

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий
Кафедра «Атомная энергетика»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Системы управления химико-технологическими процессами»

Направления подготовки
«18.03.01 Химическая технология»

Основная профессиональная образовательная программа
«Химическая технология неорганических веществ»

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Цель освоения дисциплины

Изучение и получение практических навыков использования систем управления химико-технологическими процессами для повышения эффективности производства продукции с оптимальными показателями путем применения средств автоматизации.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение теоретических основ автоматического управления, функциональных схем автоматизации;
- формирование умений анализировать ХТП как объект управления;
- формирование практических навыков по построению и исследованию СУ ХТП;
- формирование компетенций у обучающихся согласно ОС НИЯУ МИФИ.

Обучение проводится в соответствии с профессиональными стандартами «26.001. Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», «26.004. Специалист по производству волокнистых наноструктурированных композиционных материалов».

Место дисциплины в структуре ООП ВО

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для изучений данной дисциплины: Физика, Процессы и аппараты химической технологии, Моделирование химико-технологических процессов, Техническая термодинамика и теплотехника; Метрология, стандартизация и сертификация. В результате изучения этих дисциплин обучающиеся должны знать и применять методы математического анализа, теории дифференциальных уравнений, теоретического и экспериментального исследования умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья, продукции, владеет информацией о назначении основного оборудования химико-технологических процессов.

Освоение дисциплины «Системы управления химико-технологическими процессами» в последующем необходимо при прохождении производственной (преддипломной) практики, а также в рамках Государственной итоговой аттестации. Обобщенные трудовые функции, которые сможет полностью или частично продемонстрировать студент при освоении данной дисциплины в соответствии с профессиональными стандартами:

- А/02.6. Разработка новых и совершенствование действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований (ПК-1 ПС 26.001);
- А/06.6. Разработка предложений по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства (ПК-4 ПС 26.001);
- А/07.6. Проведение испытаний новых образцов продукции, разработка технической документации (ПК-1 ПС 26.001);
- В/06.6. Составление отчетной научно-технической документации (ПК-4 ПС 26.001);
- D/01.6. Совершенствование технологии, механизация и автоматизация производственных процессов (ПК-4 ПС 26.004).

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:
– профессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1	способен планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	З-ПК-1 Знать применение методов математического анализа, моделирования и теоретических основ для проведения научно-исследовательских работ и испытаний У-ПК-1 Уметь выполнять физические и химические экспериментальные работы, проводит обобщение и обработку их результатов, оценивает погрешности, выдвигает гипотезы и устанавливает границы их применения В-ПК-1 Владеть методами подготовки методического руководства по проведению физических и химических экспериментов и научно-исследовательских работ

ПК-4	способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	З-ПК-4 Знать требования, предъявляемые к технической документации, сырью, материалам, полуфабрикатам, комплектующим изделиям и готовой продукции У-ПК-4 Уметь контролировать эффективность расходования сырья и основных материалов в соответствии с регламентом В-ПК-4 Владеть навыками использования технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья, продукции и разрабатывать техническую документацию
------	---	---

Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
Профессиональное воспитание	- формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.	1.Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие студентов в проведении круглых столов и семинаров. Формирование вертикальных связей и формальных правил жизни при проведении студенческих конкурсов

Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 9-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 ак. часов.

Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела(темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1 раздел. Основные понятия и математическое описание СУ ХТП									

1	1	Химико-технологические процессы и системы автоматизации	17	1		16		
1	2	Химико-технологические процессы как объекты управления	17	1		16		
1	3	Автоматические регуляторы	17	1/1		16	Кл1	30
2 раздел. Анализ систем управления ХТП								
2	4	Автоматические системы регулирования	20	1/1		3	16	
2	5	Схемы автоматизации технологических установок	17	1/1		16		
2	6	АСУ ТП в химической промышленности	20	1/1		3	16	Кл2 30
Вид промежуточной аттестации			108/2	6		6/2	96	Зачет 40 б.

