

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МЕХАНИКИ ЖИДКОСТИ И ГАЗА»

направление подготовки / специальность

13.04.03 – энергетическое машиностроение

направленность (профиль) подготовки

Двигатели внутреннего сгорания

г. Владимир

Год
2022

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Численные методы механики жидкости и газа» является изучение практического использования методов решения задач механики жидкости и газа с учётом особенностей течений в энергетических установках.

Задачи:

- ознакомить студентов с основными численными схемами решения одно-, двух- и трехмерных задач механики жидкости и газа;
- сформировать навыки разработки математических моделей течений жидкостей и газов с учетом характерных особенностей, присущих энергетическим установкам и тепловым двигателям;
- дать представление о процессе разработки алгоритмов и программ расчета гидрогазодинамических процессов и явлений;
- обучить студентов основам оценки адекватности результатов вычислительного эксперимента по численному моделированию течений жидкости и газа в энергетических установках и тепловых двигателях.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 «Численные методы механики жидкости и газа» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блок Б1 структуры программы магистратуры.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1. Способен участвовать в работах по расчету и конструированию деталей и узлов двигателя и энергетических установок в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-1.1. Знает, как разрабатывается проектная и техническая документация при выполнении эскизных, технических и рабочих проектов деталей и узлов двигателя и энергетических установок. ПК-1.2. Умеет использовать современные средства автоматизации проектирования деталей и узлов двигателя и энергетических установок. ПК-1.3. Владеет современными методами расчета при проектировании двигателей и энергетических установок, а также выбора основных и вспомогательных материалов.	Знает особенности математического моделирования одно-, двух- и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных, внешних и внутренних течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей; Умеет создавать математические модели потоков жидкости и газа, учитывающие характерные особенности течений в энергетических установках; анализировать результаты расчетных исследований течений жидкости и газов, делать обоснованные выводы на	Зачет, КП

		основе такого анализа; проводить оценку адекватности полученных в результате расчетных исследований течений жидкости и газов данных; Владеет практическими навыками математического моделирования течений жидкости и газа.	
--	--	---	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Се мес тр	Не дел я сем ест ра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Са мо ст оя те ль на я ра бо та	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Ле кци и	Прак тиче ские заня тия	Лабо рато рные рабо ты	в ф ор м е пр ак т ич ес ко й по дг о т ов ки		
1	Предмет, задачи и средства вычислительной гидрогазодинамики	3	1-2	2	2		2	12	
2	Обобщенная схема метода Годунова	3	3-4	2	2		2	12	
3	Метод частиц в ячейках	3	5-6	2	2		2	12	Рейтинг-контроль № 1
4	Метод крупных частиц	3	7-8	2	2		2	12	
5	Метод конечных элементов	3	9- 10	2	2		2	12	
6	Метод конечных объемов	3	11- 12	2	2		2	12	Рейтинг-контроль № 2
7	Бессеточные методы	3	13- 14	2	2		2	12	
8	Применение численных методов механики жидкости и газа	3	15- 16	2	2		2	12	

9	Практические технологии решения задач механики жидкости и газа	3	17-18	2	2		2	12	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 3 семестр:				18	18			108	Зачет
Наличие в дисциплине КП/КР									КП
Итого по дисциплине				18	18			108	Зачет, КП

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Предмет, задачи и средства вычислительной гидрогазодинамики

Содержание темы : Предмет, задачи и средства вычислительной гидрогазодинамики. Системы уравнений, описывающие течение несжимаемой и сжимаемой жидкости. Численное решение систем дифференциальных уравнений в частных производных. Одно-, двух- и трехмерные задачи механики жидкости и газа. Метод конечных разностей. Сходимость, устойчивость и устойчивость.

Раздел 2. Обобщенная схема метода Годунова

Содержание темы: Обобщенная схема метода Годунова. Решение задачи одномерного распространения плоских акустических волн. Нестационарные одномерные течения жидкостей и газов в разветвляющихся трубопроводах. Метод Годунова для решения задач многомерной гидрогазодинамики

Раздел 3. Метод частиц в ячейках

Содержание темы : Метод частиц в ячейках. Модифицированные методы частиц в ячейках.

Раздел 4. Метод крупных частиц

Содержание темы : Метод крупных частиц и его модификации. Течения с криволинейными границами

Раздел 5. Метод конечных элементов

Содержание темы: Метод конечных элементов в механике жидкости и газа

Раздел 6. Метод конечных объемов

Содержание темы : Метод конечных объемов и обобщенное дифференциальное уравнение.

