



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП  
«Прикладная механика»

 Озерова Г.П.

«26» июня 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Механики и математического моделирования

 Бочарова А.А.

«26» июня 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ**

**Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика**

Профиль подготовки:

«Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов»

**Форма подготовки (очная)**

курс 3,4 семестр 6,7  
лекции 72 час.  
практические занятия 36 час.  
лабораторные работы 18 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 16 час. /пр. 30 час. /лаб. 12 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 126 час.  
в том числе с использованием МАО 58 час.  
самостоятельная работа 90 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.  
контрольные работы -  
курсовая работа / курсовой проект – 7 семестр  
зачет 6 семестр  
экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования Дальневосточного федерального университета, принятого решением Ученого совета ДВФУ, протокол от 25.02.2016 № 02-16, введенного в действие приказом ректора ДВФУ от 10.03.2016 № 12-13-391

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования, протокол № 9 от «23» июня 2017 г.

Заведующий кафедрой: к.ф.-м.н., доцент Бочарова А.А.  
Составитель: доцент Амосова Е.В.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация дисциплины «Компьютерное моделирование механических систем и процессов»**

Дисциплина «Компьютерное моделирование механических систем и процессов» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиль «Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов» и является дисциплиной выбора вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана (Б1.В.ДВ.7.2).

Трудоемкость дисциплины составляет 216 часов (6 зачетных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (72 часа), практические занятия (36 часов), лабораторные работы (18 часов) и самостоятельная работа студентов (90 часов из них 36 часов на экзамен). Дисциплина реализуется на 3,4 курсе в 6,7 семестре. В 7 семестре предусмотрено выполнение курсовой работы. Форма промежуточной аттестации – зачет (6 семестр), экзамен (7 семестр).

Дисциплина «Компьютерное моделирование механических систем и процессов» логически связана с дисциплинами «Математическое моделирование процессов механики», «Вычислительная механика».

**Цель дисциплины** - подготовка студентов к разработке компьютерно-ориентированных вычислительных алгоритмов решения задач, возникающих в процессе математического моделирования законов реального мира и применения познанных законов в практической деятельности.

### **Задачи дисциплины:**

- Дать понятие о математическом моделировании и вычислительном эксперименте,
- Раскрыть роль численных методов в исследовании сложных математических моделей,
- Продемонстрировать возможности компьютерного моделирования задач механики с использованием прикладных программных пакетов.

Для успешного изучения дисциплины «Компьютерное моделирование механических систем и процессов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность распознавать проблемы, возникающие в окружающей действительности, которые могут быть решены средствами математики и формулировать эти проблемы на языке математики;
- умение ставить познавательные задачи и выдвигать гипотезы; выбирать условия проведения наблюдения или опыта; выбирать необходимые приборы и оборудование, владеть измерительными навыками, работать с инструкциями; использовать элементы вероятностных и статистических методов познания; описывать результаты, формулировать выводы;
- способность формулировать и записывать окончательные результаты решения поставленной проблемы.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p><b>ПК-3</b> готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям</p>	Знает	современные вычислительные методы
	Умеет	корректно применять современные вычислительные методы, высокопроизводительные вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии
	Владеет	Навыками анализа корректности, достоверности и точности получаемых решений
<p><b>ПК-4</b> готовностью выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных</p>	Знает	основные методы и алгоритмы вычислительной механики; основные программные системы компьютерного инжиниринга (CAE-системы); основные системы

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний</p>		компьютерного проектирования (CAD-системы)
	Умеет	выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии
	Владеет	Навыками построения физико-механических, математических и компьютерных моделей и решения задач прикладной механики с применением программных систем компьютерного инжиниринга (CAE-систем)
<p><b>ПК-6</b> способностью применять программные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, оформлять отчеты и презентации, готовить рефераты, доклады и статьи с помощью современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати</p>	Знает	современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга
	Умеет	самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга для эффективного решения профессиональных задач
	Владеет	навыками работы с программными средствами компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Компьютерное моделирование механических систем и процессов» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: лекция-презентация; лабораторная работа с использованием программных средств; групповая консультация.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **МОДУЛЬ 1. Основы метода конечных элементов (5 часов)**

#### **Раздел I. Создание конечно-элементной сетки (3 часа)**

**Тема 1. Метод конечных элементов (1 часа)** Определение задачи и нагрузки. Построение геометрической модели конструкции. Создание КЭ сетки.

