

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор обеспечивающей
Инженерной школы энергетики

А.С. Матвеев
« 05 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Методология экспериментальных исследований теплоэнергетических процессов			
Направление подготовки/ специальность Образовательная программа (направленность (профиль)) Специализация Уровень образования	13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»		
	Автоматизация теплоэнергетических процессов		
	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		16
	Практические занятия		0
	Лабораторные занятия		16
	ВСЕГО		32
Самостоятельная работа, ч		76	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		курсовой проект	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, Диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н. Бутакова
Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель			Заворин А.С.
			Стрижак П.А.
			Стрижак П.А.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	И.ОПК(У)-1.1	Формулирует цели и задачи исследования	ОПК(У)-1.1У1	Ставить цели и инновационные задачи инженерного профиля
		И.ОПК(У)-1.2	Определяет последовательность решения задач	ОПК(У)-1.2В2	Применения методов решения задач оптимизации параметров в различных сложных системах
				ОПК(У)-1.2У1	Анализировать, искать и вырабатывать компромиссные решения с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний в условиях неопределенности
		И.ОПК(У)-1.3	Формулирует критерии принятия решения	ОПК(У)-1.3У1	Использовать методы решения задач оптимизации параметров в различных сложных системах
				ОПК(У)-1.331	Методов решения задач оптимизации параметров в различных сложных системах
ПК(У)-1	Способен использовать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при предварительном анализе, проектировании, синтезе, ресурсоэффективной эксплуатации автоматизированных и автоматических систем управления теплоэнергетическими процессами, а также систем теплотехнических измерений и регистрации	И.ПК(У)-1.1	Обеспечение наиболее полного использования объекта управления (технологического процесса) для решения поставленных задач и соблюдение требований энергетической эффективности, повышения производительности труда и качества продукции	ПК(У)-1.1В1	Использования основных компьютерных технологий моделирования для оптимизации технологических процессов при производстве электрической энергии
				ПК(У)-1.1В2	Синтеза регуляторов в системах управления динамическими объектами на основе технологий нечеткой логики, экспертных систем
				ПК(У)-1.1У1	Применять методы системного подхода для анализа систем автоматического управления технологическими процессами
				ПК(У)-1.131	Методов оптимизация статических и динамических режимов работы технологического оборудования
				ПК(У)-1.134	Структуры автоматизированных систем управления, защит и блокировок, стадий проектирования АСУ ТП
ПК(У)-4	Способен применять и совершенствовать	ПК(У)-4.2В1	Расчета каскадных непрерывных систем регулирования с	ПК(У)-4.2У1	Совершенствовать и применять итерационные методы поиска экстремума функции цели в задачах

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	вать фундаментальные и прикладные знания по современным динамично изменяющимся теплоэнергетическим технологиям, принципам, методам и системам их управления для прорывных научно-исследовательских работ		вводом производной от вспомогательной регулируемой величины	ПК(У)-4.231	оптимизации статических режимов Схем цифрового контроля, алгоритмов ввода-вывода информации, алгоритмов циклического опроса датчиков
ПК(У)-6	Способен проводить теоретические и экспериментальные научные исследования термодинамических и физико-химических процессов в теплоэнергетике, а также систем их контроля и управления, интерпретировать, давать практические рекомендации и по внедрению результатов исследований в производство, критически их интерпретировать, публично представлять и обсуждать результаты	И.ПК(У)-6.2	Оперативное управление работой смены цеха (подразделения) ТЭС	ПК(У)-6.231	Основных закономерностей развития систем автоматизированного управления в теплоэнергетике и теплотехнике

