

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Электропривода и электрического транспорта»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №8 от 19 мая 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ЦИФРОВАЯ ДИАГНОСТИКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Современные технологии и инжиниринг в теплоэнергетике

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Илющенко Владимир Васильевич Дата подписания: 20.06.2025

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил: Арсентьев Олег Васильевич Дата подписания: 20.06.2025
--

Документ подписан простой электронной подписью Согласовал: Сушко Светлана Николаевна Дата подписания: 20.06.2025
--

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Цифровая диагностика и регулирование теплоэнергетических систем» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-4 Способность к контролю технического состояния, организации профилактических осмотров и ремонтов технологического оборудования	ПКС-4.5

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-4.5	Использует цифровые методы диагностики и регулирования при эксплуатации тепломеханического оборудования, контроле его технического состояния, организации профилактических осмотров и ремонтов	Знать основные понятия, классификацию, основные элементы систем автоматического регулирования; структуру, основные элементы, характеристики, показатели качества современной автоматизированной системы управления технологическими процессами; технические средства автоматических систем; функциональные схемы автоматизации. Уметь выбирать контрольно-измерительные приборы, преобразователи, исполнительные устройства, используемые во время эксплуатации, контроля, профилактических осмотров и ремонтов тепломеханического оборудования. Владеть методами регулирования теплоэнергетического оборудования.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Цифровая диагностика и регулирование теплоэнергетических систем» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Цифровые технологии в теплоэнергетике», «Системы теплоснабжения», «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях», «Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Режимы работы энергетических установок», «Оборудование ТЭС», «Тепловые и атомные электростанции»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение. Основные понятия и определения технической диагностики теплоэнергетичес кого оборудования, принципы построения автоматических систем	1	6					3	20	Устный опрос
2	Математическое описание и исследование систем автоматического регулирования (САР)	2	8			1, 2, 3, 4	8	1	16	Тест
3	Технические средства автоматических систем	3	6							Устный опрос
4	Функциональные	4	6			5, 6,	8	2, 4	24	Отчет

	схемы автоматизации (ФСА)					7, 8				
5	Методы регулирования теплоэнергетического оборудования	5	6							Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32				16		60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение. Основные понятия и определения технической диагностики теплоэнергетического оборудования, принципы построения автоматических систем	Общие методы диагностики. Категории теплоэнергетического оборудования при технической диагностике. Методы технической диагностики теплоэнергетического оборудования. Экспертные системы. Основные термины и определения автоматических систем. Типовые функциональные схемы. Принципы управления. Законы регулирования. Методы синтеза динамических систем.
2	Математическое описание и исследование систем автоматического регулирования (САР)	Статические и динамические характеристики элементов САР. Линеаризация уравнения элементов системы. Понятие о передаточной функции. Временные и частотные характеристики. Типовые динамические звенья САР и их характеристики. Передаточные функции систем при различных соединениях звеньев. Устойчивость САР. Условия и критерии устойчивости. Качество процесса регулирования. Понятие о нелинейных системах и их особенностях.
3	Технические средства автоматических систем	Характеристика технических средств. Датчики. Классификация датчиков. Датчики температуры, давления, разряжения. Датчики расхода газов и жидкостей. Устройства сравнения. Логические элементы и микропроцессорные устройства. Исполнительные устройства.
4	Функциональные схемы автоматизации (ФСА)	Условные обозначения. Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации. Основные принципы графического изображения ФСА. Примеры схем контроля температуры, давления, расхода. Примеры изображения контуров регулирования на ФСА. Форма заказной спецификации к ФСА.
5	Методы регулирования теплоэнергетического оборудования	Описание технологического процесса горения и парообразования. Барабанный парогенератор как объект управления. Примеры систем

		автоматического регулирования (САР) в теплоэнергетике. САР управления мощностью энергоблока и давления пара. САР регулирования качества горения топлива. САР регулирования разрежения в топке котла. САР регулирования уровня воды в барабане котла. САР регулирования температуры перегретого пара. Динамические характеристики теплоэнергетических объектов.
--	--	--