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Кл	Коллоквиум

Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
1. Химико-технологические процессы и системы автоматизации	1	1
1.1. Основные понятия и определения		-
1.2. Задачи управления		1
1.3. Системы автоматизации		2
2. Химико-технологические процессы как объекты управления	1	1
2.1. Задачи исследования		-
2.2. Классификация объектов регулирования		1
2.3. Управляемые и управляющие величины		2
2.4. Статика объектов регулирования		
2.5. Динамика объектов регулирования		
2.6. Динамические свойства ОР		
2.7. Аналитическое определение свойств ОР		
2.8. Экспериментальное определение свойств ОР		
3. Автоматические регуляторы	1	1
3.1 Классификация АР		-
3.2 Позиционные регуляторы		1
3.3 Пропорциональные регуляторы		2
3.4 Интегральные регуляторы		
3.5 Пропорционально-интегральные регуляторы		
4. Автоматические системы регулирования (АСР)	1	1
4.1. Классификация АСР		-
4.2. Показатели качества регулирования		1
4.3. Формирование отрицательной обратной связи		2
4.4. Составление уравнений динамики систем регулирования		
5. Схемы автоматизации технологических установок	1	1
5.1. Условные обозначения средств автоматизации на функциональных схемах		-
		1
5.2. Автоматизация насосов и компрессоров		2
5.3. Автоматизация теплообменников		
5.4. Автоматизация массообменных процессов		
5.5. Автоматизация тепловых процессов		

6. АСУ ТП в химической промышленности	1	1
6.1 Назначение АСУ ТП.		-
6.2 Основные функции АСУ ТП.		1
6.3 Техническое и программное обеспечение.		2

Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Расчет каскадной системы управления	3	1-12
Разработка программы ПЛК для приготовления химического раствора	3	1-12

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Разработка функциональных и структурных схем систем управления.	16	1-15
Химико-технологические процессы как объекты управления Аналитическое определение свойств ОР Экспериментальное определение свойств ОР	16	1-15
Автоматические регуляторы Регуляторы с предварением Регуляторы с обратной характеристикой	16	1-15
Автоматические системы регулирования (АСР) Составление уравнений динамики систем регулирования	16	1-15
Схемы автоматизации технологических установок Автоматизация насосов и компрессоров Автоматизация теплообменников Автоматизация массообменных процессов Автоматизация тепловых процессов	16	1-15
АСУ ТП в химической промышленности Назначение АСУ ТП. Основные функции АСУ ТП. Режимы работы. Техническое и программное обеспечение. Примеры АСУ ТП в химической промышленности.	16	1-15

Контрольная работа

Для заданной функциональной схемы системы управления технологическим параметром (системы управления температурой химического процесса в реакторе) произвести следующие работы:

1. Описать общие закономерности функционирования процесса. Произвести функциональный и структурный анализ системы. Выявить и описать все элементы системы, сигналы, действующие в системе, способ передачи управляющего воздействия на объект управления. Выявить возмущающие воздействия на регулируемый параметр. Описать работы системы управления при изменении задающего воздействия и возмущающего воздействия

2. Построить динамические математические модели всех элементов системы. Для этого для каждого элемента системы построить структурную схему с указанием входного и выходного сигналов, определить (выбрать) диапазоны их изменения, построить статическую характеристику. На основании паспортных (литературных) данных построить переходную характеристику. Определить динамическую математическую модель в виде передаточной функции. Особое внимание уделить построению и описанию математической модели объекта управления. Построить структурную схему системы с передаточными функциями всех элементов.

3. Провести динамический анализ работы системы методом математического моделирования в программе Mathcad. Для этого согласно примеры выполнения работы задать передаточные функции элементов системы, рассчитать передаточную функцию замкнутой системы, приняв первоначально передаточную функцию ПИД- регулятора равной 1. Построить переходный процесс исходной системы. Определить основные показатели качества по переходному процессу.

4. Изменить параметры регулятора таким образом, чтобы получить перерегулирования 20-30% (путем изменения пропорциональной составляющей), обеспечить уменьшение времени регулирования путем ввода дифференциальной составляющей регулятора. Получить заданное значение выходной величины – температуры, изменив величину управляющего воздействия.

Функциональная схема системы управления приведена на рисунке.

