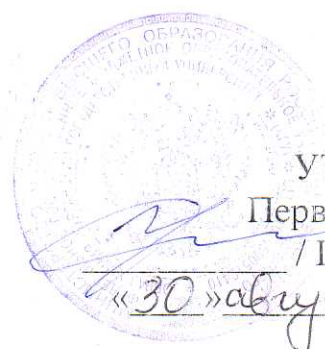


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «**Механика машин и основы конструирования**»



УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
/ Щербич С.Н. /

«30» августа 2019 г.

## Рабочая программа учебной дисциплины

Компьютерное моделирование механических систем  
образовательной программы высшего образования –  
программы специалитета

**01.05.01 Фундаментальные математика и механика**

Направленность:

**Математическое и компьютерное моделирование механических систем**

Формы обучения: очная

Курган 2019

Рабочая программа дисциплины «Компьютерное моделирование механических систем» составлена в соответствии с учебными планами по программе специалитета «Фундаментальные математика и механика (Математическое и компьютерное моделирование механических систем)», утвержденной:  
- для очной формы обучения «29» августа 2019 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Механика машин и основы конструирования» «30» августа 2019 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил

к.т.н., доцент кафедры  
«Механика машин и  
основы конструирования»



Н.Н. Крохмаль

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Механика машин и  
основы конструирования»



Д.А. Курасов

Специалист по учебно-методи-  
ческой работе учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

Начальник  
управления образовательной деятельности



С.Н. Синицын

## ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 4 зачетных единиц трудоемкости (144 академических часа)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестры
		9
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
Лекции	16	16
Лабораторные работы	16	16
Практические занятия	16	16
<b>Самостоятельная работа, всего часов в том числе:</b>	<b>96</b>	<b>96</b>
Курсовая работа	-	-
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	78	78
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Компьютерный анализ и синтез механических систем» относится к вариативной части Блока 1. Дисциплина по выбору.

Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Математический анализ;
- Физика;
- Теоретическая механика;
- Основы проектирования и компьютерные технологии;
- Вводный курс механики.

Результаты обучения по дисциплине необходимы для освоения последующих дисциплин:

- Теория пластин и оболочек;
- Системы CAD, CAM, CAE (САПР);
- Специальные главы технической механики.



### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Компьютерное моделирование механических систем» является: изучение концепции и идеи моделирования - метода научного исследования сложных механических систем, обеспечение базовой общетехнической подготовки и овладение начальными навыками инженерных расчетов, проектирования и конструирования механических систем.

Задачами освоения дисциплины «Компьютерный анализ и синтез механических систем» является формирование у обучающихся следующих знаний, умений и навыков.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность проводить работы по проектированию, конструированию и расчету машин, оборудования, транспортных средств и трубопроводной арматуры с использованием современных наукоемких программных комплексов (ПК-10).

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Учебно-тематический план

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
			Лекции	Практич. занятия	Лабор. работы
Рубеж 1	1	Основы моделирования механических систем	4	4	4
	2	Этапы математического моделирования	4	3,5	4
		Рубежный контроль №1	-	0,5	-
Рубеж 2	3	Математическая модель статической системы	4	4	4
	4	Математическая модель динамической системы	4	3,5	4
		Рубежный контроль №2	-	0,5	-
<b>Всего:</b>			<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>

#### 4.2. Содержание лекционных занятий

##### Тема 1. Основы моделирования механических систем

Современное состояние и проблемы моделирования механизмов и систем. Классификация моделей механических систем.

##### Тема 2. Этапы математического моделирования

Идеализация реальной механической системы. Допущения при моделировании систем. Формирование основной системы уравнений.

##### Тема 3. Математическая модель статической системы

Распределение основных параметров и нагрузок. Основные уравнения статических механических систем. Решение системы уравнений и их анализ.

#### Тема 4. Математическая модель динамической системы

Распределение основных параметров и нагрузок. Основные уравнения динамики механических систем. Решение системы уравнений и их анализ.

