

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Юнаков Л. П.  
 (подпись)      ФИО  
 « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ И ТЕХНИКА ГИДРОАЭРОМЕХАНИЧЕСКОГО И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Направление/специальность подготовки	24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника Аэродинамика, гидродинамика и процессы теплообмена двигателей летательных аппаратов
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	10	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.04.05 Двигатели летательных аппаратов**

год набора группы: 2022

Программу составили:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Беляева Анастасия Сергеевна, ассистент

\_\_\_\_\_

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Мальков Виктор Михайлович, д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающих кафедр

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРИЯ И ТЕХНИКА ГИДРОАЭРОМЕХАНИЧЕСКОГО И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО**  
**ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

**Разделы рабочей программы**

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

**Приложения к рабочей программе дисциплины**

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

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

24.04.05 (A9)	ОПК-2 — способность использовать современные информационные технологии при выполнении научных исследований и разработок; использовать стандартные пакеты прикладных программ; способен к алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований; организовывать и соблюдать требования информационной безопасности в профессиональной деятельности
24.04.05 (A9)	ОПК-4 — способность использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики, разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов для постановки и решения научно-технических задач по направлению подготовки
24.04.05 (A9)	ОПК-5 — способность участвовать в работе проектно-конструкторских подразделений по разработке проектных решений двигателей летательных аппаратов на всех этапах жизненного цикла
24.04.05 (A8)	ПСК-1.02 — способность выполнять научные исследования в составе научно-исследовательских групп, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить обработку и анализ результатов
24.04.05 (A8)	ПСК-1.03 — способность проводить экспериментальные исследования с использованием автоматизированных систем регистрации и обработки информации
24.04.05 (A8)	ПСК-1.06 — способность разрабатывать планы, программы и методики проведения испытаний двигателей и энергоустановок ЛА, а также наземных энергетических установок на базе авиационных и ракетных двигателей

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ОПК-2 (24.04.05, A9)**

*знания:*

Приобретение знаний в области теории и техники физического эксперимента;

Описание методов подбора и размерностей, основных методов планирования эксперимента, принципов организации измерений;

*умения:*

Рассчитывать параметры многофакторного эксперимента, критерии подбора и критериальные уравнения, погрешности измерений;

Планировать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, вычислять вероятностные характеристики случайных процессов, проводить математический анализ;

*навыки:*

Способностью и готовностью проводить работы в области экспериментальной физической газовой динамики и давать заключение о характере процессов в исследуемых объектах.

## **ОПК-4 (24.04.05, A9)**

*знания:*

Этапы научных исследований, взаимосвязь теории и эксперимента; теорию подбора и размерностей; основные виды и типы газодинамических установок для проведения аэрофизических экспериментов;

*умения:*

Измерять параметры газовых потоков: скорость, давления, температуру, интенсивность пульсаций, оптическое качество; визуализировать течения с помощью оптических и лазерных методов;

*навыки:*

Способностью и готовностью проводить работы в области экспериментальной физической газовой динамики и давать заключение о характере процессов в исследуемых объектах.

## **ОПК-5 (24.04.05, A9)**

*знания:*

Знание основных современных технологий проектирования космических аппаратов;

*умения:*

Измерять параметры газовых потоков: скорость, давления, температуру, интенсивность пульсаций, оптическое качество; визуализировать течения с помощью оптических и лазерных методов;

*навыки:*

Постановка и решение практических задач по организации и проведению физического эксперимента в области проектирования ракет и космических аппаратов.

## **ПСК-1.02 (24.04.05, A8)**

*знания:*

Приобретение знаний в области теории и техники физического эксперимента;

Описание методов подбора и размерностей, основных методов планирования эксперимента, принципов организации измерений;

*умения:*

Рассчитывать параметры многофакторного эксперимента, критерии подбора и критериальные уравнения, погрешности измерений;

Планировать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, вычислять вероятностные характеристики случайных процессов, проводить математический анализ;

*навыки:*

Способностью и готовностью проводить работы в области экспериментальной физической газовой динамики и давать заключение о характере процессов в исследуемых объектах.