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	научных исследований				

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД1	Знание основ теории оптимального управления, методов оптимизации статических и динамических режимов, умение решать задачи оптимизации с использованием методов дифференциального и интегрального исчисления	И.ОПК(У)-1.1, И.ОПК(У)-1.2, И.ОПК(У)-1.3, И.ПК(У)-1.1, И.2.ПК(У)-6.2
РД2	Знание схем регулирования параметров технологических процессов в энергетической и нефтегазовой промышленности, умение самостоятельно разрабатывать АСР параметрами промышленных объектов	И.ПК(У)-1.1, И.ПК(У)-4.1, И.ПК(У)-6.2
РД3	Владение опытом моделирования технологических процессов и объектов и расчета АСР параметров, в том числе с использованием современных программных средств	И.ПК(У)-1.1, И.ПК(У)-4.1, И.ПК(У)-6.2
РД4	Умение самостоятельно разрабатывать алгоритмы прямого цифрового управления, первичной обработки информации в АСУ ТП, выполнять коррекцию результатов измерений	И.УК(У)-1.1, И.ОПК(У)-1.2, И.ПК(У)-4.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Оптимизация статических и динамических режимов	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	14
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	36
Раздел 2. Синтез АСР со сложной структурой. Алгоритмы контроля и управления в АСУ ТП	РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	28
Раздел 3. Регулирование параметров	РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	8

технологических процессов в энергетике и нефтегазовой отрасли	Лабораторные занятия	20
	Самостоятельная работа	72

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Оптимизация статических и динамических режимов

Краткое содержание раздела. Оптимизация статических и динамических режимов технологических процессов. Функции цели. Экстремум функции цели. Итерационные методы поиска экстремума функций (метод покоординатного спуска, метод сопряженного градиента, метод наискорейшего спуска). Свойства функций цели (унимодальность, овражность). Классическое вариационное исчисление. Нелинейное программирование в задачах оптимизации.

Лекция 1. Функции цели. Экстремум функции цели. Итерационные методы поиска экстремума функций. Свойства функций цели.

Лекция 2. Вариационное исчисление. Уравнение Эйлера. Динамическое программирование.

Темы практических занятий:

1. Решение задач оптимизации статических режимов методом градиента;
2. Решение задач оптимизации статических режимов методом наискорейшего спуска;
3. Решение задач оптимизации статических режимов методом сопряженных градиентов;
4. Решение задач оптимального управления с помощью уравнения Эйлера, метода множителей Лагранжа;
5. Решение задач оптимального управления с помощью принципа максимума Понтрягина;
6. Решение задач оптимального управления с помощью принципа Беллмана;
7. Решение задач оптимального управления в условиях ограничений методом штрафных функций.

Названия лабораторных работ:

1. Разработка алгоритма и программная реализация метода конфигураций;
2. Разработка алгоритма и программная реализация метода градиента;
3. Разработка алгоритма и программная реализация метода наискорейшего спуска;
4. Разработка алгоритма и программная реализация метода Флетчера-Ривса (сопряженных градиентов);
5. Оптимизация динамических режимов. Решение задачи о брахистохроне с помощью уравнения Эйлера.

Раздел 2. Синтез АСР со сложной структурой. Алгоритмы контроля и управления в АСУ ТП

Краткое содержание раздела. Корректирующие и наблюдательные устройства в системах управления, каскадные системы регулирования, построение АСУ ТП на основе управляющих и вычислительных машин.

Лекция 3. Разработка и реализация алгоритмов контроля и управления в АСУ ТП. Расчет параметров аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей; расчет необходимого объема оперативной памяти цифрового регулирующего устройства для функционирования системы управления.

Темы практических занятий:

8. Определение разрядности АСР;
9. Коррекция результатов измерений;

10. Расчет параметров настройки цифрового регулятора;
11. Расчет последовательных корректирующих устройств для АСР.

Названия лабораторных работ:

6. Использование среды Matlab для синтеза регуляторов в непрерывных АСР;
7. Частотный синтез корректирующего устройства в среде Matlab;
8. Исследование каскадных непрерывных АСР с корректирующим и стабилизирующим регуляторами;
9. Синтез АСР на основе модального управления;
10. Исследование АСР с наблюдающими устройствами.

Раздел 3. Регулирование параметров технологических процессов в энергетике и нефтегазовой отрасли

Краткое содержание раздела. Идентификация промышленных объектов, методика определения кривых разгона. Аналитическое построение модели объектов управления в энергетике и нефтегазовой отрасли. Расчет систем регулирования промышленных объектов.

