

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**имени Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

---

Образовательно-научный институт транспортных систем (ИТС)

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор ИТС

\_\_\_\_\_ А.В. Тумасов

"20" июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.24 «Аэродинамика»**

для подготовки специалистов

Направление подготовки: 24.05.07 "Самолето- и вертолетостроение"  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: "Самолетостроение"  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная  
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: КиАТ  
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: АГДПМиСМ  
(аббревиатура кафедры)

Объем дисциплины: 288/8  
(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация: Экзамен, экзамен  
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Разработчик: Ковалев А.Н., к.т.н., доцент  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2023 год

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 04 августа 2020 года № 877 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ протокол от 18.05.2023 г. № 21.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «АГДПМиСМ» протокол от 24 марта 2023 г. № 6.

Зав. кафедрой к.т.н. Кикеев В.А.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИТС, Протокол от 20.06.2023 г. № 9.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Начальник МО \_\_\_\_\_ Н.Р. Булгакова

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_  
(подпись) Н.И. Кабанина

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ . . . . .	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ . . . . .	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ . . . . .	5
4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП . . . . .	6
5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ . . . . .	7
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ . . . . .	13
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ . . . . .	19
8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ . . . . .	20
9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ . . . . .	21
10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ . . . . .	22
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ . . . . .	23
12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ . . . . .	25

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1. Целями освоения дисциплины “Аэродинамика” являются

- обеспечить базовую подготовку студентов в области аэродинамики;
- способствовать формированию научного мировоззрения на основе углубленных знаний о механическом движении сред и тел;
- привить и развить элементы научной и инженерной культуры.

1.2. Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление студентов с основными подходами к исследованию механических явлений в жидкости и газе;
- развитие у них навыков инженерных аэромеханических расчетов;
- формирование знаний и умений, позволяющих самостоятельно изучать любой новый вопрос механики жидкости и газа, встречающийся в инженерной практике.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина (модуль) Б1.Б.24 "Аэродинамика" включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 24.05.07.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина "Аэродинамика" являются: “Математика”, “Физика” и “Теоретическая механика”. Обучаемый должен знать основные методы дифференциального и интегрального исчисления, векторный анализ, законы механики и термодинамики.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин “Динамика полета самолета”, “Проектирование самолетов” и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины "Аэродинамика" для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины "Аэродинамика" у обучающегося частично формируется компетенция ОПК-1, полное формирование которой последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

Таблица 1. Формирование компетенции ОПК-1

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Начертательная геометрия											
Основы физических явлений и процессов											
Математика											
Химия											
Физика											
Теоретическая механика											
Инженерная графика											
Материаловедение											
Электротехника и электроника											
Сопротивление материалов											
Теория вероятностей и математическая статистика											
Аэродинамика											
Теория механизмов и машин											
Термодинамика и теплопередача											
Детали механизмов и машин											
Гидравлика и гидравлические машины											
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы											

#### 4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Обще-профессиональная компетенция ОПК-1 формируется с приобретением знаний, умений и навыков, сформулированных в дескрипторах достижения этой компетенции, и с которыми обучающийся готов выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения той же компетенции (таблица 2).

Таблица 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (дескрипторы)			Оценочные материалы	
		Знать	Уметь	Владеть	Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности	ИОПК-1.1 Использует теорию и основные законы в области естественнонаучных и общетехнических дисциплин	основные законы аэродинамики; подходы аэродинамического проектирования самолетов различного целевого назначения	использовать передовой опыт авиастроения в области проведения проектных расчетов аэродинамики проектируемых самолетов	базой знаний, необходимой для аэродинамического проектирования самолетов различного целевого назначения	Расчетно-графические задания, лабораторные работы и отчеты по ним	Экзаменационные вопросы и задачи, курсовая работа

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (з.е.) / 288 часов; распределение часов по видам работ в семестрах представлено в таблице 3.

Таблица 3. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час.		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		4 сем.	5 сем.
Формат изучения дисциплины	С использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	288	144	144
1. Контактная работа:	124	73	51
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	113	68	45
занятия лекционного типа (Л)	49	34	15
практические занятия (ПЗ)	49	34	15
лабораторные работы (ЛР)	15	—	15
1.2. Внеаудиторная работа, в том числе:	11	5	6
курсовая работа (КР)	1	—	1
текущий контроль, консультации по дисциплине	6	3	3
контактная работа на промежуточной аттестации (КРА)	4	2	2
2. Самостоятельная работа студента (СРС)	65	26	39
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	15	15	—
курсовая работа (КР) (подготовка)	14	—	14
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям и т.д.)	58	18	40
Подготовка к экзамену	99	45	54

## 5.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тематический план освоения дисциплины по видам учебной деятельности приведен в таблице 4. Здесь указано структурное распределение объемов (в часах) разделов и тем дисциплины по видам учебной работы, аудиторных и внеаудиторных занятий, самостоятельной работы студента и периодического (текущего) контроля.

