

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МУЛЬТИФИЗИКА И МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	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	
4	8	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Овчинникова Ольга Константиновна, к.т.н., доцент

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

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МУЛЬТИФИЗИКА И МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

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-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-5

знания:

основных математических соотношений и уравнений математической физики, описывающих гидрогазодинамические и теплофизические процессы в стационарной и нестационарной постановке, с учётом вязких и акустических эффектов;

умения:

разрабатывать физические и математическим модели гидрогазодинамических нестационарных, вязких, сжимаемых течений, обосновывать выбор упрощений и принимаемых допущений, формулировать корректные начальные и граничные условия;

навыки:

численного моделирования гидрогазодинамических нестационарных, вязких, сжимаемых течений, решения задач в сопряженной постановке и мультифизичных задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МУЛЬТИФИЗИКА И МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК, ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ, АЭРОГАЗОДИНАМИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ КАМЕР СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ПСК-1.1 — Способен разрабатывать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей и стендового оборудования
- ПСК-1.10 — Владеет CAE системой на уровне, необходимом для выполнения работ по профилю
- ПСК-1.11 — Владеет CAM системой на уровне, необходимом для выполнения работ по профилю
- ПСК-1.6 — Способен разрабатывать КД на детали, изготавливаемые по аддитивным технологиям, изготавливать их и оценивать показатели качества деталей, полученных по аддитивным технологиям
- ПСК-1.7 — Способен производить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующих двигателей летательных аппаратов и их элементов

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-5
4	8	Раздел 1. Введение в мультифизику и многомасштабное моделирование. Понятия мультифизики, сопряженных расчётов, многомасштабных моделей. Примеры решаемых задач. Основы математического моделирования сложных физических систем (газодинамика, гидродинамика, тепломассоперенос, механика деформируемого твердого тела). Введение в численные методы решения задач гидрогазодинамики и теплообмена. Триада моделирования. Различия в двумерных плоской и осесимметричной постановках.	22	8	4	4	14	20
4	8	Раздел 2. Численные методы решения сопряженных задач гидрогазодинамики и теплообмена. Введение в численные методы решения задач гидрогазодинамики и теплообмена. Триада моделирования. Основы методов конечных разностей, конечных объемов, конечных элементов. Метод Годунова для решения задачи о распаде произвольного разрыва и его модификации. Формулировки математических моделей для решения задач гидрогазодинамики и тепломассопереноса в двумерных и трехмерной постановке. Принимаемые допущения и упрощения. Модели текучих сред. Основные подходы к расчёту теплофизических свойств (теплоёмкость, теплопроводность, вязкость текучих сред). Уравнения Навье - Стокса, осредненные по Рейнольдсу или по Фавру. Модели турбулентности. Формулировки и способы задания граничных и начальных условий.	42	12	6	6	30	40
4	8	Раздел 3. Подходы Эйлера и Лагранжа к решению сопряженных задач. Подходы Эйлера и Лагранжа к численному моделированию. Формулировки математических моделей, граничных условий и условий сопряжения. Понятие подвижных сеток. Правила перестроения сточной области. Учёт влияния деформации твёрдого тела на газодинамическую картину течения. Моделирование высокоскоростных процессов. Моделирование длительных процессов. Моделирование акустических процессов.	44	14	7	7	30	40
Всего за 8 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение в мультифизику и многомасштабное моделирование.	Построение двумерных геометрических объектов, структурированных и неструктурированных сеток. Постановка задач гидрогазодинамики в двумерной осесимметричной и плоской постановках. Сеточная сходимость.	4
2	Раздел 2. Численные методы решения сопряженных задач гидрогазодинамики и теплообмена.	Построение пространственной геометрии и сетки. Работа с базой данных материалов и теплофизических свойств. Постановка задачи сопряженного теплообмена.	6
3	Раздел 3. Подходы Эйлера и Лагранжа к решению сопряженных задач.	Решение задач на подвижных сетках. Моделирование сопряженных задач гидрогазодинамики и механики деформируемого твердого тела. Верификация моделей и валидация результатов моделирования.	7
Всего за 8 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение в мультифизику и многомасштабное моделирование.	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям и текущему контролю успеваемости.	14
2	Раздел 2. Численные	Изучение теоретического материала. Подготовка к	30