Раздел 7. Бессеточные методы

Содержание темы: Бессеточные методы решения задач гидрогазодинамики.

Раздел 8. Применение численных методов механики жидкости и газа

Содержание темы : Применение численных методов механики жидкости и газа для течений с комплексной геометрией, подвижными границами, двухфазных и химически реагирующих течений.

Раздел 9. Практические технологии решения задач механики жидкости и газа

Содержание темы: Практические технологии решения задач механики жидкости и газа в энергомашиностроении (двигателестроении).

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1. Предмет, задачи и средства вычислительной гидрогазодинамики.

Метод конечных разностей. Сходимость и устойчивость.

Раздел 2. Обобщенная схема метода Годунова.

Метод Годунова для одномерных течений.

Раздел 3. Метод частиц в ячейках.

Метод частиц в ячейках.

Раздел 4. Метод крупных частиц.

Метод крупных частиц.

Раздел 5. Метод конечных элементов.

Метод конечных элементов в механике жидкости и газа.

Раздел 6. Метод конечных объемов.

Метод конечных объемов.

Раздел 7. Бессеточные методы.

Бессеточные методы численного решения задач механики жидкости и газа.

Раздел 8. Применение численных методов механики жидкости и газа.

Особенности решения уравнений механики жидкостей и газа в тепловых двигателях и энергетических установках.

Раздел 9. Практические технологии решения задач механики жидкости и газа.
Особенности решения уравнений механики жидкостей и газа в тепловых двигателях и энергетических установках.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Контрольные вопросы для проведения контроля текущего освоения дисциплины 3 семестр

Рейтинг–контроль № 1

1. Построение дискретных аналогов дифференциальных уравнений с помощью разложения в ряд Тейлора.
2. Метод конечных разностей. Явные и неявные схемы.
3. Согласованность, сходимость и устойчивость численной схемы.
4. Методика построения численных схем для решения задач одномерного течения жидкости и газа в разветвленных трубопроводах с помощью метода Годунова.
5. Метод частиц в ячейках.

Рейтинг–контроль № 2

1. Метод крупных частиц.
2. Фиктивные и расчетные ячейки. Постановка граничных условий в методах частиц.
3. Использование методов частиц для течений с криволинейными границами.
4. Расчет параметров стационарных течений жидкости и газа методом установления.
5. Применение метода Годунова для решения многомерных задач газовой динамики.
6. Метод конечных элементов в задачах механики жидкости и газа. Преимущества и ограничения.
7. Метод конечных объемов. Обобщённое дифференциальное уравнение. Шахматная сетка. Разности против потока.
8. Алгоритмы численного решения задач механики жидкости и газа методом конечных объемов.

Рейтинг–контроль № 3

1. Бессеточные методы решения задач газовой динамики.
2. Построение расчетных сеток для областей течения с комплексной геометрией.
3. Особенности численного решения задач механики жидкости и газа для областей течения с подвижными границами.
4. Особенности расчета двухфазных течений.
6. Численные методы расчета турбулентных течений.
6. Химически реагирующие течения.
7. Двухфазные течения с фазовыми переходами.

5.2. Промежуточная аттестация - зачет.

Контрольные вопросы к зачету 3 семестр

1. Построение дискретных аналогов дифференциальных уравнений с помощью разложения в ряд Тейлора.
2. Метод конечных разностей. Явные и неявные схемы.

3. Согласованность, сходимость и устойчивость численной схемы.
4. Методика построения численных схем для решения задач одномерного течения жидкости и газа в разветвленных трубопроводах с помощью метода Годунова.
5. Метод частиц в ячейках.
6. Метод крупных частиц.
7. Фиктивные и расчетные ячейки. Постановка граничных условий в методах частиц.
8. Использование методов частиц для течений с криволинейными границами.
9. Расчет параметров стационарных течений жидкости и газа методом установления.
10. Применение метода Годунова для решения многомерных задач газовой динамики.
11. Метод конечных элементов в задачах механики жидкости и газа. Преимущества и ограничения.
12. Метод конечных объемов. Обобщенное дифференциальное уравнение. Шахматная сетка. Разности против потока.
13. Алгоритмы численного решения задач механики жидкости и газа методом конечных объемов.
14. Бессеточные методы решения задач газовой динамики.
15. Построение расчетных сеток для областей течения с комплексной геометрией.
16. Особенности численного решения задач механики жидкости и газа для областей течения с подвижными границами.
17. Особенности расчета двухфазных течений.
18. Численные методы расчета турбулентных течений.
19. Химически реагирующие течения.
20. Двухфазные течения с фазовыми переходами.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

В течение семестра студенты самостоятельно, под руководством преподавателя, выполняют курсовой проект по теме «Определение коэффициента сопротивления элементов системы впуска(выпуска) поршневого ДВС» или по индивидуальным заданиям, согласованным с руководителем НИР и ВКР.

