

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Северский технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(СТИ НИЯУ МИФИ)**

**Кафедра «Электрооборудования и автоматизации технологических процессов»**

ОДОБРЕНО  
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ  
протокол № 6 от 30.08.2024

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ**  
**МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**15.03.06 Мехатроника и робототехника**

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Разработка роботизированных систем для атомной промышленности**

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
7	5	180	16	32	32	0	100	Экз.
Итого	5	180	16	32	32	0	100	

# 1 МОДЕЛЬ КОНТРОЛИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ПК-6	З-ПК-6	Д31, ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, Д32, Экзамен (7 сем.)
ПК-6	У-ПК-6	Д31, ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, Д32, Экзамен (7 сем.)
ПК-6	В-ПК-6	Д31, ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7, ЛР8, Д32, Экзамен (7 сем.)

Сокращение наименований форм аттестационных мероприятий:

Обозначение	Полное наименование
ДЗ	Домашнее задание
ЛР	Лабораторная работа

Сокращение наименований форм промежуточной аттестации:

Э	Экзамен
---	---------

**Шкалы оценки образовательных достижений.** Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Экзамена.

**Аттестация в 7 семестре:**

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
Д31	Домашнее задание	10	6
ЛР1	Лабораторная работа	5	3
ЛР2	Лабораторная работа	5	3
ЛР3	Лабораторная работа	5	3
ЛР4	Лабораторная работа	5	3
ЛР5	Лабораторная работа	5	3
ЛР6	Лабораторная работа	5	3
ЛР7	Лабораторная работа	5	3
ЛР8	Лабораторная работа	5	3
Д32	Домашнее задание	10	6
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>

Промежуточная аттестация							
Экзамен					40	24	
Итого:					100	60	

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D	E	F	
Оценка по 4-х бальной шкале	отлично (отл.)		хорошо (хор.)		удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)
Зачет			Зачтено				Не зачтено

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

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.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### 2.1 ЛР – лабораторная работа

2.1.1 Комплект материалов для оценивания выполнения лабораторных работ по разделу 2 «Технологии моделирования электромеханических мехатронных модулей движения в среде SimInTech»

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 2.1.

Таблица 2.1— Содержание лабораторных работ

№	Наименование лабораторной работы	Описание ЛР
ЛР1	Пакет SimInTech – визуальная среда моделирования мехатронных систем	Принципы и методика моделирования. Запуск SimInTech. Панели инструментов главного окна и схемных окон. Демонстрационно-обучающие примеры моделирования в среде SimInTech.
ЛР2	Математическое моделирование мехатронной системы	Цель работы заключается в построении математической модели разрабатываемой мехатронной системы.
ЛР3	Имитационное моделирование мехатронной системы	Цель работы заключается в построении имитационной модели разрабатываемой мехатронной системы.
ЛР4	Составление циклографов	Цель работы заключается в построении

№	Наименование лабораторной работы	Описание ЛР
	работы мехатронной системы	циклограммы работы разрабатываемой мехатронной системы.
ЛР5	Выбор устройств и составление кинематической схемы работы мехатронной системы	Цель работы заключается в выборе необходимых устройств для реализации мехатронной системы, а также построении кинематической схемы манипулятора.
ЛР6	Составление структурной схемы мехатронной системы	Цель работы заключается в построении структурной схемы разрабатываемой мехатронной системы.
ЛР7	Составление электрической и пневматической схем автоматизации системы	Цель работы заключается в построении электрической и пневматической схем автоматизации разрабатываемой мехатронной системы.
ЛР8	Составление схемы алгоритма программы контроллера мехатронной системы	Цель работы заключается в построении схемы алгоритма программы контроллера разрабатываемой мехатронной системы.
<p>Примечание—при выполнении лабораторных работ следует пользоваться рекомендациями, изложенными в:</p> <p>1) Среда динамического моделирования технических систем SimInTech : практикум по моделированию систем автоматического регулирования / Б. А. Карташов, Е. А. Шабаев, О. С. Козлов, А. М. Щекатуров .— 1 компьютерный файл (pdf; 22,6 Mb) .— Москва : ДМК Пресс, 2017 .— 424 с. : ил. — Заглавие с экрана .— Библиогр.: с. 422-423. — Доступ из локальной сети учебного заведения .— Adobe Reader .— ISBN 978-5-97060-482-3.</p> <p>2) Хабаров, С. П. Основы моделирования технических систем. Среда Simintech [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / Хабаров С. П., Шилкина М. Л. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 .— 120 с. — Книга из коллекции Лань - Информатика .— ISBN 978-5-8114-6966-6 .</p>		

#### ***Структура отчета по лабораторным работам:***

- 1) Цель работы: цель и задачи, решаемые в ходе проводимого исследования.
- 2) Теоретическая часть: основные законы, формулировки, методики проводимого исследования.
- 3) Экспериментальная часть: полученные результаты, графики, расчеты, расчет погрешности и т.п.
- 4) Вывод: заключение о проделанном исследовании и его результатах.
- 5) Приложения (при необходимости).

