

**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)**



Первый проректор, проректор по научной  
и инновационной работе

В.Г. Прокошев

« 03 » 06 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**Направление подготовки** 15.06.01 Машиностроение

**Направленность (профиль) подготовки** Машиноведение, системы приводов и детали машин

**Уровень высшего образования** Подготовка кадров высшей квалификации

**Квалификация выпускника** «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

**Форма обучения** заочная

Год	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лабора- т. работы, час.	СРА, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
2	2/72	4	2		66	зачет
Итого	2/72	4	2		66	зачет

г. Владимир 2015 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины (модуля) «Математическое моделирование в машиностроении» являются:

- обучение методологии разработки математических моделей для решения исследовательских задач;
- обучение основам разработки алгоритмов для реализации математических моделей при решении исследовательских задач;
- изучение возможностей современных расчетных комплексов для моделирования и исследования физических процессов, протекающих в сложных технологических системах;
- формирование навыков использования современных расчетных комплексов для реализации математических моделей при решении исследовательских задач;
- воспитание ответственности за продукт своих разработок.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ОПОП ВО)

Дисциплина «Математическое моделирование в машиностроении» изучается на 2-ом году подготовки по направлению 15.06.01 «Машиностроение», направленности (профиля) подготовки «Машиноведение, системы приводов и детали машин» и относится к дисциплинам по выбору вариативной части (Б1.В. ДВ.2.1).

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в результате освоения образовательной программы высшего образования второго уровня (магистратура, специалитет). Обучающийся должен иметь базовые знания математических, естественнонаучных дисциплин, уметь применять методы математического анализа, теоретического моделирования и экспериментального исследования объектов машиностроения.

Дисциплина «Математическое моделирование в машиностроении» является частью блока дисциплин посвященных математическому моделированию процессов, средств и систем машиностроительных производств с использованием современных технологий проведения научных исследований.

Курс базируется на сочетании образовательной, специальной и практической подготовки.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения программы аспирантуры у выпускника должны быть сформированы:

- **универсальные компетенции**, не зависящие от конкретного направления подготовки;
- **общепрофессиональные компетенции**, определяемые направлением подготовки;
- **профессиональные компетенции**, определяемые направленностью (профилем) программы аспирантуры в рамках направления подготовки (далее – направленность программы).

При разработке программы аспирантуры все универсальные и общепрофессиональные компетенции включаются в набор требуемых результатов освоения программы аспирантуры.

Перечень профессиональных компетенций программы аспирантуры кафедра формирует самостоятельно в соответствии с направленностью программы и (или) номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утверждаемой Министерством образования и науки Российской Федерации.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты обучения:

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

*знать:* современные научные достижения в области методов и средств моделирования физических процессов, в том числе, на мезо- и наноуровнях;

*уметь:* формировать алгоритмы решения исследовательских и практических задач на основе анализа современных научных достижений и генерации новых идей;

*владеть:* современными средствами математического моделирования.

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2):

*знать:* современные методы и средства моделирования физических процессов, в том числе, на мезо- и наноуровнях, позволяющие компетентно определить соотношение численных и экспериментальных исследований при решении исследовательских и практических задач;

*уметь:* формировать алгоритмы междисциплинарных численных исследований физических процессов на основе целостного системного научного мировоззрения;

*владеть:* современными информационными комплексами, позволяющих решать сопряженные задачи моделирования физических процессов.

- способность научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства (ОПК-1);

*знать:* современные тенденции и новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства

*уметь:* разрабатывать расчетные схемы при моделировании машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства;

*владеть:* современными средствами моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем, специализированного машиностроительного оборудования, средств технологического оснащения производства.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Год обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРА	
1.	Концептуальная и математическая постановка задач моделирования. Этапы разработки моделей. Структурные модели. Многоуровневый подход к описанию процессов и систем.	2	0.5	-	-	6	Конспект лекций. Отчеты по практическим работам.
2.	Моделирование нестационарных процессов теплообмена на основе решения сопряженных задач	2	1	-	-	12	
3.	Моделирование нестационарных процессов теплообмена при наличии подвижных границ	2	0.5	-	-	12	
4.	Математическое моделирование процессов нелинейной динамики	2	1	-	-	12	
5.	Математическое моделирование деформированного состояния	2	0.5	1	-	12	

	объектов с нелинейными характеристиками материала						
6.	Математическое моделирование процессов разрушения	2	0.5	1	-	12	
	<b>ИТОГО:</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>66</b>	<b>Зачет</b>

В соответствии с Типовым положением о вузе к видам учебной работы отнесены: лекции, консультации, семинары, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельные работы, научно-исследовательская работа, практики.

#### Тематика практических занятий

Тема 1. Моделирование напряженно-деформированного состояния пластины с гиперупругими характеристиками материала методом конечных элементов. (1 час)

Тема 2. Моделирование процесса развития трещины в пластине методом конечных элементов. (1 час)

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ориентация на тактические образовательные технологии, являющиеся конкретным способом достижения целей образования в рамках намеченной стратегической технологии. При чтении лекций используется метод проблемного изложения с использованием интерактивной формы проведения занятия. При проведении лабораторных работ используются поисковый и исследовательский методы, в том числе, case study.