Таблица 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения и индикаторы до- стижения компетен- ций	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы, ч.				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов				
		Лекции	Лабораторные ра- боты	Практические занятия					
4 семестр									
ОПК-1: ИОПК-1.1	Раздел 1. Вводные сведения								
	Тема 1.1. Предмет аэродинамики, ее структура и методы.	1			0,5	Проработка лекции; 1.5 ("Введение"), 1.3 ("Введение")	Лекция		
	Тема 1.2. Модели жидкости и газа. Силы, действующие в жидкости. Вязкость.	1			0,5	Проработка лекции; 1.5 (гл. 1), 1.3 ("Введе- ние")	Лекция		
	Раздел 2. Гидроаэростатика								
	Тема 2.1. Напряженное состояние покоящейся жидкости.	0,5			0,5	Проработка лекции; 1.5 (гл. 1), 1.3 (гл. 2)	Лекция		
	Практическое занятие № 1. Давление в покоящейся жидкости			4	0,5	Изучение методов рас- чета по данной теме; 3.1 (раздел 1)	Разбор методик рас- чета и конкретных ситуаций		
	Тема 2.2. Силы давления жидкости на стенки	0,5			0,5	Проработка лекции; 1.5 (гл. 1)	Лекция		



Практическое занятие № 2. Силы давления покоящейся жидкости на стенки			4	0,5	Изучение методов расчета по данной теме; 3.1 (раздел 2)	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
Самостоятельная работа студента:				6				
самоподготовка				3				
расчётно-графическая работа				3	Выполнение расчетов 3.1 (разделы 1 и 2)			
Раздел 3. Основы кинематики								
Тема 3.1. Скорость и ускорение жидкой частицы	1			0,5	Проработка лекции; 1.5 (гл. 3), 1.3 (гл. 1)	Лекция		
Тема 3.2. Поле скорости в жидкости	2			0,5	Проработка лекции; 1.5 (гл. 3), 1.3 (гл. 1)	Лекция		
Практическое занятие № 3. Поле скорости в жидкости и его характеристики			3	0,5	Изучение методов расчета по данной теме; 3.1 (раздел 3)	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
Тема 3.3. Вихревые течения жидкости	1			0,5	Проработка лекции; 1.5 (гл. 3), 1.3 (гл. 1)	Лекция		
Практическое занятие № 4. Вихревые течения жидкости			2	1	Изучение методов расчета по данной теме; 3.1 (раздел 3)	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
Тема 3.4. Потенциальные течения жидкости	4			1	Проработка лекции; 1.5 (гл. 3), 1.3 (гл. 1)	Лекция		
Практическое занятие № 5. Потенциальные течения жидкости			2	1	Изучение методов расчета по данной теме; 3.1 (раздел 3)	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
Самостоятельная работа студента:				8				
самоподготовка				5				
расчётно-графическая работа				3	Выполнение расчетов 3.1 (раздел 3)			
Раздел 4. Динамика невязкой жидкости								
Тема 4.1. Уравнение неразрывности	1			0,5	Проработка лекции; 1.5 (гл. 4), 1.3 (гл. 2)	Лекция		
Тема 4.2. Уравнение Эйлера и его интегрирование	1			1	Проработка лекции; 1.5 (гл. 4), 1.3 (гл. 2, 3)	Лекция		

	Практическое занятие № 6. Интеграл Эйлера и интеграл Бернулли			2	0,5	Изучение методов расчета по данной теме; 3.1 (раздел 4)	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
	Тема 4.3. Гидродинамические реакции.	4			1	Проработка лекции; 1.5 (гл. 4), 1.3 (гл. 5)	Лекция		
	Самостоятельная работа студента:				6				
	самоподготовка				3				
	расчётно-графическая работа				3	Выполнение расчетов 3.1 (раздел 4)			
	Раздел 5. Динамика вязкой жидкости								
	Тема 5.1. Уравнение Навье-Стокса. Уравнение Рейнольдса	3			0,5	Проработка лекции; 1.3 (гл. 8)	Лекция		
	Тема 5.2. Элементы теории пограничного слоя	3			0,5	Проработка лекции; 1.5 (гл. 9), 1.3 (гл. 9,10)	Лекция		
	Практическое занятие № 7. Расчет элементов пограничного слоя			5	0,5	Изучение методов расчета по данной теме; 1.5 (гл. 9), 1.3 (гл. 9,10), 3.5	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
	Практическое занятие № 8. Сопротивление тел в жидкости			3	0,5	Изучение методов расчета по данной теме; 1.5 (гл. 9), 1.3 (гл. 9,10), 3.6, 3.7	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
	Самостоятельная работа студента:				2				
	самоподготовка				2				
	Раздел 6. Подобие гидроаэромеханических процессов	2			1	Проработка лекции; 1.5 (гл. 5)	Лекция		
	Самостоятельная работа студента:				1				
	самоподготовка				1				
	Раздел 7. Аэродинамика больших скоростей								
	Тема 7.1. Распространение малых возмущений в газе	4			0,5	Проработка лекции; 1.3 (гл. 4)	Лекция		
	Тема 7.2. Скачки уплотнения	5			0,5	Проработка лекции; 1.3 (гл. 4)	Лекция		