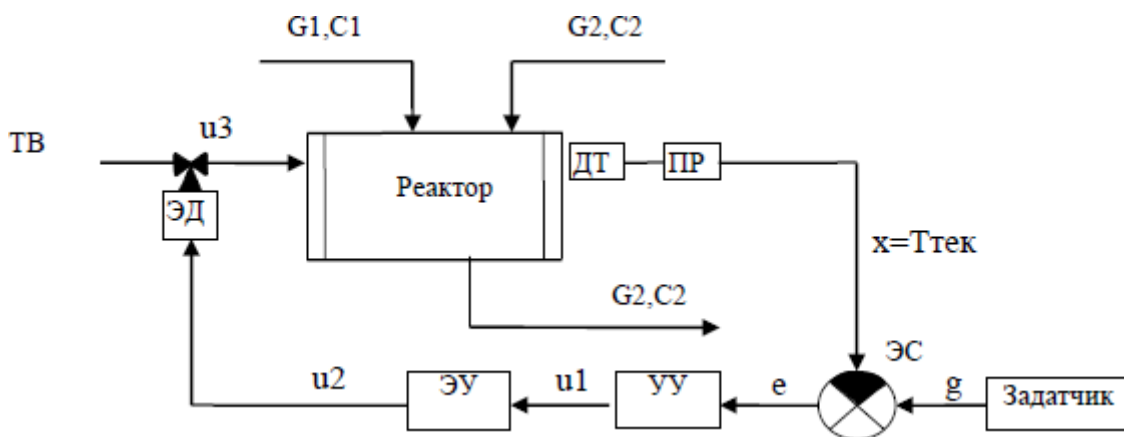


Рис. 1. Функциональная схема системы управления температурой
Исходные данные для выполнения контрольной работы

№	Заданная температура ХП $T_{зад}, ^\circ C$	Датчик температуры $t_{ПЕР_ДТ}, c$	Двигатель средуктором			Шток клапана			Объект управления	
			$U_{НОМ_дв}, В$	$v_{ШТ} мм/с$	$t_{ПЕР_Эд}, c$	$l_{шт}, мм$	$G_{МАХ_T} В л/с$	$t_{ПЕР_К} Л, c$	$T_{max}, ^\circ C$	$t_{пер ОУ}, c$
1	57	0,27	95	8	0,28	17	117	2,1	80	448
2	47	0,28	91	8	0,17	15	60	2,2	66	365
3	62	0,25	72	8	0,17	15	56	2,1	87	434
4	73	0,35	67	8	0,29	20	88	2,0	102	359
5	72	0,44	77	6	0,31	10	115	2,0	101	426
6	77	0,23	94	7	0,37	25	135	2,1	108	459
7	38	0,25	92	9	0,23	25	91	1,9	53	382
8	58	0,20	85	8	0,39	23	79	2,1	81	372
9	71	0,41	65	9	0,38	18	86	2,0	99	430
10	49	0,31	76	8	0,28	20	119	2,0	69	349
11	53	0,33	78	7	0,21	12	93	2,0	74	401
12	43	0,31	72	10	0,30	21	100	1,8	60	355
13	42	0,24	74	8	0,19	25	91	1,9	58	335
14	50	0,28	87	8	0,32	22	61	1,8	70	400
15	52	0,18	81	9	0,21	23	90	1,7	73	387
16	39	0,25	75	6	0,19	21	92	2,1	54	353
17	54	0,34	73	9	0,36	24	86	1,9	76	360
18	56	0,17	97	6	0,24	10	83	2,1	78	394
19	61	0,29	90	8	0,35	15	126	1,9	86	378
20	56	0,37	84	11	0,37	12	109	2,4	79	401

Система оценивания контрольной работы учитывается в шкале оценивания раздела 1.

Оценка (балл за выполнение контрольной работы)	Требования к знаниям
«зачтено» 12 - 20 баллов	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнены четыре задания контрольной работы, приведены результаты расчетов в программе, сделаны соответствующие выводы. Имеет знания основного материала, четко и логически последовательно его излагает на опросе по результату выполнения контрольной работы.
«не зачтено» 0 - 12 баллов	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, контрольная работа содержит существенные ошибки, отсутствуют выводы по результатам работы.

Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов и моделировании. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий.

Фонд оценочных средств

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 представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Основные понятия и математическое описание СУ ХТП	З-ПК-1; У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Практическая работа 1 Контрольная работа Коллоквиум 1 (письменно)
3	Анализ систем управления ХТП	З-ПК-1; У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Практическая работа 2 Практическая работа 3 Коллоквиум 2 (письменно)
Промежуточная аттестация			
4	Зачет	З-ПК-1; У-ПК-1, В-ПК-1 З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Тестовые задания (письменно)

Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме. В качестве оценочного средства текущего контроля используются выполнение практических заданий, контрольная работа и устный опрос по результатам их выполнения. В качестве оценочного средства аттестации разделов используются коллоквиум 1 и 2 соответственно, а промежуточной аттестации проводится в виде тестирования. По итогам обучения

выставляется зачет.

Вопросы входного контроля

1. Определение «концентрация вещества».
2. Что такое расходомер, счетчик-расходомер?
3. Полупроводниковые термометры сопротивления. Термосопротивление и терморезистор.
4. Что такое дифманометр?
5. Понятие процесса «адсорбция».
6. Понятие процесса «сушка». Виды сушки.
7. Что такое «теплообменник»? Основные конструкции теплообменников.

Вопросы коллоквиума №1

8. Управление – это...
9. Автоматика – это...
10. Автоматизация и объект автоматизации – это ...
11. Регулирование – это ...
12. Оптимизация – это ...
13. Местный контроль и ручное управление.
14. Системы дистанционного контроля.
15. Локальные системы регулирования.
16. Системы управления.
17. Классификация объектов управления по количеству входных величин.
18. Студент на коллоквиуме дает письменные ответы на вопросы из приведенного выше перечня. За каждый правильный ответ начисляется 1 балл. Максимально за коллоквиум - 10 баллов.

Шкала оценивания раздела 1

Текущий контроль успеваемости	Аттестация раздела	Максимальный / минимальный балл для аттестации раздела
Заочная форма обучения		
Контрольная работа - 20 баллов	Коллоквиум 1 - 10 баллов	30 баллов / 24 балла

Вопросы коллоквиума №2

1. АСР, работающие по отклонению.
2. АСР, работающие по возмущению.
3. Комбинированные АСР.
4. Переходный процесс. Показатели качества переходного процесса.
5. Примеры условных обозначений на функциональных схемах автоматизации.

Студент на коллоквиуме дает письменные полные ответы на вопросы из приведенного выше перечня. За каждый правильный ответ начисляется 2 балл. Максимально за коллоквиум - 10 баллов.

Шкала оценивания раздела 2

Текущий контроль успеваемости	Аттестация раздела	Максимальный / минимальный балл для аттестации раздела
Заочная форма обучения		
Практическая работа 2 - 10 баллов Практическая работа 3 - 10 баллов	Коллоквиум 2 - 10 баллов	30 баллов / 24 балла

Промежуточная аттестация осуществляется в форме тестирования. Тест содержит 20 вопросов. На выполнение задания отводится 60 минут. За каждый правильный ответ начисляется 2 балла. Максимально за зачет - 40 баллов.

Тесты по дисциплине (примерный перечень)

1. Как называется целенаправленное воздействие на объект, которое обеспечивает его оптимальное функционирование и количественно оценивается величиной критерия (показателя) качества?

- а) Автоматика;

- б) Ручное воздействие;
- в) Управление;
- г) Контроль.

2. С какой точки зрения рассматривается технологическое оборудование с реализованным в нем ХТП?

- а) С точки зрения задач управления;
- б) С точки зрения задач моделирования;
- в) С точки зрения задач систематизации;
- г) С точки зрения задач управления и моделирования.

3. Что вводится в химико-технологический процесс (ТОУ)?

- а) Сырье, вспомогательные материалы, энергия;
- б) Сырье, управляющая информация, вспомогательные материалы, энергия, продукты, контрольная информация;
- в) Управляющая информация, вспомогательные материалы, энергия, контрольная информация;
- г) Сырье, управляющая информация, вспомогательные материалы, энергия.

