

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»**

Кафедра мехатроники и международного инжиниринга

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ДИСЦИПЛИНЫ «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА»**

Направление подготовки  
**01.06.01 Математика и механика**  
Направленность (профиль)  
**Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры**

Квалификация  
**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения  
**Очная**

Орел – 2016

Рабочая программа дисциплины «Вычислительная механика» разработана на кафедре мехатроники и международного инжиниринга Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева в соответствии со следующими нормативными документами:

- Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденный Приказом Минобрнауки РФ от 19.11.2013 г. № 1259.

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ № 866 от 30.07.2014 г.

- Положение о порядке разработки рабочих программ дисциплин, реализуемых по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре от 21.04.2016 г.

Одобрена на заседании кафедры мехатроники и международного инжиниринга (протокол № 11 от 23.06.2016 г.).

Зав. кафедрой

 Л.А. Савин

«23» 06 2016 г.

Составитель:  
канд. техн. наук, доцент

 А.В. Корнаев

«23» 06 2016 г.

## Содержание

Введение	4
1 Цели освоения учебной дисциплины (модуля)	5
2 Место дисциплины (модуля) в структуре ООП	5
3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины (модуля)	5
4 Структура учебной дисциплины (модуля) и распределение ее трудоемкости	7
5 Технологическая карта учебной дисциплины (модуля)	8
6 Самостоятельная работа аспирантов	11
7 Образовательные технологии	11
8 Оценочные средства для текущего и рубежного контроля успеваемости	11
9 Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение учебной дисциплины (модуля)	12
10 Рекомендуемая литература	13
10.1 Основная литература	13
10.2 Дополнительная литература	13

## **Введение**

Предметом изучения дисциплины являются математические модели механики сплошных сред, методы анализа моделей, а также численные методы реализации этих моделей.

Материалы рабочей программы предполагают проведение 12 часов лекций и 24 часа практических занятий по базовым разделам дисциплины, включая основы теории математического моделирования, основы теории подобия, численные методы решения ОДУ, вариационные принципы решения ДУЧП, основы методов конечных элементов и контрольных объемов.

Приобретенные студентами знания и умения могут быть использованы при численной реализации математических моделей механических систем в виде систем ОДУ или ДУЧП. Полученные при изучении курса знания и практические навыки могут быть использованы для выполнения квалификационно-выпускной работы и подготовки кандидатской диссертации.

## **1 Цели освоения учебной дисциплины (модуля)**

Целью изучения дисциплины «Вычислительная механика» является формирование у обучающегося системы знаний по основам современных численных методов и навыков их эффективного применения при проектировании и исследовании различных механических систем.

Основными задачами изучения студентами дисциплины являются:

- прямые и итерационные методы решения задачи Коши и краевых задач;
- одношаговые и многошаговые методы решения систем ОДУ;
- разностные методы решения линейных дифференциальных уравнений в частных производных;
- методы интегрирования дифференциальных уравнений, основанные на вариационных принципах.

## **2 Место дисциплины (модуля) в структуре ООП**

Дисциплина «Вычислительная механика» относится к дисциплинам, вариативной части подготовки аспиранта по направлению 01.06.01 «Математика и механика» направленности «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры». Дисциплина направлена на подготовку аспиранта к сдаче кандидатского экзамена.

Для успешного освоения курса «Вычислительная механика» обучающийся должен знать такие разделы математики как линейная алгебра и математический анализ; законы механики твердого тела, механики деформируемого тела, механики сплошных сред, уметь выполнять математическую постановку краевых задач при исследовании механических систем, иметь навыки программирования на ЭВМ.

Изучение дисциплины базируется на компетенциях, приобретенных при изучении дисциплин «Методология научных исследований» (Б1.В.ОД4), «Анализ, синтез и моделирование систем» (Б1.В.ФТД).