**ПСК-1.03 (24.04.05, А8)**

*знания:*

Этапы научных исследований, взаимосвязь теории и эксперимента; теорию подобия и размерностей; основные виды и типы газодинамических установок для проведения аэрофизических экспериментов;

*умения:*

Измерять параметры газовых потоков: скорость, давления, температуру, интенсивность пульсаций, оптическое качество; визуализировать течения с помощью оптических и лазерных методов;

*навыки:*

Способностью и готовностью проводить работы в области экспериментальной физической газовой динамики и давать заключение о характере процессов в исследуемых объектах.

**ПСК-1.06 (24.04.05, А8)**

*знания:*

Знание основных современных технологий проектирования космических аппаратов;

*умения:*

Измерять параметры газовых потоков: скорость, давления, температуру, интенсивность пульсаций, оптическое качество; визуализировать течения с помощью оптических и лазерных методов;

*навыки:*

Постановка и решение практических задач по организации и проведению физического эксперимента в области проектирования ракет и космических аппаратов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ И ТЕХНИКА ГИДРОАЭРОМЕХАНИЧЕСКОГО И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлениям: 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов, 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА (ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ НАВЫКОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ), СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ТЕЧЕНИЕ ГАЗА С ЧАСТИЦАМИ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен осуществлять подготовку научных публикаций, научно-технических отчетов, обзоров по результатам выполненных исследований и разработок
- ОПК-2 — Способен использовать современные информационные технологии при выполнении научных исследований и разработок; использовать стандартные пакеты прикладных программ; способен к алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований; организовывать и соблюдать требования информационной безопасности в профессиональной деятельности
- ПСК-2.03 — готовность к профессиональной эксплуатации современных прикладных программных средств вычислительного моделирования процессов тепломассопереноса
- ПСК-2.04 — способностью проводить работы, анализировать и обобщать результаты по численному моделированию газодинамических и теплообменных процессов в двигателях и энергоустановках ЛА, а также наземных энергетических установок на базе авиационных и ракетных двигателей
- УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
- УК-6 — Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %					
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-2 (24.04.05)	ОПК-4 (24.04.05)	ОПК-5 (24.04.05)	ПСК-1.02 (24.04.05)	ПСК-1.03 (24.04.05)	ПСК-1.06 (24.04.05)
5	10	<b>Раздел 1. Роль эксперимента в изучении физических процессов.</b> Наблюдение и эксперимент Виды экспериментальных исследований Физическая и математическая модели (ФММ) процессов Этапы построения ФММ Значение эксперимента в построении ФММ процессов.	6	2	2	0	4	10	10	10	10	10	10
5	10	<b>Раздел 2. Единицы физических величин.</b> Измерение. Эталоны Размерность физической величины. Единицы физических величин Размерные и безразмерные величины. Формула измерений Международная система единиц измерения (СИ) Основные и производные величины системы единиц.	7	2	2	0	5	10	10	10	10	10	10
5	10	<b>Раздел 3. Теория подобия.</b> Подобные физические процессы. Критерия подобия Теоремы подобия: л-теорема, 1-я, 2-я и 3-я теоремы подобия Построение критериев подобия на примере аэрофизических процессов (тепло- и массообмена) Критериальное уравнение. Построение критериальных уравнений по экспериментальным данным.	13	8	5	3	5	10	10	10	10	10	10
5	10	<b>Раздел 4. Планирование эксперимента.</b> Основные понятия и определения теории планирования эксперимента Основы планирования многофакторного эксперимента Критерии оптимальности и типы планов.	14	8	5	3	6	10	10	10	10	10	10
5	10	<b>Раздел 5. Основы обработки экспериментальных данных.</b> Виды измерений и причины ошибок (погрешностей) Классификация погрешностей измерений Вероятностная оценка случайной погрешности и построение функциональных зависимостей при многократных измерениях.	9	4	2	2	5	10	10	10	10	10	10
5	10	<b>Раздел 6. Измерительная линия и её характеристики.</b> Принципы измерения физических величин Назначение, структура и принципы функционирования измерительной линии (ИЛ) Статические характеристики ИЛ: рабочий диапазон измерений, градуировочный коэффициент Статическое уравнение ИЛ Динамические характеристики ИЛ: комплексная частотная характеристика, рабочий частотный диапазон Динамическое уравнение ИЛ Градуировка и тарировка ИЛ Метрологическая поверка ИЛ.	9	4	2	2	5	10	10	10	10	10	10
5	10	<b>Раздел 7. Техника измерений параметров газовых потоков.</b> Измерение давления Датчики давления (пьезоэлектрические, тензометрические, индуктивные, конденсаторные (ёмкостные)) Измерение температуры Датчики температуры (контактные термометры, термопары, пирометры) Приёмники давления (Пито, Прандтля, Пито-Прандтля, Вентури) Измерение скорости потока Трассировка потока меченными частицами, лазерные доплеровские измерители скорости Термоанемометры.	14	8	5	3	6	10	10	10	10	10	10
5	10	<b>Раздел 8. Техника визуализации газовых потоков.</b> Методы визуализации течений красящими веществами, твёрдыми частицами, дымом Методы визуализации пристенных течений (метод шелковинок, маслосажевого покрытия, стробоскопическая визуализация) Оптические методы визуализации (теневые, голографические, интерферационные, «лазерный нож»).	9	3	3	0	6	10	10	10	10	10	10
5	10	<b>Раздел 9. Измерение аэродинамических</b>	15	8	4	4	7	10	10	10	10	10	10

