



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по НР

  
Ахметова И.Г.  
«28» октября 2020 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.01.01 Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем

---

Направление  
подготовки

**15.06.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ**

---

Направленность  
подготовки

05.02.05 Роботы, мехатроника и робототехнические  
системы

---

Квалификация (степень)  
выпускника

Исследователь. Преподаватель-  
исследователь

---

Форма обучения

Очная

(очная, очно-заочная, заочная)

---

г. Казань  
2020

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

**Целью освоения дисциплины** «Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем» является формирование у аспирантов знания основ современных методов функционального, имитационного и математического моделирования мехатронных и робототехнических систем различного назначения, методов построения моделей различных классов и их реализации на компьютерной технике посредством современных прикладных программных средств.

**Основными задачами** изучения дисциплины является освоение современных методов моделирования мехатронных и робототехнических систем, этапов математического моделирования, принципов построения и основных требований к математическим моделям, схемы их разработки и методов исследования, формализация процессов функционирования системы, имитационного моделирования, методов упрощения математических моделей, технических и программных средств моделирования.

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем» аспирант должен овладеть:

<b>Формируемые компетенции (код и формулировка компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций</b>
<b>ПК-3</b> способность использовать научные результаты и известные методы, и способы для проектирования и оптимизации технологических процессов	<b>З1 (ПК-3) Знать:</b> основные законы физики и математики необходимые для составления уравнений движения элементов мехатронных и робототехнических систем <b>У1 (ПК-3) Уметь:</b> работать с математическим аппаратом, описывающим мехатронные и робототехнические системы <b>В1 (ПК-3) Владеть:</b> навыком преобразования различных форм представления процессов движения элементов мехатронных и робототехнических систем
<b>ПК-4</b> способность разрабатывать теоретические модели, позволяющие повышать качество выпускаемых изделий, управлять технологическими процессами, средствами и системами машиностроительных производств	<b>З1(ПК-4) Знать:</b> основные понятия и фундаментальные законы естественнонаучных дисциплин <b>У1 (ПК-4) Уметь:</b> анализировать воздействие различных параметров на процессы измерения различных физических величин в процессе проведения экспериментов <b>В1 (ПК-4) Владеть:</b> навыками оформления электрических принципиальных и функциональных схем в соответствии с ЕСКД и ЕСТД

## 2 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем» относится к дисциплинам относится к вариативной ча-

сти блока Б1 учебного плана и обязательна для освоения на 2 курсе, в 4 семестре.

### 3. Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем»

#### 3.1 Структура дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	из них, проводимых в интерактивной форме	семестры			
			4			
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	72		72			
<b>АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ:</b>	36		36			
Лекции (Лк)	18		18			
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)	18		18			
Лабораторные работы (ЛР)						
и(или) другие виды аудиторных занятий						
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА:</b>	18		18			
Контроль	18		18			
<b>ВИД ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ</b> (З – зачет, ЗО – зачет с оценкой, Э – экзамен)	30		30			

### 3.2. Содержание разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего часов на раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Форма аттестации
				Лк	ПЗ	ЛР	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Непрерывные модели мехатронных и робототехнических систем	18	4	6	6	-	6	Устный опрос. Презентация.
2.	Дискретные модели мехатронных и робототехнических систем	18	4	6	6	-	6	Устный опрос. Презентация.
3.	Оценка параметров моделей мехатронных и робототехнических систем	18	4	6	6	-	6	Устный опрос. Презентация.
4.	Промежуточная аттестация	18	4			-		<i>Зачет с оценкой, 18 ч.</i>
5.	Итого:	72		18	18	-	18	18

### 3.3. Содержание разделов дисциплины

**Тема 1. Непрерывные модели мехатронных и робототехнических систем.** Классификация и основные свойства непрерывных математических моделей. Экспериментальный подход при моделировании непрерывных математических моделей Аналитический подход при моделировании непрерывных математических моделей.

**Тема 2. Дискретные модели мехатронных и робототехнических систем.** Классификация и основные свойства дискретных математических моделей. Экспериментальный подход при моделировании дискретных математических моделей. Аналитический подход при моделировании дискретных математических моделей

**Тема 3. Оценка параметров моделей мехатронных и робототехнических систем.** Метод наименьших квадратов в MatLab. Интерполяция полиномом Лагранжа. Фильтр Баттерворта с применением FDATools.