#### ***Методика оценки результатов выполнения***

Критерии	Оценка, балл
Грамотное представление о сущности рассматриваемых физических явлений	1
Четкое выполнение плана лабораторной работы	1
Умение анализировать полученные результаты с профессиональной точки зрения	1
Техническая грамотность и аккуратность при оформлении отчета по лабораторной работе	1
Своевременность выполнения лабораторных работ в течение семестра	1

### **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА АТТЕСТАЦИИ РАЗДЕЛА (РУБЕЖНЫЙ КОНТРОЛЬ)**

#### **3.1 ДЗ – домашнее задание**

3.1.1 Комплект материалов для оценивания домашнего задания по разделу 1 «Моделирование»

Список примерных вопросов, выносимых на ДЗ1:

- 1) Что такое модель и моделирование? Цели моделирования?
- 2) Какое моделирование называется математическим?
- 3) Указать достоинства математических моделей.
- 4) Отличие линейных и нелинейных моделей?
- 5) Для каких целей служит оптимизационная модель?
- 6) Способы описания неопределенности параметров в модели?
- 7) На основании какой информации выполняется формулировка концептуальной постановки задачи моделирования?
- 8) Указать причины возможной неадекватности модели.
- 9) Для решения каких задач может быть использована математическая модель?
- 10) Какие устройства входят в управляющую подсистему интеллектуального мехатронного модуля движения?

#### ***Методика оценки результатов домашнего задания ДЗ1***

Критерии	Оценка, балл
умение увязывать теорию с практикой	1,0
достоверность ответа при минимально необходимой информации	3,0
полнота ответа и приведение сопутствующих пояснений	3,0
использование в ответе материала монографической литературы	1,0
грамотность, соблюдение стандартов, аккуратность оформления домашнего задания	1,0
своевременность выполнения задания в течение семестра	1,0

3.1.2 Комплект материалов для оценивания домашнего задания по разделу 2 «Технологии моделирования электромеханических мехатронных модулей движения в среде SimInTech»

Список примерных вопросов, выносимых на ДЗ2:

- 1) В чем сущность структурного моделирования САР?
- 2) В чем сущность компьютерного моделирования САР с помощью ПО SimInTech?
- 3) В каком виде вводят исходные данные при моделировании САР в среде SimInTech?
- 4) Какими передаточными функциями описываются звенья непрерывной части цифрового электропривода?
- 5) Какими передаточными функциями описываются звенья дискретной части цифрового электропривода?

- 6) Какова особенность оценки качества электромеханических модулей движения по переходным характеристикам?
- 7) Что такое непрерывная и дискретная САР?
- 8) Как на основе передаточной функции ПИД-закона регулирования получить передаточные функции П-, И-, ПИ-, ПД- законов регулирования?
- 9) Какова сущность теоремы В. А. Котельникова?
- 10) Что такое модули движения? Как они классифицируются?

### *Методика оценки результатов домашнего задания ДЗ2*

Критерии	Оценка, балл
умение увязывать теорию с практикой	1,0
достоверность ответа при минимально необходимой информации	3,0
полнота ответа и приведение сопутствующих пояснений	3,0
использование в ответе материала монографической литературы	1,0
грамотность, соблюдение стандартов, аккуратность оформления домашнего задания	1,0
своевременность выполнения задания в течение семестра	1,0

## **4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

4.1 Комплект материалов для оценивания экзамена по дисциплине «Математическое моделирование управления мехатронными системами»

Экзамен проводится в письменной форме в виде ответа на вопросы с последующим собеседованием со студентом.