4. Система регулирования обеспечивает заданное качество регулирования, если регулируемая величина x не выходит за допустимые отклонения:

- а) $|x - x_{зд}| \geq \epsilon_{доп}$.
- б) $|x - x_{зд}| < \epsilon_{доп}$;
- в) $|x - x_{зд}| > \epsilon_{доп}$.
- г) $|x - x_{зд}| \leq \epsilon_{доп}$.

5. Что обозначает буква «х» в данной схеме процесса?



- а) управляющие воздействия, то есть изменение расходов вещества или энергии, подаваемых в объект управления;
- б) заданные значения технологических параметров, которые являются фиксированными или изменяются по определенному алгоритму;
- в) управляющие воздействия и заданные значения технологических параметров;
- г) технологические параметры, характеризующие протекание процесса (расход, температура, уровень, состав продукта, давление и т.д.).

6. Какие системы автоматизации описываются: «они предназначены для поддержания технологической величины на заданном значении с определенной точностью. В этом случае под объектом управления понимают аппарат или часть аппарата, которые имеют одну выходную величину»?

- а) Локальные системы регулирования;
- б) Системы дистанционного регулирования;
- в) Системы дистанционного контроля;
- г) Местный контроль и ручное управление.

7. В каких системах автоматизации показания приборов, фиксирующих технологические величины, передаются на расстояние и сводятся в одно помещение управления ?

- а) Локальные системы регулирования;
- б) Системы дистанционного регулирования;
- в) Системы дистанционного контроля;
- г) Местный контроль и ручное управление.

8. Какие задачи решаются при исследовании объектов?

- а) Задача управления: регулирование или оптимизация, а также выбор каналов управления;

б) Задача управления: регулирование или оптимизация; выбор управляемых и управляющих величин; выявление степени влияния входных величин на выходные, то есть определение внутренних свойств объекта; выбор каналов управления;

в) Выявление степени влияния входных величин на выходные, то есть определение внутренних свойств объекта; выбор каналов управления;

г) Выбор управляемых и управляющих величин; выявление степени влияния входных величин на выходные, то есть определение внутренних свойств объекта; выбор каналов управления.

9. Как классифицируются объекты управления по количеству входных величин?

а) одномерные, двумерные;

б) одномерные, двумерные, трехмерные;

в) одномерные и многомерные;

г) многомерные.

10. Что обозначает « α » в уравнении, которое описывает зависимость между расходом вытекающей жидкости и уровнем в резервуаре: $F_p = \alpha a \sqrt{2gL}$?

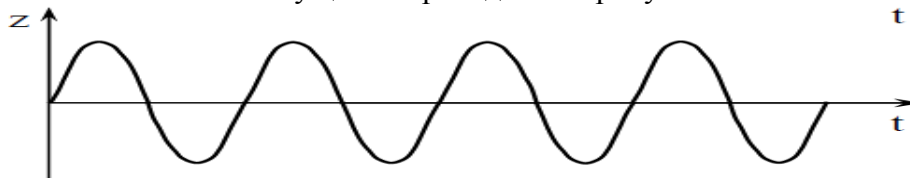
а) площадь сечения вентиля на входной линии резервуара;

б) расход вытекающей жидкости;

в) объем резервуара;

г) площадь сечения вентиля на выходной линии резервуара.

11. Какое типовое возмущение приведено на рисунке?



а) гармоническое;

б) Ступенчатое;

в) импульсное;

г) синусоидальное.

12. Как называется кривая зависимости выходной величины ОР от времени?

а) кривая торможения;

б) кривая ускорения;

в) кривая перехода;

г) кривая разгона.

13. Что происходит со скоростью изменений выходной величины после подачи возмущения у устойчивых ОР, у нейтральных и у неустойчивых ОР соответственно?