ОПК-1 ИОПК-1.1	Практическое занятие № 9. Расчет параметров газа за скачком уплотнения			3	0,5	Изучение методов расчета по данной теме; 1.3 (гл. 4)	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
	Практическое занятие № 10. Сверхзвуковое обтекание внешнего тупого угла			3	0,5	Изучение методов расчета по данной теме; 1.3 (гл. 4)	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
	Практическое занятие № 11. Сверхзвуковое обтекание конуса			3	1	Изучение методов расчета по данной теме; 1.3 (гл. 4)	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
	Самостоятельная работа студента:				3				
	самоподготовка				3				
	ИТОГО за семестр	34	–	34	26				
	<b>5 семестр</b>								
	Раздел 8. Основы теории крыла								
	Тема 8.1. Крыло и усилия на нем	3			3	Проработка лекции; 1.5 (гл. 10)	Лекция		
	Лабораторная работа № 1. Исследование сопротивления трения пластины		3		1	Подготовка ЛР; 3.6	Работа в группах (по бригадам). Работа с наглядными пособиями		
	Тема 8.2. Крыло в дозвуковом, трансзвуковом и сверхзвуковом потоке	8			5	Проработка лекции; 1.1 (гл. 15,16,17)	Лекция		
	Лабораторная работа № 2. Исследование характеристик крыла в аэродинамической трубе		6		1	Подготовка ЛР; 3.9	Работа в группах (по бригадам). Работа с наглядными пособиями		
	Практическое занятие № 12. Расчет изолированного крыла			4	2	Изучение методов расчета по данной теме; 3.2, 3.4	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
	Практическое занятие № 13. Расчет максимального коэффициента подъемной силы			4	1	Изучение методов расчета по данной теме; 3.4	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
	Самостоятельная работа студента:				13				
	самоподготовка				13				
	Раздел 9. Аэродинамика самолета								

	Тема 9.1. Аэродинамика частей и в целом самолета	3			3	Проработка лекции; 1.1 (гл. 19,20)	Лекция		
	Лабораторная работа № 3. Исследование распределения давления и аэродинамического сопротивления шара		3		2	Подготовка ЛР; 3.7	Работа в группах (по бригадам). Работа с наглядными пособиями		
	Лабораторная работа № 4. Определение сопротивления тела в жидкости методом модельных испытаний		3		5	Подготовка ЛР; 3.8	Работа в группах (по бригадам). Работа с наглядными пособиями		
	Практическое занятие № 14. Расчет изолированного горизонтального оперения			4	1	Изучение методов расчета по данной теме; 3.3, 3.4	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
	Практическое занятие № 15. Расчет аэродинамических характеристик самолета			3	2	Изучение методов расчета по данной теме; 3.4	Разбор методик расчета и конкретных ситуаций		
	Тема 9.2. Аэродинамические компоновки самолетов	1			3	Проработка лекции; 1.1 (гл. 21)	Лекция		
	Самостоятельная работа студента:				26				
	самоподготовка				16				
	Курсовая работа				10	Выполнение курсовой работы; 3.2, 3.3, 3.4			
	ИТОГО за семестр	15	15	15	39				
	ИТОГО по дисциплине	49	15	49	65				

## 6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценки знаний, умений и навыков или опыта деятельности

Текущий контроль успеваемости студента осуществляется на основе выполненных и защищенных им следующих работ:

- Курсовая работа выполняется на тему "Расчет аэродинамических характеристик самолета" по индивидуальному заданию согласно [3.2] – см. пункт 7.3 настоящей РПД. По результатам выполнения и защиты курсовой работы студенту выставляется оценка.

- Расчетно-графическая работа выполняется на тему "Определение давления и скорости в жидкости (газе)" и содержит следующие разделы:

- Давление в покоящейся жидкости;
- Силы давления покоящейся жидкости на стенки;
- Кинематика жидкости;
- Динамика невязкой жидкости.

Пример задания по разделу "Давление в покоящейся жидкости":

В закрытый цилиндрический резервуар высотой  $H$  (рисунок 1), заполненный воздухом при атмосферном давлении, через трубку заливается вода. Происходящий при этом процесс сжатия воздуха в резервуаре считать изотермическим.

Определить высоту  $h_1$  подъема воды в резервуаре при известном ее уровне  $h$  в трубке. Найти также показание ртутного манометра  $h_{рт}$ .

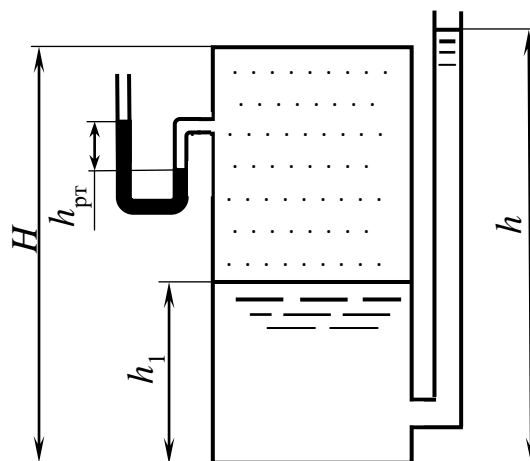


Рисунок 1

Пример задания по разделу "Кинематика жидкости":

Исследовать поток, заданный потенциалом скорости  $\varphi = x^2 - y^2$ . Построить линии тока. Вычислить скорости жидких частиц в точках  $A(5; 1)$  и  $B(5; 2)$ , расход через отрезок прямой, соединяющий эти точки, и циркуляцию скорости по замкнутому контуру  $ABC$ , где  $C(0; 0)$ .

