

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 12 »

02

2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

«Численные методы механики жидкости и газа»

Направление подготовки 13.04.03 – энергетическое машиностроение

Программа подготовки – двигатели внутреннего сгорания

Уровень высшего образования – магистратура

Форма обучения очная

Се- местр	Трудоем- кость зач. ед./час.	Лек- ций, час.	Прак- тич. заян- тий, час.	Лаб. ра- бот, час.	СРС, час.	Форма промежуточ- ного контроля (экз./зачет)
3	3/108	18	18	-	72	КР, зачет
Итого	3/108	18	18	-	72	КР, зачет

Владимир 2015

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Численные методы механики жидкости и газа» является важной составляющей цикла дисциплин, посвященных изучению и математическому описанию процессов, происходящих в потоках жидкостей и газов. В силу того, что системы уравнений гидрогазодинамики могут быть решены аналитически лишь в весьма ограниченном числе случаев, изучение методов численного решения этих уравнений является важной составляющей подготовки инженерных и научных работников в области энергетического машиностроения.

В процессе обучения студентам дается представление о методах построения численных схем решения систем дифференциальных уравнений в частных производных, характеристиках численных схем и методах их оценки. Особое внимание уделяется особенностям численного решения задач механики жидкостей и газов и построению численных схем решения одно-, двух- и трехмерных задач гидрогазодинамики. При изучении дисциплины учитываются особенности течений жидкостей и газов в энергетических установках, такие как течения с подвижными границами, многофазные и химически реагирующие течения.

**Целью дисциплины** «Численные методы механики жидкости и газа» является обучение студентов практическому использованию численных методов решения задач механики жидкости и газа с учетом особенностей течений в энергетических установках;

### **Задачи дисциплины:**

- 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 студентам основам оценки адекватности результатов вычислительного эксперимента по численному моделированию течений жидкости и газа в энергетических установках и тепловых двигателей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Численные методы механики жидкости и газа» относится к вариативной (профильной) части дисциплин, устанавливаемых вузом, общенаучного цикла ОПОП магистратуры.

Вариативная (профильная) часть дает возможность расширения и углубления знаний, умений, навыков и компетенций, определяемых содержанием базовых (обязательных) дисциплин (модулей), позволяет студенту получить углубленные знания, навыки и компетенции для успешной профессиональной деятельности или обучения в аспирантуре.

Для успешного изучения курса студенты должны быть знакомы с основными положениями высшей математики (дифференциальное и интегральное исчисление), физики (молекулярно-кинетическая теория), химии, термодинамики и теплообмена, механики жидкости, газовой динамики, информатики, теории рабочих процессов поршневых двигателей, конструировании двигателей, основ научных исследований и испытаний двигателей, систем двигателей, а также пройти производственную практику на машиностроительном предприятии.

Дисциплина «Численные методы механики жидкости и газа» дает студентам представление о численных методах интегрирования систем дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих потоки жидкостей и газов в рабочих органах, системах и агрегатах энергетических установок и тепловых двигателей. При этом студенты используют понятийный и математический аппарат, изучаемый в курсе высшей математики.

Знания о строении вещества, полученные при изучении физики и химии, позволяют студентам составить целостную, непротиворечивую картину физических процессов и явлений, возникающих в движущейся сплошной среде. Положения термодинамики и теории теплообмена позволяют установить количественную взаимосвязь между параметрами состояния, а также потоками массы и энергии, при движении жидкостей и газов.

Структура и вид систем дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих особенности течения жидкости изучается в курсе механики жидкости, а газа – газовой динамики.

Материал дисциплин профессионального цикла позволяет студентам учитывать особенности энергетических установок и тепловых двигателей как объектов исследований при проведении расчетных исследований течений жидкости и газа и оценке их результатов.

Навыки использования вычислительной техники, полученные при изучении информатики, должны помочь студентам при создании программ, реализующих алгоритмы численного решения задач механики жидкости и газа, при проведении, обработке и оформлении результатов, вычислительных экспериментов по исследованию течений в энергетических установках и тепловых двигателях.

Производственная практика на машиностроительном предприятии дает возможность студентам увидеть и познакомиться с машиностроительным производством и методами проведения натурных испытаний, что позволит им легче усваивать излагаемый на учебных занятиях материал.

Дисциплина «Численные методы механики жидкости и газа» является важной составной частью процесса подготовки современного специалиста, владеющего перспективными методами разработки и исследования энергетических установок, способного к инновационной деятельности в условиях высокотехнологичной, модернизационной технологической и научной среды.

