

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

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ЦДО

А.С. Голик

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Аэродинамика»

Программа профессиональной переподготовки	24.11.52 «Самолетостроение»
Обеспечивающее подразделение	Кафедра «Авиастроение»

Комсомольск-на-Амуре 2024

Разработчик рабочей программы:

Заведующий кафедрой, доцент, доктор
технических наук

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

С.Б. Марьин

(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой АС

(наименование кафедры)

(подпись)

С.Б. Марьин

(ФИО)

1 Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Аэродинамика» составлена в соответствии с содержанием дополнительной образовательной программы – программы профессиональной переподготовки 24.11.52 «Самолетостроение».

Цель дисциплины	Теоретическая и практическая подготовка в области законов движения воздуха, законов взаимодействия между воздушной средой и движущимся в ней твердым телом
Основные разделы / темы дисциплины	1. Основные физические свойства жидкостей и газов. Земная атмосфера. 2. Основы теории обтекания тел потенциальным потоком жидкости 3. Малые возмущения и скачки уплотнения в газовом потоке 4. Элементы теории подобия 5. Профили крыльев и их аэродинамические характеристики 6. Основы теории крыла конечного размаха

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Аэродинамика» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с дополнительной образовательной программой – программой профессиональной переподготовки:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает теоретические основы естественнонаучных и инженерных дисциплин. ПК-1.2 Умеет применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности. ПК-1.3 Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	Знать: законы аэродинамики и методы расчета аэродинамических характеристик летательных аппаратов Уметь: выполнять расчет аэродинамических характеристик самолёта Владеть: базовой терминологией и понятиями в области аэродинамики самолета

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

Всего часов	Ауд	Лекц.	Практич.	Самост. работа
34	18	12	6	16

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СР
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
«Практическая аэродинамика и ее место в учебном процессе. Аэродинамика малых и больших сверхзвуковых скоростей. Принцип обращения движения»	2			2
Понятие о физической структуре газа; гипотеза сплошности среды; внутреннее трение и вязкость; понятие идеальный газ; параметры газа; уравнение состояния газа; функции состояния газа; сжимаемость газов; скорость распространения звука в газе; теплопроводность; понятие о стандартной атмосфере»	2			3
«Распространение малых возмущений; обтекание тупого внутреннего угла плоскопараллельным сверхзвуковым потоком; основные соотношения для прямого скачка уплотнения; давление в критической точке за прямым скачком; косые скачки уплотнения; связь между положением фронта косого скачка и углом поворота сверхзвукового потока; ударная поляра и ее применение к решению задач; изменение давления при отклонении сверхзвукового потока на малые углы»	2	2		2
«Понятие о пограничном слое; ламинарный и турбулентный режимы течения; интегральное соотношение для установившегося течения в пограничном слое несжимаемой жидкости и его применение для расчета характеристик ламинарного и турбулентного пограничного слоя плоской пластины; определение сопротивления плоской пластины; отрыв течения в пограничном	2			3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СР
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
слое; управление пограничным слоем»				
«Аэродинамические силы и момент профиля, и их коэффициенты в дозвуковом потоке; влияние сжимаемости на аэродинамические характеристики профиля; понятие о критическом числе $M_{кр}$; влияние угла атаки и формы профиля на $M_{кр}$ и структуру течения около профиля; распределение давления по профилю при наличии скачков уплотнения и расчет волнового сопротивления профиля»	2	2		3
Аэродинамическая модель крыла конечного размаха; приближенный расчет индуктивного сопротивления; понятие о стреловидности крыла и ее эффекте»	2	2		3

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

Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обсуждаются и утверждаются на заседании кафедры. Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) хранится на кафедре-разработчике в бумажном или электронном виде, также фонды оценочных средств доступны студентам в личном кабинете – раздел учебно-методическое обеспечение.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

5.1 Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. 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.

2. Технологическое обеспечение аэродинамических обводов современного самолёта / Под ред. Б.Н.Марьина, В.И.Меркулова, В.Ф.Кузьмина. - М.: Машиностроение, 2001. - 428с.

Дополнительная литература

1. 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.

