Малые возмущения и скачки уплотнения в газовом потоке</b>				
<b>Тема 1. Основные соотношения га-</b>	2	0.5		2

<b>звой динамики.</b> <i>Основные соотношения для одномерных изэнтропических установившихся течений газа, зависимость между площадью поперечного сечения струйки и скоростью газа.</i>				
<b>Тема 2. Обтекание углов.</b> <i>Распространение малых возмущений. Основные соотношения для прямого скачка уплотнения. Косые скачки уплотнения. Ударная поляра.</i>	2	0.5		2
<b>Раздел 4. Элементы теории подобия.</b>				
<b>Тема 1. Подобие потоков.</b> <i>Масштабные множители, аэродинамическое моделирование, основные законы подобия, критерии подобия.</i>	2	0.5		2
<b>Тема 2. Основы экспериментальной аэродинамики.</b> <i>Задачи экспериментальной аэродинамики, аэродинамические трубы.</i>	2	0.5		2
<b>Тема 3. Градуировка микроманометра.</b> <i>Конструкция микроманометра. Расчет давления по значениям микроманометра</i>			2*	3
<b>Раздел 5. Основы теории пограничного слоя.</b>				
<b>Тема 1. Понятие о пограничном слое.</b> <i>Соотношения для течения в пограничном слое, расчет характеристик ламинарного и турбулентного пограничного слоя</i>	2	0.5		2
<b>Тема 2. Смешанный пограничный слой.</b> <i>Влияние сжимаемости на пограничный слой, соотношение для двумерного пограничного слоя, отрыв течения, управление пограничным слоем.</i>	2	0.5		2
<b>Раздел 6. Профили крыльев и их аэродинамические характеристики.</b>				
<b>Тема 1. Характеристики профиля крыла.</b> <i>Геометрические характеристики, аэродинамические коэффициенты и качество профиля, поляры профиля.</i>	2			13



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

<b>Раздел 8. Воздушные винты.</b>				
<b>Тема 1. Общие сведения о воздушных винтах.</b> <i>Принцип работы, основные характеристики воздушных винтов, теория идеального воздушного винта.</i>	1			1
<b>Тема 2. Особенности работы несущего винта вертолёта.</b> <i>Влияние косой обдувки, условия динамического подобия винтов, аэродинамические характеристики.</i>	1			1
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	32	8	24	80

\* 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 (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Изучение теоретических разделов дисциплины	35
Выполнение отчета и подготовка к защите лаб. раб.	33
Выполнение отчета и подготовка к защите РГР	12
Итого	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. Игнатъева, А. В. Расчет аэродинамических характеристик самолета с механизацией крыла [Электронный ресурс] : учебное пособие / Игнатъева А.В., Чемезов В.Л. - Новосибир.: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. - Новосибир.: 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. - Новосибир.: 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. Шилаев, М. И. Аэродинамика и тепломассообмен газодисперсных потоков : учеб. пособие / Шилаев 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, XFLR5 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 XFLR5.

#### **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.
XFLR5	свободное (Freeware)
OnlyOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.onlyoffice.com/ru/download-desktop.aspx">https://www.onlyoffice.com/ru/download-desktop.aspx</a>

### **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом иписанием 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 широ-

кого 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 наиважнейшему 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 производятся с учетом предоставления материала в различных 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	Самолетостроение
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	5	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	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
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1 Способен разрабатывать проекты и конструкции агрегатов и узлов летательных аппаратов	<p>ПК-1.1 Знает особенности проектирования и конструирования агрегатов летательных аппаратов военного и гражданского назначения</p> <p>ПК-1.2 Умеет проводить инженерный анализ и давать сравнительную оценку существующих и перспективных решений</p> <p>ПК-1.3 Владеет навыками, обеспечивающими аргументированную защиту разработанных конструкций</p>	<p><b>Знать:</b> Законы аэродинамики и методы расчета аэродинамических характеристик летательных аппаратов</p> <p><b>Уметь:</b> Обрабатывать результаты экспериментальных данных</p> <p><b>Владеть:</b> Современными компьютерными технологиями виртуального моделирования и инженерного анализа расчете аэродинамики самолета</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

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

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

<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<b>5 семестр</b>			
<b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b>			
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>

<b>ИТОГО:</b>		30 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  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>			

### **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**

##### **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 исток 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.

**Задание 5.** Самолет летит на высоте 8 км. Показания насадка полного давления  $p_{\text{нас}} = 47,34 \text{ кПа}$ . Внешние условия стандартные. Определить скорость  $V$  и число Маха полета, относительную погрешность определения  $V$  и  $M$  без учета сжимаемости.

**Задание 6.** Температура воздуха в форкамере сверхзвуковой трубы  $T = 288 \text{ К}$ . Поток на срезе сопла трубы имеет скорость  $V_1 = 530 \text{ м/с}$  и обтекает тело с образованием прямого скачка. Найти скорость после скачка.

**Задание 7.** Тонкая пластина с хордой 0,5 м и шириной 2 м обтекается воздухом со скоростью  $V_{\infty} = 40 \text{ м/с}$  при  $\alpha = 0$  и нормальных атмосферных условиях,  $Re_{\kappa} = 4,85 \cdot 10^5$ . Определить толщину ламинарного пограничного слоя перед точкой перехода; положение точки перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный; коэффициент трения пластины и силу лобового сопротивления.

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

##### **Лабораторные работы**

Данные лабораторных работ выдаются преподавателем по вариантам.

**Задание 1.** (Реализуется в форме практической подготовки) **Анализ напряженно-деформированного состояния крыла под действием аэродинамических нагрузок в САЕ-системе.** Плоское крыло расположено под небольшим углом атаки  $\alpha$  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.

**Задание 2.** (Реализуется в форме практической подготовки) **Градуировка микроманометра.** Изучить конструкцию микроманометра и способы обработки экспериментального материала.

**Задание 3.** (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 4.** (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 5.** (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 6.** (Реализуется в форме практической подготовки) **Виртуальные аэродинамические трубы.** В программе XFLR5 построить профиль крыла, вычислить полярные профили, построить крыло, вычислить полярные профили крыла типа 1,2. Оценить отличие поляр при изменении расположения центра тяжести в 50 мм и 75 мм.

### 3.2. Задания для промежуточной аттестации

#### Расчетно-графическая работа

Данные работы выдаются преподавателем по вариантам.

**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  $\alpha_{кр} = 20^\circ$ .