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью применять современные методы исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки (ОПК-2);
- способностью использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности (ПК-4).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- особенности математического моделирования одно-, двух- и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных, внешних и внутренних течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей;

**уметь:**

- 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 основе такого анализа;
- проводить оценку адекватности полученных в результате расчетных исследований течений жидкости и газов данных;

**владеть практическими навыками:**

- математического моделирования течений жидкости и газа.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)****«Численные методы механики жидкости и газа»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы трудоемкости (3 семестр – 3 ЗЕТ), 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах /%)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	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. Согласованность, сходимость и устойчивость.	1	1	2	2	-		10		2/50	
2	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.	1	3	2	2	-		10		2/50	
3	Метод частиц в ячейках. Модифицированные методы частиц в ячейках.	1	5	2	2	-		10		2/50	Рейтинг-контроль №1
4	Метод крупных частиц и его модификации. Течения с криволинейными границами.	1	7	2	2	-		10		2/50	
5	Метод конечных элементов в механике жидкости и газа.	1	9	2	2	-		5		2/50	
6	Обобщенное дифференциальное уравнение и метод конечных объемов.	1	11	2	2	-		5		2/50	Рейтинг-контроль №2
7	Бессеточные методы решения задач гидрогазодинамики.	1	13	2	2	-		5		2/50	
8	Применение численных методов	1	15	2	2	-		5		2/50	

	механики жидкости и газа для течений с комплексной геометрией, подвижными границами, двухфазных и химически реагирующих течений.									
9	Практические технологии решения задач механики жидкости и газа в энергомашиностроении (двигателестроении).	1	17	2	2	-	22	+	2/50	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего за 3 семестр</b>				<b>18</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>72</b>	<b>+</b>	<b>18/50</b>	<b>зачет</b>

#### 4.1. Практические занятия

Практические занятия являются формой индивидуально-группового и практико-ориентированного обучения на основе реальных или модельных ситуаций применительно к виду и профилю профессиональной деятельности.

#### Темы практических занятий

№ пп	Тема. Цели практикума	Наименование занятия
1.	Тема 1. Цель: Формирование навыков постановки граничных и начальных условий, обеспечивающих устойчивое, сходящееся решение нестационарных задач механики жидкости и газа	Метод конечных разностей. Сходимость и устойчивость.
2.	Тема 2. Цель: Овладение практическими навыками численного решения задачи об одномерном течении в разветвленном трубопроводе.	Метод Годунова для одномерных течений.
3	Тема 3. Цель: Овладение практическими навыками решения двумерных задач механики жидкости и газа методом частиц в ячейках.	Метод частиц в ячейках.
4	Тема 4. Цель: Овладение практическими навыками решения двумерных задач механики жидкости и газа методом крупных частиц.	Метод крупных частиц.
5	Тема 5. Цель: Овладение практическими навыками решения задач механики жидкости и газа методом конечных элементов.	Метод конечных элементов в механике жидкости и газа.
6	Тема 6. Цель: Овладение практическими навыками решения задач механики жидкости и газа методом конечных объемов.	Метод конечных объемов.
7	Тема 7. Цель: Овладение практическими навыками решения задач механики жидкости и газа бессеточными методами.	Бессеточные методы численного решения задач механики жидкости и газа
8, 9	Тема 8. Цель: Овладение практическими навыками решения задач механики жидкости и газа применительно к условиям течений в тепловых двигателях и энергетических установках.	Особенности решения уравнений механики жидкостей и газа в тепловых двигателях и энергетических установках

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МЕХАНИКИ ЖИДКОСТИ И ГАЗА»

Для формирования и развития профессиональных навыков у студентов при проведении практических занятий, а также при самостоятельной работе применяются следующие образовательные технологии.

При проведении лекций и практических занятий используются электронные средства обучения (ЭСО) в виде комплекта компьютерных слайдов в формате ppt. Использование компьютерных технологий позволяет ввести в образовательный процесс интерактивность,

развивающую активные формы обучения. Это обстоятельство позволяет обеспечить эффективность и самостоятельной работы студентов.

Для реализации комплексного подхода в учебный процесс также интегрируются интерактивные образовательные технологии, включая информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), а также применяются:

- учебные дискуссии;
- методы групповой работы;
- компьютерная симуляция (процессов, объектов и т. п. по профилю дисциплины);
- мультимедийные технологии при проведении учебных занятий.

Для лучшего освоения материала студенты выполняют курсовую работу на тему «Численные методы механики жидкости и газа». Каждому студенту предлагается индивидуальное задание.

