

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Нелинейные и цифровые системы управления

**Код модуля**  
1149853(1)

**Модуль**  
Системы автоматического управления

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Страшинин Евгений Эрастович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	департамент информационных технологий и автоматике
2	Цветков Александр Владимирович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Школа бакалавриата

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

**Авторы:**

- Страшинин Евгений Эрастович, Профессор, департамент информационных технологий и автоматике
- Цветков Александр Владимирович, Профессор, Школа бакалавриата

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Нелинейные и цифровые системы управления**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	1
		Отчет по лабораторным работам	1
		Конспект литературных источников	1

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Нелинейные и цифровые системы управления**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-1 -Способен осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования систем и средств автоматизации технологических процессов	З-1 - Перечислить требования частного технического задания на проведение предпроектного обследования объекта автоматизации к составу и содержанию отчета о проведенном обследовании с целью определения полноты данных для его составления П-1 - Сделать выводы по результатам предпроектного	Домашняя работа Конспект литературных источников Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Практические/семинарские занятия Экзамен

	<p>обследования объекта автоматизации</p> <p>П-2 - Подготовить отчет о выполненном обследовании объекта автоматизации</p> <p>У-1 - Выполнять расчеты для составления отчета о предпроектном обследовании объекта автоматизации</p>	
<p>ПК-3 -Способен производить расчеты и проектировать отдельные блоки и устройства, рассчитывать алгоритмы управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления технологическими процессами в соответствии с техническим заданием</p>	<p>З-1 - Изложить принципы построения систем автоматизированного и автоматического управления сложными технологическими процессами различной природы</p> <p>З-6 - Воспроизвести основные положения теории автоматического управления</p> <p>З-7 - Классифицировать математическое описание систем автоматического управления</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт разработки и реализации алгоритмов управления для систем автоматизированного и автоматического управления сложными технологическими процессами различной природы</p> <p>П-5 - Иметь практический опыт получения математического описания объектов управления</p> <p>П-6 - Владеть навыками расчета параметров законов регулирования с использованием современных инструментальных средств</p> <p>У-5 - Составлять математическое описание объектов различной физической природы</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Конспект литературных источников</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>
<p>ПК-6 -Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в</p>	<p>З-2 - Перечислить источники профессиональных знаний предметной области</p> <p>З-3 - Изложить методы поиска профессиональной технической информации</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт поиска необходимой научно-технической информации</p>	<p>Конспект литературных источников</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

профессиональной деятельности	<p>П-2 - Иметь практический опыт использования новых методик анализа и проектирования систем управления техническими системами</p> <p>У-1 - Выбирать и анализировать техническую документацию по использованию методов и средств решения задач управления в технических системах</p> <p>У-2 - Осваивать новые методики решения задач управления в технических системах</p>	
-------------------------------	--	--

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
Текущая аттестация на лекциях	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Контрольная работа</i>	6,8	40
<i>Конспектирование</i>	6,16	20
<i>домашняя работа</i>	6,14	40
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.40</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.60</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.20</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Практика1</i>	6,2	25
<i>Практика2</i>	6,4	25
<i>Практика3</i>	6,6	25
<i>Практика4</i>	6,8	25
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет</b>		

<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.00</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.2</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>ЛР1</i>	6,10	25
<i>ЛР2</i>	6,12	25
<i>ЛР3</i>	6,14	25
<i>ЛР4</i>	6,16	25
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
----------------------------	---

Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно но (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Практика1 Разностные уравнения
2. Практика2 Z-преобразование
3. Практика3 Расчет системы с конечной памятью
4. Практика4 Синтез цифрового управления непрерывными объектами на языке векторно-матричного описания

Примерные задания

Разностные уравнения. Требуется провести аналитическое решение разностных уравнений. Найдите свободную и вынужденную части решения. Найдите характеристический полином. Разберитесь с Векторно-матричным решением разностных уравнений. Постройте алгоритмические схемы и найдите процедуру решения разностных уравнений в оперативном времени.

Z-преобразование. Найти реальный идеальный и идеальный импульсные элементы предложенной системы и её дискретную передаточную функцию. Постройте частотные и псевдочастотные характеристики импульсной системы. Исследуйте на устойчивость замкнутую систему с помощью дискретного аналога критерия Найквиста.

Расчет системы с конечной памятью

Синтезируйте цифровую систему с конечной памятью. Быстродействие импульсных систем с конечной памятью. Проведите моделирование этой системы. Разберитесь, чем ограничивается быстродействие реальных систем с конечной памятью

Синтез цифрового управления непрерывными объектами на языке векторно-матричного описания. Требуется изложить методику синтеза цифрового управления непрерывными объектами объектами, представленными векторно-матричным описанием. изложите роль формулы Коши в этом синтезе. Проведите синтез управления для объектов с запаздыванием, объектов с многочастотным регулятором. Проведите обоснованный сравнительный анализ этого метода с методами дискретного преобразования решетчатых функций.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Изучение типичных нелинейностей
2. Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости

3. Исследование нелинейных систем методом гармонического баланса
  4. Синтез дискретной системы с максимальным быстродействием
- LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### **Базовый**

#### **5.2.1. Контрольная работа**

Примерный перечень тем

1. Контрольная работа "Решение задачи анализа нелинейных систем управления"

Примерные задания

Решение задачи анализа нелинейных систем управления .