**Тема 2. Создание сетки (2 часа)** Определение сетки. Структурные и неструктурные сетки. Влияние допущений на точность решения.

#### **Раздел II. Постановка задачи методом конечных элементов (2 часа)**

**Тема 1. Конечные элементы (2 часа)** Линейные элементы. Параболические элементы. Матрица жесткости и ее компоненты.

### **МОДУЛЬ 2. Приложение внешней нагрузки (6 часов)**

#### **Раздел I. Граничные условия (2 часа)**

**Тема 1. Граничные условия для МКЭ (2 часа)** Правильность приложения граничных условий. Принцип Сен-Венана. Примеры распределения нагрузок.

#### **Раздел II. Анализ результатов (4 часа)**

**Тема 1. Деформация (2 часа)** Метод перемещений. Представление уравнений равновесия в матричной форме. Взаимосвязь между жесткостью и деформацией.

**Тема 2. Точность (2 часа)** Требования соответствия анализа для разных задач. Возможность применения упрощений в различных ситуациях. Влияние типа и количества элементов на точность моделирования.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **Практические занятия (22 час.)**

### **Занятие 1. Статический анализ и теплообмен. (4 часа)**

1. Входные параметры.
2. Выходные параметры.
3. Основные области применения.

### **Занятие 2. Динамика (4 часа)**

1. Модальный Анализ.
2. Напряжения, возникающие от вибрации.
3. Частотные характеристики модели.

### **Занятие 3. Вычислительная гидрогазодинамика (6 часов)**

1. Вычислительная динамика текучей среды.
2. Три фундаментальных принципа вычислительной динамики текучей среды.
3. Зависимость надежности моделирования и свойств потока и сложности геометрии тел.

### **Занятие 4. Занятие 5. Свойства модели турбулентного перемешивания (4час.)**

1. Автомодельные уравнения.
2. Модель Беленького-Фрадкина.

### **Занятие 5. Анализ проекта (4 часа)**

1. Оптимизация проекта.
2. Обеспечение гарантий безопасности.
3. Анализ напряжений.
4. Линейная устойчивость и нелинейный анализ.

## **Лабораторные работы (11 часов)**

**Лабораторная работа 1.** Расчет статически определимой балки на 2 опорах в ANSYS. (2 часа)

**Лабораторная работа 2.** Расчет консольной балки в ANSYS.(2 часа)

**Лабораторная работа 3.** Расчет плоской фермы в ANSYS.(2 часа)

**Лабораторная работа 4.** Расчет объемной фермы.(2 часа)

**Лабораторная работа 5. Расчет нагрузки свободно-закрепленной плоской пластины (3 часа)**

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Компьютерное моделирование механических систем и процессов» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	<b>Основы метода конечных элементов</b>	ПК-2	Знает базовый физико-математический аппарат, позволяющий решать задачи профессиональной деятельности области прикладной механики -основные математические модели реальных процессов	Устный опрос	Вопросы к экзамену 1-27
			Умеет применять методы математического и компьютерного моделирования при решении задач профессиональной деятельности	ИДЗ	
			Владеет навыком научных исследований процессов и отношений, методами анализа и интерпретации полученных результатов		
2	<b>Постановка</b>	ПК-	Знает основы современных методов построения	Устный	Вопросы к



<b>задачи методом конечных элементов</b>	3,ПК-13,14	математических моделей в механике - правила оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД	опрос	экзамену 28-54
		Умеет применять полученные знания для решения конкретных фундаментальных и прикладных задач механики в части математического моделирования - составлять техническую документацию на проектируемые машины и конструкции	ИДЗ	
		Владеет навыками работы с современными методами исследований в области математического моделирования, способностью анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты решения математических моделей к механике - методологией и практическими навыками составления проектной документации		

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Присекин В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел/Присекин В.Л., Расторгуев Г.И. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 238 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=548237>

2. Маковкин Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.А. Маковкин, С.Ю. Лихачева. — Электрон. текстовые данные. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 71 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16043.html>