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Моделирование отдельных динамических звеньев, моделирование линейной САР	2
2	Моделирование нелинейной САР	2
3	Анализ амплитудно-фазовых частотных характеристик САР, параметрическая оптимизация САР	2
4	Реализация частотного метода синтеза динамических САР, реализация корневого метода синтеза динамических САР	2
5	Разработка функциональной схемы регулирования температуры теплоносителя с помощью микропроцессорного регулятора с отключенным вычислителем	2
6	Разработка функциональной схемы регулирования температуры теплоносителя с помощью микропроцессорного регулятора с коррекцией уставки	2
7	Разработка функциональной схемы регулирования разности давлений теплоносителя с помощью микропроцессорного регулятора с вычислением средневзвешенной суммы	2
8	Разработка функциональной схемы регулирования мгновенного расхода теплоносителя по перепаду давлений с помощью микропроцессорного регулятора с вычислением квадратного корня из средневзвешенной суммы	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	16
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	16
3	Подготовка к зачёту	20
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	8

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Компьютерные симуляции

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

1. Диагностика и регулирование теплоэнергетического оборудования: практикум / В.В. Илющенко; Иркутский национальный исследовательский технический университет.- Иркутск: ИРНИТУ, 2022.- с. 50 :рис., табл.- <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-30944.pdf>.- Библиогр.: с. 50.- 145.00 р.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Методических указаний для обучающихся по самостоятельной работе нет.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Устный опрос

Описание процедуры.

Тема 4.

Функциональные схемы автоматизации (ФСА)

Описание процедуры:

1. Проверка отчетов по практическим работам;
2. Анализ результатов выполненных работ;
3. Устное собеседование по теоретическому материалу.

Пример задания:

Вопросы по теоретическому материалу:

1. Какая физическая величина называется температурой?
2. Какие методы измерения температуры применяются при измерениях?
3. На чем основан принцип действия термометров расширения?
4. Какие типы термопар применяются в промышленности?
5. Чем отличается термопара от термометра сопротивления?
6. На чем основан принцип действия пирометров излучения?
7. Какая физическая величина называется давлением?
8. Как классифицируются приборы давления по принципу действия и по роду

измеряемой величины?

9. Какие основные упругие элементы применяются в приборах для измерения давления?
10. Для каких измерений предназначены грузопоршневые манометры?
11. Какие основные датчики применяются в электрических приборах давления?
12. Какое давление измеряют дифманометры?
13. Какие стандартные сигналы могут иметь на выходе дифманометры? Дайте определение расходу вещества и количеству
14. На чем основан метод измерения расхода с помощью диафрагмы?
15. Какие стандартные сужающие устройства могут применяться при измерении расхода методом переменного перепада давления?
16. Какая зависимость между перепадом давления и расходом (при измерении диафрагмой)?
17. Что является чувствительным элементом при измерении расхода методом постоянного перепада давления?
18. Расход каких жидкостей можно измерить электромагнитным расходомером?
19. На чем основан принцип действия вихревых расходомеров?

Критерии оценивания.

Зачтено: полный и правильно оформленный отчет по практической работе, правильные ответы на не менее чем 60% вопросов для контроля.

Не зачтено: неполный и/или неправильно оформленный отчет по практической работе, правильные ответы на менее чем 60% вопросов для контроля.

6.1.2 семестр 7 | Отчет

Описание процедуры.

Тема 1.

Введение. Основные понятия и определения технической диагностики теплоэнергетического оборудования, принципы построения автоматических систем

Тема 3.

Технические средства автоматических систем

Тема 4.

Функциональные схемы автоматизации (ФСА)

Тема 5.

Методы регулирования теплоэнергетического оборудования

Описание процедуры:

4. Проверка отчетов по практическим работам;
5. Анализ результатов выполненных работ;
6. Устное собеседование по теоретическому материалу.

Пример задания:

Вопросы по теоретическому материалу:

1. Передаточная функция динамического звена 1-го порядка.
2. Временная (переходная) характеристика динамического звена 1-го порядка.
3. Амплитудно-фазовая частотная характеристика динамического звена 1-го порядка.
4. Интегрирующее динамическое звено, его динамические характеристики.
5. Звено реального дифференцирования и его динамические характеристики.