	методы решения сопряженных задач гидрогазодинамики и теплообмена.	практическим занятиям и текущему контролю успеваемости. Выполнение индивидуального практического задания. Оформление отчёта по работе, подготовка к защите.	
3	Раздел 3. Подходы Эйлера и Лагранжа к решению сопряженных задач.	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям и текущему контролю успеваемости. Выполнение индивидуального практического задания. Оформление отчёта по работе, подготовка к защите.	30
Всего за 8 семестр			74

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
8					ТекК	ДР		ТекК	Отч. по ПЗ	ДР				ТекК	Отч. по ПЗ	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. К. Любимов, Л. В. Шабарова. . Методы построения расчётных сеток в пакете ANSYS ICEM CFD. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2011, эл. рес.
2. А. С. Оконечников, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков. . Прочностные и динамические расчеты в программном комплексе ANSYS WORKBENCH. Москва: МАИ, 2021, эл. рес.
3. А. Ю. Муйземнек, А. А. Богач. . Математическое моделирование процессов удара и взрыва в программе LS-DYNA. Пенза: ИИЦ ПГУ, 2005, эл. рес.
4. В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Самара: Изд-во СамГТУ, 2013, эл. рес.
5. В. К. Ерофеев, Г. А. Лукьянов, А. В. Савин. . Аэроакустика. Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991, 32 экз.
6. В. Н. Емельянов, О. В. Мясоедова ; Ленингр. мех. ин-т, Ленингр. центр механ. и матем. при Ассоциации советских геомехаников. Разностное моделирование течений газа и жидкости. Ч. 1 Введение в основные методы вычислительной гидрогазодинамики. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991, 74 экз.
7. В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 148 экз.
8. Л. С. Шаблий, А. В. Кривцов, Д. А. Колмакова. . Компьютерное моделирование типовых гидравлических и газодинамических процессов двигателей и энергетических установок в ANSYS Fluent . Самара: Изд-во Самарск. ун-та, 2017, эл. рес.
9. М. В. Горбачёв, В. С. Наумкин, В. А. Спарин. . Моделирование задач теплообмена в среде ANSYS FLUENT. Новосибирск: НГТУ, 2023, эл. рес.
10. М. Г. Моисеев. . Трение и теплообмен в аэродинамике. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, эл. рес.
11. Н. А. Брыков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Динамика вязкой жидкости. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 16 экз.
12. Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17. М.: ДМК Пресс, 2017, эл. рес.
13. О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Решение прикладных задач термогазодинамики в Ansys. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.
14. Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 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://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Электронные ресурсы — 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 - 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. SolidWorks 2015 R5;
3. ANSYS 2020 R2.

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. SolidWorks 2015 R5;
4. ANSYS 2020 R2.