### 3.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/з	Т Е М А	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Продолжительность (часов)
1	2	3	4	5
1.	Непрерывные модели мехатронных и робототехнических систем	4	1	6
2.	Дискретные модели мехатронных и робототехнических систем	4	2	6
3.	Оценка параметров моделей мехатронных и робототехнических систем	4	3	6
	Итого			18

**3.5. Лабораторные занятия учебным планом дисциплины не предусмотрены**

### 3.6. Разделы дисциплины и связь с формируемыми компетенциями

№ п/п	Раздел дисциплины, участвующий в формировании компетенций	Часов на раздел	Компетенции		Количество компетенций
			ПК-3	ПК-4	
1	Математическое описание мехатронных и робототехнических систем	18	З	З, У	3
2	Оптимизационный синтез исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем	18	З, У	У	3
3	Моделирование и исследование динамики мехатронных и робототехнических систем	18	У, В	З, У, В	5
4	Промежуточная аттестация	18			
	Итого	72	5	6	11

*(Сумма компетенций, сформированных каждым разделом, соотношенная с часами на изучение данного раздела, позволяет оценить реальность формирования компетенций и скорректировать распределение часов отведенных на разделы).*

Условные обозначения: З – знать,  
У – уметь,  
В – владеть.

### 3.7. Организация самостоятельной работы аспирантов

№ п/п	Тема самостоятельной работы	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Объем академических часов
1	2	3	4	5
1	Непрерывные модели мехатронных и робототехнических систем	3	1	6
2	Дискретные модели мехатронных и робототехнических систем	3	2	6
3	Оценка параметров моделей мехатронных и робототехнических систем	3	3	6
4	Подготовка к зачету	3	1-3	18
	Итого:			36

### 4. Образовательные технологии

Методы и формы активизации деятельности	Виды учебной деятельности			
	ЛК	ПР	ЛР	СРС
Дискуссия	+	+		
IT-методы	+	+	+	+
Командная работа		+	+	+
Разбор кейсов		+		
Опережающая СРС	+	+	+	+
Индивидуальное обучение			+	+
Проблемное обучение		+	+	+
Обучение на основе опыта		+	+	+

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;

закрепление теоретического материала при проведении лабораторных работ с использованием учебного и научного оборудования и приборов, выполнения проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **5.1. Виды и формы контроля по дисциплине**

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных навыков (владений) осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в КГЭУ.

Текущий контроль освоения компетенций по дисциплине проводится при изучении теоретического материала, выполнении индивидуальных заданий в форме устного опроса, доклада, презентации. Текущему контролю подлежит посещаемость аспирантами аудиторных занятий и работа на занятиях.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине «Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем») является промежуточная аттестация в форме зачета (зачета с оценкой), проводимая с учетом результатов текущего контроля в 3 семестре.

### **5.2. Типовые задания и материалы для оценки сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины**

#### **5.2.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

##### **Примерный перечень вопросов к зачету**

1. Что такое модель системы управления?
2. Что такое моделирование?
3. Виды моделей систем управления?
4. Основные подходы к моделированию систем?
5. Виды математических моделей?
6. Виды дискретных моделей?
7. Методы моделирования последовательности случайных чисел?
8. Основные характеристики случайных величин?
9. Основные характеристики случайных величин?
10. Основные характеристики случайных величин?
11. Основные характеристики случайных процессов?
12. Критерии подобия?
13. Какие средства вычислительной техники используются для моделирования?
14. Какие модели используются для моделирования случайных процессов?
15. Методы моделирования заданных законов распределения?



16. Этапы построения математических моделей систем управления (концептуальный, математический и программный).
17. Классификация и основные свойства математических моделей систем управления.
18. Экспериментальный, аналитический и экспериментально-аналитический подходы при построении математических моделей.
19. Математические модели систем управления в пространстве состояний.
20. Собственные векторы и собственные значения математической модели системы управления.
21. Линейные преобразования в пространстве состояний.
22. Канонические формы математических моделей в пространстве состояний.
23. Структурированные модели систем управления.
24. Переход от структурированных моделей к моделям в пространстве состояний и обратно.
25. Структурированные модели многомерных систем. Матричная передаточная функция.
26. Дискретные модели систем управления.
27. Дискретная передаточная функция. Модели максимального правдоподобия и наименьших квадратов.
28. Дискретные модели в пространстве состояний.
29. Устойчивость математических моделей.
30. Управляемость математических моделей.
31. Наблюдаемость математических моделей.
32. Обусловленность математических моделей.
33. Статистические характеристики внешних возмущений.
34. Линейные модели внешних возмущений. Метод формирующего фильтра
35. Генераторы случайных чисел.
36. Основные понятия определения и задачи идентификации.
37. Определение передаточной функции по временным характеристикам объекта логарифмическим методом.
38. Определение передаточной функции по частотным характеристикам.
39. Корреляционный метод идентификации.
40. Метод наименьших квадратов.
41. Рекуррентный метод наименьших квадратов.
42. Основы теории подобия.
43. Теоремы подобия.

### **5.3. Критерии оценивания уровня сформированности компетенций**

Оценка результатов обучения по дисциплине «Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем» в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время зачета.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается. Что полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины.