6. Запаздывающее динамическое звено и его динамические характеристики.
7. Система автоматического регулирования с пропорциональным регулятором, ошибка регулирования, повышение быстродействия.
8. Система автоматического регулирования с пропорциональным регулятором, отработка возмущения
9. Система автоматического регулирования с интегрирующим регулятором, ошибка регулирования, повышение порядка системы.
10. Методы и приборы для измерения: температуры.
11. Методы и приборы для измерения разности потенциалов.
12. Методы и приборы для измерения сопротивления.
13. Методы и приборы для измерения давления и разрежения.
14. Методы и приборы для измерения расхода и уровня.
15. Функциональные схемы автоматизации (ФСА).
16. Виды условных обозначений на функциональных схемах автоматизации.
17. Основные принципы построения схем автоматизации (с примерами).
18. Функциональные схемы автоматизации контроля температуры и давления.
19. Функциональные схемы автоматизации контроля уровня и расхода.
20. Классификация исполнительных устройств.

Критерии оценивания.

Зачтено: правильные ответы на не менее чем 60% вопросов для контроля.

Не зачтено: правильные ответы на менее чем 60% вопросов для контроля.

6.1.3 семестр 7 | Тест

Описание процедуры.

Тема 2.

Математическое описание и исследование систем автоматического регулирования (САР)

Описание процедуры:

1. Проверка отчетов по практическим работам;
2. Получение теста в бумажном виде у преподавателя;
3. Подготовка ответа на тест;
4. Сдача готового теста преподавателю.

Пример задания:

Тест №1

Вопрос 1.

Единицы измерения проводимости вещества:

- 1) Бош
- 2) Сименс
- 3) Тесла
- 4) Фарада

Выберите один ответ.

Вопрос 2.

Показания ротаметра с поплавком в виде шарика определяются путем сопоставления рисок на колбе с:

- 1) серединой шарика
 - 2) нижней точкой шарика
 - 3) верхней точкой шарика
- Выберите один ответ.

Вопрос 3.

Измерение тока в цепи производят путем:

- 1) включением амперметра в разрыв цепи
- 2) включением амперметра параллельно цепи
- 3) включением вольтметра параллельно цепи
- 4) включением вольтметра в разрыв цепи

Выберите один ответ.

Вопрос 4.

Регулированием называется:

- 1) формирование управляющих воздействий, обеспечивающих требуемый режим работы ОУ
- 2) частный вид управления, когда задачей является обеспечение постоянства какой-либо выходной величины ОУ
- 3) управление, осуществляемое без непосредственного участия человека
- 4) воздействие, подаваемое на вход системы или устройства
- 5) воздействие, выдаваемое на выходе системы или устройства
- 6) воздействие внешней среды на систему

Выберите один ответ.

Вопрос 5.

Как называется коэффициент K_i в общей форме представления дифференциальных уравнений:

- 1) коэффициент передачи
- 2) постоянная времени
- 3) постоянный коэффициент

Выберите один ответ.

Вопрос 6.

Как называются коэффициенты T_i в общей форме представления дифференциальных уравнений:

- 1) коэффициент передачи
- 2) постоянная времени
- 3) постоянный коэффициент

Выберите один ответ.

Вопрос 7.

Датчик давления с токовым выходом 0...20 мА может быть подключен к вторичному прибору:

- 1) по двухпроводной схеме
- 2) по трех- или четырехпроводной схеме
- 3) по двух-, трех- или четырехпроводной схеме
- 4) по пятипроводной схеме

Вопрос 8.

Входным воздействием называется:

- 1) управление, осуществляемое без непосредственного участия человека
 - 2) воздействие, подаваемое на вход системы или устройства
 - 3) воздействие, выдаваемое на выходе системы или устройства
 - 4) воздействие внешней среды на систему
- Выберите один ответ.

Вопрос 9.

Эксплуатация приборов КИП с просроченным сроком поверки:

- 1) не допускается
- 2) допускается в случае, если данные приборы не установлены на узлах коммерческого учета
- 3) допускается в случае, если данные приборы не установлены в системах автоматики безопасности

Выберите один ответ.

Вопрос 10.

В автоматическом режиме работы САР ПИД-регулятор функционирует как:

- 1) ПИ-регулятор
- 2) ПИД-регулятор
- 3) регулятор с неопределенным алгоритмом регулирования
- 4) релейный (нелинейный) регулятор
- 5) не работает как регулятор

Выберите один ответ.

Критерии оценивания.

Зачтено: правильные ответы на не менее чем 60% вопросов для контроля.