Задания по другим разделам РГР можно посмотреть в [3.1] – см. пункт 7.3 настоящей РПД.

По результатам выполнения расчетно-графической работы студенту выставляется зачет (незачет).

- Лабораторные работы – участие в них; составление протоколов испытаний и отчетов по лабораторным работам; ответы на контрольные вопросы, содержащиеся в методических указаниях к лабораторным работам (см. пункт 7.3. настоящей РПД). По результатам выполнения и защиты каждой лабораторной работы студенту выставляется зачет (незачет).

- Участие в обсуждениях и разборах конкретных ситуаций и задач на практических занятиях.

● Перечень вопросов для подготовки к экзаменам:

**4 семестр**

1. Предмет аэродинамики, ее структура и методы. Теоретические модели жидкости и газа в гидроаэромеханике.
2. Жидкость и газ с точки зрения молекулярно-кинетической теории. Принципиальные (основные) в гидроаэромеханике параметры состояния жидкости и газа.
3. Плотность жидкости. Силы и напряжения, действующие в жидкости.
4. Вязкость. Сдвиговая вязкость с точки зрения молекулярно-кинетической теории. Свойство прилипания жидкости. Закон вязкого трения Ньютона. Зависимость вязкости от температуры и давления.
5. Ньютоновские и неньютоновские жидкости и их законы вязкого трения.
6. Изолированная и замкнутая система. Химическое, динамическое, тепловое и термодинамическое равновесие изолированной системы. Время релаксации. Равновесный процесс.
7. Напряженное состояние покоящейся жидкости.
8. Гидростатическое давление и его виды. Поле давления. Поверхность равного давления и плоскость уровня.
9. Сжимаемость жидкостей и газов. Коэффициент объемного сжатия и модуль объемной упругости. Закон Гука. Закон Бойля–Мариотта. Бароклинная и баротропная жидкость.
10. Парообразование и конденсация. Парциальное давление. Давление насыщенного пара.
11. Тепловое расширение жидкостей и газов. Коэффициент теплового расширения. Закон Гей-Люссака. Абсолютный ноль температуры.
12. Уравнение Эйлера равновесия жидкости.
13. Уравнение состояния вещества. Уравнение Клапейрона. Уравнение Клапейрона–Менделеева.
14. Барометрическая формула. Основной закон гидростатики для несжимаемой жидкости; его энергетическая и геометрическая интерпретация.
15. Сила давления жидкости на плоскую стенку. Центр давления. Гидростатический парадокс.
16. Сила давления жидкости на криволинейную (цилиндрическую) стенку. Закон Архимеда.
17. Теорема Коши–Гельмгольца.
18. Метод Лагранжа и метод Эйлера изучения движения жидкости. Траектория и линия тока. Ускорение жидкой частицы в методе Лагранжа и методе Эйлера.
19. Классификация течений (поток) жидкости. Принцип обратимости движения.
20. Векторная линия (линия тока, вихревая линия) и ее уравнение. Векторная трубка (трубка тока, вихревая трубка). Поток вектора через незамкнутую и замкнутую поверхность (объемный расход, интенсивность вихревой трубки). Дивергенция вектора  $\vec{a}$  (вектора скорости  $\vec{v}$  и вектора вихря  $\text{rot } \vec{v}$ ).
21. Дивергенция вектора  $\vec{a}$  (вектора скорости  $\vec{v}$  и вектора вихря  $\text{rot } \vec{v}$ ). Соленоидальное поле вектора  $\vec{a}$  (вектора скорости  $\vec{v}$  и вектора вихря  $\text{rot } \vec{v}$ ) и его свойства.
22. Теорема Гаусса–Остроградского для потока вектора  $\vec{a}$  (вектора скорости  $\vec{v}$  и вектора вихря  $\text{rot } \vec{v}$ ). Ее следствия для случая  $\text{div } \vec{a} = 0$  ( $\text{div } \vec{v} = 0$  и  $\text{div } \text{rot } \vec{v} = 0$ ). Первая теорема Гельмгольца о вихрях.
23. Интеграл вектора  $\vec{a}$  (вектора скорости  $\vec{v}$  и вектора вихря  $\text{rot } \vec{v}$ ) вдоль незамкнутой и замкнутой линии. Циркуляция вектора  $\vec{a}$  (вектора скорости  $\vec{v}$  и вектора вихря  $\text{rot } \vec{v}$ ). Предельная циркуляция вектора  $\vec{a}$  (вектора скорости  $\vec{v}$  и вектора вихря  $\text{rot } \vec{v}$ ). Теорема Стокса и ее следствие для невихревого поля.
24. Две задачи вихревого течения. Формула Био–Савара.
25. Функция тока плоского течения. Гидродинамическая сетка.
26. Комплексный потенциал и комплексная скорость. Контурный интеграл от комплексной скорости.