Список вопросов, выносимых на экзамен:

- 1 Математическое моделирование и математические модели. Основные понятия.
- 2 Классификация методов математического моделирования применительно к этапу построения математической модели.
- 3 Классификация методов математического моделирования применительно к этапу исследования математической модели.
- 4 Характеристики математической модели.
- 5 Моделирование электрических систем на графах связей.
- 6 Моделирование механических систем на графах связей.
- 7 Общие принципы графического представления мехатронных систем в пакетах автоматизированного моделирования.
- 8 Алгоритмы численного моделирования нелинейных динамических систем.
- 9 Моделирование гибридных (событийно-управляемых) мехатронных систем.
- 10 Особенности современных систем автоматизированного моделирования.
- 11 Иерархическое проектирование и многоуровневое моделирование мехатронных систем.
- 12 Архитектура программ автоматизированного моделирования.
- 13 Методы построения моделирующих программ.
- 14 Пакеты структурного моделирования.

- 15 Пакеты физического моделирования.
- 16 Математические модели мехатронных модулей движения.
- 17 Принципы построения мехатронных модулей движения.
- 18 Принципы цифрового управления электроприводами.
- 19 Структурные модели цифровых электроприводов.
- 20 Аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи.
- 21 Моделирование цифровых САР в среде SimInTech на основе линейных моделей.
- 22 Моделирование цифровых САР в среде SimInTech с учетом нелинейных свойств элементов.
- 23 Расчетная схема питания мехатронного модуля движения.
- 24 Динамические и энергетические процессы в мехатронном модуле движения, питающегося от ВИП на базе выпрямителя.
- 25 Силовые полупроводниковые преобразователи электромеханических модулей движения.
- 26 Математическое описание двигателя постоянного тока (ДПТ).
- 27 Синтез регуляторов в одноконтурном электроприводе постоянного тока.
- 28 Синтез регуляторов в двухконтурном электроприводе постоянного тока.
- 29 Синтез регуляторов в следящей робототехнической системе постоянного тока.
- 30 Разновидности математических моделей, получаемые на основе дифференциального уравнения.
- 31 Передаточная функция и методы, применяемые для ее определения.
- 32 Структурные схемы элементов и модулей движения. Способы их составления.
- 33 Частотные характеристики (АФЧХ, АЧХ, ФЧХ).
- 34 Сущность Z-преобразования в теории дискретных (импульсных) систем. Что такое дискретная передаточная функция?
- 35 Сущность структурно-параметрического синтеза цифровых систем на основе метода переоборудования регулятора.
- 36 Критерии оптимальности. Что такое оптимизируемые параметры?
- 37 Сущность структурного моделирования САР.

Пример экзаменационного билета.

- 1) Математическое моделирование и математические модели. Основные понятия.
- 2) Структурные модели цифровых электроприводов

#### *Методика оценки результатов собеседования на экзамене*

Критерии	Оценка, балл
умение тесно увязывать теорию с практикой	5
достоверность ответа при минимально необходимой информации	15
полнота ответа и приведение сопутствующих пояснений	15
техническая грамотность, соблюдение правил орографии, аккуратность при оформлении ответа	5

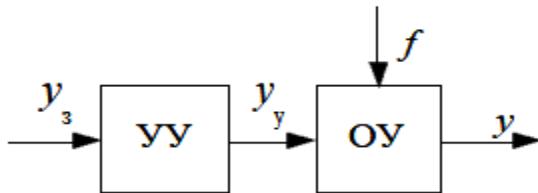
## 5 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ (ЧАСТИ КОМПЕТЕНЦИИ)

5.1 Комплект материалов для оценивания сформированности компетенции (части компетенции) по дисциплине «Математическое моделирование управления мехатронными системами»

5.1.1 Комплект материалов для оценивания сформированности компетенции (части компетенции) ПК-6 «Способен проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем».

Форма ответа: выбор правильного ответа из предложенных вариантов/указание правильного ответа.

- 1) Какая из постановок задачи является самой абстрактной?
  - a) содержательная
  - b) концептуальная
  - c) **математическая**
- 2) Указать три составляющие погрешности численных методов.
- 3) Может ли системное время быть не равно реальному времени?
  - a) да
  - b) нет
  - c) если это установлено при первом запуске системы
- 4) Структурная схема какой САУ изображена на рисунке?