Не зачтено: правильные ответы на менее чем 60% вопросов для контроля.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-4.5	Демонстрирует знание критериев, параметров, принципов построения и организации цифровой диагностики и регулирования тепломеханического оборудования, разбирается в технических средствах автоматических систем	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или тестирование

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет проводится в виде устного опроса и/или тестирования по теоретической части дисциплины, изучаемой в 7 семестре.

Пример задания:

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Основные понятия, классификация систем автоматического регулирования (САР).
2. Основные элементы систем автоматического регулирования (САР).
3. Структура современной автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).
4. Характеристики и модели элементов систем.
5. Статические и динамические характеристики системы автоматического регулирования.
6. Передаточные функции, примеры типовых звеньев.
7. Определение параметров передаточной функции объекта по переходной кривой.
8. Частотные и временные характеристики систем автоматического регулирования (САР) технологических процессов и их элементов.
9. Критерии устойчивости системы автоматического управления (корневой, Гурвица, Михайлова, Найквиста).
10. Показатели качества (прямые, корневые).
11. Показатели качества (частотные, интегральные).
12. Связи между показателями качества.
13. Построение переходных кривых элементов систем автоматического регулирования (САР).
14. Типовые законы регулирования.
15. Определение оптимальных настроек регуляторов.
16. Классификация контрольно-измерительных приборов (КИП).
17. Виды первичных преобразователей.
18. Классификация исполнительных устройств.
19. Конструкции и исполнительные механизмы исполнительных устройств.
20. Функциональные схемы автоматизации.
21. Виды условных обозначений.
22. Основные принципы построения схем автоматизации (с примерами).
23. Схемы контроля температуры и давления.
24. Схемы контроля уровня и расхода.
25. Управляющие органы объектов регулирования в теплоэнергетики, виды приводов, применяемых для изменения управляющего воздействия на объект.
26. Конструкции и исполнительные механизмы исполнительных устройств.
27. Функциональная схема системы регулирования мощностью энергоблока и давления перегретого пара.
28. Функциональная схема системы регулирования качеством сгорания топлива.
29. Функциональная схема системы регулирования температуры перегретого пара.
30. Функциональная схема системы регулирования уровня воды в барабане котла.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует знание критериев,	Демонстрирует незнание критериев,

параметров, принципов построения и организации цифровой диагностики и регулирования тепломеханического оборудования, разбирается в технических средствах автоматических систем	параметров, принципов построения и организации цифровой диагностики и регулирования тепломеханического оборудования, не разбирается в технических средствах автоматических систем
--	---

7 Основная учебная литература

1. Илющенко В. В. Диагностика и регулирование теплоэнергетического оборудования : практикум / В. В. Илющенко, 2022. - 50.
2. Ротач В. Я. Теория автоматического управления : учеб. для вузов по специальности "Автоматизация технол. процессов и пр-в (энергетика)" ... / В. Я. Ротач, 2005. - 399.
3. Гайдук А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие для вузов по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (энергетика)" (направление подготовки дипломированных специалистов "Автоматизированные технологии и производства") / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко, 2017. - 463.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Белкин А. П. Диагностика теплоэнергетического оборудования : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. П. Белкин, О. А. Степанов, 2016. - 239.
2. Мирошник И. В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы : учеб. пособие для вузов по группе направлений подгот. бакалавров и магистров 550000 "Техн. науки" ... / И. В. Мирошник, 2006. - 271.
3. Мирошник И. В. Теория автоматического управления. Линейные системы : учеб. пособие для вузов по группе направлений подгот. бакалавров и магистров 550000 "Техн. науки" ... / И. В. Мирошник, 2005. - 333.
4. Ротач В. Я. Теория автоматического управления : учеб. для вузов / В. Я. Ротач, 2004. - 399.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows Seven Professional [1x1000] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [5x200])-поставка 2010
2. Microsoft Office 2007 Standard - 2003 Suites и 2007 Suites - поставка 2010
3. MATLAB_Simulink поставка 2021 г
4. SiminTech Academic Classroom

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
2. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
3. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
4. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
5. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
6. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
7. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
8. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
9. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
10. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
11. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
12. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
13. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
14. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
15. Компьютер ATX P4-630/1Gb/160/256/DVD/кл/мышь/LCD 17 Samsung
16. доска аудит белая