27. Скорость, потенциал скорости, функция тока, линии тока и эквипотенциальные линии плоского однородного поступательного потока.
28. Скорость, потенциал скорости, функция тока, линии тока и эквипотенциальные линии плоского источника (стока).
29. Скорость, потенциал скорости, функция тока, линии тока и эквипотенциальные линии плоского циркуляционного потока.
30. Скорость, потенциал скорости, функция тока, линии тока и эквипотенциальные линии плоского диполя.
31. Скорость, потенциал скорости, функция тока и линии тока при обтекании кругового цилиндра с циркуляцией. Характерные случаи обтекания в зависимости от величины циркуляции.
32. Уравнение неразрывности в дифференциальной и интегральной форме. Его физический смысл. Уравнение расхода.
33. Напряженное состояние движущейся идеальной жидкости. Адиабатичность течения идеальной жидкости.
34. Уравнение Эйлера движения идеальной жидкости. Система уравнений для определения состояния движущейся идеальной жидкости. Граничные и начальные условия.
35. Уравнение Эйлера в форме Громеко–Ламба. Интегрирование уравнения Эйлера. Интеграл Коши–Лагранжа. Интеграл Эйлера. Отличие интеграла Эйлера от интеграла Бернулли для установившегося течения.
36. Интегрирование уравнения Эйлера. Интегралы Бернулли. Интеграл Громеко.
37. Отличие интеграла Эйлера от интеграла Бернулли для установившегося течения. Энергетическая и геометрическая интерпретация интеграла Бернулли.
38. Интегралы Коши–Лагранжа, Эйлера, Бернулли, Громеко для адиабатического движения совершенного газа и несжимаемой жидкости.
39. Теорема Томсона (кинематическая и основная). Теорема Лагранжа. Вторая теорема Гельмгольца о вихрях.
40. Коэффициент давления. Распределение скорости и коэффициента давления по поверхности тела при потенциальном обтекании.
41. Парадокс Д’Аламбера–Эйлера. Причины возникновения силы сопротивления.
42. Теорема Жуковского о подъемной силе. Эффект Магнуса. Возникновение подъемной силы на крыле.
43. Гидродинамические реакции при неустановившемся движении тела. Инерционная гидродинамическая сила. Присоединенная масса, присоединенный момент инерции массы и присоединенный статический момент массы.
44. Матрица напряжений движущейся вязкой жидкости. Свойство парности касательных напряжений.
45. Закон Стокса. Давление в движущейся вязкой жидкости.
46. Уравнение движения жидкости в напряжениях. Уравнение Навье–Стокса. Система уравнений для определения состояния движущейся вязкой жидкости.
47. Физическое подобие как обобщение понятий геометрического подобия и подобия во времени. Связь между масштабами физических величин в подобных явлениях. Необходимые условия динамического подобия.
48. Критерии подобия при моделировании движения в вязкой жидкости. Их совместимость и возможность реализации. Автомодельность подобия.
49. Элементы теории пограничного слоя (структура потока при больших числах Рейнольдса, виды пограничного слоя, отрыв пограничного слоя).
50. Распространение малых возмущений в газе.
51. Прямой скачок уплотнения в потоке газа.
52. Косой скачок уплотнения в потоке газа.
53. Расчет параметров газа за косым скачком уплотнения.
54. Зависимость угла отклонения косого скачка от угла заострения клина.

55. Ударная поляра и ее использование для решения задач о скачке уплотнения.
56. Изменение давления в головной ударной волне.
57. Сверхзвуковое обтекание внешнего тупого угла идеальным газом.
58. Изменение давления при отклонении сверхзвукового потока идеального газа на малые углы.
59. Сверхзвуковое обтекание идеальным газом кругового конуса.
60. Основное уравнение плоского течения идеального газа и его линейризация по методу малых возмущений.
61. Связь между дозвуковым сжимаемым потоком газа и потоком несжимаемой жидкости при обтекании тонкого профиля.

