

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 Юнаков Л. П.
 (подпись) ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ И ТЕХНИКА ГИДРОАЭРОМЕХАНИЧЕСКОГО И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Направление/специальность подготовки	24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика
Специализация/профиль/программа подготовки	Физическое и вычислительное моделирование теплоаэродинамических и теплогидравлических процессов
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
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	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика

год набора группы: 2024

Программу составил:

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 выпускающей кафедры

А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., 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:

ОПК-7 — способность анализировать и обобщать результаты физического и численного моделирования, обоснованно выбирать аэродинамические и баллистические параметры ракет и космических аппаратов
ПСК-1/24.2 — способность применять программы и методики проведения экспериментов и компьютерного моделирования, разрабатывать модели и алгоритмы решения задач динамики движения, аэродинамики, баллистики и управления полетом космических и летательных аппаратов с учетом сложности систем на основе применения современных научных знаний

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-7

знания:

Знает способы учета аэродинамических и баллистических параметров ракет и космических аппаратов при физическом и численном моделировании;

умения:

Умеет выбирать аэродинамические параметры ракет и космических аппаратов на основе анализа результатов моделирования;

навыки:

Владеет навыками проведения и анализа результатов физического и численного моделирования.

ПСК-1/24.2

знания:

Знает способы, методы и подходы работы с информацией для эффективной работы при решении профессиональных задач;

умения:

Умеет анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств;

навыки:

Владеет навыками управления информацией и данными в цифровой среде.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ И ТЕХНИКА ГИДРОАЭРОМЕХАНИЧЕСКОГО И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ГИДРОАЭРОДИНАМИКА ОБЪЕКТОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПСК-1/24.3 — Способен формулировать задачи расчетного исследования по аэрогазодинамике и процессам теплообмена изделий АРКТ, выбирать и адаптировать коммерческое программное обеспечение под решаемую задачу, выделять определяющие факторы внешних воздействий при формулировке задач

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-7	ПСК-1/24.2
5	10	Раздел 1. Роль эксперимента в изучении физических процессов. Наблюдение и эксперимент Виды экспериментальных исследований Физическая и математическая модели (ФММ) процессов Этапы построения ФММ Значение эксперимента в построении ФММ процессов.	8	4	3	1	4	10	10
5	10	Раздел 2. Единицы физических величин. 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.	10	5	3	2	5	10	10
5	10	Раздел 3. Теория подобия. Подобные физические процессы. Критерии подобия Теоремы подобия: π-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.	10	5	3	2	5	10	10
5	10	Раздел 4. Планирование эксперимента. Основные понятия и определения теории планирования эксперимента Основы планирования многофакторного эксперимента Критерии оптимальности и типы планов.	11	5	3	2	6	10	10
5	10	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.	10	5	3	2	5	10	10
5	10	Раздел 6. Измерительная линия и её характеристики. 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.	11	6	4	2	5	10	10
5	10	Раздел 7. Техника измерений параметров газовых потоков. 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 мечеными частицами, лазерные доплеровские измерители скорости Термоанемометры.	11	5	3	2	6	10	10
5	10	Раздел 8. Техника визуализации газовых потоков. Методы визуализации течений красящими веществами, твёрдыми частицами, дымом Методы визуализации пристенных течений (метод шелковинок, маслосажевого покрытия, стробоскопическая визуализация) Оптические методы визуализации (теневые, голографические, интерференционные, «лазерный нож»).	11	5	4	1	6	10	10
5	10	Раздел 9. Измерение аэродинамических характеристик. Механические аэродинамические весы Тензометрические аэродинамические весы.	13	6	4	2	7	10	10
5	10	Раздел 10. Аэродинамические трубы и газодинамические установки. Трубы дозвуковых скоростей Высокозвуковые и гиперзвуковые трубы Ударные трубы.	13	5	4	1	8	10	10
Всего за 10 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Роль эксперимента в изучении физических процессов.	Наблюдение и эксперимент Виды экспериментальных исследований Физическая и математическая модели (ФММ) процессов	1
2	Раздел 2. Единицы физических величин.	Измерение. Эталоны Размерность физической величины. Единицы физических величин Размерные и безразмерные величины. Формула измерений Международная система единиц измерения (СИ)	2
3	Раздел 3. Теория	Подобные физические процессы Критерии подобия Теоремы	2