## **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины (модуля)**

Процесс изучения дисциплины «Вычислительная механика» направлен на формирование следующих компетенций:

универсальных:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

общефессиональных:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2);

профессиональных:

- способность изучать методами механики и вычислительной математики закономерности, явления и процессы различной природы (механические, пневмогидравлические, электрические, электромагнитные и т.д.), имеющие место в технических системах (ПК-101);

- способность применять методы нахождения оптимальных и/или рациональных технических решений, включая выбор структурно-функциональных схем, материалов, массогабаритных параметров и эксплуатационных характеристик (ПК-103);

- способность использовать для решения задач исследования и проектирования машин, приборов и аппаратуры современные средства автоматизированного проектирования и методы проведения экспериментальных исследований с использованием информационно-измерительных систем (ПК-104);

- способность выполнять с использованием численных методов динамические и прочностные расчеты с целью обеспечения эффективности, надежности и безопасности машин, приборов и аппаратуры на всех этапах жизненного цикла (ПК-105).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать**

- основные этапы разработки математических моделей сложных технических систем;

- методы теории подобия для анализа технических систем и их математических моделей;

- численные методы решения задачи Коши и систем ОДУ;

- способы построения разностных схем для решения дифференциальных уравнений;

- вариационные подходы при решении краевых задач;

- основы метода конечных элементов и контрольных объемов (способы дискретизации расчетной области, построение дискретных аналогов дифференциальных уравнений).

**уметь**

- разрабатывать математические модели технических систем на основе законов механики твердого тела и деформируемой среды;

- применять методы решения дифференциальных уравнений для численной реализации математических моделей исследуемых систем;

- реализовывать эффективные численные методы в виде программ расчета и проектирования технических систем;

**владеть**

- навыками постановки краевых задач;
- навыками построения разностных аналогов дифференциальных уравнений методом конечных разностей;
- навыками применения вариационных принципов для решения краевых задач;
- навыками применения конечно-элементных методов;
- навыками применения современных САЕ-систем при решении инженерных задач.

#### **4 Структура учебной дисциплины (модуля) и распределение ее трудоемкости**

Таблица 1 – Структура дисциплины и распределение часов

Виды учебной работы	Всего, кол.		За 5 семестр, кол.	
	часов	занятий	часов	занятий
1	2	3	4	5
<b>1 Аудиторные занятия, всего</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>18</b>
Лекции (лек)	12	6	12	6
в т.ч. в интерактивной форме	0(0)		0(0)	
Практические занятия (пр)	24	12	24	12
в т.ч. в интерактивной форме	0(0)		0(0)	
<b>2 Самостоятельная работа</b>	<b>72</b>		<b>72</b>	
<b>2.1 Обязательная самостоятельная работа студентов (ОСРС)</b>	36		36	
<b>2.2 Контролируемая самостоятельная работа студентов (КСРС)</b>	36		36	
<b>3 Промежуточный контроль (вид)</b>			<b>Экзамен (36)</b>	
<b>Общая трудоемкость в часах:</b>	<b>108</b>		<b>108</b>	
<b>Общая трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	

## 5 Технологическая карта учебной дисциплины (модуля)

Таблица 2 – Технологическая карта учебной дисциплины (модуля)

Учебная неделя	Вид и № занятия	Тема занятия	№ компетенции	№ рекомендуемой литературы	Часы за семестр
1	2	3	4	5	6
1	лек №1	<p>Лекция: Основы математического моделирования.</p> <p>Изучаемые вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основы системологии.</li> <li>2. Понятия модели и моделирования. Виды моделирования.</li> <li>3. Основные этапы математического моделирования.</li> <li>4. Основные уравнения механики сплошных сред.</li> <li>5. Основы теории подобия и анализа размерностей. Условие динамического подобия.</li> </ol> <p>Вопросы для самостоятельного изучения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Критерии подобия в теории упругости и гидромеханике.</li> </ol>	УК-1, ОПК-2, ПК-101, ПК-103	5, 7, 22. 27	2
3	лек №2	<p>Лекция: Численные методы решения систем ОДУ.</p> <p>Изучаемые вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Решение задачи Коши с использованием формулы Тейлора.</li> <li>2. Одношаговые и многошаговые методы в решении задачи Коши.</li> <li>3. Конечно-разностные методы решения ОДУ.</li> <li>4. Особенности интегрирования систем ОДУ.</li> <li>5. Разностные схемы для уравнений второго порядка.</li> </ol> <p>Вопросы для самостоятельного изучения:</p>	УК-1, ОПК-2, ПК-101, ПК-103, ПК-105	1, 2, 3, 5, 8, 14, 19, 21, 22	2

