



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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИнЭО
_____ С.И. Качин

«___» _____ 2014 г.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания и индивидуальные задания
для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению
140100 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Составитель В.С. Андык

Семестр	6	7
Кредиты		3
Лекции, часов	2	4
Лабораторные занятия, часов		4
Индивидуальные задания		№ 1
Самостоятельная работа, часов		62
Формы контроля		экзамен

Издательство
Томского политехнического университета
2014





УДК 621.11-52

Автоматизация тепловых процессов: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника» / сост. В.С. Андык; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 17 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов «___» _____ 2014 года, протокол № __.

Зав. кафедрой АТП,
кандидат техн. наук, доцент _____ И.П. Озерова

Аннотация

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Автоматизация тепловых процессов» предназначены для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника». Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Приведено содержание основных тем дисциплины, указаны темы лабораторных занятий. Приведены варианты индивидуального домашнего задания. Даны методические указания по выполнению индивидуального домашнего задания. Указаны вопросы для подготовки к экзамену.





ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	5
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	9
3.1. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме.....	9
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ.....	10
4.1. Общие методические указания	10
4.2. Варианты ИДЗ и методические указания	11
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ	13
5.1. Вопросы для подготовки к экзамену.....	13
5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме.....	14
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	15
6.1. Литература обязательная.....	15
6.2. Литература дополнительная	15
6.3. Интернет-ресурсы	16





1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Автоматизация тепловых процессов» входит в цикл специальных дисциплин. При изучении дисциплины студенты знакомятся с организацией автоматизированного управления теплоэнергетическими установками, принципами построения и работы систем автоматического регулирования реальными технологическими процессами на тепловых электрических станциях.

Для полноценного усвоения дисциплины большое значение имеют знания, умения, навыки и компетенции, приобретенные студентами при изучении следующих дисциплин (пререквизиты): «Математическое моделирование и расчеты теплотехнических систем», «Техническая термодинамика», «Метрология, стандартизация и сертификация».

Кореквизиты: «Котельные установки и парогенераторы».



2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Принципы организации автоматизированного управления

Предмет дисциплины и ее задачи. Общие сведения об автоматизированных системах управления (АСУ). Понятие об АСУТП, АСУП и ОАСУ, интегрированных и распределенных АСУ.

Иерархическая структура АСУ. Целевые функции. Декомпозиция задач управления. Функции АСУТП.

Понятия автоматического управления, автоматического регулирования. Определение системы автоматического управления, системы автоматического регулирования. Объект управления (регулирования): понятие ОУ (ОР), структурная схема ОУ (ОР), классификация объектов. Алгоритм функционирования системы. Алгоритм управления (регулирования). Типовые линейные законы регулирования. Фундаментальные принципы управления (регулирования). Функциональная схема САУ, основные функциональные элементы САУ. Классификация систем автоматического управления.

Задачи АСУТП на ТЭС. Функциональная и техническая структуры АСУ. Принципы организации автоматизированного управления на ТЭС. Системы управления энергоблоками.

Рекомендуемая литература: [2, 3, 4].

Методические указания

Необходимо изучить основные понятия и определения автоматических и автоматизированных систем управления, функции АСУТП, принципы организации автоматизированного управления на ТЭС. Информация по первому и второму абзацам темы № 1 приведена в [3], по теории автоматического управления в [2], а по АСУТП ТЭС в [4]. При изучении настоящего раздела следует обратить особое внимание на вопросы декомпозиции задач управления в АСУ, фундаментальные принципы управления, типовые законы регулирования, принципы организации автоматизированного управления на ТЭС.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое автоматизированные системы управления (АСУ)?
2. Дайте понятие АСУТП, АСУП и ОАСУ, интегрированных АСУ.
3. Каковы иерархические структуры АСУТП, АСУП?



4. Что такое целевые функции?
5. Как осуществляется декомпозиция задач управления в АСУТП, АСУП?
6. Каковы общие функции АСУТП?
7. Что такое автоматическое управление, автоматическое регулирование, система автоматического управления, система автоматического регулирования?
8. Дайте определение объекта управления (регулирования).
9. Что такое структурная схема системы автоматического регулирования?
10. Дайте определение алгоритма функционирования системы регулирования, типовых линейных законов регулирования.
11. Перечислите и поясните фундаментальные принципы управления (регулирования).
12. Перечислите основные функциональные элементы систем автоматического регулирования.
13. Приведите классификацию систем автоматического управления.
14. Перечислите задачи АСУТП на ТЭС.
15. Поясните принципы организации автоматизированного управления на ТЭС.

