

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВПО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

МиКМ

проф. А.В. Ковалев

22.03.2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.08 Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент

**1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:**

01.03.03 Механика и математическое моделирование

**2. Профиль подготовки:** Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг

**3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Механики и компьютерного моделирования

**6. Составители программы:**

Бондарева Мария Владимировна, аспирант, факультет ПММ, кафедра МиКМ, [Dobrosotskaya\\_masha@mail.ru](mailto:Dobrosotskaya_masha@mail.ru)

Ковалев Алексей Викторович, доктор физ-мат. наук, профессор, факультет ПММ, кафедра МиКМ, [kovalev@amm.vsu.ru](mailto:kovalev@amm.vsu.ru)

**7. Рекомендована:** НМС факультета ПММ протокол №5 от 22.03.2024

**8. Учебный год:** 2027 - 2028

**Семестр(ы):** 7,8

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью изучения дисциплины является формирование комплекса знаний и практических навыков, необходимых для решения прикладных задач в области моделирования различных рабочих процессов в пакетах ANSYS CFX. Задачи дисциплины: изучение основных понятий вычислительной гидродинамики; изучение основ моделирования турбулентных течений средствами современной вычислительной гидродинамики; приобретение навыков использования современных компьютерных технологий для моделирования различных рабочих процессов в пакетах ANSYS CFX; приобретение навыков импортирования геометрических моделей и сеток; приобретение навыков формирования математической модели; - приобретение навыков адекватного определения граничных условий; приобретение навыков использовать имеющиеся средства для обработки и удобного представления результатов расчета.

### 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина Б1.В.09 «Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент» входит в вариативную часть профессионального цикла. Для освоения дисциплины необходимы знания следующих дисциплин: алгебра, аналитическая геометрия, теоретическая механика. механика жидкости и газа, пакеты инженерного анализа, алгоритмы построения расчетных сеток. Освоение дисциплины позволит в дальнейшем изучать специальные курсы по профилю подготовки.

### 11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-3	Способность к самостоятельной научно-исследовательской работе	ОПК-3.1	Поиск и систематизация знаний в области современных пакетов трехмерного моделирования.	Знать: современные способы поиска информации в сети интернет. Уметь: формировать запросы поиска необходимой информации Владеть: навыками работы с большим объемом профессиональной информации.
		ОПК-3.2	Способность использовать программные средства для решения типовых задач.	Знать: основные понятия вычислительной гидродинамики; основы моделирования турбулентных течений средствами современной вычислительной гидродинамики Уметь: формировать математическую модель, определять параметры граничных условий, задавать физические свойства веществ, задавать

				<p>параметры решения задачи</p> <p>Владеть: навыками разработки физико-математических моделей исследуемых процессов; навыками решения физико-математических моделей исследуемых процессов; навыками самостоятельного получения новых знаний по моделированию рабочих процессов</p>
		ОПК-3.3	<p>Использование современных информационных технологий, программных средств для решения задач в профессиональной области</p>	<p>Знать: возможности и особенности прикладных пакетов программ ANSYS CFX.</p> <p>Уметь: создавать и импортировать геометрические модели; применять сеточный генератор для построения геометрической и сеточной моделей для анализа различных вариантов решений заданной задачи; использовать программное обеспечение ANSYS CFX для анализа вариантов решений заданной задачи</p> <p>Владеть: навыками решения прикладных задач и оптимизации конструктивных схем проточной части с помощью прикладных пакетов ANSYS CFX; навыками анализа вариантов решений, разработки и поиска компромиссных решений.</p>
ПК-4	<p>готовность использовать основы теории эксперимента в механике, понимание роли эксперимента в математиче</p>	ПК-4.1	<p>Способен к постижению основ математических моделей реального объекта</p>	<p>Знать: основы математических моделей реального процесса или объекта.</p> <p>Уметь: постигать основы математических моделей реального объекта.</p> <p>Владеть: навыками применения моделирования для построения объектов и процессов, предсказания их</p>

ском моделировании процессов и явлений реального мира			свойств
	ПК-4.2	Способен к обработке и интерпретации полученных результатов моделирования	Знать: основные способы обработки результатов компьютерного моделирования Уметь: подбирать средства и методы для постановки и решения задач Владеть: методикой проведения исследования и способами анализа результатов.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3/108.**

**Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен):** зачет

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам 7
Контактная работа			
в том числе:	лекции		
	практические		
	лабораторные	50	50
	курсовая работа		
	<i>др. виды(при наличии)</i>		
Самостоятельная работа		58	58
Промежуточная аттестация (для экзамена)			Зачет
Итого:		108	108