### 4.3. Практические занятия (9 семестр)

Но- мер раз- дела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практического занятия	Норматив времени, час.
1	Основы моделирования механических систем	1. Идеализация механической системы. Выбор систем координат. Выбор основных допущений. Составление расчётной схемы.	2
		2. Составление системы уравнений движения механической системы. Выбор алгоритмов решения	2
2	Этапы математического моделирования	3. Изучение программных продуктов для реализации математических моделей.	2
		4. Изучение программных продуктов для реализации математических моделей	2
4	Математическая модель статической системы	5. Практические методы численной реализации математических моделей.	2
		6. Сравнение численных методов решения дифференциальных уравнений на ЭВМ.	2
5	Математическая модель динамической системы	7. Решение задач моделирования в программе Matcad	2
		8. Решение задач моделирования в программе Matlab	2
<b>Всего:</b>			<b>16</b>

### 4.3. Лабораторные занятия (9 семестр)

Но- мер раз- дела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практического занятия	Норматив времени, час.
-------------------------------------	-------------------------------	---------------------------------------	------------------------------



1	Основы моделирования механических систем	1. Идеализация механической системы. Выбор систем координат. Выбор основных допущений. Составление расчётной схемы. 2. Составление системы уравнений движения механической системы. Выбор алгоритмов решения	2 2
2	Этапы математического моделирования	3. Изучение программных продуктов для реализации математических моделей. 4. Изучение программных продуктов для реализации математических моделей	2 2
4	Математическая модель статической системы	5. Практические методы численной реализации математических моделей. 6. Сравнение численных методов решения дифференциальных уравнений на ЭВМ.	2 2
5	Математическая модель динамической системы	7. Решение задач моделирования в программе Matcad 8. Решение задач моделирования в программе Matlab	2 2
<b>Всего:</b>			<b>16</b>

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующего практического занятия или лабораторной работы

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции. Приветствуется активное участие обучающихся в решении коротких задач с выходом к доске и пояснением хода расчетов, а также обсуждение получаемых результатов.

На практических занятиях с целью усвоения и закрепления теоретического материала преподаватель у доски демонстрирует решение типовых задач. При этом используются технологии проблемного обучения, учебные дискуссии. Приветствуется активное участие обучающихся в решении (как правило, коротких) задач с выходом к доске и пояснением хода расчетов, а также обсуждение получаемых результатов.

На лабораторных работах с целью усвоения и закрепления теоретического материала студенты в компьютерном классе реализуют алгоритмы решение типо-



вых задач с помощью типовых пакетов программного обеспечения. Приветствуется активное участие обучающихся в решении (как правило, коротких) задач с пояснением хода расчетов, а также обсуждение получаемых результатов.

Для текущего контроля успеваемости по очной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических занятиях и лабораторных занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к лекциям, практическим занятиям, лабораторным занятиям к рубежным контролям (для очной формы обучения), подготовку к зачету.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

#### **Рекомендуемый режим самостоятельной работы (9 семестр)**

<b>Наименование вида самостоятельной работы</b>	<b>Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.</b>
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>50</b>
Основы работы в программе Matlab.	20
Основы работы в программе Matcad.	20
Составление и решение уравнений математической модели	5
Теоретические основы компьютерного решения уравнений	5
<b>Подготовка к зачету</b>	<b>18</b>
<b>Подготовка к рубежному контролю (по 2 ч. на рубежный контроль)</b>	<b>4</b>
<b>Подготовка к практическим занятиям (по 1 ч. на каждое занятие)</b>	<b>8</b>
<b>Подготовка к лабораторным занятиям (по 2 ч. на каждое занятие)</b>	<b>16</b>
<b>Всего:</b>	<b>96</b>

Приветствуется выполнение разделов самостоятельной работы в лабораториях и в компьютерном классе кафедры «Механика машин и основы конструирования».