5.2 Методические указания

При освоении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

Методические указания при работе над конспектом лекции

Лекция предполагает изложение ключевых положений темы, постановку вопросов и организацию мини-дискуссий. Для эффективного усвоения материала лекции студенту предлагается конспектирование основных положений. Конспектирование осуществляется в свободной форме, в технике, наиболее удобной студенту.

Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Практические занятия предполагают обсуждение вопросов по тематике занятия, а также выполнение практических заданий, проходят в учебной аудитории. Практические задания студенты получают непосредственно на занятии. Задания выполняются индивидуально.

Методические указания по выполнению тестовых заданий

Тестовые задания позволяют выяснить прочность и глубину усвоения материала по дисциплине, а также повторить и систематизировать свои знания. Выполнять тестовые задания рекомендуется после изучения всего объема теоретического материала по дисциплине, на последней неделе обучения в семестре. Обучающийся получает тестовые задания на бумажном носителе. Прежде чем выбрать ответ необходимо внимательно ознакомиться с представленным вопросом. Правильный ответ обучающийся должен отметить каким-либо значком.

Методические указания по выполнению

Промежуточная аттестация по дисциплине предусмотрена в форме экзамена.

Контрольные вопросы к экзамену по дисциплине «Аэродинамика»

1. Понятие о физической структуре жидкости и газа, идеальный и реальный газ, параметры газа
2. Внутреннее трение и вязкость газа, пограничный слой
3. Уравнение состояния идеального газа
4. Понятие обратимый и необратимый процессы в газах. Адиабатический процесс
5. Понятие внутренняя энергия газа
6. Понятие теплоемкость и теплосодержание
7. Понятие энтропия и ее изменение
8. Понятие скорость звука, сжимаемость газов
9. Строение атмосферы, стандартная атмосфера
10. Объясните методы исследования жидкости по Эйлеру и Лагранжу
11. Понятие линия тока, трубка тока, уравнение линии тока
12. Вывод уравнения неразрывности для потока жидкости, его физический смысл
13. Вывод уравнения неразрывности для элементарной струйки
14. Физический смысл теоремы Коши-Гельмгольца о разложении жидкого элемента
15. Объясните физические свойства потенциального течения

16. Понятие функция тока и потенциал скорости их свойства
17. Понятие эквипотенциальные поверхности, их свойства
18. Гидродинамическая сетка ее свойства
19. Понятие однородный поступательный поток, источник, сток
20. Понятие диполь, физический смысл «наложение» однородного потока на диполь
21. Понятие вихревое движение
22. Определения: вихревая линия, трубка, шнур; уравнение вихревой линии
23. Понятие напряжение вихря
24. Понятие циркуляция скорости и ее связь с напряжением вихря
25. Физический смысл формулы Био-Савара
26. Вывод уравнения движения идеальной жидкости; объяснить физический смысл его отдельных членов
27. Напишите уравнение Бернулли для сжимаемого и несжимаемого газа и объясните физический смысл его отдельных членов
28. Объясните физический смысл парадокса Даламбера-Эйлера
29. Понятие коэффициент давления, для каких целей им пользуются?
30. Пределы применимости уравнения Бернулли для несжимаемой жидкости к газу
31. Отличие циркуляционного обтекания цилиндра от бесциркуляционного обтекания
32. Физический смысл теоремы Жуковского о подъемной силе
33. Смысл и значение постулата Жуковского-Чаплыгина для определения подъемной силы на профиле
34. Чем объяснить более быстрое возрастание числа M по сравнению с коэффициентом λ при возрастании скорости потока V ?
35. Какие параметры характеризуют полную энергию потока?
36. Объясните явление увеличения скорости сверхзвукового потока в расширяющемся сопле?
37. Объясните явление возникновения скачка уплотнения при обтекании тела сверхзвуковым потоком
38. Напишите основные соотношения для прямого скачка уплотнения
39. Написать основные соотношения для косоугольного скачка уплотнения
40. Как связана форма головного скачка уплотнения и его положение с формой головной части тела (качественно)
41. В чем отличие обычного адиабатического процесса сжатия от процесса сжатия на скачке?
42. Ударная поляра и ее применение в решении задач аэродинамики
43. Назовите основные критерии подобия и объясните влияние, каких параметров они отображают
44. Как достигнуть одновременного подобия по числам M и Re ?
45. Каким образом производят пересчет модельных данных на натуру?
46. Ламинарный и турбулентный пограничные слои, причины образования их; объяснить явление перехода из одного слоя в другой
47. Уравнение импульсов, физический смысл его членов
48. Методика расчета коэффициента трения с использованием уравнения импульсов
49. Объясните явление отрыва пограничного слоя и возможность им управлять
50. Напишите аэродинамические коэффициенты в скоростной системе координат, если известны эти коэффициенты в связанной системе координат
51. Дать определение «центр давления» и аэродинамического фокуса профиля
52. Какое влияние оказывает сжимаемость воздуха на аэродинамические коэффициенты?
53. Что такое критическое число Маха, и какие факторы влияют на его величину?
54. Местные скачки уплотнения, причины их возникновения