Лекция 4. Методы идентификации объектов, снятие кривых разгона. Схемы регулирования параметров объектов энергетики и нефтегазовой отрасли

Темы практических занятий:

12. Идентификация технологических объектов (4 часа);
13. Оценка состояния объекта управления (фазового вектора) по результатам измерения выходного вектора параметров;
14. Математическое моделирование динамического режима накопителя жидкости;
15. Математическое моделирование динамического режима накопителя газов.

Названия лабораторных работ:

11. Моделирование динамики помещения здания как объекта управления системами вентиляции и кондиционирования;
12. Моделирование динамического режима работы объектов систем очистки сточных вод;
13. Моделирование динамического режима работы газового резервуара как объекта регулирования давления;
14. Моделирование динамического режима работы теплообменного аппарата;
15. Моделирование динамического режима работы экзотермического химического реактора;
16. Расчет параметров настройки АСР давления в деаэраторе;
17. Расчет параметров настройки АСР уровня в ПНД;
18. Расчет комбинированной АСР на примере системы регулирования параметров работы выпарной установки;
19. Расчет каскадных систем на примере АСР параметров объектов нефтехимической промышленности;
20. Экспериментальное исследование барабанного парогенератора как объекта управления.

Темы курсовых проектов:

1. Автоматизированное управление технологическими процессами функциональной группы питания барабанного парогенератора водой;
2. Автоматизированное управление технологическими процессами функциональной группы подачи и сжигания топлива в топке пылеугольного парогенератора;
3. Автоматизированное управление технологическими процессами функциональной группы перегрева пара пылеугольного барабанного парогенератора;
4. Автоматизированное управление технологическими процессами функциональной группы подачи воздуха и удаления дымовых газов парогенератора.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсового проекта;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов / Г. П. Плетнев. – 5-е изд., стер. – Екатеринбург: Юланд, 2016. – 352 с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU/TPU/book/345220>)
2. Назаров В.И. Теория автоматического регулирования теплоэнергетических процессов. Практикум [электронный ресурс]: учебное пособие / В. И. Назаров. — Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 216 с.
(http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75141)
3. Андык, Владимир Сергеевич. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС: Учебник Для вузов / Андык В. С. — Электрон. дан. — Москва: Юрайт, 2019. — 407 с. — Высшее образование. — URL: <https://urait.ru/bcode/441333>.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU~2FURAIT~2F441333>)

Дополнительная литература

1. Гаврилов, А. Н.. Теория автоматического управления технологическими объектами (линейные системы). Учебное пособие Учебное пособие: / Гаврилов А. Н., Барметов Ю. П., Хвостов А. А. — Воронеж: ВГУИТ, 2016. — 243 с.
(<https://e.lanbook.com/book/92236>)
2. Трофимов, В. Б. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами : учебное пособие [Электронный ресурс] / Трофимов В. Б., Куликов С. М.. — 2-е изд., испр.. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. — 256 с.
(<https://e.lanbook.com/book/148325>)
3. Тверской Ю.С. Автоматизация пылеугольных котлов электростанций: монография / Ю. С. Тверской. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 472 с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU/TPU/book/367642>)
4. Молдабаева М.Н. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / М. Н. Молдабаева. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 224 с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU/TPU/book/372819>)

5. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: учебное пособие / Под ред. В. А. Бесекерского. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Наука, 1978. – 512 с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/33857>)
6. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: учебник / А. А. Калмаков, Ю. Я. Кувшинов, С. С. Романова, С. А. Щелкунов; Под ред. В. Н. Богословского. – Москва: Стройиздат, 1986. – 479 с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/83568>)
7. Денисова Л.А., Мещеряков В.А. Системы регулирования объектов теплоэнергетики: разработка и многокритериальная оптимизация с использованием генетических алгоритмов // Автоматизация в промышленности. – № 9. – 2017. – С. 23–30.
(<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30505987>)
8. Кузицин В.Ф., Исмахожев С.К. Регулирование температуры перегретого пара при буферном потреблении газовых отходов производства с воздействием на впрыск и положением факела // Теплоэнергетика. – № 1. – 2020. – С. 53–62.
(<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41806523>)
9. Ермакова Д.Г., Лысюк А.П. и др. Система регулирования экономичности сжигания топлива в топке парового котла / Д.Г. Ермакова, А.П. Лысюк, М.А. Фролова, С.С. Безотосный // Энергетические установки и технологии. – № 4, Т. 5. – 2019. – С. 13–21.
(<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41575279>)
10. Сабанин В.Р., Старостин А.А. и др. Исследование связанной системы автоматического регулирования нагрузки и экономичности работы парового котла с экстремальным регулятором на имитационной модели / В.Р. Сабанин, А.А. Старостин, А.И. Репин, А.И. Попов // Теплоэнергетика. – № 2. – 2017. – С. 89–92.
(<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27669076>)
11. Атрошенко Ю.К., Бойкова Т.С. Влияние способа монтажа измерительных преобразователей на качество регулирования температуры перегретого пара // Датчики и системы. – № 9 (239). – 2019. – С. 15–21.
(<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42324021>)

