

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(подпись) Суслин А. В.
«31» мая 2022
ФИО

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Направление/специальность подготовки	15.04.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очно-заочная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

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	
6	12	5	180	34	0	17	17	146	0	0	146	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

15.04.03 Прикладная механика

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Маламанов Степан Юрьевич, д.ф.-м.н., профессор

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

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:

ПСК-1.2 — способность учитывать особенности функционирования машин, приборов и аппаратуры при динамических ударных, циклических, температурных нагружениях, механических, акустических, аэро- и гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных внешних воздействиях, высоком давлении и вакууме

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.2

знания:

физико-математические основы гидродинамики, а также сопряжённые задачи механики деформируемых сред, при динамических ударных, циклических, температурных нагружениях, механических, акустических, аэро- и

гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных внешних воздействиях, высоком давлении и вакууме;;

умения:

применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования циклических, температурных,

механических, акустических, аэро- и

гидродинамических, тепловых,

электромагнитных и радиационных и др. внешних воздействий;;

навыки:

- применения современного математического и программного продуктов для решения технических задач;

- составления расчетных схем гидромеханических систем, обработка экспериментов;

- разработки и применения математических и компьютерных моделей для решения задач механики жидкости и особенности функционирования машин, приборов и аппаратуры;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.04.03 Прикладная механика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**.

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов
- УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.2
6	12	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики. Классификация течений жидкости.	18	2	0	2	16	12
6	12	Раздел 2. Основные сведения из векторной алгебры. Определение вектора как инвариантного объекта.	20	2	0	2	18	12
6	12	Раздел 3. Основы теории механических напряжений. Понятие о внутреннем силовом факторе.	20	2	0	2	18	12
6	12	Раздел 4. Кинематика жидкой среды. Основы описания движения жидкости.	20	2	0	2	18	12
6	12	Раздел 5. Основы тензорного анализа. Тензор, как инвариантный объект. Тензор напряжений в жидкости.	21	2	0	2	19	12
6	12	Раздел 6. Классификация течений жидкости. Классификация вязких течений.	27	8	6	2	19	12
6	12	Раздел 7. Уравнения, описывающие движение жидкости. Уравнение неразрывности, уравнения движения.	27	8	6	2	19	13
6	12	Раздел 8. Основы численных методов. Основные способы построения дискретных аналогов.	27	8	5	3	19	15
Всего за 12 семестр			180	34	17	17	146	100
Всего по дисциплине			180	34	17	17	146	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики.	Основы векторной алгебры.	2
2	Раздел 2. Основные сведения из векторной алгебры.	Компоненты вектора, единичный вектор и его компоненты	2
3	Раздел 3. Основы теории механических напряжений.	Основы теории механических напряжений. Метод сечений	2
4	Раздел 4. Кинематика жидкой среды.	Описания движения жидкости с помощью переменных Эйлера и Лагранжа. Линия тока, циркуляция	2
5	Раздел 5. Основы тензорного анализа.	Тензор, как инвариантный объект.	2
6	Раздел 6. Классификация течений жидкости.	Вязкие и потенциальные движения жидкости	2
7	Раздел 7. Уравнения, описывающие движение жидкости.	Общие замечания. Вывод уравнения неразрывности.	2
8	Раздел 8. Основы численных методов.	Построение дискретных аналогов. Метод контрольного объема.	3
Всего за 12 семестр			17

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 6. Классификация течений жидкости.	Численные методы решения задач гидродинамики.	6
2	Раздел 7. Уравнения, описывающие движение	Сущность численных методов. Моделирование течений жидкости. Моделирование внутренних и внешних	6

	жидкости.	течений.	
3	Раздел 8. Основы численных методов.	Моделирование внутренних течений. Расчет течения в трубе	5
Всего за 12 семестр			17

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики.	Векторы и скаляры, действия с векторами	16
2	Раздел 2. Основные сведения из векторной алгебры.	Действия с векторами.	18
3	Раздел 3. Основы теории механических напряжений.	Понятие о внутреннем силовом факторе, как результате на внешнее воздействие.	18
4	Раздел 4. Кинематика жидкой среды.	Кинематика жидкой среды в переменных Эйлера и Лагранжа.	18
5	Раздел 5. Основы тензорного анализа.	Основы тензорного анализа. Тензор напряжений в жидкости.	19
6	Раздел 6. Классификация течений жидкости.	. Классификация вязких течений. Понятие о пограничном слое	19
7	Раздел 7. Уравнения, описывающие движение жидкости.	Вывод уравнений, описывающих движение жидкости. Уравнения движения в напряжениях	19
8	Раздел 8. Основы численных методов.	Основные понятия метода конечных элементов	19
Всего за 12 семестр			146

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
12						ДР	Тест	ДР							Вопр.Диф.Зач	ДР	Тест, Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Тест – тест;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- тест;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Кудинов, В. А. Кудинов, А. В. Ерёмин. . Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
2. В. Н. Емельянов. . Введение в тензорное исчисление. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. К. Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, , 2 экз.
2. К. Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, , 3 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Естественные и технические науки.

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

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань.

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. Matlab 2015a SP1;
2. КОМПАС-3D V17.

5.6. Информационные технологии:

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

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Практические занятия:

1. Интерактивная доска.