55. Какое влияние оказывает увеличение числа M на аэродинамические коэффициенты c_{ya} и c_{xa} профилей (объяснение сопроводить физической картиной происходящего)
56. Волновое сопротивление. Факторы, влияющие на величину волнового сопротивления при $M < 1$
57. Индуктивное сопротивление, вывод формулы для определения коэффициента индуктивного сопротивления крыла при дозвуковых скоростях полета
58. Напишите формулы для определения коэффициентов c_{ya} и c_{xa} пластины, обтекаемой сверхзвуковым потоком под углом атаки α
59. Напишите формулу для определения коэффициента c_{xa} тонкого профиля, обтекаемого сверхзвуковым потоком под малым углом атаки.
60. Чем различаются картины распределения давления по поверхности профиля в дозвуковом и сверхзвуковом потоках?
61. Какие преимущества имеют симметричные профили при сверхзвуковых скоростях? Как влияет толщина профиля на величину волнового сопротивления при сверхзвуковых скоростях?
62. Влияние формы крыла в плане на характер его обтекания сверхзвуковым потоком.
63. Объясните, в каких случаях при обтекании крыла сверхзвуковым потоком может возникнуть подсосывающая сила.
64. Как изменяются аэродинамические коэффициенты c_{ya} и c_{xa} крыла при увеличении числа M ?
65. Как изменяется индуктивное сопротивление крыла при переходе от околозвуковых к сверхзвуковым скоростям?
66. Объясните необходимость применения геометрической крутки лопасти воздушного винта.
67. Почему КПД воздушного винта даже в невязкой среде всегда меньше единицы? Каким образом можно увеличить КПД при этих условиях?
68. При каких условиях можно получить отрицательную тягу, если направление и скорость вращения сохраняются неизменными, а угол установки лопасти не отрицателен?
69. Как будет изменяться угол установки и угол атаки лопасти в процессе разгона самолета при постоянной скорости вращения воздушного винта?
70. Объясните причины трехшарнирного крепления лопастей несущего винта вертолета
71. Какие условия работы вертолета учитываются характеристикой режима работы винта μ ?
72. Какие критерии подобия вертолетных винтов используются при моделировании?

6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Каждому обучающемуся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, с которыми у университета заключен договор.

Перечень рекомендуемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем представлен на сайте университета.

Актуальная информация по заключенным на текущий учебный год договорам приведена на странице Научно-технической библиотеки (НТБ) на сайте университета

<https://knastu.ru/page/3244>

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

Название сайта	Электронный адрес
Электронные информационные ресурсы издательства Springer Springer Journals	https://link.springer.com
Политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных Web of Science	http://apps.webofknowledge.com
База данных международных индексов научного цитирования Scopus	https://www.scopus.com
Электронная платформа для доступа к регулярно обновляемым базам данных по материаловедению издательства Springer	https://materials.springer.com
Сетевая электронная библиотека (СЭБ) технических вузов на платформе ЭБС "Лань" (Ссылка на издания по авиационной и ракетно-космической технике)	https://e.lanbook.com/books/18167
Издания Самарского государственного университета.	http://repo.ssau.ru/handle/01-Uchebnye-materialy/79?subject_page=1

7 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.

7.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании дисциплины 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.