Задана система, состоящая из линейной части вида  $W(p)=k/(p^{**2}(Tp+1))$  и нелинейного звена типа "Двухпозиционное реле с гистерезисом", имеющее параметры  $C$  - верхнее и нижнее ограничения и  $2b$  - ширина зоны нечувствительности.

Определить наличие периодического режима, оценить его устойчивость и (при устойчивости) определить частоту и амплитуду автоколебаний.

Параметры системы:  $k$ ,  $T$ ,  $C$ ,  $b$  задаются преподавателем.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.2. Домашняя работа**

Примерный перечень тем

1. Домашняя работа "Расчет цифровой системы управления непрерывным объектом"

Примерные задания

Расчет цифровой системы управления непрерывным объектом

Разработайте упрощенное математическое описание предложенного преподавателем объекта и реализуйте его в модели средствами пакета Manlab-Simulink. Проведите анализ свойств объекта, используя его модель.

Проведите модальный синтез системы управления, обеспечивающей заданное качества в статике и в динамике.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.3. Отчет по лабораторным работам**

Примерный перечень тем

1. ЛР1 Изучение типичных нелинейностей
2. ЛР2 Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости
3. ЛР3 Исследование нелинейных систем методом гармонического баланса
4. ЛР4 Синтез дискретной системы с максимальным быстродействием

Примерные задания

Изучение типичных нелинейностей

Требуется ознакомиться со свойствами следующих типичных нелинейностей: идеальное двухпозиционное реле;

усилитель с ограничением и зоной нечувствительности;  
трёхпозиционное реле;  
двухпозиционное реле с гистерезисом;  
люфт.

Проведите моделирование указанных нелинейностей и зафиксируйте процессы на входе и на выходе каждого нелинейного звена средствами пакета Matlab - Simulink.

Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости

Запрограммируйте четыре системы, каждая из которых состоит из нелинейного звена и линейной части с передаточными функциями  $K/p$ ;  $K/(Tp+1)$ .

Изучите процессы в этих системах на фазовой плоскости и во временной области. Проанализируйте, при каких коэффициентах обратной связи по скорости возникают скользкие режимы. Постройте и зафиксируйте характерные фазовые портреты этих систем.

Исследование нелинейных систем методом гармонического баланса

Провести исследование заданной нелинейной системы средствами пакета Matlab и его расширения - пакета Simulink. Постройте АФХ линейной части системы и характеристику

$-1/Wn(jA)$  нелинейного звена. определите, возможны ли периодические режимы в системе и их устойчивость. Если да, то определите параметры автоколебаний - амплитуду и частоту. Сравните результаты расчёта и моделирования.

Синтез дискретной системы с максимальным быстродействием

Проведите модальный синтез алгоритмов управления, обеспечивающих минимальное время регулирования. Назначьте соответственные желаемые собственные числа матрицы динамики замкнутой системы. Постройте Наблюдатель Люенбергера, укажите его необходимость для реализации синтезированной системы. Определите, какими причинами ограничено минимально возможное время регулирования в Вашей системе.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.4. Конспект литературных источников**

Примерный перечень тем

1. Нелинейные и цифровые системы управления

Примерные задания

Представление конспекта лекций

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Экзамен**

Список примерных вопросов

1. Основные понятия и возможности теории импульсных систем автоматического управления.

2. Типовая структура импульсной системы. Математическое описание импульсных элементов

3. Уравнения в конечных разностях и их решение

4. Дискретное преобразование Лапласа, Z-преобразование, их свойства

5. Передаточные функции импульсных систем. Свойства. Методы определения.

Примеры

6. Особенности структурных преобразований импульсных систем

7. Алгоритмические схемы. Назначение, методы построения. Примеры

8. Амплитудно-фазовые характеристики импульсных систем. Примеры. Основные особенности частотных характеристик импульсных систем

9. Расчёт частотных характеристик импульсных систем на основании частотных характеристик приведённой непрерывной части

10. Устойчивость импульсных систем. Частотный критерий устойчивости

11. Билинейное преобразование. Псевдо частотные характеристики импульсных систем.

Примеры

12. Коррекция импульсных систем с использованием псевдо частотных логарифмических характеристик. Примеры

13. Синтез управления в линейной импульсной системе, обеспечивающего минимальное время переходных процессов

14. Векторно-матричное описание непрерывного объекта с цифроаналоговым преобразователем на входе

15. Расчёт матриц разностного уравнения в цифровой системе при учёте задержки выдачи управления относительно моментов измерения на время, меньшее чем  $T_0$

16. Математическое описание цифровой системы с несколькими частотами квантования.

17. Математическое описание цифровой системы с задержкой в непрерывной части, кратной периоду квантования по времени. Векторно-матричный вариант

18. Дискретное преобразование Фурье. Классический вариант. Предложить алгоритм вычисления коэффициентов ДПФ

19. Понятие скользящего интервала времени. Рекуррентная форма ДПФ на скользящем интервале времени

20. Разомкнутый вариант вычисления ДПФ на скользящем интервале времени

21. Особые точки и особые траектории на фазовом портрете

22. Методы Льенара построения фазовых траекторий

23. Расчет навязанных колебаний в нелинейных системах

24. Эквивалентный комплексный передаточный коэффициент нелинейного звена

25. Устойчивость и параметры автоколебаний

26. Метод многолистной фазовой плоскости

27. Скользящие режимы в нелинейных системах

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология образования в сотрудничестве	ПК-3	3-1	Лабораторные занятия Практические/сем

		Технология самостоятельной работы			инарские занятия Экзамен
--	--	---	--	--	-----------------------------