3. Бочарова А.А., Луппова Е.П., Ратников А.А. Вычислительная математика. ДВГТУ, Владивосток, 2008, 167с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:384813&theme=FEFU>

4. Пикуль В.В. Механика деформируемого твердого тела : учебник для вузов / В. В. Пикуль ; Дальневосточный федеральный университет. — Владивосток, Изд. дом Дальневосточного федерального университета, 2012. — 333с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:681590&theme=FEFU>

5. А. Ю. Быканова, А. В. Старков Основы SolidWorks. Построение моделей деталей : учебно-методическое пособие / А. Ю. Быканова, А. В. Старков ; Дальневосточный государственный технический университет Владивосток : Изд-во Дальневосточного технического университета, 2009. 119 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:383066&theme=FEFU>

6. Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. В. Алексеев, Б. А. Вороненко, М. В. Гончаров, И. И. Холявин. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2014. — 203 с. <http://www.iprbookshop.ru/26229.html>

7. Самогин Ю. Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов / Самогин Ю.Н., Хроматов В.Е., Чирков В.П. - М.:Физматлит, 2012. - 200 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=544799>

#### Дополнительная литература

1. Фаронов В. TurboPascal. Учебное пособие. – М:Кнорус , 2012. – 367 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:664392&theme=FEFU>
2. Парфилова Н. И. Программирование. Основы алгоритмизации и программирования : учебник для вузов / Н. И. Парфилова, А. Н. Пылькин, Б. Г. Трусов – Москва : Академия , 2014. - 240 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:790355&theme=FEFU>
3. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. — Электрон. текстовые данные. — Брянск : Брянский государственный технический университет, 2012. — 271 с. — 5-89838-126-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003.html>
4. Пеньков, В. Б. Компьютерное моделирование основных задач классической механики [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Б. Пеньков, Л. В. Саталкина, Д. А. Иванычев. — Электрон. текстовые данные. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 84 с. — 978-5-88247-594-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55101.html>
5. Прокопьев В.И. Вычислительная механика. Часть 1. Статика стержневых структур [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Прокопьев. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 67 с. — 978-5-7264-1477-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63071.html>
6. Рябенский В.С. Введение в вычислительную математику: Учеб. пособие. 2-е изд. исправл. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. –296 с.
7. Формалев В.Ф. Ревизников Д.Л. Численные методы. Изд. 2-е, испр., доп. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. –400 с
8. Ракитин В.И. Руководство по методам вычислений и приложения МATHCAD. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 264 с.

9. Вабищевич П.Н. Численные методы решения задач со свободными границами. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. –164 с.
10. Вабищевич П.Н. Метод фиктивных областей в задачах математической физики. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. – 156 с.
11. Ворожцов Е.В. Разностные методы решения задач механики сплошных сред: Учеб. пособие. – Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 1998. –86 с.
12. Ворожцов Е.В. Сборник задач по теории разностных схем: Учеб. пособие. –Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2000. –41 с.
13. Калиткин Н.Н. Численные методы. -М.: Наука, 1978. – 512 с.
14. Марчук Г.И. Методы расщепления. -М.: Наука, 1988.
15. Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности: Учеб. пособие. 2-е изд. –М.: Изд-во МГУ, 1995. –366 с.
16. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. – М.: Едиториал УРСС, 2003. -784 с.
17. Самарский А.А. Теория разностных схем. -М.: Наука, 1989. – 616 с.
18. Вабищевич П.Н. Численное моделирование: Учебное пособие.- М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993.- 152 с.
19. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. -М.: Наука, 1989. – 608 с.
20. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. -М.: Наука, 1989. – 430 с.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети**

#### **«Интернет»**

1. Официальный сайт ANSYS <http://www.ansys.com/>
2. Материалы свободно распространяемой энциклопедии <https://ru.wikipedia.org/wiki/ANSYS>
3. Помощник в обучении ансис – вебинары, статьи, поддержка, обучение <http://cae-expert.ru/>
4. Уроки по Solidworks - <http://teachmaterials.ru/lessons/>

5. САПР-журнал Статьи, уроки и материалы для специалистов в области САПР. <http://sapr-journal.ru/uroki-solidworks/>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

Необходимое программное обеспечение: система инженерных вычислений ANSYS (<http://www.ansys.com/Student>) и система проектирования (<http://www.solidworks.ru/>), конечно-элементный пакет Freefem++.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины отводится 44 часа аудиторных занятий и 100 часа самостоятельной работы.