- 5) В системах стабилизации задающее воздействие
  - a) случайное
  - b) **постоянное**
  - c) изменяется по заданному закону
- 6) В системах программного управления задающее воздействие
  - a) случайное
  - b) постоянное
  - c) **изменяется по заданному закону**
- 7) В следящих системах управления задающее воздействие

- a) случайное**
- b) постоянное
- c) изменяется по заданному закону

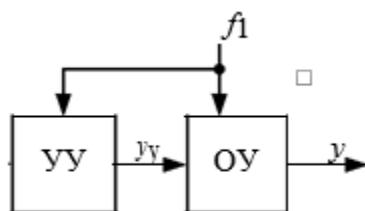
8) Какой способ автоматического регулирования (САР) температуры применяют в бытовом холодильнике?

- a) по отклонению регулируемого параметра
- b) по возмущению (возмущающему воздействию на регулируемый параметр)
- c) комбинированный**

9) Перечислить существующие типы датчиков по виду выходного сигнала

- a) генераторные**
- b) параметрические**
- c) пропорциональные
- d) инерционные

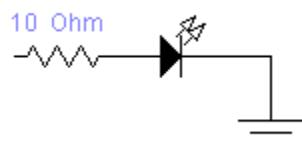
10) Какой принцип управления используется в САУ, изображенной на рисунке?



- a) по отклонению регулируемого параметра
- b) по возмущению (возмущающему воздействию на регулируемый параметр)**
- c) комбинированный
- d) по задающему воздействию.

11) Как находятся передаточные функции смешанных соединений звеньев?

12) Схема какого устройства изображена на рисунке?



- a) светодиодного индикатора**
- b) параметрического стабилизатора напряжения
- c) пикового детектора

13) Какой вид механической передачи изображен на рисунке?



14) Какой вид механической передачи изображен на рисунке?



15) Какой двигатель наиболее сложный в управлении?

- a) асинхронный
- b) синхронный**
- c) зависит от решаемой задачи

16) Регулирование скорости асинхронного короткозамкнутого двигателя производят путем изменения задаваемой

- a) частоты напряжения питания электродвигателя**
- b) величины тока питания электродвигателя
- c) величины напряжения питания электродвигателя

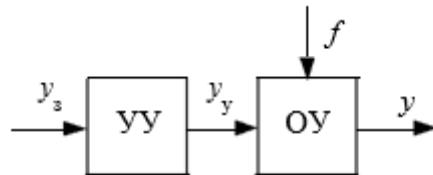
17) В мехатронных модулях (ММ) применяют двигатели постоянного тока, синхронные и асинхронные двигатели переменного тока. Наиболее простым в управлении является двигатель

- a) постоянного тока**
- b) синхронный двигатель переменного тока
- c) асинхронный двигатель переменного тока

18) Синхронный двигатель состоит из

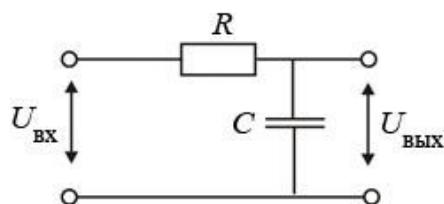
- a) электронного устройства управления.
- b) датчика положения ротора
- c) синхронной электрической машины**
- d) двигателя постоянного тока

19) Какой принцип управления используется в САУ, изображенной на рисунке?



- a) по отклонению регулируемого параметра
- b) по возмущению (возмущающему воздействию на регулируемый параметр)
- c) комбинированный
- d) **по задающему воздействию.**

20) Электрическая схема какого звена представлена на рисунке



- a) инерционного
- b) дифференцирующего
- c) колебательного
- d) **пассивное интегрирующее**

5.2 Критерии оценки сформированности компетенции (части компетенции) студентов

Количество правильных ответов	Менее 70%	70% и более
оценка	компетенции не сформированы	компетенции сформированы

Автор(ы):

Фамилия Имя Отчество	Должность, уч. степень
Лохтина Лилия Николаевна	к. ф.-м. н., доцент ЭиАТП

## **Приложение 1 – Оценочные средства сформированности компетенции (части компетенции)**

Ответы на задания комплекта материалов для оценивания сформированности компетенции ПК-6 «Способен проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем».

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	c	11	По различным формулам в зависимости от типа соединения (последовательное, параллельное, с обратной связью)
2	- Погрешность исходных данных. - Погрешность метода. - Погрешность округления.	12	a
3	a	13	Цилиндрическая зубчатая передача
4	Разомкнутая	14	Ременная передача
5	b	15	b
6	c	16	a
7	a	17	a
8	c	18	c
9	a, b	19	d
10	b	20	d