

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

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Системы контроля и управления ядерных энергетических установок / Monitoring  
and Control System of Nuclear Power Plants

---

*Шифр, название дисциплины*

для студентов направления подготовки

14.03.01 "Ядерная энергетика и теплофизика"

---

*Шифр, название специальности/направления подготовки*

Nuclear Technologies

---

*Шифр, название специализации/профиля*

Форма обучения: очная

**Бакалавр**

---

*(Квалификация (степень) выпускника)*

г. Обнинск 2023 г.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ОП обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций*</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ПК-7	способность находить и принимать управленческие решения в области организации и нормирования труда	<i>Знать:</i> принципы и методы экспериментальных исследований; <i>Уметь:</i> использовать экспериментальные данные для поиска оптимальных решений; <i>Владеть:</i> современными обработкой и представления данных.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Системы контроля и управления ЯЭУ» является частью математического и общего естественнонаучного цикла дисциплин (Б1). Изучение дисциплины «Системы контроля и управления ЯЭУ» способствует формированию современного научного мировоззрения, развитию интеллектуальных способностей и познавательных интересов студентов; освоение базирующихся на этой науке технологий контроля параметров ЯЭУ, необходимых учащимся, как в самом образовательном процессе, так и в их повседневной и будущей жизни.

«Системы контроля и управления ЯЭУ» – предмет, который является востребованным во всех видах профессиональной деятельности и различных траекториях продолжения обучения. Подготовка по этому предмету на профильном уровне обеспечивает эту потребность, наряду с фундаментальной научной и общекультурной подготовкой в данном направлении.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетных единиц (з.е.), 108 академических часов.

**Объём дисциплины по видам учебных занятий (в часах)**

Объем дисциплины	Всего часов
	7 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	108
Контактная* работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	
Аудиторная работа (всего**):	48
в том числе:	
лекции	16
семинары, практические занятия	32
лабораторные работы	
Внеаудиторная работа (всего**):	
в том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем***:	
курсовое проектирование	
групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем (необходимо указать только конкретный вид учебных занятий)	
творческая работа (эссе)	
Самостоятельная работа обучающихся** (всего) 78	60
Вид промежуточной аттестации обучающегося - экзамен	

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

*Для очной формы обучения*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Общая трудоемкость всего (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости
			Аудиторные учебные занятия			СРО	
			Лек	Сем/Пр	Лаб		
<b>7 семестр</b>							
<b>1.</b>	<b>Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности.</b>		<b>2</b>	<b>8</b>		<b>15</b>	
1.1.	Введение. Атомные станции и ядерно-опасные объекты		0,5	0		5	
1.2.	Основные термины и определения		0,5	0		5	
1.3.	Стандарты МЭК		1	7		6	
<b>2</b>	<b>Системы управления предприятия - АСУ АЭС</b>		<b>3</b>	<b>3</b>		<b>15</b>	
2.1	Автоматизированные системы управления ресурсами АЭС		1	1		5	
2.2	Система управления производственными процессами		1	1		5	
2.3	Система управления технологическими процессами (АСУ ТП)		1	1		5	
<b>3.</b>	<b>Система управления технологическими процессами (АСУ ТП)</b>		<b>6</b>	<b>12</b>		<b>24</b>	
3.1	Система верхнего блочного уровня (СВБУ)		0,5	1		2	
3.2	Система управления и защиты реактора (СУЗ)		0,5	1		2	
3.3	Управляющая система безопасности технологическая (УСБТ)		0,5	1		2	
3.4	Система радиационного контроля (СРК)		0,5	1		2	
3.5	Система контроля, управления		0,5	1		2	