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 **МУЛЬТИФИЗИКА И МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математическим, имитационным и численным моделированием гидрогазодинамических и термодинамических процессов. Особое внимание уделяется задачам в сопряженной постановке и нестационарным процессам.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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. Введение в мультифизику и многомасштабное моделирование.		
Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям и текущему контролю успеваемости.	О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Решение прикладных задач термогазодинамики в Ansys: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1-3) Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (1) М. В. Горбачёв, В. С. Наумкин, В. А. Спарин. . Моделирование задач теплообмена в среде ANSYS FLUENT: Новосибирск: НГТУ, 2023 (1)	14
Итого по разделу 1		14
Раздел 2. Численные методы решения сопряженных задач гидрогазодинамики и теплообмена.		
Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям и текущему контролю успеваемости. Выполнение индивидуального практического задания. Оформление отчёта по работе, подготовка к защите.	А. К. Любимов, Л. В. Шабарова. . Методы построения расчётных сеток в пакете ANSYS ICEM CFD: Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2011 (1) М. Г. Моисеев. . Трение и теплообмен в аэродинамике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1) М. В. Горбачёв, В. С. Наумкин, В. А. Спарин. . Моделирование задач теплообмена в среде ANSYS FLUENT: Новосибирск: НГТУ, 2023 (1) Л. С. Шаблий, А. В. Кривцов, Д. А. Колмакова. . Компьютерное моделирование типовых гидравлических и газодинамических процессов двигателей и энергетических установок в ANSYS Fluent : Самара: Изд-во Самарск. ун-та, 2017 (1) Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1) Н. А. Брыков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Динамика вязкой жидкости: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1) В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1) В. Н. Емельянов, О. В. Мясоедова ; Ленингр. мех. ин-т, Ленингр. центр механ. и матем. при Ассоциации советских геомехаников. Разностное моделирование течений газа и жидкости. Ч. 1 Введение в основные методы вычислительной	30

	гидрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991 (1)	
Итого по разделу 2		30
Раздел 3. Подходы Эйлера и Лагранжа к решению сопряженных задач.		
Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям и текущему контролю успеваемости. Выполнение индивидуального практического задания. Оформление отчёта по работе, подготовка к защите.	<p>В. К. Ерофеев, Г. А. Лукьянов, А. В. Савин. . Аэроакустика: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991 (1)</p> <p>А. Ю. Муйземнек, А. А. Богач. . Математическое моделирование процессов удара и взрыва в программе LS-DYNA: Пенза: ИИЦ ПГУ, 2005 (1)</p> <p>О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Решение прикладных задач термогазодинамики в Ansys: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (3-4)</p> <p>В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Самара: Изд-во СамГТУ, 2013 (1)</p> <p>А. С. Оконечников, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков. . Прочностные и динамические расчеты в программном комплексе ANSYS WORKBENCH: Москва: МАИ, 2021 (1)</p>	30
Итого по разделу 3		30

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- дифференцированный 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 для текущего контроля

Собеседование по пройденному материалу, устные ответы на контрольные вопросы, решение практических задач для проверки усвоения материала

Отчет по практическому заданию

Отчёт по выполненному практическому заданию оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105 и ГОСТ 7.32.

Выполненное задание оформляется как отчёт по проделанной работе и оценивается по десятибалльной шкале на соответствие следующим критериям:

- Отчёт состоит из введения, математической постановки задачи, описания постановки для имитационного моделирования, результатов решения, выводов по работе.
- Представленное решение задачи соответствует индивидуальному заданию.
- Полученные результаты представлены в виде графиков или таблиц значений и позволяют проанализировать влияние на результат решения задачи применения различных численных методов решения и (или) их настроек.

- Выводы о проделанной работе обоснованы и опираются на представленные результаты.

Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты работы, обучающиеся должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы.

Оценка практического задания осуществляется по 100 балльной шкале с учётом:

- выполнение практического задания – 30 баллов,
- оформление пояснительной записки – 20 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 50 баллов.

Работа считается принятой при наборе студентом более 75 баллов.

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачёт выставляется по баллам в соответствии с регламентом БАРС и технологической картой дисциплины при условии выполнения обучающимся всех контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины. В случае несогласия студента с оценкой по баллам или недостаточном количестве баллов для получения зачёта, студент сдаёт теоретический зачёт в формате собеседования по всем разделам курса.