Курсовая работа должна содержать следующие обязательные разделы:

- анализ решаемой задачи течения сжимаемой или несжимаемой жидкости;
- постановка и обоснование начальных и граничных условий;
- построение геометрической модели расчетной области и расчетной сетки;
- запись дискретных аналогов уравнений механики жидкости и газа применительно к условиям решаемой задачи;
- расчет параметров течения и анализ результатов расчета.

Целью самостоятельной работы являются формирование навыков самостоятельной организации труда и личности студента, развитие его способности к самообучению, а также повышение его профессионального уровня.

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, подготовке к практическим занятиям, к рубежным контролям и к зачету. На лекциях преподаватель излагает основной материал по теме занятия, детально объясняет вопросы, вызвавшие у студентов затруднения, указывает на разделы, которые студенты должны освоить самостоятельно и дает рекомендации по их изучению. На практических занятиях изучаемые вопросы уточняются по мере решения задач. Самостоятельная работа может включать в себя практику подготовки рефератов, презентаций и докладов по ним. Тематика рефератов должна иметь проблемный и профессионально ориентированный характер, связанной с предполагаемой темой магистерской диссертации и требующей самостоятельной творческой работы студента.

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

**Текущая оценка:**

- тестирование;
- отдельно оцениваются личностные качества студента;
- устные опросы в процессе занятий.

**Итоговый контроль** по результатам семестра по дисциплине проходит в форме сдачи курсовой работы и зачета - 3 семестр.

## **6.1. Контрольные вопросы для проведения контроля текущего освоения дисциплины (3 сем.)**

### **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, сходимости 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.

## **6.2. Контрольные вопросы к зачету**

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

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п / п	Автор, название, вид, издательство	Год издания	Кол-во экз. в биб-ке ВлГУ	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ	Кол-во студ., обучающих по направлению	Обеспеченность студентов литературой, %
1	2	3	4	5	6	7
<b>Основная литература</b>						
1	Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Зарянкин А.Е. – М.: Изд. Дом МЭИ	2014		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI226.html">http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI226.html</a>		
2	Гидростатика. Гидродинамика вязкой жидкости. Практикум с методическими указаниями и решениями [Электронный ресурс]: учебное пособие / Зуева Е.Ю. – М.: Изд. Дом МЭИ	2012	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI181.html">http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI181.html</a>		
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation [Электронный ресурс]/ Алямовский А. – М.: ДМК Пресс	2010	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940745860.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940745860.html</a>		
2	Выполнение домашних заданий и курсовых работ по дисциплине «Механика жидкости и газа» [Электронный ресурс]: учебное пособие / Шабловский А.С. – 2-е изд., - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана	2012	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0277.html">http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0277.html</a>		
3	Численное моделирование вязких вихревых течений для технических приложений [Электронный ресурс]: Монография / Ахмедов В.К., Шкадов В.Я. – М.: Издательство АСВ	2009	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930936674.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930936674.html</a>		



## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МЕХАНИКИ ЖИДКОСТИ И ГАЗА»**

Для выполнения курсовых и самостоятельных работ и при проведении практических занятий используются специализированные лаборатории кафедры с лабораторными учебными стендами и ПК в компьютерной классе кафедры.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлению 13.04.03 «Энергетическое машиностроение», утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1501 от 21. 11. 2014 года, применительно к учебному плану направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень высшего образования магистратура), утвержденному ректором ВлГУ 04.02.2015 г.

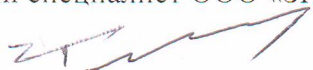
Рабочую программу составил профессор кафедры ТД и ЭУ, д.т.н.



С.Г. Драгомиров

**Рецензент**

(представитель работодателя) главный специалист ООО «ЗИП «КТЗ» г. Владимир д.т.н.

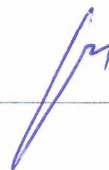


А.Р. Кульчицкий

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТД и ЭУ

Протокол № 19 от 10.02.2015 года

Заведующий кафедрой «Тепловые двигатели и энергетические установки»

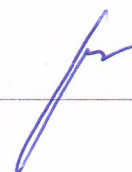


В.Ф. Гуськов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение»

Протокол № 1 от 12.02.2015 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_



В.Ф. Гуськов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 2 от 06.09.16 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гуськов

Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 05.09.17 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.Ф. Гуськов

Рабочая программа одобрена на 2018/2019 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 24 от 04.09.18 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.Ф. Гуськов

Рабочая программа одобрена на 2019/2020 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.2019 г.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.Ф. Гуськов

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.Ф. Гуськов

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.Ф. Гуськов