Задание на курсовой проект

Рассчитать коэффициент сопротивления участка выпускного трубопровода поршневого двигателя внутреннего сгорания.

Содержание курсового проекта

1. Построение геометрической модели участка выпускного трубопровода
2. Генерация расчетной сетки участка выпускного трубопровода
3. Выполнить постановку начальных и граничных условий
4. Задать параметры численной схемы
5. Провести расчет
6. Выполнить анализ результатов расчета
7. Сравнить полученное значение коэффициента сопротивления участка выпускного трубопровода со справочными и экспериментальными значениями

По результатам выполнения курсового проекта студенты представляют расчетно-пояснительную записку и презентацию. Ход выполнения курсового проекта учитывается при проведении рейтинг-контроля.

Курсовой проект защищается специальной комиссии, состоящей из двух преподавателей кафедры, при обязательной участии руководителя курсового проекта в присутствии студентов группы. Вопросы могут задавать все присутствующие.

Перечень тем рефератов для СРС 3 семестр

1. Явные и неявные численные схемы. Сходимость и устойчивость.
2. Программные средства вычислительной гидрогазодинамики.
3. Особенности образования и развития осевого и радиального вихрей в камере сгорания.
4. Особенности образования и развития факела распыленного топлива в камере сгорания дизеля.
5. Условия однозначности при моделировании процесса наполнения.
6. Моделирование теплообмена при вынужденном внутреннем течении жидкости или газа.
7. Особенности моделирования турбулентных течений в цилиндре двигателя внутреннего сгорания.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Зарянкин А.Е. – М.: Изд. Дом МЭИ	2014	http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI226.html
2. Гидростатика. Гидродинамика вязкой жидкости. Практикум с методическими указаниями и решениями [Электронный ресурс]: учебное пособие / Зуева Е.Ю. – М.: Изд. Дом МЭИ	2012	http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI181.html
Дополнительная литература		
1. Инженерные расчеты в SolidWorksSimulation [Электронный ресурс]/ Алямовский А. – М.: ДМК Пресс	2010	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940745860.htm
2. Выполнение домашних заданий и курсовых работ по дисциплине «Механика жидкости и газа» [Элек-тронный ресурс]: учебное пособие / Шабловский А.С. – 2-е изд., - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана	2012	http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0277.htm
3. Численное моделирование вязких вихревых течений для технических приложений [Электронный ресурс]: Монография / Ахмедов В.К., Шка-дов В.Я. – М.: Издательство АСВ	2009	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930936674.htm

6.2. Периодические издания

1. «Двигатель» https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=7604
2. «Фундаментальные исследования»
https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=10121
3. «Двигателестроение» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8643

6.3. Интернет-ресурсы

1. Онлайн справочник по свойствам веществ и материалов thermalinfo.ru
<http://thermalinfo.ru>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия проводятся в аудиториях 301-2, 304-2 оснащенных проектором.

Практические занятия проводятся в аудитории 304-2, оснащенной проектором, компьютерами, лицензионным ПО Matlab R2010b, Mathcad 14.0M011.

Консультации проводятся в аудитории 334-2 оснащенной компьютерами, доступом в интернет, справочными материалами.

Самостоятельная работа студентов осуществляется в аудитории 334-2 оснащенной компьютерами, доступом в интернет, справочными материалами.

Рабочую программу составил
к.т.н.



А. Ю. Абалыев

Рецензент

(представитель работодателя) специалист по сертификации АО «Камешковский механический завод», Владимирская область, г. Камешково
д.т.н.



А. Р. Кульчицкий

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Протокол № 1 от 30.08.22 года
Заведующий кафедрой

ТДЧЭУ



А. Ю. Абалыев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании учебно-методической комиссии направления 13.04.03 – энергетическое машиностроение

Протокол № 1 от 30.08.22 года

Председатель комиссии Председатель комиссии,
д.т.н., профессор



А. Н. Готц

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

«Численные методы механики жидкости и газа»

образовательной программы направления подготовки 13.04.03 – энергетическое машиностроение,

направленность: двигатели внутреннего сгорания

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой _____ / _____

Подпись

ФИО