		характеристик. Механические аэродинамические весы Тензометрические аэродинамические весы.											
5	10	Раздел 10. Аэродинамические трубы и газодинамические установки. Трубы дозвуковых скоростей Высокоскоростные и гиперзвуковые трубы Ударные трубы.	12	4	4	0	8	10	10	10	10	10	10
Всего за 10 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Теория подобия.	Подобные физические процессы Критерии подобия Теоремы подобия: п-теорема, 1-я, 2-я и 3-я теоремы подобия Построения критериев подобия на примере аэрофизических процессов (тепло- и массообмена) Критериальное уравнение Построение критериальных уравнений по экспериментальным данным	3
2	Раздел 4. Планирование эксперимента.	Основные понятия и определения теории планирования эксперимента Основы планирования многофакторного эксперимента Критерии оптимальности и типы планов	3
3	Раздел 5. Основы обработки экспериментальных данных.	Виды измерений и причины ошибок (погрешностей) Классификация погрешностей измерений Вероятностная оценка случайной погрешности и построение функциональных зависимостей при многократных измерениях	2
4	Раздел 6. Измерительная линия и её характеристики.	Статические характеристики измерительной линии ИЛ: -рабочий диапазон измерений, - градуировочный коэффициент. Статическое уравнение ИЛ Динамические характеристики ИЛ: - комплексная частотная характеристика, - рабочий частотный диапазон. Динамическое уравнение ИЛ Градуировка и тарировка ИЛ	2
5	Раздел 7. Техника измерений параметров газовых потоков.	Расчёт параметров датчиков давления, температуры Расчёт полного, статического давлений и скоростного напора по измерениям приёмниками давления (Пито, Прандтля, Пито-Прандтля, Вентури)	3
6	Раздел 9. Измерение аэродинамических характеристик.	Расчёт аэродинамических сил и моментов по измерениям на механических аэродинамических весах	4
Всего за 10 семестр			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Роль эксперимента в изучении физических процессов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	4
2	Раздел 2. Единицы физических величин.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	5
3	Раздел 3. Теория подобия.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	5
4	Раздел 4. Планирование эксперимента.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	6
5	Раздел 5. Основы обработки экспериментальных данных.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	5
6	Раздел 6. Измерительная линия и её характеристики.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	5
7	Раздел 7. Техника измерений параметров газовых потоков.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	6
8	Раздел 8. Техника визуализации газовых потоков.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	6
9	Раздел 9. Измерение аэродинамических характеристик.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	7
10	Раздел 10. Аэродинамические трубы и газодинамические установки.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	8