### 5 семестр

62. Аэродинамические коэффициенты профиля в дозвуковом сжимаемом потоке газа.
63. Критическое число Маха на профиле. Околозвуковой режим обтекания профиля.
64. Структура трансзвукового потока на профиле и волновое сопротивление профиля.
65. Пластина в сверхзвуковом потоке.
66. Тонкий профиль с заостренными кромками в сверхзвуковом потоке идеального газа.
67. Аэродинамические коэффициенты треугольного, ромбовидного и линзообразного тонкого профиля.
68. Стреловидное крыло и эффект скольжения.
69. Крылья малых удлинений.
70. Продольный момент крыла сложной формы, средняя аэродинамическая хорда крыла.
71. Срыв потока на крыле. Максимальный коэффициент подъемной силы крыла.
72. Механизация крыла.
73. Критическое число Маха крыла конечного удлинения.
74. Крыло конечного размаха в дозвуковом сжимаемом потоке.
75. Крыло конечного размаха в трансзвуковом потоке.
76. Особенности обтекания крыла сверхзвуковым потоком.
77. Основы теории крыла в сверхзвуковом потоке.
78. Аэродинамические характеристики треугольного крыла со сверхзвуковыми передними кромками.
79. Аэродинамические характеристики треугольного крыла с дозвуковыми передними кромками.
80. Составные части самолета и их назначение. Аэродинамические коэффициенты сил и моментов, действующих на самолет.
81. Подъемная сила фюзеляжа.
82. Сопротивление фюзеляжа.
83. Аэродинамические характеристики оперения и рулей.
84. Аэродинамическая интерференция частей самолета. Подъемная сила самолета.
85. Сопротивление самолета.
86. Момент тангажа самолета.



## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

При освоении дисциплины используется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов, которая представлена критериями выставления оценок по пятибалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», а также «зачет», «незачет»:

Таблица 5. Критерии выставления оценок

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.
Приемлемый уровень "Зачет"	оценку "зачет" заслуживает студент полностью или с небольшими пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, и в основном сформировал практические навыки.
Неприемлемый уровень "Незачет"	оценку "незачет" заслуживает студент не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, и не сформировал практические навыки.

Таблица 6. Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-1 Способен приме- нять естественнона- учные и общетехни- ческие знания, ме- тоды математиче- ского анализа и мо- делирования, теоре- тического и экспе- риментального ис- следования для ре- шения инженерных задач профессио- нальной деятельно- сти	ИОПК-1.1 Использует теорию и основ- ные законы в области есте- ственнонаучных и общетех- нических дисциплин	Изложение учебного матери- ала бессистемное, неполное, непонимание используемых методов в рамках поставлен- ных целей и задач; неумение делать обобщения, выводы, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверх- ностные знания лекцион- ного курса; изложение по- лученных знаний непол- ное, однако это не препят- ствует усвоению последу- ющего материала; допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя; затруднения при формули- ровании результатов и их решений	Знает материал на до- статочно хорошем уровне; представляет основные задачи в рам- ках постановки целей и выбора оптимальных способов решения задач. Умеет использовать учебную литературу	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил нова- ции лекционного курса по сравнению с учебной ли- тературой; изложение по- лученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, само- стоятельно исправляемые при собеседовании

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Учебная литература, печатные и электронные издания библиотечного фонда**

Библиотечный фонд укомплектован печатными и электронными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

1.1. Аэрогидромеханика: Учебник для авиац. спец. вузов / А.М. Мхитарян [и др.]; Под общ. ред. А.М. Мхитаряна. – М.: Машиностроение, 1984. – 352 с.

1.2. Аэрогазодинамика органов управления полетом летательных аппаратов: Учеб. пособие / В.Т. Калугин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 688 с.

1.3. Механика жидкости и газа: Учебник / Л.Г. Лойцянский – М.: Наука, 1987. – 840 с.

1.4. Моделирование процессов обтекания и управления аэродинамическими характеристиками летательных аппаратов / В.Т. Калугин [и др.]; Под ред. В.Т. Калугина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 528 с.

1.5. Прикладная гидроаэромеханика: Учеб. пособие / В.Ф. Чеботаев; М-во образования РФ. НГТУ. – Н.Новгород, 2001. – 215 с.

### **7.2. Справочно-библиографическая литература**

2.1. Аэродинамика в вопросах и задачах: Учеб. пособие для вузов / Н.Ф. Краснов [и др.]; Под ред. Н.Ф. Краснова. – М.: Высш. шк., 1985. – 759 с.

2.2. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. – КАИ ([www/aviatech.kai.ru](http://www.aviatech.kai.ru)).

### **7.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

3.1. Сборник заданий для курсовых работ по гидромеханике: Учеб. пособие / В.Ф. Чеботаев [и др.]; НГТУ; Под общ. ред. А.Н. Попова, В.Ф. Чеботаева. – Н. Новгород, 1999. – 190 с.

3.2. Расчет сопротивления самолета при нулевой подъемной силе: Метод. указания к лаб. работе / НГТУ; А.А. Болотин. Н. Новгород, 2009. – 9 с.

3.3. Расчет схода потока на горизонтальном оперении самолета: Метод. указания к лаб. работе / НГТУ; А.А. Болотин. Н. Новгород, 2014. – 6 с.

3.4. Расчетное определение аэродинамических характеристик системы "крыло-оперение": Метод. указания к лаб. работе / НГТУ; А.А. Болотин. Н. Новгород, 2004. – 11 с.

3.5. Исследование пограничного слоя пластины: Метод. указания к лаб. работе / А.Н. Ковалев; Нижегород. гос. техн. ун-т. Н. Новгород, 2001. – 16 с.

3.6. Исследование сопротивления трения пластины: Метод. указания к лаб. работе / В.Ф. Чеботаев; Нижегород. гос. техн. ун-т. Н. Новгород, 2001. – 16 с.