Ниже приводится описание образовательных технологий, обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения дисциплины. Специфика сочетания методов и форм организации обучения отражается в матрице (см. табл). Перечень методов обучения и форм организации обучения может быть расширен.

#### Методы и формы организации обучения (ФОО)

Методы	ФОО		
	Лекции	Практические работы	СРА
IT-методы			
Работа в команде		+	+
Case study		+	
Игра			
Методы проблемного обучения.	+		
Обучение на основе опыта	+	+	
Опережающая самостоятельная работа			+
Проектный метод			
Поисковый метод		+	+
Исследовательский метод		+	+
Другие методы			

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

### **Вопросы к зачету**

1. Определение модели. Свойства моделей.
2. Цели и задачи моделирования. Понятие об иерархии математического моделирования. Значение триады «модель-алгоритм-программа».
3. Алгоритмизация математических моделей. Способы преобразования математических моделей к алгоритмическому виду. Методы решения.
4. Основные этапы математического моделирования. Особенности этапов, задачи и связь между ними.
5. Основные методы реализации моделей. Достоинства и недостатки.
6. Свойства математических моделей. Понятие «предсказательности» моделей.
7. Классификация моделей в зависимости от параметров и переменных моделирования. Материальное моделирование.
8. Классификация моделей в зависимости от целей моделирования.
9. Когнитивная и содержательная модели.
10. Концептуальная модель. Метод характеристик. Свойства линий скольжения.
11. Понятие математической модели. Универсальность. Взаимосвязь моделей.
12. Классификация математических моделей в зависимости от сложности, и параметров модели.
13. Классификация математических моделей в зависимости от целей моделирования. Свойства математических моделей. Полнота.
14. Классификация математических моделей в зависимости от методов реализации. Понятие о методе характеристик.
15. Понятие о математической постановке задачи математического моделирования.
16. Выбор и обоснование метода решения задачи моделирования.
17. Виды математических моделей. Структурные и функциональные математические модели.
18. Моделирование процесса теплопередачи при конвективном теплообмене.
19. Моделирование процесса теплопередачи при теплообмене излучением.
20. Использование внутренних источников теплоты при моделировании процесса теплопередачи.
21. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Граничные условия теплообмена.
22. Закон Фурье, дать определение коэффициенту теплопроводности, температурному полю, температурному градиенту.
23. Вариационная постановка задачи теплопроводности и ее численная реализация методом конечных элементов.
24. Возможные расчетные схемы моделирования контактного взаимодействия тел при термомеханическом нагружении.
25. Понятие и постановка краевой задачи в механике твердого деформируемого тела
26. Вариационная постановка задачи теории упругости и ее численная реализация методом конечных элементов.
27. Конечно-элементная схема решения задачи термоупругости
28. Кинематические граничные условия и их влияние на точность результатов.
29. Модели упругопластического деформирования, области применения.
30. Деформационная теория пластичности, область ее применения, реализация в рамках конечно-элементного прочностного анализа.

31. Теория течения, область ее применения, реализация в рамках конечно-элементного прочностного анализа.
32. Законы упрочнения при моделировании процессов пластического деформирования материалов.
33. Условия начала текучести при моделировании процессов пластического деформирования материалов.
34. Схематизация для описания пластических течений профессора Гуна Г.Я.
35. Описание движения деформируемой сплошной среды методом Эйлера.
36. Описание движения деформируемой сплошной среды методом Лагранжа.
37. Описание движения деформируемой сплошной среды методом Эйлера - Лагранжа.
38. Критерии разрушения для вязких материалов.
39. Критерии разрушения для хрупких материалов.
40. Алгоритм решения МКЭ процессов формоизменения и разрушения.
41. Моделирование процессов деформирования гиперупругих материалов. Модель Муни-Ривлина
42. Моделирование процессов деформирования гиперупругих материалов. Модель Йо.
43. Моделирование процессов деформирования гиперупругих материалов с памятью формы. Модель Ауриччио.
44. Представление динамических систем в виде структурных схем. Правила преобразования структурных схем.
45. Звенья динамических систем, их частотные и временные характеристики. Пропорциональное звено.
46. Звенья динамических систем, их частотные и временные характеристики. Интегрирующее звено.
47. Звенья динамических систем, их частотные и временные характеристики. Форсирующее звено.
48. Звенья динамических систем, их частотные и временные характеристики. Аperiodическое звено.
49. Звенья динамических систем, их частотные и временные характеристики. Дифференцирующее звено.
50. Звенья динамических систем, их частотные и временные характеристики. Колебательное звено.
51. Понятие устойчивости динамической системы. Алгебраические критерии устойчивости Рауса-Гурвица.
52. Понятие устойчивости динамической системы. Частотные критерии устойчивости.
53. Понятие устойчивости динамической системы. Критерий устойчивости Михайлова.
54. Переходные процессы в динамических системах. Виды стандартных воздействий.
55. Параметры оценки качества переходных процессов. Относительная неустойчивость динамической системы.