#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10			ВРЗД		ВРЗД	ДР	Отч. по ПЗ	Отч. по ЛР		ДР		Отч. по ЛР		Отч. по ЛР	Отч. по ПЗ	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- отчет по практическому заданию;
- отчет по ЛР.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011, 5 экз.
2. А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016, эл. рес.
3. В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. . Методика и практика технических экспериментов. М.: Академия, 2005, 13 экз.
4. В. К. Ерофеев, Е. А. Угрюмов, В. Н. Усков. . Экспериментальное оборудование и методы измерений при исследовании ударно-волновых и аэроакустических процессов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001, 100 экз.
5. Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем. М.: Логос, 2003, 17 экз.
6. Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. М.: Юрайт, 2012, 8 экз.
7. Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
3. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

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

### Информационные справочные системы:

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

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Microsoft Office;
2. Google Chrome.

### 5.6. Информационные технологии:

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

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

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

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Microsoft Office;
3. Google Chrome.

### **6.3. Прочее:**

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

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕОРИЯ И ТЕХНИКА ГИДРОАЭРОМЕХАНИЧЕСКОГО И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлениям: 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов, 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-2 (24.04.05) способность использовать современные информационные технологии при выполнении научных исследований и разработок; использовать стандартные пакеты прикладных программ; способен к алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований; организовывать и соблюдать требования информационной безопасности в профессиональной деятельности;

ОПК-4 (24.04.05) способность использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики, разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов для постановки и решения научно-технических задач по направлению подготовки;

ОПК-5 (24.04.05) способность участвовать в работе проектно-конструкторских подразделений по разработке проектных решений двигателей летательных аппаратов на всех этапах жизненного цикла;

ПСК-1.02 (24.04.05) способность выполнять научные исследования в составе научно-исследовательских групп, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить обработку и анализ результатов;

ПСК-1.03 (24.04.05) способность проводить экспериментальные исследования с использованием автоматизированных систем регистрации и обработки информации;

ПСК-1.06 (24.04.05) способность разрабатывать планы, программы и методики проведения испытаний двигателей и энергоустановок ЛА, а также наземных энергетических установок на базе авиационных и ракетных двигателей.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- отчет по практическому заданию;
- отчет по ЛР.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Роль эксперимента в изучении физических процессов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011 (Введение, 1) Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: М.: Юрайт, 2012 (1) Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (1, 2) А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016 (Введение, 1)	4
Итого по разделу 1		4
<b>Раздел 2. Единицы физических величин.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. . Методика и практика технических экспериментов: М.: Академия, 2005 (1.1, 1.2)	5
Итого по разделу 2		5
<b>Раздел 3. Теория подобия.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. . Методика и практика технических экспериментов: М.: Академия, 2005 (3) А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011 (2)	5
Итого по разделу 3		5
<b>Раздел 4. Планирование эксперимента.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. . Методика и практика технических экспериментов: М.: Академия, 2005 (4) А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016 (3) Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: Москва: Юрайт, 2020 (2.1, 2.2, 2.4) Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: М.: Юрайт, 2012 (2.8, 2.9)	6
Итого по разделу 4		6
<b>Раздел 5. Основы обработки экспериментальных данных.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. . Методика и практика технических экспериментов: М.: Академия, 2005 (2) А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011 (8)	5
Итого по разделу 5		5
<b>Раздел 6. Измерительная линия и её характеристики.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	В. К. Ерофеев, Е. А. Угрюмов, В. Н. Усков. . Экспериментальное оборудование и методы измерений при исследовании ударно-волновых и аэроакустических процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (1.1 - 1.3)	5

Итого по разделу 6		5
<b>Раздел 7. Техника измерений параметров газовых потоков.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016 (2, 3) В. К. Ерофеев, Е. А. Угрюмов, В. Н. Усков. . Экспериментальное оборудование и методы измерений при исследовании ударно-волновых и аэроакустических процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (1.4, 1.7)	6
Итого по разделу 7		6
<b>Раздел 8. Техника визуализации газовых потоков.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016 (6)	6
Итого по разделу 8		6
<b>Раздел 9. Измерение аэродинамических характеристик.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016 (1)	7
Итого по разделу 9		7
<b>Раздел 10. Аэродинамические трубы и газодинамические установки.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011 (1) В. К. Ерофеев, Е. А. Угрюмов, В. Н. Усков. . Экспериментальное оборудование и методы измерений при исследовании ударно-волновых и аэроакустических процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (2)	8
Итого по разделу 10		8