а) У устойчивых ОР скорость изменения выходной величины после подачи возмущения уменьшается, у нейтральных – остается постоянной, у неустойчивых увеличивается;

б) У устойчивых и нейтральных ОР скорость изменения выходной величины после подачи возмущения остается постоянной, у неустойчивых увеличивается;

в) У устойчивых ОР скорость изменения выходной величины после подачи возмущения увеличивается, у нейтральных – остается постоянной, у неустойчивых увеличивается;

г) У устойчивых ОР скорость изменения выходной величины после подачи возмущения уменьшается, у нейтральных – остается постоянной, у неустойчивых уменьшается.

14. Какая величина характеризует инерционные свойства ОР, то есть скорость изменения выходной величины ОР?

а) скорость разгона;

б) время разгона;

в) емкость;

г) степень самовыравнивания.

15. У регуляторов какого действия для перемещения регулирующего органа в исполнительном устройстве используется энергия регулируемой среды.

а) регуляторов непрямого действия

б) регуляторов прямого действия;

в) регуляторов кривого действия;

г) регуляторов смешанного действия.

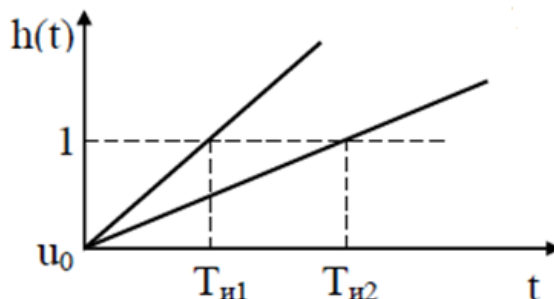
16. Пневматические АР используют..?

- а) электрическую энергию промышленной частоты;
- б) энергию сжатого воздуха давлением 140кПа;
- в) энергию жидкости под давлением 0,6-0,8 МПа;
- г) энергию газа давлением 120кПа.

17. Укажите формулу предела пропорциональности:

- а) $\delta = \frac{1}{k_p}$;
- б) $\delta = \frac{1}{k_p} \cdot 100\%$;
- в) $\delta = \frac{1}{\varepsilon} \cdot 100\%$;
- г) $\delta = \frac{1}{\varepsilon}$.

18. Какое условие равенства должно выполняться между показателями времени интегрирования $T_{и1}$ и $T_{и2}$?



- а) $T_{и1} \leq T_{и2}$;
- б) $T_{и1} \geq T_{и2}$;
- в) $T_{и1} < T_{и2}$;
- г) $T_{и1} > T_{и2}$.

19. Какие два параметра настройки имеют ПИ-регуляторы?

- а) коэффициент усиления k_p и время интегрирования $T_{и}$;
- б) коэффициент замедления k_z и время интегрирования $T_{и}$;
- в) коэффициент усиления k_p и выходной сигнал регулятора в начальный момент времени u_0 ;
- г) коэффициент усиления k_p и время разгона T_e .

20. Какие регуляторы используют, когда исполнительное устройство – двигатель с постоянной скоростью вращения?

- а) ПИ – регуляторы;
- б) И – регуляторы;
- в) ПД – регуляторы;
- г) П – регуляторы.

Шкалы оценки образовательных достижений

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Оценка (балл за ответ на зачете)	Требования к знаниям
60-100	«зачтено» 24 - 40 баллов	– Оценка «зачтено» если студент имеет знания основного материала, прочно усвоил программный материал, последовательно, четко и логически стройно его излагает его на зачете, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, умеет тесно увязывать теорию с практикой. – Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрируют достаточную степень овладения программным материалом.
0-59	«не зачтено» 0 - 23 баллов	– Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. – Учебные достижения в семестровый период и результатами

рубежного контроля демонстрировали не высокую степень овладения программным материалом по минимальной планке.

Итоговая оценка выставляется путем перевода набранных баллов в соответствии со следующей таблицей:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы и экзамен	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	
2 – «неудовлетворительно»	Менее 60	F

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Гаврилов, А. Н. Системы управления химико-технологическими процессами : учебное пособие : в 2 частях / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — Воронеж : ВГУИТ, [б. г.]. — Часть 1 — 2014. — 220 с. — ISBN 978-5-00032-042-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72909>.