#### 13.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
2.Лабораторные занятия			
1.	Введение	Обзор современного программного	«Физико-

		обеспечения предназначенного для решения задач гидродинамики	механический практикум и вычислительный эксперимент»
2.	Ansys, платформа Workbench	Основы работы в платформе Workbench	«Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент»
3.	Ansys cfx (ламинарное/турбулентное течение)	Исследование течения жидкости в внезапно расширяющемся / сужающемся канале. Получение сеточно-независимого решения, определение длин, образующихся вихрей.	«Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент»
4.	Ansys cfx (многокомпонентное течение)	Исследовании взаимодействия двух различных компонентов. Определение длины перемешивания струй.	«Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент»
5.	Ansys cfx (сверхзвуковое течение)	Решение задачи о сверхзвуковом течении жидкости. Получение сеточно-независимого решения.	«Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент»

### 13.2 Междисциплинарные связи

№ п/п	Наименование дисциплин учебного плана, с которым организована взаимосвязь дисциплины рабочей программы	№ разделов дисциплины рабочей программы, связанных с указанными дисциплинами
1.	Генераторы сеток	Все разделы
2.	Пакеты инженерного анализа	Все разделы
3.	Численные методы	Все разделы

### 13.3 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Введение		2	4	6
2.	Ansys, платформа Workbench		8	10	18
3.	Ansys cfx (ламинарное/турбулентное течение)		12	12	24
4.	Ansys cfx (многокомпонентное течение)		16	18	38
5.	Ansys cfx (сверхзвуковое течение)		12	14	36
	Итого		50	58	108

## 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студентам, изучающим дисциплину, рекомендуется проведение самостоятельной работы с конспектами лекций, презентационным материалом, методическими указаниями, литературой. При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины**

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Басов К.А. ANSYS для конструкторов – М.: ДМК Пресс, 2012г.– 248 с.
2	Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров. Справочное пособие – М.: Машиностроение, 2004г. – 512 с.
3.	Басов К.А. ANSYS: справочник пользователя - М.: ДМК Пресс, 2008г. - 640 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах/ Под общ. ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002г.– 224 с.

**в) информационные электронно-образовательные ресурсы:**

№ п/п	Источник
1.	Электронная библиотека ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a>
2.	Национальный цифровой ресурс «РУКОНТ»
3.	ЭБС «Консультант студента»
4.	ЭБС «Лань»
5.	Онлайн-курс, размещенный на LMS-платформе edu.vsu.ru: «Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент»

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

№ п/п	Источник
1.	Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах/ Под общ. ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002г.– 224 с.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-курс «Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, использование средств мультимедиа для визуализации решения задач

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение	ОПК-3	ОПК-3.1	Практикоориентированные задания/домашние задания
2.	Ansys, платформа Workbench	ОПК-3	ОПК-3.1	<i>Лабораторные задания/домашние задания</i>
3.	Ansys cfx (ламинарное/турбулентное течение)	ОПК-3 ПК-4	ОПК-3.2 ОПК-3.3 ПК-4.1	<i>Лабораторные задания/домашние задания</i>
4.	Ansys cfx (многокомпонентное течение)	ОПК-3 ПК-4	ОПК-3.2 ОПК-3.3 ПК-4.2	<i>Лабораторные задания/домашние задания</i>
5.	Ansys cfx (сверхзвуковое течение)	ОПК-3 ПК-4	ОПК-3.2 ОПК-3.3 ПК-4.1 ПК-4.2	<i>Лабораторные задания/домашние задания</i>
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				<i>Выполнение лабораторных работ</i>

**20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания****20.1 Текущий контроль успеваемости**

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: Практикоориентированные задания/домашние задания, *Лабораторные задания/домашние задания*

Практикоориентированные задания/домашние задания

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Перечень заданий из задачников и пособий из п.16

Описание технологии проведения Решение практикоориентированных заданий происходит в течение 1 часа 30 минут в учебной аудитории, для выполнения домашних заданий предусмотрены часы из СРС Проверка правильности выполнения проводится путем проверки выполненных упражнений

*Лабораторные задания/домашние задания*


---

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Описание технологии проведения Решение лабораторных заданий происходит в течение 1 часа 30 минут в учебной аудитории, для выполнения домашних заданий предусмотрены часы из СРС Проверка правильности выполнения проводится путем проверки выполненных упражнений

Оценка	Критерии оценок
Зачтено	Правильное выполнение трех лабораторных работ.
Незачтено	Неправильное или невыполнение трех лабораторных работ.