	подобия.	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	
4	Раздел 4. Планирование эксперимента.	Основные понятия и определения теории планирования эксперимента Основы планирования многофакторного эксперимента Критерии оптимальности и типы планов	2
5	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
6	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
7	Раздел 7. Техника измерений параметров газовых потоков.	Датчики температуры (контактные термометры, термопары, пирометры) Приёмники давления (Пито, Прандтля, Пито-Прандтля, Вентури) Измерение скорости потока Трассировка потока мечеными частицами, лазерные доплеровские измерители скорости Термоанемометры.	2
8	Раздел 8. Техника визуализации газовых потоков.	Методы визуализации течений красящими веществами, твёрдыми частицами, дымом Методы визуализации пристенных течений (метод шелковинок, маслосажевого покрытия, стробоскопическая визуализация) Оптические методы визуализации (теневые, голографические, интерференционные, «лазерный нож»).	1
9	Раздел 9. Измерение аэродинамических характеристик.	Расчёт аэродинамических сил и моментов по измерениям на механических аэродинамических весах	2
10	Раздел 10. Аэродинамические трубы и газодинамические установки.	Трубы дозвуковых скоростей Высокоскоростные и гиперзвуковые трубы Ударные трубы.	1
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	6

		литературе.	
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
Всего за 10 семестр			57

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			ДР					Отч. по ПЗ	ДР	

Условные обозначения:

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

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

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

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

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, 2016, эл. рес.
2. А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011, 5 экз.
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. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
7. Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. М.: Юрайт, 2012, 8 экз.

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. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

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 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

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.

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 направлению *24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика*. 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-7 способность анализировать и обобщать результаты физического и численного моделирования, обоснованно выбирать аэродинамические и баллистические параметры ракет и космических аппаратов; ПСК-1/24.2 способность применять программы и методики проведения экспериментов и компьютерного моделирования, разрабатывать модели и алгоритмы решения задач динамики движения, аэродинамики, баллистики и управления полетом космических и летательных аппаратов с учетом сложности систем на основе применения современных научных знаний.

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.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

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.
Раздел 1. Роль эксперимента в изучении физических процессов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	<p>А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016 (Введение, 1)</p> <p>А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011 (Введение, 1)</p> <p>Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: Москва: Юрайт, 2020 (1)</p> <p>Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (1,2)</p>	4
Итого по разделу 1		4
Раздел 2. Единицы физических величин.		
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
Раздел 3. Теория подобия.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	<p>А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011 (2)</p> <p>В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. . Методика и практика технических экспериментов: М.: Академия, 2005 (3)</p>	5
Итого по разделу 3		5
Раздел 4. Планирование эксперимента.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	<p>А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016 (3)</p> <p>Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: Москва: Юрайт, 2020 (2.1, 2.2, 2.4)</p> <p>В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. . Методика и практика технических экспериментов: М.: Академия, 2005 (4)</p> <p>Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: М.: Юрайт, 2012 (2.8, 2.9)</p>	6

Итого по разделу 4		6
Раздел 5. Основы обработки экспериментальных данных.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	А. М. Харитонов. . Техника и методы аэрофизического эксперимента: Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016 (8) В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. . Методика и практика технических экспериментов: М.: Академия, 2005 (2)	5
Итого по разделу 5		5
Раздел 6. Измерительная линия и её характеристики.		
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
Раздел 7. Техника измерений параметров газовых потоков.		
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
Раздел 8. Техника визуализации газовых потоков.		
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
Раздел 9. Измерение аэродинамических характеристик.		
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
Раздел 10. Аэродинамические трубы и газодинамические установки.		
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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

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.

Экзамен

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме экзамена. Экзамен проводится в форме устных ответов на 2 вопроса экзаменационного билета. Комплект билетов входит в состав УМК дисциплины. Итоги сдачи экзамена оцениваются следующим образом:

- полный правильный ответ на оба вопроса – отлично;
- полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – хорошо;
- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике – удовлетворительно;
- неправильные ответы и не готовность к собеседованию по темам билета – неудовлетворительно.