	и диагностики РУ (СКУД)						
3.6	Система контроля и управления противопожарной защитой (СКУ ПЗ)		0,5	1		2	
3.7	Система контроля и управления оборудованием нормальной эксплуатации (СКУ НЭ), включая системы контроля и регулирования турбины (СКРТ)		0,5	1		2	
3.8	Система контроля и управления СВО (СКУ СВО)		0,5	1		2	
3.9	Система регистрации важных параметров эксплуатации (СРВПЭ)		0,5	1		2	
3.10	Система контроля и управления электрическим оборудованием нормальной эксплуатации (СКУЭЧ)		0,5	1		2	
3.11	Система вибромониторинга и диагностики вращающегося оборудования (СВД)		0,5	1		2	
3.12	Система контроля и управления водно-химическими режимами первого и второго контуров (СКУ ВХР)		0,5	1		2	
<b>4</b>	<b>Система контроля, управления и диагностики РУ (СКУД)</b>		<b>5</b>	<b>10</b>		<b>15</b>	
4.1	Подсистема внутриреакторного контроля (СВРК)		1	2		3	
4.2	Подсистема обнаружения течи теплоносителя (СОТТ)		1	2		3	
4.3	Подсистема контроля вибраций (СКВ)		1	2		3	
4.4	Подсистема комплексного анализа (СКА)		1	2		3	
4.5	Подсистема обнаружения свободных предметов (СОСП)		1	2		3	

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

### **Рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Посещение лекционных занятий и конспектирование рассматриваемых на них материалов является недостаточным условием для усвоения необходимых знаний по предмету. Каждый студент должен индивидуально готовиться по темам дисциплины, читая конспекты лекций и рекомендуемую литературу, заучивая базовые определения, классификации, схемы и типологии.

Самостоятельная работа позволяет студенту в спокойной обстановке подумать, разобраться с информацией по теме, при необходимости обратиться к справочной литературе. Внимательное чтение и повторение прочитанного помогает в полном объеме усвоить содержание темы, структурировать знания.

Чтобы содержательная информация по дисциплине запоминалась надолго, целесообразно изучать ее поэтапно - по темам и в строгой последовательности, поскольку последующие темы, как правило, опираются на предыдущие. Именно поэтому большая часть самостоятельной работы приурочена к практическим занятиям. При подготовке к семинарам целесообразно прочитать материал изучаемой темы, попытавшись разобраться со всеми теоретическими положениями и примерами. Если возникли трудности, обратиться за помощью к учебной, справочной литературе или к преподавателю за консультацией.

Для получения более глубоких и устойчивых знаний студентам рекомендуется изучать дополнительную литературу, список которой приведен в рабочей программе дисциплины.

Для расширения знаний по дисциплине и для выполнения реферата рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: поисковые сайты, базы данных химических соединений, электронные библиотеки.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

### ***6.1 Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)***

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка - по желанию	наименование оценочного средства
1.	Системы контроля и управления ЯЭУ	ПК-7	Контрольная работа и тестирование

### ***6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы***

#### ***6.2.1. Зачет***

##### ***а) типовые вопросы (задания)***

1. Общие сведения об автоматическом управлении
2. Классификация систем автоматического управления
3. Математические модели САУ
4. Передаточные функции САУ
5. Динамические характеристики САУ
6. Временные характеристики САУ
7. Частотные характеристики САУ
8. Логарифмические частотные характеристики САУ
9. Динамические звенья САУ

- 10.Соединения динамических звеньев
- 11.Характеристики типовых динамических звеньев
- 12.Основные понятия теории устойчивости
- 13.Исследование устойчивости по уравнениям первого приближения
- 14.Алгебраические критерии устойчивости
- 15.Необходимое условие устойчивости
- 16.Критерий устойчивости Гурвица
- 17.Критерий устойчивости Рауса
- 18.Частотные критерии устойчивости
- 19.Принцип аргумента
- 20.Критерий устойчивости Михайлова
- 21.Критерий устойчивости Найквиста
- 22.Запасы устойчивости
- 23.Оценка устойчивости по ЛЧХ
- 24.Выделение областей устойчивости
- 25.Построение области устойчивости по алгебраическим критериям
- 26.Д – разбиение в плоскости одного параметра
- 27.Д – разбиение в плоскости двух параметров
- 28.Показатели качества САУ
- 29.Методы построения переходной функции
- 30.Коэффициенты ошибок
- 31.Интегральные оценки качества
- 32.Задача синтеза и способы коррекции
- 33.Синтез САУ методом ЛЧХ
- 34.Особенности синтеза корректирующих обратных Связей
- 35.Случайные функции и их характеристики
- 36.Связь между корреляционными функциями спектральными плотностями на входе и выходе линейной динамической системы
- 37.Анализ динамической точности САУ
- 38.Формирование сигнала с заданной спектральной плотностью
- 39.Синтез оптимальных передаточных функций САУ при случайных воздействиях