3.7. Исследование распределения давления и аэродинамического сопротивления шара: Метод. указания к лаб. работе / В.Ф. Чеботаев; Нижегород. гос. техн. ун-т. Н. Новгород, 2001. – 12 с.

3.8. Исследование характеристик крыла в аэродинамической трубе: Метод. указания к лаб. работе / А.А. Болотин, А.Н. Попов, В.Ф. Чеботаев; Нижегород. гос. техн. ун-т. Н. Новгород, 1997. – 24 с.

3.9. Аэрогидромеханика крыла: Метод. указания к лаб. работе / В.Ф. Чеботаев; Нижегород. гос. техн. ун-т. Н. Новгород, 1994. – 21 с.

3.10. Экспериментальные исследования распределения давления на профиле крыла: Метод. указания к лаб. работе / НГТУ; А.А. Болотин, А.Н. Попов, Н. Новгород, 2014. – 7 с.

## 8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения (в том числе отечественного производства), состав которого по дисциплине определен в настоящей РПД:

### 8.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
3. Открытое образование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openedu.ru/>. – Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
4. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

### 8.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
4	КиберЛенинка	<a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>
5	Издательство "Наука"	<a href="https://www.libnauka.ru/">https://www.libnauka.ru/</a>

Таблица 8. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
Microsoft Windows XP/7/8.1/10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/КМР от 15.10.18)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Office Профессиональный плюс 2010 (лицензия № 49487732)	Adobe Reader 11 (проприетарное ПО)
Microsoft Office Standard 2007 (лицензия № 43847744)	Visual Prolog (проприетарное ПО)
Microsoft Office Access 2013/2016 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	MicroCAP (бесплатная студенческая версия)
Microsoft Office Visio 2013/2016 (подписка	Python 2.7 (свободное ПО, лицензия Py-

DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	thon Software Foundation License)
Microsoft Project 2010 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Code::Blocks (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3)
Mathcad 15 (лицензия PKG-7543-FN, MNT-PKG-7543-FN-T2, договор № 28-13/13-057 от 26.02.13)	Eclipse (открытое ПО, лицензия Eclipse Public License)
MatLAB R2008a (лицензия № 527840)	Deductor Studio Academic (бесплатная студенческая версия)
Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021, до 26.05.24)	

Таблица 9. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	<a href="http://www.ncva.ru">http://www.ncva.ru</a>
2	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
3	Информационно-справочная система «Техксперт»	доступ из локальной сети

## 9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. Информация размещена в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации»: <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>.

Таблица 10. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№ п/п	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1.	ЭБС «Консультант студента»	Озвучка книг и увеличение шрифта
2.	ЭБС «Лань»	Специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3.	ЭБС «Юрайт»	Версия для слабовидящих

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебный процесс по данной дисциплине обеспечен аудиторным и лабораторным фондом. В процессе проведения аудиторных и самостоятельных занятий преподаватели и студенты имеют возможность доступа к информационно-коммуникационной сети «Интернет», как на территории НГТУ, так и вне ее.

Таблица 11. Оснащенность аудиторий и помещений для проведения учебных занятий  
и самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	5119 специализированная аудитория (класс) – лаборатория “Аэродинамическая труба и пневмопривод”; г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 28Л.	Экспериментальная установка "Аэродинамическая труба" с комплектами: – экспериментального оборудования для различных экспериментов; – измерительного оборудования; – учебно-наглядных пособий.	
2	5123 специализированная аудитория (класс) – лаборатория “Механика жидкости и газа”; г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 28Л.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Лабораторные стенды и оборудование для экспериментов по механике жидкости и газа.</li> <li>Учебно-наглядные пособия.</li> </ul>	
3	5125 специализированная аудитория – компьютерный класс; г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 28Л.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ПЭВМ – 10 шт. с доступом к сети «Интернет» и ЭБС НГТУ</li> <li>Мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор, экран)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14);</li> <li>Microsoft Office (лицензия № 43178972);</li> <li>Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135);</li> <li>Adobe Acrobat Reader (FreeWare);</li> <li>7-zip для Windows (свободно распространяемое ПО, лицензия GNU LGPL);</li> <li>Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19)</li> <li>КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> <li>Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3)</li> </ul>

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих образовательных технологий:

- на лекционных занятиях: лекции;
- на практических занятиях: – разбор конкретных методик расчета;  
– решение разноуровневых задач и заданий;  
– расчетно-графическая работа;  
– курсовая работа;
- на лабораторных занятиях: – работа в малых группах;  
– отчет по лабораторной работе;  
– собеседование.

По результатам экзамена студенту выставляется оценка по промежуточной аттестации в соответствии с разделом 5.2 настоящей РПД.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

### 11.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

### **11.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

### **11.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

В ходе практических занятий раскрываются базовые и конкретные вопросы в рамках темы каждого занятия (таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. На практических занятиях студенты осваивают навыки ведения аэродинамических расчетов и закрепляют теоретические знания из лекционного курса на примере конкретных ситуаций и задач, что будет востребовано ими во время самостоятельной работы, а также при подготовке к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

На практических занятиях необходимо вести конспектирование учебного материала.