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-7	ПСК-1/24.2	
5	10	Раздел 1. Роль эксперимента в изучении физических процессов.	8	4	3	1	4	10	10	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 2. Единицы физических величин.	10	5	3	2	5	10	10	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 3. Теория подобия.	10	5	3	2	5	10	10	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
5	10	Раздел 4. Планирование эксперимента.	11	5	3	2	6	10	10	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
5	10	Раздел 5. Основы обработки экспериментальных данных.	10	5	3	2	5	10	10	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 6. Измерительная линия и её характеристики.	11	6	4	2	5	10	10	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 7. Техника измерений параметров газовых потоков.	11	5	3	2	6	10	10	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 8. Техника визуализации газовых потоков.	11	5	4	1	6	10	10	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 9. Измерение аэродинамических характеристик.	13	6	4	2	7	10	10	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 10. Аэродинамические трубы и газодинамические установки.	13	5	4	1	8	10	10	Вопросы по разделу
Всего за 10 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

Критерии оценивания

ОПК-7

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Как называется процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленных задач с требуемой точностью?
 - № 2 Какой метод относится к поверхностным методам визуализации потока в аэродинамических трубах?
 - № 3 Что является контактным методом измерения температуры?
 - № 4 Как называется метод визуализации течений жидкостей и газовых потоков с помощью подкрашивания?
 - № 5 Что такое полный факторный эксперимент?
 - № 6 Что такое сверхнасыщенные экспериментальные планы?
 - № 7 Как должно располагаться отверстие на датчике для измерения полного давления потока?
 - № 8 Где должно располагаться приемное отверстие для измерения статического давления потока?
 - № 9 Каким устройством можно измерить турбулентность потока (пульсации)?
 - № 10 Принцип работы тензорезисторных датчиков давления заключается в:
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Анализ и обезразмеривание уравнений сохранения импульсов приводят к требованию сохранения при обтекании модели и натурного аппарата чисел:
 1. Чисел Рейнольдса, Фруда, Эйлера
 2. Прандтля и числа Маха
 3. Грасгофа и Прандтля
 - № 2 В больших трансзвуковых А/Д-трубах повышение числа Рейнольдса достигается:
 1. Повышением давления в форкамере
 2. Повышением скорости потока
 3. Понижением температуры потока
 - № 3 В чем принципиальные трудности газодинамического эксперимента при гиперзвуковых скоростях?
 1. Короткий импульсный режим работы трубы
 2. При расширении потока в сопле газ не находится в состоянии термодинамического равновесия (неравновесный поток)
 3. Большие давления и температуры потока
 - № 4 Дозвуковые А/Д-трубы стремятся сделать большими (натурными или почти натурными) потому что при малых размерах рабочей части не получается достичь одновременно подобия по числам:
 1. Грасгофа и Прандтля
 2. Рейнольдса и Фруда
 3. Рейнольдса и Маха
 - № 5 Как получаются критерии подобия в теории «Гидродинамического подобия»?
 1. Из решения задачи обтекания модельных тел
 2. Из анализа 3-хвязких уравнений течения при их обезразмеривании
 - № 6 Какими параметрами обычно характеризуют диапазон рабочих характеристик А/Д-труб?