### **Примеры задач, предлагаемых на зачете**

Типовая задача синтеза САУ с выбором типа регулятора и расчетом его настроек для управления инерционным объектом 2-го порядка. в виде последовательного соединения 2- инерционных звеньев с коэффициентом усиления  $K=0.3$ .

Постоянная времени 1-го инерционного звена  $T_1=600$ с, 2 -го инерционного звена – 10с.

Требования к показателям качества замкнутой системы: время регулирования – 600с, монотонность переходной функции, нулевая статическая ошибка.

Типовая задача синтеза САУ с выбором типа регулятора и расчетом его настроек для управления инерционным объектом 2-го порядка. в виде последовательного соединения 2- инерционных звеньев с коэффициентом усиления  $K=1$

Постоянная времени 1-го инерционного звена  $T_1=200$ с, 2 -го инерционного звена – 10с.

Требования к показателям качества замкнутой системы: время регулирования – 200с, монотонность переходной функции, нулевая статическая ошибка.

Типовая задача синтеза САУ с выбором корректирующего элемента и расчетом устойчивости для управления инерционным объектом 3-го порядка. в виде последовательного соединения интегрирующего звена и 2- инерционных звеньев с коэффициентом усиления  $K=2$ . Постоянная времени 1-го инерционного звена  $T_1=100с$ , 2 -го инерционного звена – 3с.

Требования к показателям качества замкнутой системы: время регулирования – 100с, монотонность переходной функции, нулевая статическая ошибка.

Типовая задача синтеза САУ с выбором корректирующего элемента и расчетом устойчивости для управления инерционным объектом 3-го порядка. в виде последовательного соединения интегрирующего звена и 2-го порядка. в виде последовательного соединения 2- инерционных звеньев с коэффициентом усиления  $K=0.3$ . Постоянная времени 1-го инерционного звена  $T_1=300с$ , 2 -го инерционного звена – 3с.

Требования к показателям качества замкнутой системы: время регулирования – 100с, монотонность переходной функции, нулевая статическая ошибка.

•  
**б) критерии оценивания компетенций (результатов)**

На зачете студенту предлагается пройти тест в котором включены 10 теоретических вопросов

**в) описание шкалы оценивания**

По итогам ответа оценка неудовлетворительно ставится, если студент не смог продемонстрировать ключевые теоретические знания и навыки по данной дисциплине.

Оценка удовлетворительно ставится, если студент продемонстрировал ключевые теоретические знания и навыки, но не смог продемонстрировать углубленное понимание механизмов анализа и синтеза САУ и умения определить оптимальную структуру элементов управления, что может выражаться в отсутствии гипотез при решении предлагаемых практических задач. Оценка хорошо ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, углубленное понимание механизмов анализа и синтеза САУ и умение планировать оптимальную структуру САУ, но не смог предложить рационального способа решения задач.

Оценка отлично ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, углубленное понимание механизмов анализа и синтеза САУ и умение планировать оптимальную структуру САУ и смог предложить рациональное решение предлагаемых задач.