		6. Нелинейные краевые задачи.			
5	лек №3	Лекция: Сеточные методы решения ДУЧП. Изучаемые вопросы: 1. Решение разностных уравнений. 2. Разностные схемы для гиперболических уравнений. 3. Разностные схемы для параболических уравнений. 4. Разностные схемы для эллиптических уравнений. 5. Вопросы устойчивости разностных схем. Вопросы для самостоятельного изучения: 6. Конечные разности при решении задач на собственные значения.	УК-1, ОПК-2, ПК-103, ПК-104, ПК-105	1, 2, 3, 5, 8, 19, 21, 22	2
7	лек №4	Лекция: Вариационные подходы при решении ДУЧП. Изучаемые вопросы: 1. Основные понятия вариационного исчисления (функционал, экстремаль функционала, вариация функционала, необходимое и достаточные условия экстремума). 2. Дифференциальные уравнения Эйлера-Лагранжа для определения экстремали функционала. 3. Функционалы, содержащие производные более высоких порядков. Вопросы для самостоятельного изучения: 4. Прямые методы в вариационных задачах.	УК-1, ОПК-2, ПК-103, ПК-104, ПК-105	1, 2, 3, 5, 8, 19, 21, 22	
9	лек №5	Лекция: Введение в метод конечных элементов Изучаемые вопросы: 1. Основные понятия МКЭ. 2. Вариационная формулировка МКЭ. 3. Способы дискретизации. 4. Решение уравнения Лапласа МКЭ. Вопросы для самостоятельного изучения: 5. Способы задания граничных условий. 6. Конечно-элементные комплексы программ.	УК-1, ОПК-2, ПК-103, ПК-104, ПК-105	8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 21, 22	2
11	лек №6	Лекция: Введение в метод контрольных объемов (МКО) Изучаемые вопросы: 1. Основные законы сохранения. Основания МКО. 2. Основные правила построения дискретных аналогов методом КО.	УК-1, ОПК-2, ПК-103, ПК-104, ПК-105		

		3. Решение задач одномерной теплопроводности. Вопросы для самостоятельного изучения: 4. Особенности аппроксимации уравнения движения сплошной среды.			
1	пр №1	Определение условий подобия при моделировании упруго деформируемых тел.	УК-1, ОПК-2, ПК-103	5, 7, 9, 14	2
2	пр №2	Применение теории подобия и анализа размерностей при построении приближенных решений в задаче о течении вязкой среды в ПЖТ.	УК-1, ОПК-2, ПК-103	7, 22, 27, 28	2
3	пр №3	Применение одношаговых методов при решении задачи о колебаниях физического маятника.	УК-1, ОПК-2, ПК-105	1-3, 5-9, 21, 23-26	2
4	пр №4	Применение многошаговых методов при решении задачи о колебаниях физического маятника.	УК-1, ОПК-2, ПК-105	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 19, 21, 23, 24, 25, 26	2
5	пр №5	Решение уравнений движения двухмассовой механической системы, совершающей вынужденные колебания, методами Рунге-Кутты.	УК-1, ОПК-2, ПК-104, ПК-105	1, 2, 3, 5-7, 8, 14, 19, 21, 23-26	2
6	пр №6	Применение конечно-разностных методов при решении уравнения Лагранжа 2го рода для системы с одной степенью свободы.	УК-1, ОПК-2, ПК-104, ПК-105	1-3, 5-9, 19-21, 23, 24, 26	2
7	пр №7	Применение вариационных методов при решении уравнения Лагранжа 2го рода для системы с одной степенью свободы.	УК-1, ОПК-2, ПК-104, ПК-105	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	2
8	пр №8	Решение двумерной задачи теплообмена методом МКР.	УК-1, ОПК-2, ПК-103, ПК-104, ПК-105	1-5, 8, 19- 22	2
9	пр №9	Применение метода конечных разностей при решении задачи о течении вязкой жидкости в подшипнике жидкостного трения.	УК-1, ОПК-2, ПК-103, ПК-104, ПК-105	1-5, 17, 22	2
10	пр №10	Расчет напряженно-деформируемого состояния упругой балки МКЭ.	УК-1, ОПК-2, ПК-103, ПК-104, ПК-105	1-5.	2
11	пр №11	Решение двумерной задачи теплообмена методом Ритца.	УК-1, ОПК-2, ПК-103, ПК-104, ПК-105	, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 12, 13	2
12	пр №12	Решение двумерной задачи теплообмена методом контрольных объемов.	УК-1, ОПК-2, ПК-103, ПК-104, ПК-105	13, 17, 18	2