	1. Давлением в форкамере и температур потока
	2. Числами Рейнольдса и Маха
	3. Числами Грасгофа и Прандтля
№ 7	Поток в сверхзвуковой трубе, рассчитанной на числа Маха больше 4, должен быть подогретым потому что:
	1. Низкие статические температуры потока сказываются на толщине пограничного слоя
№ 8	2. При низких температурах в потоке газа происходит конденсация Подобие бывает Полным и Частичным. В А/Д-экспериментах достаточным считается достижение частичного подобия, потому что нельзя одновременно удовлетворить подобию по числам:
	1. Грасгофа и Эйлера
	2. Рейнольдса и Фруда
	3. Прандтля и числа Маха
№ 9	На основании чего осуществляется моделирование течения в аэродинамической трубе (А/Д-трубе)?
	1. Равенства скоростей потока в натуре и потока в А/Д-трубе
	2. Соблюдения подобия геометрии модели и натурального аппарата
	3. Соблюдения равенства критериев подобия для обтекания модели и натурального аппарата
№ 10	Для чего используется метод шлирен-фотографии:
	1. Для визуализации распределения плотности в потоке
	2. Для получения картины профилей скорости потока
	3. Для измерения оптического качества потока
ПСК-1/24.2	
	<i>Вопросы открытого типа:</i>
№ 1	Что является обязательной частью измерительного комплекса А/Д - аэродинамических труб (как импульсных, так и А/Д непрерывного действия) и баллистических трасс?
№ 2	Какие существуют виды аэродинамических труб?
№ 3	Как называется погрешность, которая при повторных измерениях одной и той же величины в одних и тех же условиях остается постоянной или закономерно изменяется?
№ 4	Какая погрешность характерна только для средств измерения?
№ 5	Назовите метод измерения скоростей.
№ 6	Как называется одна из частей системы автоматизации экспериментальных исследований, служащая для воспроизведения исследуемого процесса или явления?
№ 7	Какие приборы используют для измерения давления?
№ 8	Какая аппаратная особенность шлирен-метода является ключевой?
№ 9	В чем особенность измерения давления сверхзвукового течения классической трубкой Пито-Прандтля?
№ 10	Что отражает оказание уровня жидкости в трубке Пито?
	<i>Вопросы закрытого типа:</i>
№ 1	Принцип работы термоанемометра:
	1. Измерение пульсаций тока через датчик из-за изменения температуры нагретой нити под действием вихрей набегающего потока

2. Измерение отклонения чувствительного элемента под давлением набегающего потока
- № 2 3. Измерение электрического потенциала генерируемого набегающим потоком
Что такое полное давление потока?
1. Давление адиабатически заторможенного потока
- № 3 2. Давление измеряемой среды, переведенной в состоянии покоя
Что такое статическое давление в потоке?
1. Давление адиабатически заторможенного потока
2. Давление, которое действует на поверхность тела, движущегося вместе с потоком, или на неподвижную стенку, расположенную параллельно вектору скорости потока
- № 4 3. Давление измеряемой среды, переведенной в состоянии покоя
В чем принципиальное отличие баллистических трасс от А/Д-труб?
1. Разный принцип моделирования с точки зрения того, что движется: модель или среда
2. В баллистической трассе используется среда с повышенным давлением, у которой физические свойства отличаются от воздуха
- № 5 3. Используются на трассах относительно небольшие модели
Для оптической визуализации потока необходимо создать:
1. Создать параллельный пучок света
2. Мощный пучок света (использовать лазер)
- № 6 3. В рабочей части а/д трубы создать плоскопараллельный поток
Есть ли преимущества и интерференционного метода перед шпирен-методом?
1. Да, обработка интерференционной «картинки» (позволяет получить количественную информацию о поле плотностей потока)
2. Преимуществ нет даже на интерференционной фотографии меньше тонких деталей
- № 7 Какие основные физические явления взаимодействия пучка света с неоднородностями плотности зондируемой среды лежат в основе Оптических Методов Визуализации –ОМВ потока:
1. Разность оптического пути двух лучей, прошедших более плотную и менее плотную среду, что приводит их к интерференции
2. Все эти явления используются в ОМВ, но в разных методах используются разные явления
3. Затемнение на экране, возникающее при прохождении света через более плотную среду
- № 8 4. Отклонение лучей на неоднородностях плотности зондируемой среды
Оптическое качество потока за много сопловыми блоками сверхзвуковых лазеров определяется:
1. Турбулентными структурами- следами за лопатками:
2. Регулярными структурами – ударными волнами и волнами разрежения
3. Пограничными слоями на стенках канала
- № 9 Чем объясняется сферическая аберрация линз (системы линз)?

№ 10

1. Не идеальностью изготовления поверхности линзы
 2. Преломляющие поверхности встречают отдельные лучи пучка света под разными углами
 3. Паразитной дисперсией (белый свет разлагается на составляющие) света проходящего через оптическую систему
- Что позволяет зарегистрировать турбулентность потока при ОМВ:
1. В шлирен-методе правильная настройка ножа –Фуко
 2. При интерферометрии тщательная настройка 2-х оптических каналов
 3. Использование импульсного источника света

$$\Delta t \approx 10^{-6} \text{сек}$$