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ (для очной формы обучения).
2. Банк тестовых вопросов к рубежным контролям № 1 - № 2 (для очной формы обучения).
3. Перечень вопросов к зачету.
4. Отчёты по лабораторным работам

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание						
		Распределение баллов (9 семестр)						
1	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Вид учебной работы:	Посещение лекций	Посещение практических занятий	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Защита лабораторных работ	Зачет
		Балльная оценка:	До 8	До 16	До 11	До 11	До 24	До 30
		Примечания:	8 лекций по 1 баллу	8 практических занятий по 2 балла	На 6-ой лекции	На последней лекции	8 лаб. раб. по 3 балла	
2	Критерий перерасчёта баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачёта	60 и менее баллов – неудовлетворительно; не зачет. 61... 73 – удовлетворительно; зачтено. 74... 90 – хорошо; 91... 100 – отлично						
3	Критерий пересчёта баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачёта	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (зачету) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и должен выполнить все лабораторные работы и практические занятия.</p> <p>Для получения экзаменационной оценки «автоматически» студенту необходимо набрать следующее минимальное количество баллов:</p> <p>61 балл для получения зачёта автоматически.</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения практических, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры.</p>						



4	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>В случае если к промежуточной аттестации (зачету) набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных работ и практических занятий.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение и защита пропущенной практической работы (при невозможности дополнительного проведения практической работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной практической работы самостоятельно) – до 8 баллов.</li> <li>- выполнение и защита пропущенной лабораторной работы (при невозможности дополнительного проведения практической работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной практической работы самостоятельно) – до 8 баллов.</li> <li>- написание лекции по пропущенной теме или отчета по пропущенному практическому занятию и их защита (за представление материала начисляется 1 балл, за защиту – еще 1 балл).</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>
---	---	---

### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного опроса.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Вопросы для подготовки к письменному опросу на рубежных контролях выдаются студентам заранее. Опрос включает 11 вопросов для каждого рубежного контроля, взятых из общего списка. Каждый вопрос оценивается в 1 балл.

На каждый опрос при рубежном контроле студенту отводится время 30 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты опроса каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Зачет проводится либо в традиционной форме по билетам (вопросы и задача), либо по билетам в тестовой форме. И в том и в другом случае выдаются вопросы для подготовки к зачету. В зависимости от полноты ответа студент за зачет может получить максимум 30 баллов.

Результаты текущего контроля успеваемости, зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день проведения зачета, а также выставляются в зачетную книжку студента.



## 6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей, зачета

### Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля № 1

1. Каким образом осуществляется синтез программного управления в целенаправленных движениях системы?
2. В чем проявляется программа движения в целенаправленных движениях механической системы?
3. Какая в настоящее время существует классификация математических моделей синтеза движений механических систем?
4. Что представляют собой конструктивные математические модели синтеза движений механических систем и чем они отличаются от базовой математической модели?
5. Чем конструктивная математическая модель движений системы с программным управлением на динамическом уровне отличается от модели с программным управлением на кинематическом уровне?
6. В чем проявляется недостаток использования конструктивной математической модели движений системы с программным управлением на динамическом уровне при ее реализации на ЭВМ?
7. Виды моделей при системном анализе.
8. Способы описания математических моделей механических систем.
9. Понятие типового динамического звена и их виды.
10. Характеристика позиционных динамических звеньев.
11. Характеристика интегральных динамических звеньев.
12. Характеристика дифференциальных и запаздывающих динамических звеньев.

### Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля № 2

1. Определение вида типового динамического звена по его дифференциальному уравнению или переходной функции.
2. Определение реакции типового динамического звена на входное ступенчатое воздействие.
3. Определение справочных параметров типовых динамических звеньев.
4. Основные правила эквивалентных преобразований структурных схем.
5. Виды передаточных функций замкнутой САУ и их формулы.
6. Порядок построения ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутых систем.
7. Что понимается под моделью и каковы ее характерные черты?
8. Какие виды моделирования выделяют по условиям и характеру изучаемых процессов в системе?
9. В каких трех формах проявляется мысленное моделирование?
10. На какие виды моделирования и разновидности подразделяется реальное моделирование?
11. В чем заключается кинематический анализ движений механической системы?
12. Что является кинематической моделью траектории реального движения?