Тема 2. Автоматическое управление котельными агрегатами

Автоматическое управление барабанными котельными агрегатами. Котельный агрегат как объект регулирования. Автоматическое регулирование питания барабанного котельного агрегата водой. Автоматическое регулирование тепловой нагрузки и процесса горения барабанного котельного агрегата. Автоматическое регулирование температуры перегрева.

Автоматическое регулирование блоков с прямоточными котельными агрегатами. Регулирование тепловой нагрузки, процесса горения, питания парогенератора водой. Регулирование температуры пара в контуре высокого давления. Регулирование температуры пара вторичного перегрева.

Рекомендуемая литература: [4, 5, 8, 9, 10].

Методические указания

Необходимо изучить основные принципы и схемы автоматизации барабанных и прямоточных котельных агрегатов. Сведения по автоматизации барабанных котельных агрегатов приведены в [4, 5, 8, 9, 10], по автоматизации прямоточных котельных агрегатов в [4, 5, 10], по авто-



матизации вспомогательного оборудования ТЭС в [4, 5, 10], автоматизации котельных в [11]. При изучении настоящего раздела следует обратить особое внимание на назначение тех или иных импульсов в системах автоматического регулирования, достоинства и недостатки различных схем автоматизации котельных агрегатов.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каким образом формируется импульс «по теплу» в схемах автоматизации барабанных и прямоточных котельных агрегатов?
2. Поясните условия настройки импульса «по теплу».
3. Каким образом осуществляется автоматическое регулирование тепловой нагрузки барабанного котельного агрегата?
4. Каковы свойства барабанного котельного агрегата как объекта регулирования питания водой?
5. Каким образом осуществляется автоматическое регулирование питания барабанного котельного агрегата водой?
6. Каким образом осуществляется автоматическое регулирование экономичности процесса горения в топках барабанных котельных агрегатов?
7. Перечислите и поясните способы воздействия на температуру перегретого пара.
8. Каким образом осуществляется автоматическое регулирование температуры перегретого пара в барабанных котельных агрегатах?
9. Каким образом осуществляется регулирование разрежения в топках парогенераторов?
10. Каким образом осуществляется автоматическое регулирование тепловой нагрузки прямоточного котельного агрегата?
11. Каким образом осуществляется автоматическое регулирование экономичности процесса горения в топках прямоточных котельных агрегатов?
12. Каким образом осуществляется автоматическое регулирование температуры перегретого пара в прямоточных котельных агрегатах?

Тема 3. Функциональные схемы систем контроля и автоматизации

Назначение функциональных схем, методика и общие принципы их выполнения. Изображение технологического оборудования и коммуникаций. Изображение средств измерений и автоматизации. Позиционные обозначения приборов и средств автоматизации. Требования к оформ-

лению функциональных схем. Выполнение заказной спецификации на технические средства автоматизации.

Рекомендуемая литература: [1, 6, 11, 12].

Методические указания

Необходимо освоить методику составления функциональных схем и выполнения заказной спецификации на технические средства автоматизации. Нужные сведения по данному разделу приведены в рекомендуемой литературе. При изучении настоящего раздела следует обратить особое внимание на изображение средств измерений и автоматизации, позиционные обозначения приборов и средств автоматизации. Также необходимо иметь в виду последовательность действий при выполнении функциональных схем:

- выбрать принципиальную схему системы регулирования;
- выбрать технические средства автоматизации;
- выполнить функциональную схему системы регулирования;
- составить заказную спецификацию на технические средства автоматизации.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какова методика и общие принципы выполнения функциональных схем?
2. Как изображается технологическое оборудование и коммуникации на функциональных схемах?
3. Как изображаются технические средства измерений и автоматизации на функциональных схемах?
4. Каким образом выполняются позиционные обозначения приборов и средств автоматизации на функциональных схемах?
5. Перечислите требования к оформлению функциональных схем.

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

Лабораторный практикум является составной частью учебного процесса по данной дисциплине.

Целью лабораторных работ является изучение особенностей работы систем автоматического управления в зависимости от принципа их построения. Лабораторные работы призваны закрепить теоретические знания по изучаемому курсу.

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме (КЗФ).

Лабораторные работы проходят во время сессии и выполняются в компьютерных классах. Для каждой работы предусмотрены методические указания по ее выполнению, контрольные вопросы и требования к оформлению отчета.

Студенты выполняют 2 лабораторные работы.

Лабораторная работа № 1 «Одноконтурные системы регулирования» (2 часа)

Цель работы: выполнить расчет параметров настройки регулятора, определить переходные процессы и сделать оценку качества работы системы регулирования.

Лабораторная работа № 2 «Каскадные системы регулирования с вводом производной от вспомогательной регулируемой величины» (2 часа)

Цель работы: выполнить расчет параметров настройки регулирующих устройств, определить переходные процессы в системе и выполнить сравнительную оценку качества работы каскадной и одноконтурной систем регулирования.

Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены в [7].

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

4.1. Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком предусмотрено выполнение одного индивидуального домашнего задания (ИДЗ) на тему «Функциональные схемы систем регулирования».

При выполнении индивидуального задания студентам необходимо:

- провести анализ задания;
- определить объем автоматизации объекта;
- выбрать принципиальную схему системы регулирования;
- выбрать технические средства автоматизации;
- выполнить функциональную схему системы регулирования;
- составить заказную спецификацию на технические средства автоматизации.

Номер варианта индивидуального задания определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Если образуемое ими число больше 16, то следует взять сумму этих цифр. Например, если номер зачетной книжки 3-5Б10/11, то номер варианта задания равен 11. Если номер зачетной книжки 3-5Б10/27, то номер варианта задания равен 9.

Требования к оформлению ИДЗ

При оформлении индивидуального домашнего задания необходимо соблюдать следующие требования.

1. Индивидуальное задание должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии со стандартами ТПУ. На титульном листе указываются номер индивидуального задания, номер варианта, название дисциплины; фамилия, имя, отчество студента; номер группы, шифр. **Образец оформления и шаблон титульного листа** размещены на сайте ИнЭО в разделе СТУДЕНТУ → ДОКУМЕНТЫ (<http://portal.tpu.ru/ido-tpu>).

2. Каждое индивидуальное задание оформляется отдельно.

3. Студенты, изучающие дисциплину по классической заочной форме, оформляют индивидуальные задания в отдельных тетрадях.

4. Текст индивидуального задания набирается в текстовом процессоре Microsoft Word. Шрифт – Times New Roman, размер 12–14 pt, для набора формул рекомендуется использовать редактор формул Microsoft Equation или MathType.

5. Решения задач следует располагать в той же последовательности, что и задания.

6. Каждая задача должна начинаться с условия задачи, ниже краткая запись задачи, если необходимо – рисунок с условными обозначениями, которые в дальнейшем будут использованы при решении задач.

7. Решение должно быть подробным, с включением промежуточных расчётов и указанием использованных формул.

8. Страницы задания должны иметь сквозную нумерацию.

9. В задание включается список использованной литературы.

Если работа не соответствует требованиям, студент получает оценку «не зачтено». В этом случае работа должна быть исправлена и повторно предоставлена преподавателю. При доработке необходимо включить в текст дополнительные вопросы, полученные после проверки работы преподавателем и ответы на эти вопросы.

Студент, не получивший положительной аттестации по индивидуальному заданию, не допускается к сдаче экзамена по данной дисциплине.

4.2. Варианты ИДЗ и методические указания

Для выбранного варианта задания требуется выполнить принципиальную и функциональную схемы автоматической системы регулирования (АСР), составить заказную спецификацию на технические средства автоматизации. Варианты задания приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вариант	Вид автоматической системы регулирования
0	АСР тепловой нагрузки барабанного пылеугольного парогенератора (регулятор топлива)
1	АСР экономичности процесса горения барабанного пылеугольного парогенератора (регулятор воздуха)
2	АСР разрежения барабанного пылеугольного парогенератора
3	АСР питания барабанного пылеугольного парогенератора (регулятор уровня)
4	АСР температуры перегретого пара барабанного пылеугольного парогенератора
5	АСР тепловой нагрузки прямоточного пылеугольного парогенератора
6	АСР экономичности процесса горения прямоточного пылеугольного парогенератора
7	АСР питания прямоточного пылеугольного парогенератора
8	АСР редуционно-охладительной установки
9	АСР деаэрата
10	АСР подогревателя сетевой воды



11	АСР непрерывной продувки барабанного котла
12	АСР температуры вторичного пара
13	АСР подачи пара на лабиринтовые уплотнения турбин
14	АСР уровня в испарительной установке
15	АСР уровня конденсата в конденсаторе турбины
16	АСР загрузки ШБМ

При выполнении функциональных схем автоматизации необходимо предварительно определить объем автоматизации технологического объекта согласно требованиям, изложенным в [6], выбрать принципиальную схему автоматизации на основе анализа источников [4, 5, 8, 9, 10], технические средства автоматизации и руководствоваться рекомендациями по выполнению функциональных схем, изложенными в [1, 11].



5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

После завершения изучения дисциплины студенты сдают экзамен.

К экзамену допускаются только те студенты, у которых зачтено индивидуальное домашнее задание и выполнены лабораторные работы.

Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме, приведен в разделе 5.2.