### **Виды и формы самостоятельной работы**

Самостоятельная работа включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний, развитие практических умений и включает в себя:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания;
- опережающую самостоятельную работу;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку.

- Творческая самостоятельная работа направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) компетенций, повышение творческого потенциала обучающихся. Эта работа включает в себя:
    - поиск, анализ, структурирование и презентацию информации;
    - исследовательскую работу и участие в научных конференциях, семинарах и олимпиадах;
    - анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.
- Содержание самостоятельной работы по дисциплине:*  
Перечень научных проблем и направлений научных исследований:
- Моделирование ударных процессов.
  - Моделирование процессов проникания деформируемых тел в различные среды.
  - Моделирование распространения ударных волн в средах.
  - Моделирование больших перемещений и деформаций.
  - Моделирование процессов разрушения.
- Темы, выносимые на самостоятельную проработку:*
- Использование динамических сеток в решении задач динамики жидкости и газа;
  - Подвижные сетки конечных элементов в динамике деформируемого твердого тела;
  - Статические и динамические характеристики элементов и систем;
  - Понятие устойчивости динамической системы. Критерии устойчивости.
- Контроль самостоятельной работы:*  
Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей. Последний осуществляется путем защиты результатов практических занятий, защиты индивидуального домашнего задания, а также отчетов по творческой самостоятельной работе.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

а) основная литература (электронно-библиотечная система ВлГУ):

1. Юрчук, С.Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Математическое моделирование фотолитографических процессов и процессов электронной литографии при создании субмикронных структур и структур с нанометровыми размерами. Курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — М.: МИСИС, 2013. — 45 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=47470](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47470). — Загл. с экрана.
2. Осташков В.Н. Практикум по решению инженерных задач математическими методами: учебное пособие (Математическое моделирование) БИНОМ, Лаборатория знаний, 2013. - ISBN 978-5-9963-2114-8. — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321148.html>. — Загл. с экрана.
3. Математическое моделирование динамической прочности конструкционных материалов [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Белов Н.Н., Копаница Д.Г., Югов Н.Т.-М.: Издательство АСВ, 2013.- <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939811.html>. — Загл. с экрана.

б) дополнительная литература (электронно-библиотечная система ВлГУ):

1. Духанов, А. В. Имитационное моделирование сложных систем: курс лекций / А.В. Духанов, О.Н. Медведева; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 107 с. ISBN 978-5-9984-0037-7. Режим доступа: <http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1855>. — Загл. с экрана.
2. Моделирование и визуализация средствами MATLAB физики наноструктур [Электронный ресурс] / Матюшкин И.В. - М.: Техносфера, 2011. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948362861.html>. — Загл. с экрана.



3. Моделирование и оптимизация полимерных материалов [Электронный ресурс] / Луцейкин Г.А. - М.: КолосС, 2009. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953207461.html>. — Загл. с экрана.
4. Осипов, Ю.В. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Диффузия [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.В. Осипов, М.Б. Славин. — Электрон. дан. — М.: МИСИС, 2011. — 73 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=47465](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47465). — Загл. с экрана.
5. Математическое моделирование физических процессов в дуге и сварочной ванне [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / Рыбачук А.М., Чернышов Г.Г. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703829417.html>. — Загл. с экрана.
6. Проектирование алгоритмического и программного обеспечения мехатронных систем [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / Бошляков А.А., Овсянников С.В. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703829981.html>. — Загл. с экрана.

в) Internet–ресурсы:

[www.hpcc.unn.ru/?doc=491](http://www.hpcc.unn.ru/?doc=491)

[www.matlab.ru](http://www.matlab.ru)

[www.exponenta.ru/educat/systemat/levitsky/index.asp](http://www.exponenta.ru/educat/systemat/levitsky/index.asp)

[www.all-library.com/ansys/](http://www.all-library.com/ansys/)

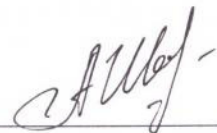
[www.cadfem-cis.ru](http://www.cadfem-cis.ru)

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1. Суперкомпьютер «СКИФ МОНОМАХ» производительностью 4,7 Т-Флопс.
2. Четыре компьютерных класса, обеспечивающие связь с суперкомпьютером «СКИФ МОНОМАХ».
3. Лицензионное программное обеспечение: математические пакеты Mathcad, MATLAB.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 15.06.01 «Машиностроение» и направленности (профилю) подготовки «Машиноведение, системы приводов и детали машин»

Рабочую программу составил к.т.н., доцент Иванченко А.Б. \_\_\_\_\_



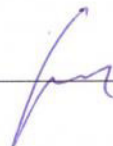
Рецензент: д.т.н., доцент, начальник научно-методического отдела координации сертификационных работ ООО «ЗАВОД ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ «КТЗ» Кульчицкий А.Р. \_\_\_\_\_



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технология машиностроения»

Протокол № 10/1 от 03.06.15 года.

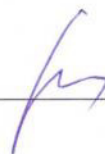
Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_



Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.06.01 «Машиностроение»

Протокол № 10/1 от 03.06.15 года

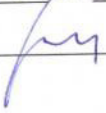
Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 12 от 2006.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  


Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_