На практических занятиях преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующую литературу, просмотреть практикум с разобранными примерами. После выполнения задания, студент защищает его преподавателю в назначенное время.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения лекционных, практических, лабораторных занятий по дисциплины требуется аудитория со следующим оборудованием:

- Моноблок Lenovo C306G-i34164G500UDK (20 шт),
- Акустическая система Extron SI 3CT LP (3 шт),
- врезной интерфейс TLS TAM 201 Standart III,
- документ-камера Avervision CP355AF,
- ЖК-панель 47'' LG M4716CCBA,
- матричный коммутатор Extron DXP 44 DVI PRO,

- микрофонная петличная радиосистема Sennheiser EW 122 G3,
- мультимедийный проектор Mitsubishi EW330U,
- расширение для контроллера управления Extron IPL T CR48,
- сетевая видеокамера Multipix MP-HD718, с
- стойка металлическая для ЖК-дисплея,
- усилитель мощности Extron XPA 2001-100V,
- усилитель-распределитель DVI сигнала Extron DVI DA2,
- цифровой аудиопроцессор Extron DMP 44 LC,
- экран проекционный ScreenLine Trim White Ice



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Компьютерное моделирование механических систем и  
процессов»**

**Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика**

**Профиль подготовки: «Математическое и компьютерное моделирование  
механических систем и процессов»**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2016**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	2-3 неделя	Консультация, промежуточная защита	12 часов	УО-1
2	4-5 неделя	Консультация, промежуточная защита	12 часов	УО-1; ПР-2
3	5-7 неделя	промежуточная защита	12 часов	УО-1; ПР-2
4	7-8 неделя	Консультация, промежуточная защита	12 часов	УО-1; ПР-2
5	8-10 неделя	Консультация, промежуточная защита	12 часов	УО-1; ПР-2
6	10-11 неделя	Консультация, промежуточная защита	13 часов	УО-1; ПР-2
7	5-11 неделя	Сдача экзамена, включая подготовку к нему	27 часов	УО-1; ПР-12
		<b>Итого:</b>	<b>100 часов</b>	

### Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результатом самостоятельной работы студентов являются:

1. Программы для решения заданий расчетно-графической работы, реализованные в системе Maple и оформленные в соответствии с правилами оформления программ. Эти программы обязательно отсылаются преподавателю почтой или приносятся в распечатанном виде преподавателю лично. Защита расчетно-графического задания осуществляется только после того, как задача проверена и оценена преподавателем.

### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает индивидуальные задания, подготовку к устным опросам. Критерии оценки каждого вида работы приведены в приложении 2.





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Компьютерное моделирование механических систем и**  
**процессов»**  
**Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика**  
**Профиль подготовки: «Математическое и компьютерное моделирование**  
**механических систем и процессов»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2016**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности</p>	Знает	<p>базовый физико-математический аппарат, позволяющий решать задачи профессиональной деятельности области прикладной механики -основные математические модели реальных процессов</p>
	Умеет	<p>применять методы математического и компьютерного моделирования при решении задач профессиональной деятельности</p>
	Владеет	<p>навыком научных исследований процессов и отношений, методами анализа и интерпретации полученных результатов</p>
<p>ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям</p>	Знает	<p>основы современных методов построения математических моделей в механике</p>
	Умеет	<p>применять полученные знания для решения конкретных фундаментальных и прикладных задач механики в части математического моделирования</p>
	Владеет	<p>навыками работы с современными методами исследований в области математического моделирования, способностью анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты решения математических моделей к механике</p>
<p>ПК-13 готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин</p>	Знает	<p>методы и приемы разработки проектов по обеспечению прочности, устойчивости, долговечности, безопасности сооружений, машин и конструкций, надежности и износостойкости узлов и деталей машин.</p>
	Умеет	<p>разрабатывать разделы проектов по обеспечению прочности, устойчивости, долговечности, безопасности машин и конструкций, надежности и износостойкости узлов и деталей машин , предлагать технические решения, использовать современные системы автоматизированного проектирования</p>
	Владеет	<p>навыками проектировочных и проверочных расчетов с использованием современных программных комплексов и систем автоматизированного проектирования</p>