### Критерии оценивания

Оценка	Критерии
<i>«отлично»</i>	Наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы
<i>«хорошо»</i>	Наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала
<i>«удовлетворительно»</i>	Наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, необходимость дополнительных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике
<i>«неудовлетворительно»</i>	Наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неточность ответов на дополнительные вопросы.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 основная литература:

1. Погодицкий О.В. Проектирование мехатронных систем: учебное пособие для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 15.03.06 "Мехатроника и робототехника" / О. В. Погодицкий, Н. А. Малев. - Казань: КГЭУ. - Текст: непосредственный. Ч. 1: Анализ и синтез. - 2018. - 312 с.
2. Муромцев Д.Ю. Математическое обеспечение САПР: учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Лань, 2014. - 464 с.

3. Бычков Ю.В. Расчет математических моделей динамических систем аналитически-численным методом. Модели с сосредоточенными и распределенными параметрами. Переходные и периодические режимы: научное издание / Ю. А. Бычков, С. В. Щербаков. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Технолит, 2010. - 380 с.

### 6.2 дополнительная литература:

4. Погодицкий О.В. Цифровые системы управления: учебное пособие / О.В.Погодицкий. - 2-е изд., перераб. и доп. - Казань: КГЭУ, 2010. - 184 с.
5. Шарифуллин В.Н. Математическое моделирование: лаб. практикум / В. Н. Шарифуллин. - Казань: КГЭУ, 2009.

### 6.3. Электронно-библиотечные системы

1. [iprbookshop.ru](http://iprbookshop.ru).
2. [knigafund.ru](http://knigafund.ru).
3. [ibooks.ru](http://ibooks.ru).
4. [znanium.com](http://znanium.com).
5. [e.lanbook.com](http://e.lanbook.com).
6. [library.bsu.ru/menu-electronic](http://library.bsu.ru/menu-electronic).

### 6.4. Программное обеспечение дисциплины

Пакеты прикладных программ для расчета параметров интерфейсов Multisim, MatLab, LabVIEW и Trace Mode.

### 6.5. Интернет-ресурсы

1. [http:// otherreferats.allbest.ru](http://otherreferats.allbest.ru).
2. [www.kgeu.ru](http://www.kgeu.ru).
3. [www.mirknig.com](http://www.mirknig.com)

### 6.6. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1.	Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>	Свободный
2.	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>	Свободный
3.	Президентская библиотека имени Бориса Николаевича Ельцина	<a href="http://prlib.ru">В http://prlib.ru</a>	Свободный
4.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Свободный
5.	Высшая аттестационная комиссия при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации	<a href="https://scienceid.net/president/">https://scienceid.net/president/</a>	Свободный
6.	Президент России — молодым ученым - Science-ID	<a href="https://scienceid.net/president/">https://scienceid.net/president/</a>	Свободный
7.	МБД Scopus	<a href="https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic">https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic</a>	Свободный с компьютеров университета
8.	МБД Web of Science	<a href="https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&amp;search_mode=GeneralSearch&amp;SID=D6cTknVCLV7j48sfzSo&amp;preferencesSaved=">https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&amp;search_mode=GeneralSearch&amp;SID=D6cTknVCLV7j48sfzSo&amp;preferencesSaved=</a>	Свободный с компьютеров университета
9.	Портал РФФИ	<a href="https://www.rfbr.ru/rffi/ru/">https://www.rfbr.ru/rffi/ru/</a>	Свободный

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п./п.	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лекции	Специальные помещения для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения: мультимедийный проектор, мобильный ПК (ноутбук), экран
2	Практические занятия	Специальные помещения для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения: мультимедийный проектор, мобильный ПК (ноутбук)
		Компьютерный класс с выходом в Интернет	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения: ПК, лицензионное программное обеспечение
4	Самостоятельная работа обучающихся	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокamеры, программное обеспечение
		Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, мультимедийный проектор, экран, программное обеспечение

## 8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистен-

том, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

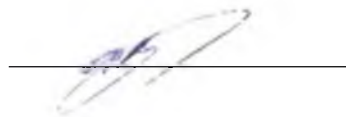
Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки аспирантов «15.06.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 881.

Автор



к.т.н., доц. О.В. Козелков

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры Приборостроение и мехатроника от 26 октября 2020 г., протокол № 10.

Зав кафедрой Приборостроение и мехатроника  Козелков О.В.

На заседании методического совета института от 26.10.20 г., протокол № 2 программа рекомендована к утверждению.

Директор института

Цифровых технологий и экономики  Торкунова Ю.В.

Согласовано:

Руководитель ОПОП



Козелков О.В.

Заведующий  
библиотекой



Соколова И.В.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ изме- нения	Номера листов (страниц)			Всего ли- стов в доку- менте	ФИО и под- пись лица, внесшего изменение	Дата
	замененных	НОВЫХ	ИЗЪЯТЫХ			