2. Гаврилов, А. Н. Системы управления химико-технологическими процессами. В 2 ч. Ч. 2 : учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — Воронеж : ВГУИТ, 2014. — 204 с. — ISBN 978-5-00032-044-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72910>.

3. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-5816-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145842>

Дополнительная литература:

4. Певзнер, Л. Д. Теория автоматического управления. Задачи и решения : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 604 с. — ISBN 978-5-8114-2161-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75516>

5. Гаврилов, А. Н. Средства и системы управления технологическими процессами : учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 376 с. — ISBN 978-5-8114-4584-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122190>.

6. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. — 5-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-4200-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125741>

7. Гаштова, М. Е. Теоретические основы контроля и анализа функционирования систем автоматического управления : учебное пособие / М. Е. Гаштова, М. А. Зулькайдарова, Е. И. Мананкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 108 с. — ISBN 978-5-8114-4430-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139293>

8. Захахатнов, В. Г. Технические средства автоматизации : учебное пособие / В. Г. Захахатнов, В. М. Попов, В. А. Афонькина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-4111-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130159>

9. Кудинов, Ю. И. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK) : учебное пособие / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пашенко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 312 с. — ISBN 978-5-8114-1994-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111198>

10. Кудинов, Ю. И. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK). Практикум : учебное пособие / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пашенко, А. Ю. Келина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 280 с. — ISBN 978-5-8114-3771-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133926>.

11. Малышенко, А. М. Сборник тестовых задач по теории автоматического управления : учебное пособие / А. М. Малышенко, О. С. Вадутов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-2239-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72991>
12. Нос, О. В. Теория автоматического управления. Теория управления особыми линейными и нелинейными непрерывными системами : учебное пособие / О. В. Нос. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 166 с. — ISBN 978-5-7782-3889-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152232>
13. Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие / А. А. Первозванский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 624 с. — ISBN 978-5-8114-0995-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/68460>
14. Смирнов, Ю. А. Управление техническими системами : учебное пособие / Ю. А. Смирнов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 264 с. — ISBN 978-5-8114-3899-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126913>
15. Хаустов, И. А. Системы управления технологическими процессами: учебное пособие / И. А. Хаустов, Н. В. Суханова. — Воронеж : ВГУИТ, 2018. — 139 с. — ISBN 978-5-00032-372-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117815>

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Процесс реализации образовательной программы по дисциплине «Системы управления химико-технологическими процессами» в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения;
2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины:
<http://www.codesys.ru/> - сайт разработчика среды программирования ПЛК CoDeSys
<https://owen.ru/> - оборудование для автоматизации.
<https://siemens-rus.ru/catalog/programmruemye-kontrollery/> - ПЛК фирмы Siemens.

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерами.

Учебно-методические рекомендации для студентов

1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов). Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

2. Указания для участия в практических занятиях.

Перед выполнением практических заданий необходимо ознакомиться с основным теоретическими сведениями, порядком выполнения работ и примером, обсудить с преподавателем основные моменты.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения. По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце практического занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы. Оформить выполнения работы в виде письменного отчета, в котором отобразить название и цель работы, основные теоретические сведения, ход работы с описанием всех этапов и скриншотов из программных продуктов, привлекаемых для решения задач. В конце отчета необходимо изложить выводы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

3. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Методические рекомендации для преподавателей

1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к выполнению практической работы.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

2. Указания для проведения практических занятий

Четко обозначить тему практической работы.

Обсудить основные понятия, связанные с темой практических заданий, порядок выполнения работы, программные продукты, используемые для решения поставленных задач.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий.

Требовать, чтобы результаты выполнения практической работы были оформлены в виде отчета в текстовом процессоре с добавлением скриншотов из математического редактора и среды программирования.

При приеме зачета по работе проверять наличие самостоятельных выводов о проделанной работе, а также готовность студентов пояснить весь ход проделанной работы.

3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивиду-

альным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Рабочую программу составил: доцент, Пестова Е.Д., профессор, Бирюков В.П.

Рецензент: доцент, Зубова Н.Г.

Программа одобрена на заседании УМКН 18.03.01 «Химическая технология».

Председатель учебно-методической комиссии Чернова Н.М.