**7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

***а) основная учебная литература:***

Егупов Н. Д., Колесников Л.В., Пупков К.А., Трофимов А.И., Алгоритмическая теория систем управления, основанная на спектральных методах. Том 1. Аппарат обобщения математической базы частотного метода. Под ред. В.А.Матвеева. М., Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2014. 464с.	15
Егупов Н. Д., Колесников Л.В., Пупков К.А., Трофимов А.И., Алгоритмическая теория систем управления, основанная на спектральных методах. Том 2. Матрично-вычислительные технологии на базе интегральных уравнений. Под ред. В.А.Матвеева. М., Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2014. 464с.	15
Бунько Е. Б., Меша К. И., Мурачев Е. Г., и др.; Управление техническими системами; под ред. . В. И. Харитонова - М., ; «ФОРУМ», 2010 , - 384 с., ил.	10
Шишмарев В.Ю. Теория автоматического управления ((Бакалавриат)Учебник для студ., М., Изд. Центр «Академия», 2012. _ 352 с.	31

***б) дополнительная учебная литература:***

1. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. - М., ФИЗМАТЛИТ, 2003, 288с., ISBN 5-9221-0379-2
2. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы, Учеб. пособие- М., ФИЗМАТЛИТ, 2004, 464с., ISBN 5-9221-0534-5
3. Подчукаев В.А., Теория автоматического управления (аналитические методы), М., ФИЗМАТЛИТ, 2004, 392с., ISBN 5-9221-0445-4
4. Певзнер Л.Д. Теория систем управления, М., Издательство Московского государственного горного университета, 2002, 472с., ISBN 5-7418-0076-9
5. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы, СПб, Питер, 2005, 336с., ил,(Серия «Учебное пособие»)
6. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления, Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования, М., ФОРУМ, ИНФРА-М, 2002, 384с., ил.,(Серия «Профессиональное образование»)
7. Ерофеев А.А., Теория автоматического управления, Учебник для вузов, 2-е издание, перераб. И доп., СПб., Политехника, 2003, 302с.,ил., ISBN 5-7325-0529-6

8. Егоров А.И., Основы теории управления, М., ФИЗМАТЛИТ, 2004, 504с., ISBN 5-9221- 0543-4
9. Андриевский Б.Р. Фрадков А.Л., Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB, СПб., Наука, 2000, 475с., ил.86, ISBN 5-02-024873-8
10. Бесекерский В. А. , Попов Е. П. "Теория систем автоматического регулирования", Наука, 1978г.
11. "Теория автоматического управления". Под ред. Нетушина В. А. Изд-во "Машиностроение", М. ,1981.
12. Егоров К. В. Основы теории автоматического регулирования. М. Энергия, 1971.
13. Теория автоматического управления. Под. ред. Воронова А. А. ч. 1 и 2. М., Высшая школа, 1986.
14. Солодовников В. В. и др. Основы теории и элементов систем автоматического регулирования. М. ,Машиностроение, 1986.
15. Основы автоматизации управления производством. Под. ред. Н. М. Макарова, М., Высшая школа, 1983.
16. Сборник задач по теории автоматического управления и регулирования. Под. ред. В. А. Бесекерского, М. , Наука, 1978.9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание следующим понятиям ( <i>система автоматического управления, автоматизированная система управления, настройки регулирования, нелинейные элементы САУ, передаточные функции, частотные характеристики, устойчивость САУ</i> и др.
Практикум / лабораторная работа	Методические указания по выполнению лабораторных работ в УМК дисциплины.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю),**

**включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

- 1. Консультирование посредством электронной почты*
- 2. Интерактивное общение с помощью Skype*
- 3. Использование слайд-презентаций при проведении лекционных занятий.*

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для проведения лекций:

аудитория, оснащенная компьютером, проектором для демонстрации презентаций, программное лицензионное обеспечение.

Для проведения практических работ:

учебно-исследовательские лаборатории ИЯФиТ, в которых имеется необходимая компьютерная техника, установки и стенды, воспроизводящие и имитирующие различные системы контроля и управления.

Программу составил:

\_\_\_\_\_ П.А. Белоусов, к.т.н., доцент, доцент отделения ЯФиТ

Рецензент:

\_\_\_\_\_ А.В. Нахабов к.т.н., доцент отделения ЯФиТ