ПК-14 готовностью участвовать в работах по технико-экономическим обоснованиям проектируемых машин и конструкций, по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы	Знает	-правила оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД
	Умеет	-составлять техническую документацию на проектируемые машины и конструкции;
	Владеет	-методологией и практическими навыками составления проектной документации

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	<b>Основы метода конечных элементов</b>	ПК-2	Знает базовый физико-математический аппарат, позволяющий решать задачи профессиональной деятельности области прикладной механики -основные математические модели реальных процессов	Устный опрос	Вопросы к экзамену 1-27
			Умеет применять методы математического и компьютерного моделирования при решении задач профессиональной деятельности	ИДЗ	
			Владеет навыком научных исследований процессов и отношений, методами анализа и интерпретации полученных результатов		
2	<b>Постановка задачи методом конечных элементов</b>	ПК-3,ПК-13,14	Знает основы современных методов построения математических моделей в механике - правила оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД	Устный опрос	Вопросы к экзамену 28-54
			Умеет применять полученные знания для решения конкретных фундаментальных и прикладных задач механики в части математического моделирования - составлять техническую документацию на проектируемые машины и конструкции	ИДЗ	
			Владеет навыками работы с современными методами исследований в области математического моделирования, способностью анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные		

			результаты решения математических моделей к механике - методологией и практическими навыками составления проектной документации		
--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Знает	базовый физико-математический аппарат, позволяющий решать задачи профессиональной деятельности области прикладной механики -основные математические модели реальных процессов	- знание принципов моделирования, приемов, методов, способов формализации объектов, процессов, явлений и реализации их на компьютере; - знание достоинств и недостатков различных способов представления моделей систем; - знание особенностей компьютерного моделирования механических систем.	- способность сформулировать и описать основные принципы моделирования, приемы, методы, способы формализации объектов, процессов, явлений и реализации их на компьютере; - способность проанализировать различные модели системы, выделить их достоинства и недостатки; - способность выявить и объяснить особенности компьютерного моделирования механических систем.
	Умеет	применять методы математического и компьютерного моделирования при решении задач профессиональной деятельности	- умение применять на практике основные методы исследования математических моделей реальных процессов и конструкций; - умение работать с компьютерными системами; - умение пользоваться современными программными средствами.	- способность применять на практике основные методы исследования математических моделей реальных процессов и конструкций;  - способность работать с компьютерными системами; - способность пользоваться современными программными средствами.
	Владеет	навыком научных исследований процессов и отношений, методами анализа и интерпретации	- владение математическим аппаратом, необходимым для построения математических моделей,	- способность использовать математический аппарат, необходимый для построения математических

		полученных результатов	- владение пакетами прикладных программ для инженерного анализа, CAD/CAE/CAM системами.	моделей, - способность применять пакеты прикладных программ для инженерного анализа, CAD/CAE/CAM системы.
ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Знает	основы современных методов построения математических моделей в механике	- знание определений основных понятий и определений непрерывного и дискретного моделирования в механике; - знание основных способов представления реальных данных с помощью математического моделирования; - знание основных приемов построения математических моделей	- способность дать определения основных понятий и определений непрерывного и дискретного моделирования в механике - способность представить реальные данные с помощью математического моделирования; - способность сформулировать и раскрыть суть основных методов разработки математических моделей;
	Умеет	применять полученные знания для решения конкретных фундаментальных и прикладных задач механики в части математического моделирования	- умение разрабатывать алгоритмы и программы для решения задач профессиональной деятельности средствами математического моделирования, используя стандартные методы и эталонные образцы	- способность разрабатывать собственные модели для решения стандартных задач в области профессиональной деятельности
	Владеет	навыками работы с современными методами исследований в области математического моделирования, способностью анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты решения математических моделей к механике	- владение методами разработки математических моделей для решения аналитических, исследовательских и коммуникативных задач профессиональной деятельности, в том числе и в нестандартных ситуациях - владение методами командной работы;	- способность проектировать и реализовать нестандартные задачи в области профессиональной деятельности; - способность работать в проектной команде по разработке математических моделей
ПК-13 готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости,	Знает	методы и приемы разработки проектов по обеспечению прочности, устойчивости, долговечности, безопасности сооружений, машин и конструкций, надежности и	о направлениях перспективных исследований, путях развития науки, техники и технологий по обеспечению прочности, устойчивости сооружений и машин	в общих чертах особенности проектирования объектов обеспечения прочности и устойчивости таких объектов и их элементов.

долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин		износостойкости узлов и деталей машин.		
	Умеет	разрабатывать разделы проектов по обеспечению прочности, устойчивости, долговечности, безопасности машин и конструкций, надежности и износостойкости узлов и деталей машин , предлагать технические решения, использовать современные системы автоматизированного проектирования	умеет грамотно выбирать и использовать научно-техническую и справочную информацию при решении профессиональных задач	уверенно ориентироваться в современных электронных научных базах данных, самостоятельно отыскивать актуальные источники научно-технической и справочной информации в сети Internet
	Владеет	навыками проектировочных и проверочных расчетов с использованием современных программных комплексов и систем автоматизированного проектирования	базовыми навыками решения научных, технических проблем в области профессиональной деятельности	способностью изложить проблему, поставить задачу и указать методы ее решения
ПК-14 готовностью участвовать в работах по технико-экономическим обоснованиям проектируемых машин и конструкций, по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы	Знает	-правила оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД	государственные стандарты и прочие нормативно-правовые документы в сфере профессиональной деятельности	приемы подбора научно-технической литературы; правила оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД
	Умеет	-составлять техническую документацию на проектируемые машины и конструкции;	собрать и проанализировать информацию, которая поможет выбрать нормативные показатели качества	оценивать уровень показателей качества, которые достижимы при доступных процессах, персонале, ресурсах, инфраструктуре и финансовых средствах в конкретных условиях производства
	Владеет	-методологией и практическими навыками составления проектной документации	методами и средствами оценки и анализа конструкторских решений, оценкой содержания технической и проектной документации.	способностью провести анализ технических решений и экономических обоснований предложенных решений при проектировании и создании объектов строительной механики машин.

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **Вопросы к экзамену**

1. Осуществление математического моделирования до создания реальной системы.
2. Основная задача математического моделирования.
3. Определение математической модели.
4. Альтернативный подход решения научных задач математическому моделированию.
5. Основные недостатки экспериментального подхода.
6. Важнейшая характеристикой математической модели.
7. Виды аналитических математических моделей.
8. Краткая характеристика видов моделей.
9. Величины, с которыми оперируют детерминированные модели.
10. Линейная детерминированная модель в общем виде.
11. Поверхность отклика для линейной модели.
12. Модель стоимости перевозок.
13. Использование линейных детерминированных моделей.
14. Простейшая математическая модель изменения силы тяги ГТД.
15. Модель установившегося процесса горизонтального полёта самолёта.
16. Нелинейные математические модели.
17. Общий вид квадратичного полинома.
18. Формула полинома.
19. Привидение полинома к линейному виду.
20. Числительные методы и алгоритмы. Конечно-разностные методы решения краевых задач прикладной теории упругости.
21. Использование математических моделей в виде обыкновенных дифференциальных уравнениях.

22. Математическая модель движения груза массой  $m$ , закрепленного на вертикальной стенке с помощью пружины жесткостью  $C$  и совершающего колебательное движение вдоль оси  $x$  в среде с вязкостью  $\nu$ .
23. Использование математических моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных.
24. Особенность математических моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных.
25. Типы граничных условий.
26. Математическая модель распределения температурного поля в металлическом прутке, нагреваемом с одной стороны.
27. Характеристика величин, входящих в стохастическую модель.
28. Поверхность отклика моделей, исследуемых методом статистических испытаний.
29. Сущность метода Монте-Карло.
30. Трудности, возникающие при исследовании стохастических моделей.
31. Законы распределения случайной величины.
32. Плотность распределения для нормального закона.
33. Плотность распределения для закона равной вероятности.
34. Определение оценки математического ожидания и дисперсии случайной величины.
35. Выборочная статистика.
36. Погрешность стохастического моделирования.
37. Исходный материал при построении эмпирической модели.
38. Использование физической теории работы объекта при построении эмпирической модели.
39. Объект и задача идентификации.
40. Уравнение регрессии.
41. Начало процесса идентификации.
42. Причины проведения unplanned эксперимента.