### **11.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа студентов обеспечивает их подготовку к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 7 настоящей РПД.

В процессе самостоятельной работы студенты могут работать на компьютере в специализированной аудитории 5125 для самостоятельной работы, указанной в таблице 11. В этой аудитории имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к ЭИОС и ЭБС, где в электронном виде располагаются необходимые учебные и учебно-методические материалы.

### **11.6. Методические указания для выполнения расчетно-графической работы**

Выполнение расчетно-графической работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине, способствует формированию у обучающихся готовности к самостоятельной профессиональной деятельности.

Расчетно-графическая работа выполняется на тему “Определение давления и скорости в жидкости (газе)” и содержит следующие разделы:

- Давление в покоящейся жидкости;
- Силы давления покоящейся жидкости на стенки;
- Кинематика жидкости;
- Динамика невязкой жидкости.

Задание по указанным темам каждый студент выполняет под собственным вариантом, который назначается преподавателем. Варианты заданий содержатся в [3.1] – см. пункт 7.3 настоящей РПД.

Выполнение каждого задания рекомендуется начинать с внимательного изучения теоретического материала раздела и примеров, разобранных на практических занятиях. Это исключит непонимание условий своего задания. Для углубленного изучения следует обращаться к литературе, указанной в разделе 6 настоящей РПД.



РГР оформляется на листах формата А4, сброшюрованных под титульный лист и сопровождаемых содержанием работы. Для каждого задания приводится его текст, выполняется рисунок и записываются исходные данные, а также производится перевод в систему СИ величин, заданных в других единицах измерения.

Решение по каждому заданию необходимо разбить на отдельные пункты. Каждый пункт, как правило, должен содержать:

- краткие пояснения производимых действий,
- расчетную формулу с расшифровкой принятых обозначений,
- подстановку численных значений входящих в формулу величин и
- результат расчета с указанием единицы измерения.

Все расчеты выполняются с соблюдением правил приближенных вычислений.

Выполненная РГР сдается на проверку преподавателю; при этом возможно проведение его собеседования со студентом по выполненным расчетам.

### **11.7. Методические указания для выполнения курсовой работы**

Выполнение курсовой работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине, способствует формированию у обучающихся готовности к самостоятельной профессиональной деятельности, является этапом к выполнению выпускной квалификационной работы.

Курсовая работа выполняется на тему "Расчет аэродинамических характеристик самолета" по индивидуальному заданию согласно [3.2] – см. пункт 7.3 настоящей РПД.

Целью работы является освоение студентами инженерных методов расчета аэродинамических характеристик самолета, в частности, расчета составляющей сопротивления самолета при нулевой подъемной силе, которую достаточно сложно рассчитать с использованием численных методов. Кроме того, это сопротивление не моделируется на моделях в экспериментах и требует специальной методики пересчета результатов таких экспериментов.

Исходными данными для расчетов является чертеж общего вида самолета, выполненный в трех проекциях. Расчеты выполняются сначала отдельно для каждого элемента компоновки: крыла, горизонтального оперения, вертикального оперения, фюзеляжа, а затем полученные данные учитываются при расчете аэродинамических характеристик самолета в целом.

Выполнение работы следует начать с внимательного изучения соответствующего материала лекций (особенно, разделы 8 и 9 – см. таблицу 4) и практических занятий. Для углубленного изучения следует обращаться к литературе указанной в разделе 6 настоящей РПД.

Курсовая работа ведется при помощи указаний [3.2, 3.3] – см. пункт 7.3 настоящей РПД. Все расчеты выполняются с соблюдением правил приближенных вычислений.

Курсовая работа оформляется на листах формата А4, сброшюрованных под титульный лист и сопровождаемых содержанием работы. В конце сброшюрованной работы приводится список литературы, использованной студентом.

Выполненная РГР сдается на проверку преподавателю, после чего студент делает её защиту и получает оценку по своей курсовой работе.

## **12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Оценочные средства для текущего и итогового контроля освоения дисциплины приведены в разделе 6 настоящей РПД.

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор ИТС

\_\_\_\_\_ А.В. Тумасов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

**Б1.Б.23 «Аэродинамика»**

(индекс по учебному плану, наименование)

для подготовки специалистов

Направление подготовки: \_\_\_\_\_ 24.05.07 "Самолето- и вертолетостроение"  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: \_\_\_\_\_ "Самолетостроение"  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: \_\_\_\_\_ очная  
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_ 2023

Курс: \_\_\_\_\_ 2, 3

Семестр: \_\_\_\_\_ 4, 5

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) в рабочую программу изменения не вносятся. Программа актуализирована для 2023 года начала подготовки;
- 2)

Разработчик РПД, доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_ А.Н. Ковалев  
(подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
протокол № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой "АГДПМиСМ" \_\_\_\_\_ В.А. Кикеев  
(подпись)

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой «КиАТ» \_\_\_\_\_ Н.В. Калинина  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Методический отдел УМУ

\_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.