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- отчет по практическому заданию;
- отчет по ЛР;
- зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

#### Вопросы по разделу

Контроль проводится в устной форме. Студенту задаются 3 вопроса по разделу дисциплины. Для успешной аттестации необходимо правильно ответить не менее, чем на 2 вопроса. Студент должен показать владение теоретической информацией, полученной на лекционных занятиях и в рамках самостоятельной работы; ответ должен быть содержательным и аргументированным. Список вопросов по разделам дисциплины приведён в УМК.

#### Отчет по практическому заданию

Практическое задание представляет собой решение задачи по разделу. Отчёт по заданию оформляется согласно ГОСТу. Также предусмотрена защита выполненного задания в форме собеседования обучающегося с преподавателем. Применяется следующая система оценивания:

- задание решено верно, в ходе защиты студент ответил на все заданные вопросы; в ходе выполнения задания студент допустил неточности в выполнении работы и допустил незначительные ошибки в ходе защиты, которые не влияют на общее представление о вопросе - сдано;
- задание решено неверно или допущены грубые ошибки по ходу выполнения задания, либо при ответах на вопросы во время защиты - не сдано.

Примеры практических заданий приведены в УМК дисциплины.

#### Отчет по ЛР

Отчёт по лабораторной работе оформляется согласно ГОСТу. Предусмотрена устная защита результатов лабораторной работы.

Применяется следующая оценка результатов выполнения ЛР:

- расчёты выполнены верно, в ходе защиты студент ответил на все заданные вопросы; в расчётах допущены неточности и/или студент допустил незначительные ошибки в ходе защиты, которые не влияют на общее представление о вопросе - сдано;
- расчёты выполнены неверно или допущены грубые ошибки в расчётах, либо при ответах на вопросы во время защиты - не сдано.

Примеры оформления отчётов по лабораторным работам приведены в УМК дисциплины.

#### Зачет

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Зачет проводится в форме устных ответов на вопросы. Оценка выставляется по результатам ответов на 2 основных вопроса и возможные дополнительные вопросы:

- правильный ответ на оба основных вопроса - зачтено;
- правильный ответ на один основной вопрос + правильные ответы на дополнительные вопросы - зачтено;
- правильные ответы только на дополнительные вопросы - зачтено;
- нет правильных ответов ни на один вопрос - не зачтено.

Перечень вопросов, вынесенных на зачёт, приведён в УМК дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %						НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-2 (24.04.05)	ОПК-4 (24.04.05)	ОПК-5 (24.04.05)	ПСК-1.02 (24.04.05)	ПСК-1.03 (24.04.05)	ПСК-1.06 (24.04.05)	
5	10	Раздел 1. Роль эксперимента в изучении физических процессов.	6	2	2	0	4	10	10	10	10	10	10	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 2. Единицы физических величин.	7	2	2	0	5	10	10	10	10	10	10	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 3. Теория подобия.	13	8	5	3	5	10	10	10	10	10	10	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
5	10	Раздел 4. Планирование эксперимента.	14	8	5	3	6	10	10	10	10	10	10	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
5	10	Раздел 5. Основы обработки экспериментальных данных.	9	4	2	2	5	10	10	10	10	10	10	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 6. Измерительная линия и её характеристики.	9	4	2	2	5	10	10	10	10	10	10	Отчет по ЛР
5	10	Раздел 7. Техника измерений параметров газовых потоков.	14	8	5	3	6	10	10	10	10	10	10	Отчет по ЛР
5	10	Раздел 8. Техника визуализации газовых потоков.	9	3	3	0	6	10	10	10	10	10	10	Отчет по ЛР
5	10	Раздел 9. Измерение аэродинамических характеристик.	15	8	4	4	7	10	10	10	10	10	10	Отчет по ЛР
5	10	Раздел 10. Аэродинамические трубы и газодинамические установки.	12	4	4	0	8	10	10	10	10	10	10	Отчет по ЛР
Всего за 10 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100	100	