43. Метод наименьших квадратов.
44. Метод конечных элементов (МКЭ).
45. Основные соотношения МКЭ в форме метода перемещений.
46. Соотношения МКЭ в форме метода сил.
47. Соотношения МКЭ в форме смешанного метода.
48. Типы конечных элементов. Обобщённые узловые перемещения.
49. Матрица жёсткости конечного элемента.
50. Глобальная матрица жесткости. Глобальный вектор узловых сил.
51. Граничные условия. Система алгебраических уравнений относительно глобального вектора узловых перемещений.
52. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
53. Нормы векторов и матриц. Типы используемых матриц.
54. Метод исключения Гаусса. Метод прогонки трёхдиагональной матрицы.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине  
«Компьютерное моделирование механических систем и процессов»**

Баллы (рейтингово й оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал по дисциплине; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал по дисциплине, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

61-75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала по дисциплине, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

#### **Перечень устных вопросов по темам дисциплины**

1. Основные современные численные методы расчета конструкций.
2. Суть (основная идея) метода конечных элементов.
3. Дискретизация расчетной области конструкции при расчете МКЭ.
4. Суть дискретной модели рассчитываемой конструкции по МКЭ.
5. Основные шаги общего алгоритма статического расчета по МКЭ.
6. Конечные элементы, их типы. Степени свободы конечного элемента. Конечно-элементная расчетная схема. Приведение нагрузки на систему к узловой.
7. Матрица жесткости конечного элемента. Ее структура. Связь между перемещениями узлов элемента и усилиями, действующими на них.
8. Дайте определение числовой матрице.
9. Квадратная, прямоугольная, единичная матрица, матрица-вектор.
10. Сложение, вычитание и перемножение матриц.
11. Обратная матрица, её использование.
12. Смысл коэффициентов матрицы влияния изгибающих моментов.
13. Формулы вычисления элементов матрицы жесткости конечного элемента.
14. Формулы вычисления элементов матрицы геометрической жесткости конечного элемента.

15. Формулы вычисления элементов матрицы масс конечного элемента.
16. Метод разложения по собственным формам.
17. Участие собственных формы матрицы в расчетах.
18. Функции матриц.
19. Преобразование матрицы жесткости конечного элемента при повороте координатных осей.
20. Матрица жесткости системы конечных элементов. Ее структура. Связь между перемещениями узлов конечно-элементной схемы и усилиями, действующими на них.
21. Векторы перемещений и усилий, действующих на элемент. Векторы перемещений и усилий, действующих и на систему элементов, их структура и связь между собой.
22. Соединение конечных элементов. Условие равновесия узлов в конечно-элементной схеме. Формирование системы разрешающих уравнений метода конечных элементов.
23. Формирование глобальной матрицы жесткости конечно-элементной схемы из матриц жесткости конечных элементов.
24. Определение внутренних усилий в стержневых конечных элементах после нахождения узловых перемещений в конечно-элементной схеме. Учет направленности осей местной системы координат конечного элемента по отношению к глобальной системе осей координат конечно-элементной схемы.
25. Учет связей и заданных узловых перемещений в системе разрешающих уравнений метода конечных элементов.
26. Расчёт плиты методом конечных элементов и ее разделение на элементы.
27. Зависимость между величинами в матрице жесткости отдельного элемента в методе конечных элементов.

28. Общая процедура расчета стержневых систем методом конечных элементов в форме метода перемещений. Реализация алгоритма МКЭ в современных программных комплексах.

29. Препроцессор, процессор, постпроцессор, библиотеки конечных элементов.

30. Решение задачи определения перемещений для произвольного силового воздействия в матричной форме.

31. Решение задачи определения внутренних сил для произвольного силового воздействия в матричной форме.

32. Решение задачи определения перемещений для гармонического воздействия в матричной форме.

#### **Критерии оценки устного опроса:**

✓ 100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных положений изучаемого раздела механики, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных положений изучаемого раздела механики, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 - балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании основных положений изучаемого раздела механики, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных

вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов - ответ, обнаруживающий незнание основных положений изучаемого раздела механики, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, сформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.