## 6 Самостоятельная работа аспирантов

Таблица 3 – Самостоятельная работа аспирантов

Виды учебной работы	Всего		Семестр №5	
	часов	баллов	часов	баллов
1	2	3	4	5
<b>ОСРС</b>				
Подготовка к лекциям	12	-	12	-
Подготовка к практическим занятиям	24	-	24	-
Подготовка к промежуточному контролю	36		36	
Итого по ОСРС	72	-	72	-
<b>КСРС</b>				
Итого по КСРС	36		36	
<b>Итого по факту</b>				
<i>Итого по плану</i>	36	-	36	-

## 7 Образовательные технологии

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы предусматривают использование:

- сетевых классов;
- современных лицензионных программных продуктов: MATLAB, MATHCAD и АПИМ;
- оснащенных мультимедийных аудиторий.

Также образовательные технологии предусматривают участие аспирантов в выполнении научно-технических проектов.

## 8 Оценочные средства для текущего и рубежного контроля успеваемости

Оценочные средства для текущего и рубежного контроля успеваемости, планируемые для реализации различных видов контроля, предусматривают:

- текущий контроль:
  - проведение тестирования по лекционному материалу с помощью технических средств и информационных систем;
  - решение типовых задач на практических занятиях;
- рубежный контроль: сдача экзамена.

## **9 Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение учебной дисциплины (модуля)**

1) Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

- библиотечно-информационное обеспечение библиотеки «Госуниверситет - УНПК», в том числе абонемент, читальный зал, интернет-ресурс <http://e.lanbook.com/>;

2) Материально-техническое обеспечение дисциплины:

- мультимедийная аудитории;  
- компьютерный класс;  
- учебные лаборатории кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг».

## 10 Рекомендуемая литература

### 10.1 Основная литература

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М., Численные методы. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 636с.
2. Циглер Ф. Механика твердых тел и жидкостей. Перевод с англ. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 912с.
3. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 320 с.
4. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. – М.: Металлургия, 1986. - 688с.
5. В.И. Ванько, О.В. Ермошина, Г.Н. Кувыркин. Вариационное исчисление и оптимальное управление: Учеб. для вузов. -3-е изд., исправл. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1989. - 488с.
6. К. Ланцош. Вариационные принципы механики. М.: Физматгиз, 1965, - 411с
7. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов.— 10-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1986.— 416 с.
8. Э. Митчел, Р. Уэйт. Метод конечных элементов для уравнений с частными производными. М.: Мир, 1981. 214с.
9. С. Патанкар. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. - 119с.

### 10.2 Дополнительная литература

10. Бахвалов Н.С., Лапин А.В., Чижонков Е.В. Численные методы в задачах и упражнениях : учеб. пособие для вузов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 240 с.
11. Моделирование роторных систем с опорами жидкостного трения : монография/ Л.А. Савин ; О.В. Соломин. - М. : Машиностроение-1 , 2006. - 443 с.
12. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 1972. – 440с.
13. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика в 10 томах. Том 6. Гидродинамика: Учебное пособие. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 736 с.