**20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

*Лабораторные задания/домашние задания*

---

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Описание технологии проведения Решение лабораторных заданий происходит в течение 1 часа 30 минут в учебной аудитории, для выполнения домашних заданий предусмотрены часы из СРС Проверка правильности выполнения проводится путем проверки выполненных упражнений

Оценка	Критерии оценок
Зачтено	Правильное выполнение трех лабораторных работ.
Незачтено	Неправильное или невыполнение трех лабораторных работ.

**20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ:**

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая движение вязкой ньютоновской жидкости называется уравнениями
  - a) Анри Навье
  - b) Ньютона
  - c) Навье-Стокса**
  - d) Бюргерса
  
2. Количество неизвестных величин, входящих в систему уравнений, описывающих движение вязкой ньютоновской жидкости
  - a) 2
  - b) 5
  - c) 1



d) 4

3. Безразмерная величина, характеризующая отношение инерционных сил к силам вязкого трения в вязких жидкостях и газах называется
  - a) Числом Маха
  - b) Числом Рейнольдса**
  - c) Числом Фруда
  - d) Числом Ньютона
  
4. Отношение скорости течения в данной точке газового потока к местной скорости распространения звука в движущейся среде называется
  - a) Числом Маха**
  - b) Числом Рейнольдса
  - c) Числом Фруда
  - d) Числом Ньютона
  
5. Безразмерная величина, один из критериев подобия нестационарных (часто колебательных) течений жидкостей и газов.
  - a) Число Маха
  - b) Число Рейнольдса
  - c) Число Фруда
  - d) Число Струхаля**
  
6. Метод, лежащий в основе численного решения гидрогазодинамики.
  - a) Метод конечных элементов
  - b) Метод контрольных объемов**
  - c) Метод конечных разностей
  
7. Метод, лежащий в основе численного решения задач механики твердого тела.
  - a) Метод конечных элементов**
  - b) Метод контрольных объемов
  - c) Метод конечных разностей
  
8. Верно ли утверждение: «Если какое-либо отображение оригинала геометрически полностью ему подобно, но не удовлетворяет каким-то важнейшим свойствам, то такое отображение называется не моделью, а макетом»
  - a) Да**
  - b) Нет
  
9. Основоположителем теории метода конечных элементов является
  - a) Х.Мартин
  - b) М.Тернер
  - c) Р.Курант**
  - d) Анри Навье
  
10. Верно ли утверждение: «Метод конечных элементов представляет собой эффективный численный метод решения инженерных и физических задач. Предполагается, что цельная конструкция рассматривается как совокупность отдельных конечных элементов».
  - a) Да**
  - b) Нет

11. Верно ли утверждение: «В МКЭ любые непрерывные величины, такие как перемещение, температура, давление, и пр. могут быть аппроксимированы дискретной моделью.»
- a) **Да**  
b) Нет
12. Верно ли утверждение: «В МКЭ кусочно-непрерывные функции определяются с помощью значений непрерывной величины в бесконечном фиксируемом числе точек рассматриваемой области. Эти точки называются узлами.»
- a) Да  
b) **Нет**
13. Верно ли утверждение: «В МКЭ значение непрерывной величины в каждой узловой точке считается переменной, которая должна быть определена.»
- a) **Да**  
b) Нет
14. Верно ли утверждение: «Увеличение числа элементов конечно-элементной сетки увеличивает точность производимого расчета, но при этом сокращается время его вычисления»
- a) Да  
b) **Нет**
15. Для чего необходимо задавать граничные условия?
- a) **Для нахождения единственного решения**  
b) Для определения свойств материала.  
c) Для определения порядка расчетной схемы  
d) Для аппроксимации функции полиномами

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

1. Что необходимо сделать для того, чтобы проверить выводы, полученные в результате исследования гипотетической модели?  
Ответ: Необходимо сопоставить результаты исследования модели на ЭВМ с результатами натурного эксперимента
2. Какого характера получаются выводы при исследовании гипотетической модели?  
Ответ: Условного
3. Численный метод предполагает решение в бесконечном цикле итераций. Когда следует прервать процесс вычисления?  
Ответ: Когда будет достигнута заданная степень точности
4. Какое преимущество имеет вычислительный эксперимент по сравнению с натурным экспериментом?  
Ответ: Короткие сроки и минимальные материальные затраты
5. Какими методами следует решать системы, состоящие из линейных и нелинейных уравнений?  
Ответ: Приближенными

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины.

выполнения студентом первой лабораторной работы.