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-5	
4	8	Раздел 1. Введение в мультифизику и многомасштабное моделирование.	22	8	4	4	14	20	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 2. Численные методы решения сопряженных задач гидрогазодинамики и теплообмена.	42	12	6	6	30	40	Отчет по практическому заданию, Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 3. Подходы Эйлера и Лагранжа к решению сопряженных задач.	44	14	7	7	30	40	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию
Всего за 8 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

Оценочные материалы по дисциплине МУЛЬТИФИЗИКА И МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ОПК-5 - Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Что такое гидродинамический пограничный слой?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Что такое сеточная сходимость?
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите названия сред (течений) и их описания
1. Несжимаемая жидкость
 2. Сжимаемый газ
 3. Несжимаемый газ
- А. Среда, в которой масса вещества в единице объема может изменяться
- Б. Среда, в которой давление и температура постоянны
- В. Среда, в которой масса вещества в единице объема постоянна
- Г. Среда, в которой давление постоянно
- № 4 Прочитайте текст и установите последовательность
Определите последовательность действия для решения задачи о стационарном обтекании профиля дозвуковым потоком вязкого газа:
1. Решение задачи для обтекания профиля идеальным газом (невязким)
 2. Выделение области пристеночного пограничного слоя и решение в ней задачи об обтекании вязким газом
 3. Определение режима течения на основании вычисленных чисел Маха и Рейнольдса
 4. Определение характерных толщин динамического и теплового пограничных слоев, уточнение возможности считать течение несжимаемым
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Какова последовательность решения задачи в механике жидкости и газа:
1. Формирование физико-механического описания задачи (ключевых действующих факторов)
 2. Решение прикладной задачи или серии задач, зависящих от параметра (или параметров)
 3. Определение параметров задачи, известных (экспериментальных) данных и целевых показателей
 4. Поиск и анализ ранее выполненных решений, анализ научно-технической литературы
 5. Введение и обоснование допущений, формирование математической модели
 6. Анализ результатов, сравнение с экспериментами и целевыми показателями
 7. Построение численной модели или поиск аналитического решения (если возможен)
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
При анализе нагрева корпуса летательного аппарата, движущегося с высокой сверхзвуковой скоростью, необходимо учитывать следующие виды теплообмена:

1. Конвективный теплообмен
 2. Теплопроводность
 3. Теплообмен излучением
 4. Все перечисленное
- № 7 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите модели турбулентности и тип описываемого течения
1. Модель Спаларта-Аллмараса
 2. Модель Ментера
 3. k-epsilon модель
 4. k-omega модель
- А. дозвуковые пристеночные течения без отрыва потока
- В. универсальная модель
- С. свободные течения и струи
- Д. пристеночные течения
- Е. ламинарное течение
- Ф. моделирование крупных вихрей
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Отношение скорости потока в данной точке к местной скорости звука называют ...
- 1 число Маха
 - 2 число Крокко
 - 3 число Нуссельта
 - 4 число Рейнольдса
 - 5 число Кнудсена
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Отношение скорости потока в данной точке к максимальной теоретической скорости истечения (скорости истечения в вакуум) называют ...
- 1 число Маха
 - 2 число Крокко
 - 3 число Нуссельта
 - 4 число Рейнольдса
 - 5 число Кнудсена
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Термически совершенный газ, описываемый моделью текучей среды "ideal gas" в Ansys подчиняется уравнениям ...
- 1 термическому уравнению состояния Менделеева - Клапейрона
 - 2 калорическому уравнению состояния $U = c_v T$

- 3 уравнению Ван-дер-Ваальса
- 4 уравнению Редлиха – Квонга
- 5 калорическому уравнению состояния $U = c T$
- 6 термическому уравнению состояния $\rho = \text{const}$

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

На поверхности твердого тела для вязкого совершенного газа ставятся следующие граничные условия:

1. Скорость и температура «на бесконечности»
2. Условие «непротекания»
3. Условие «прилипания»
4. Тепловой режим поверхности (условие на температуру, тепловой поток или сопряжение)

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие постулаты всегда принимаются в классической теоретической Механике Жидкости и Газа (МЖГ):

1. Евклидовость пространства
2. Стационарность течения
3. Абсолютность времени
4. Сплошность среды