6.2. Лабораторные занятия:

1. Matlab 2015a SP1;
2. КОМПАС-3D V17.

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 **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.04.03 Прикладная механика*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.2 способность учитывать особенности функционирования машин, приборов и аппаратуры при динамических ударных, циклических, температурных нагружениях, механических, акустических, аэро- и гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных внешних воздействиях, высоком давлении и вакууме.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с логическим продолжением содержания дисциплин, связанных с математикой, физикой, и служит основой для освоения таких дисциплин, как основы автоматизированного проектирования, двигатели летательных аппаратов, и т.п.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- тест;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**146 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 146 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. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики.		
Векторы и скаляры, действия с векторами	В. Н. Емельянов. . Введение в тензорное исчисление: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-2)	16
Итого по разделу 1		16
Раздел 2. Основные сведения из векторной алгебры.		
Действия с векторами.	В. Н. Емельянов. . Введение в тензорное исчисление: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-3)	18
Итого по разделу 2		18
Раздел 3. Основы теории механических напряжений.		
Понятие о внутреннем силовом факторе, как результате на внешнее воздействие.	В. Н. Емельянов. . Введение в тензорное исчисление: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-2)	18
Итого по разделу 3		18
Раздел 4. Кинематика жидкой среды.		
Кинематика жидкой среды в переменных Эйлера и Лагранжа.	К. Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (1-3)	18
Итого по разделу 4		18
Раздел 5. Основы тензорного анализа.		
Основы тензорного анализа. Тензор напряжений в жидкости.	К. Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (1-3)	19
Итого по разделу 5		19
Раздел 6. Классификация течений жидкости.		
. Классификация вязких течений. Понятие о пограничном слое	К. Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (1-3)	19
Итого по разделу 6		19
Раздел 7. Уравнения, описывающие движение жидкости.		
Вывод уравнений, описывающих движение жидкости. Уравнения движения в напряжениях	К. Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (1-3)	19
Итого по разделу 7		19
Раздел 8. Основы численных методов.		
Основные понятия метода конечных элементов	А. А. Кудинов, В. А. Кудинов, А. В. Ерёмин. . Математическое моделирование гидродинамики и	19

	теплообмена в движущихся жидкостях: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1-2)	
Итого по разделу 8		19

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- тест;
- 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 к дифференцированному зачету

1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики. Классификация течений жидкости.
2. Векторы и скаляры. Основы векторной алгебры.
3. Основные уравнения и математические модели гидромеханики
4. Основные сведения из векторной алгебры
5. Сетки и основные алгоритмы их построения.
7. Основы теории механических напряжений
8. Тензоры напряжений и деформаций.
9. Преобразование тензоров
10. Основы тензорной алгебры.
11. Тензоры и механика сплошных сред.
12. Метод конечных объемов.
13. Простейшие схемы метода конечных объемов
14. Тензор напряжений в жидкости.
15. Кинематика жидкой частицы
16. Преобразование тензоров
17. Численное интегрирование системы методом конечных объёмов
18. Классификация течений жидкости.
19. Этапы решения задач вычислительной гидродинамики
20. Метод конечных объемов для уравнений Навье-Стокса
21. Моделирование внутренних течений.
22. Моделирование течения в канале

Тест

из минимум 15 вопросов,
не менее 60% правильных ответов - отметка "удовлетворительно"
не менее 80% правильных ответов - отметка
"хорошо"
90% и выше правильных ответов - отметка
"отлично"

Дифференцированный 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.

Дифференцированный зачет состоит из решения задачи и последующего ответа на 2-3 теоретических вопроса. Диф. зачет выставляется в случае защиты курсовой работы на одну из оценок "отлично", "хорошо" или "удовлетворительно" и положительного результата текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы.

Оценка «зачтено - отлично»:

решена задача и получены полные ответы на два вопроса.

Оценка «зачтено - хорошо»:

решена задача и получен ответ минимум на один вопрос

Оценка «зачтено - удовлетворительно»:

решена задача без полноценного ответа на любой из двух вопросов

Оценка «не зачтено»:

задача не решена.

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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.2	
6	12	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики.	18	2	0	2	16	12	Вопросы к дифференцированному зачету
6	12	Раздел 2. Основные сведения из векторной алгебры.	20	2	0	2	18	12	Вопросы к дифференцированному зачету
6	12	Раздел 3. Основы теории механических напряжений.	20	2	0	2	18	12	Вопросы к дифференцированному зачету
6	12	Раздел 4. Кинематика жидкой среды.	20	2	0	2	18	12	Вопросы к дифференцированному зачету
6	12	Раздел 5. Основы тензорного анализа.	21	2	0	2	19	12	Вопросы к дифференцированному зачету
6	12	Раздел 6. Классификация течений жидкости.	27	8	6	2	19	12	Вопросы к дифференцированному зачету
6	12	Раздел 7. Уравнения, описывающие движение жидкости.	27	8	6	2	19	13	Вопросы к дифференцированному зачету
6	12	Раздел 8. Основы численных методов.	27	8	5	3	19	15	Тест
Всего за 12 семестр			180	34	17	17	146	100	
Всего по дисциплине			180	34	17	17	146	100	