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный курс «Синтез автоматизированных систем управления технологическими процессами» <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=13>.
2. Ким Д.П. Сборник задач по теории автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы [Электронный ресурс] / Ким Д. П. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 328 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49085 для авторизованных пользователей. – Загл. с экрана.
3. Ким Д.П. Теория автоматического управления: учебник и практикум для академического бакалавриата [Электронный ресурс] / Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники (МИРЭА, МГУПИ). — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). – Москва: Юрайт, 2015. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-92.pdf>, для авторизованных пользователей. – Загл. с экрана.
4. Журнал «International Journal of Control, Automation and Systems». Издательство Springer. (<https://www.springer.com/journal/12555>).
5. Журнал «International Journal of Automation and Computing». Издательство Springer. (<https://www.springer.com/journal/11633>).

6. Журнал «Автоматизация в промышленности». – Москва: Изд. дом «ИнфоАвтоматизация». (<http://www.avtprom.ru>).
7. Журнал «Современные технологии в автоматизации». – Москва: ООО «СТА-Пресс». (<http://realiz@mashin.ru>).

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
2. Document Foundation LibreOffice;
3. Cisco Webex Meetings;
4. Zoom Zoom.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 111	Стенд лабораторный ЭЛСИМА [ИФУГ.421483.458] - 1 шт.; Рабочее место для проведения лаб. раб. по АСУТП - 6 шт.; Измеритель-регулятор темп - 1 шт.; Дистанционный сигнализатор ДС-Ш-110 - 1 шт.; Насос Альфа - 2 шт.; ЛУ Контроль и управление технолог. процессами на основе SCADA-систем - 1 шт.; Стенд лабораторный ЭЛСИ-ТМК [ИФУГ.421483.496] - 1 шт.; Лаб. уст. "Исслед. систем непосредственного цифрового управления" - 5 шт.; ЛУ Настройка .систем.автоматич. регулирования на основе микропроцессорных лог. контрол. - 2 шт.; ЛУ Идентификация тепловых объектов управления,настройк. регулят,опред.качеств.регулир - 2 шт.; Лабор. устан. Технические ср-ва автоматиз. общепромышленной системы регулирования - 2 шт.; Комплект (стол, кресло) - 2 шт.; Шкаф для одежды - 1 шт.; Шкаф для документов - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Стол письменный - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 14 посадочных мест; Компьютер - 10 шт.; Принтер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 28	Комплект учебной мебели на 10 посадочных мест; Шкаф для одежды - 2 шт.; Шкаф для документов - 1 шт.; Тумба стационарная - 10 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Компьютер - 13 шт.; Принтер - 4 шт.
3.	Аудитория - помещение для самостоятельной работы обучающихся, имеется подключение к сети "Интернет" и доступ в электронную информационно-образовательную среду 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 120	Компьютер - 16 шт.; Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест

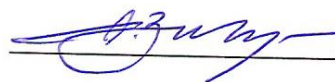
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Автоматизация теплоэнергетических процессов» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Кац М.Д.

Программа одобрена на заседании отделения НОЦ И.Н. Бутакова (протокол от «26» июня 2020 г. № 44).

Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова
на правах кафедры
д.т.н, профессор

 / Заворин А.С./

Лист изменений рабочей программы:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)