## Примерный перечень вопросов к зачету 7 семестр

1. Машина. Функциональная классификация машин.
2. Этапы создания машин.
3. Задача динамического анализа и синтеза механических систем
4. Механизм. Основные виды механизмов.
5. Связи в механической системе.
6. Модель движения первого приближения, кинематическая модель механической системы.
7. Методы кинематического анализа. Передаточная функция механизма. Ротативные механизмы и механизмы общего вида.
8. Динамическая модель идеальной машины с жесткими звеньями. Звено приведения.
9. Принцип приведения масс к звену приведения.
10. Принцип приведения сил к звену приведения.
11. Особенности приведения масс двухподвижных систем.
12. Математические модели движения. Машины. Функции состояния по Лагранжу и Гамильтону.
13. Общие алгоритмы извлечения информации из математических моделей движения машин
14. Режимы движения машин и их характеристика.
15. Механические характеристики двигателей и рабочих машин.
16. Установившееся движение. Критерии устойчивости и исследования устойчивости движения.
17. Решение задачи динамического синтеза установившегося движения по заданной неравномерности движения звена приведения.
18. Переходные режимы движения и их характеристики. Исследование переходных режимов движения при различных комбинациях внешнего нагружения.
19. Математические модели движения механических систем с неголономными связями
20. Динамические модели механических систем с упругими звеньями и связями.
21. Исследование устойчивости движения механической системы с упругой связью.
22. Колебания в машине с демпфером.
23. Задачи нелинейной динамики машин, модели высокой степени достоверности.
24. Возбуждение динамической системы силами трения, параметрическое возбуждение.
25. Модель движение на основе уравнения Матье-Хилла. Исследование устойчивости движения.

### 6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.



## 7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 7.1. Основная учебная литература

1. Егоров, О.Д. Механика роботов : учебное пособие / О.Д. Егоров ; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. - М. : Аль-таир-МГАВТ, 2007. - 224 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429843](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429843).
2. Рыбак, Л.А. Эффективные методы решения задач кинематики и динамики робота-станка параллельной структуры. [Электронный ресурс] : Монографии / Л.А. Рыбак, В.В. Ержуков, А.В. Чичварин. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2011. - 148 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59592> - Загл. с экрана.
3. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов. - Мн.: ДизайнПРО, 2004. - 640с.: ил.
4. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под. ред. П.В. Трусова. - М: Логос, 2005. - 440 с.
5. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2001. - 343 с.: ил.
6. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учеб. для вузов / Под. ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - 2-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. - 496 с.

### 7.2. Дополнительная учебная литература

7. Гидравлика, гидромашины и гидропневмоавтоматика: Учеб. для вузов / Т.В. Артемьева, Т.М. Лысенко, А.Н. Румянцева, С.П. Стесин; Под ред. С.П. Стесина – М.: Издат центр «Академия», 2005. – 336 с.
8. Комаров, М.С. Динамика механизмов и машин / Комаров М.С. – М.: Машиностроение, 1969 – 297 с.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Книги, учебники, учебные пособия, методические пособия, лекции, интернет-ресурсы, экспериментальные стенды, лаборатории, компьютеры.

Программные пакеты: Matlab, Matcad.

## 9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. [dist.kgsu.ru](http://dist.kgsu.ru) – Система поддержки учебного процесса КГУ;
2. [znanium.com](http://znanium.com) – Электронно-библиотечная система;
3. [studmedlib.ru](http://studmedlib.ru) – Электронная библиотека высшего учебного заведения;
4. [window.edu.ru](http://window.edu.ru) – Единое окно доступа к образовательным ресурсам;



5. lib-bkm.ru – Сайт электронной библиотеки машиностроителя;
6. edu.ru – Федеральный портал «Российское образование»;
7. ru.wikipedia.org – Энциклопедия Википедия.

## **10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

Минимальные требования к операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций: Windows XP.

При проведении практических занятий и выполнении курсового проекта используется стандартный пакет для выполнения инженерных расчётов Mathcad 15 и оригинальный авторский пакет программ для указанного стандартного пакета.

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

Компьютерный класс, научная лаборатория кафедры, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Компьютерное моделирование механических систем»**

образовательной программы высшего образования –  
программы специалитета  
**01.05.01 Фундаментальные математика и механика**

Направленность:  
**Математическое и компьютерное моделирование механических систем**

Трудоемкость дисциплины: 4 ЗЕ (144 академических часов)

Семестр: 9

Форма промежуточной аттестации: зачёт

Содержание дисциплины

Механические системы как объект изучения. Механические связи. Математическая модель механической системы. Визуализация математической модели. Методы решения уравнений математической модели механической системы.