5.1. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Общие сведения об автоматизированных системах управления (АСУ). Понятие АСУТП, АСУП и ОАСУ, интегрированных АСУ.
2. Иерархическая структура АСУ.
3. Целевые функции. Декомпозиция задач управления.
4. Функции АСУТП.
5. Понятия автоматического управления, автоматического регулирования. Определения системы автоматического управления, системы автоматического регулирования.
6. Объект управления (регулирования): понятие ОУ (ОР), структурная схема ОУ (ОР), классификация объектов.
7. Алгоритм функционирования системы. Алгоритм управления (регулирования). Типовые линейные законы регулирования.
8. Фундаментальные принципы управления (регулирования).
9. Функциональная схема САУ, основные функциональные элементы САУ.
10. Классификация систем автоматического управления.
11. Задачи АСУТП на ТЭС. Функциональная и техническая структуры АСУ.
12. Принципы организации автоматизированного управления на ТЭС. Системы управления энергоблоками.
13. Формирование импульса «по теплу» в схемах автоматизации барабанных и прямоточных котельных агрегатов.
14. Импульс «по теплу». Настройка импульса «по теплу».
15. Автоматическое регулирование тепловой нагрузки барабанного котельного агрегата.
16. Свойства барабанного котельного агрегата как объекта регулирования питания водой.
17. Автоматическое регулирование питания барабанного котельного агрегата водой.
18. Автоматическое регулирование экономичности процесса горения в топках барабанных котельных агрегатов.



19. Способы воздействия на температуру перегретого пара.
20. Автоматическое регулирование температуры перегретого пара в барабанных котельных агрегатах.
21. Регулирование разрежения в топках парогенераторов.
22. Автоматическое регулирование тепловой нагрузки прямоточного котельного агрегата.
23. Автоматическое регулирование экономичности процесса горения в топках прямоточных котельных агрегатов.
24. Автоматическое регулирование температуры перегретого пара в прямоточных котельных агрегатах.

5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

В данном разделе приведен образец экзаменационного билета для студентов, сдающих экзамен в очной форме во время сессии в Томске.

БИЛЕТ № X

1. Способы воздействия на температуру перегретого пара.
2. Автоматическое регулирование тепловой нагрузки барабанного парогенератора.





6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Литература обязательная

1. Волошенко А.В. Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учеб. пособие / А.В. Волошенко, Д.Б. Горбунов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 108 с.

2. Теория автоматического управления: учебник для вузов. Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления / А.А. Воронов и др.; под ред. А.А. Воронова. – М.: Высш. шк., 1977. – 303 с.

3. Основы автоматизации химических производств / под ред. П.А. Обновленского и А.А. Гуревича. – Л.: Химия, 1975. – 528 с.

4. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 368 с.

5. Плетников С.Д. Автоматизация технологических процессов тепловых электростанций / С.Д. Плетников, Б.Д. Силуянов; под ред. А.С. Клюева. – М.: Фирма «Испо-Сервис», 2001. – 156 с.

6. Руководящие указания по объему технологических измерений, сигнализации, автоматического регулирования и технологической защиты на тепловых электростанциях. – М.: Союзтехэнерго, 1990. – 58 с.

7. Автоматизация технологических процессов на ТЭС: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 220301 / сост. В.С. Андык. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 30 с.

6.2. Литература дополнительная

8. Клюев А.С. Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов / А.С. Клюев, А.Г. Товарнов. – М.: Энергия, 1970. – 280 с.

9. Клюев А.С. Наладка систем автоматического регулирования барабанных котлов / А.С. Клюев, А.Т. Лебедев, С.И. Новиков. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 280 с.

10. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций: учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 344 с.

11. Файерштейн Л.М. Справочник по автоматизации котельных / Л.М. Файерштейн, Л.С. Этинген, Г.Г. Гохбойм. – М.: Энергия, 1978. – 343 с.





12. Плетнев Г.П. Проектирование, монтаж и эксплуатация автоматизированных систем управления теплоэнергетическими процессами / Г.П. Плетнев, Ю.П. Зайченко, Е.А. Зверев, Ю.Е.Киселев; под ред. Г.П. Плетнева. – М.: Изд-во МЭИ, 1995. – 316 с.

6.3. Интернет-ресурсы

13. СТО ТПУ 2.5.01–2006. Система образовательных стандартов. Работы выпускные, квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления / ТПУ [Электронный ресурс]. – Томск, 2006. – Режим доступа:

<http://portal.tpu.ru/departments/head/methodic/standart>, свободный.





Учебное издание

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания и индивидуальные задания

Составитель

АНДЫК Владимир Сергеевич

Рецензент

*кандидат технических наук,
доцент кафедры ПГС ЭНИН*

Е.П. Теплухин


Компьютерная верстка *Е.А. Руденко*



Национальный исследовательский
Томский политехнический университет
Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru

