

ВУЗ

студентам
высших
учебных
заведений

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ



А.В. Седнин
Н.Б. Карницкий
М.Л. Богданович

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов
высших учебных заведений
по специальности
«Паротурбинные установки
атомных электрических станций»



Минск
«Вышэйшая школа»
2010

УДК 378.147.091.313:621.311.25

ББК 74.58

С 28

Рецензенты: кафедра ядерной физики Белорусского государственного университета (заведующий кафедрой доктор технических наук, профессор *В.Е. Ямный*); кандидат технических наук, старший научный сотрудник Государственного научного учреждения «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси *Е.Н. Бунин*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

ISBN 978-985-06-1851-1

© Седнин А.В., Карницкий Н.Б.,
Богданович М.Л., 2010

© Издательство «Вышэйшая школа», 2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Атомные электрические станции (АЭС) сегодня являются одними из основных объектов по производству электрической энергии. В настоящее время во всем мире отмечается возрастающий спрос на строительство АЭС. Это связано, с одной стороны, с увеличивающейся потребностью в энергии в условиях сокращающихся углеводородных ресурсов, с другой стороны, работа АЭС не сопровождается выбросами углекислого газа (CO_2), что дает им определенное преимущество по сравнению с электростанциями, работающими на органическом топливе.

В Республике Беларусь планируется строительство атомной электростанции. Предполагается, что АЭС будет состоять из двух энергоблоков, а ее установленная мощность составит 2400 МВт. Ввод первого энергоблока планируется в 2017 г., полное завершение работ – в 2020 г.

Данное учебное пособие посвящено общим вопросам, связанным с проектированием АЭС, расчетам тепловых схем и выбору вспомогательного оборудования паротурбинных установок.

Пособие может быть использовано в учебном процессе для обучения студентов по специальности 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций». Также оно будет полезно инженерам-теплоэнергетикам, занимающимся проектированием АЭС, моделированием тепловых процессов и расчетами тепловых схем.

Авторы

1. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Основной целью курсового проектирования по дисциплине «Атомные электрические станции» (АЭС) является [1]:

- закрепление полученных за период обучения знаний по курсу «Атомные электрические станции» и по другим специальным курсам;
- изучение технических решений по повышению эффективности режимов работы основного и вспомогательного оборудования АЭС;
- изучение методов расчета тепловых схем паротурбинных установок (ПТУ) АЭС и анализа технических решений, принятых при выборе тепловой схемы, приобретение навыков самостоятельной творческой работы, работы с технической литературой, использование справочных и нормативных материалов;
- развитие навыков анализа взаимосвязей и взаимодействий параметров в сложной технической установке.

Курсовое проектирование по АЭС следует рассматривать в качестве подготовительного этапа дипломного проектирования, составной частью которого является выбор основного оборудования и расчет тепловой схемы ПТУ АЭС.

1.1. Принципиальная и развернутая тепловые схемы

Атомная электростанция — единый комплекс разнородных элементов оборудования с технологическими связями между ними и с окружающей средой.

Тепловая схема — это, во-первых, реально существующая технологическая схема получения, передачи и преобразования тепловой энергии. Тепловая схема отвечает на вопросы, каким образом функционирует данная электростанция, как она выполняет свое основное назначение — вырабатывает электрическую энергию, потребляя ядерное топливо.

Во-вторых, тепловая схема — это графический документ, выполненный в соответствии с установленными требованиями и отражающий совокупность оборудования АЭС с технологическими связями между элементами оборудования и с некоторыми внешними системами.

Различают принципиальную и полную (развернутую) тепловые схемы [2].

Принципиальная тепловая схема отражает сущность технологического процесса, а системы электростанции, играющие вспомогательные роли, в такую схему не включают. К вспомогательным можно отнести системы: расхолаживания и аварийного охлаждения реактора; борного регулирования; охлаждения стержней; управления защитой; уплотнения насосов главного циркуляционного 1-го контура, питательного контура и др.; газоохлаждения электрогенератора; маслоохлаждения и т.д. Параллельно включенное однотипное оборудование (насосы, теплообменники) на принципиальных схемах изображают 1 раз. Трубопроводы показывают одной линией независимо от числа параллельных потоков. Арматуру на таких схемах не изображают, за исключением важнейшей и той, без которой затруднено понимание технологических процессов.

Наибольшее число передач и преобразований тепловой энергии из всех имеющих место на АЭС сосредоточено в паротурбинной установке. Это определяет особую роль ПТУ среди других установок электростанции. Ее принципиальная тепловая схема — наиболее сложная по сравнению с другими установками. В нее входят [2]:

- все элементы пароводяного тракта ПТУ, т.е. все аппараты, механизмы и коммуникации, через которые проходит рабочее тело установки, а также все технологические связи как между этими элементами, так и с другими установками электростанции, являющимися для рассматриваемой ПТУ внешними;
- электрогенератор, воспринимающий механическую мощность турбины и преобразующий ее в электрическую, и электродвигатели насосов пароводяного тракта, преобразующие электрическую энергию в работу, обеспечивающую движение рабочего тела.

Принципиальная тепловая схема АЭС составляется на основе схемы ПТУ. В нее дополнительно должно включаться оборудование паропроизводящей установки АЭС (реактор или оборудование основного тракта теплоносителей 1-го и промежу-

точного, если он есть, контуров), в которой реализуется выработка тепловой энергии и ее передача рабочему телу ПТУ.

Возможно включение в схему другого оборудования, если его влияние на технологический процесс существенно.

Низкопотенциальная часть электростанции (НПЧ) с системой технического водоснабжения оказывает значительное влияние на основной технологический процесс через температуру охлаждающей воды в конденсаторах турбин, которая выбирается в результате специальных исследований НПЧ, обосновывающих ее состав и параметры. С использованием среднегодового значения температуры воды, поступающей к конденсаторам, проводят исследования принципиальных схем, как правило, без включения в них НПЧ (кроме, естественно, конденсатора).

Полная (развернутая) тепловая схема отражает весь состав оборудования и связей, участвующих в технологическом процессе. Здесь указываются параллельно устанавливаемое и резервное оборудование, разветвления трубопроводов, арматура, включая предохранительные клапаны, и т.д. В такую схему также войдет все оборудование, связанное с контурами теплоносителей и рабочего тела, которое может оказывать влияние на их расходы и параметры в любых режимах работы, в том числе и аварийных.

Развернутые тепловые схемы – обязательный итог проектирования электростанции и необходимый документ при организации ее эксплуатации. В исследованиях данные схемы могут использоваться с целью совершенствования взаимосвязей основных и вспомогательных систем.

1.2. Виды расчетов тепловых схем

В соответствии с широко распространенной терминологией расчет тепловой схемы можно, прежде всего, подразделить на конструкторский и поверочный [2].

Конструкторский расчет – это расчет тепловой схемы новой установки (электрической станции, ПТУ или т.д.) или нового ее варианта, еще не выпускаемого промышленностью.

Цель конструкторского расчета – определение расходов и термодинамических параметров теплоносителей или передаваемой мощности на входе и выходе элементов схемы (в технологических связях между элементами), а также технико-экономи-

ческих показателей, характеризующих совершенство схемы, в первую очередь технологическое.

По своему содержанию конструкторский расчет является оптимизационной задачей, так как связан с выбором значений ряда параметров (управляемых), от которых зависят технико-экономические показатели установки вообще и выбранного критерия оптимальности в частности.

Поверочный расчет — расчет уже спроектированной или эксплуатирующейся установки, для которой известны конструктивные и технологические характеристики всех элементов оборудования.

Цель поверочного расчета — определение технико-экономических показателей и параметров на границах между элементами схемы во всем диапазоне режимов работы рассчитываемой установки. Таким образом, если конструкторский расчет проводится, как правило, на номинальный режим работы, то поверочный — на режимы, отличные от номинального. Поверочный расчет не связан с выбором значений каких-либо параметров (не является оптимизационной задачей) и имеет единственное решение.

1.3. Содержание типового курсового проекта

Содержание и объем курсового проекта определяются кафедрой. Рекомендуемое название курсового проекта: «Расчет принципиальной тепловой схемы АЭС и анализ эффективности принятых технических решений». В качестве типового рекомендуется следующее содержание проекта:

- выбор принципиальной тепловой схемы для заданной паротурбинной установки АЭС и обоснование принятых технических решений;
- расчет принципиальной тепловой схемы для заданного режима работы установки;
- анализ принятых при составлении тепловой схемы технических решений и оценка влияния структурных изменений в тепловой схеме на технико-экономическую эффективность ПТУ;
- определение технико-экономических показателей установки и сравнение их с нормативными значениями;
- выбор вспомогательного оборудования турбинного цеха АЭС.

Выполнение специального задания, для разработки которого может быть предложена одна из следующих тем.

1. Тепловой и конструктивный расчет теплообменных аппаратов с оптимизацией их характеристик, например поверхности или температурного напора.

2. Анализ особенностей расчета тепловых схем различных установок.

3. Оптимизация характеристик низкопотенциальной части ПТУ (выбор расхода охлаждающей воды и поверхности конденсатора), что особенно важно, если предполагаемые условия работы ПТУ существенно отличаются от расчетных.

4. Совершенствование тепловой технологической схемы ПТУ, например за счет замены поверхностных ПНД на смешивающие, изменения типа привода питательных насосов, модернизации паровой турбины. При этом необходимо выполнить расчет дополнительных элементов и подогревателей тепловой схемы и определить технико-экономическую эффективность предложенного решения.

В объеме специального задания может быть предусмотрен любой из вопросов, имеющий непосредственное отношение к расчету какого-либо из элементов тепловой схему ПТУ.

1.3.1. Оформление и содержание пояснительной записки

В объем курсового проекта входит расчетно-пояснительная записка (30–50 с.) с обобщением результатов расчетов и заключением. Она, как правило, должна оформляться в машинописном виде (компьютерный набор).

Пояснительная записка (ПЗ) должна содержать:

1) титульный лист, на котором указываются тема курсового проекта, фамилии и инициалы студента-исполнителя и преподавателя – руководителя проекта, номер учебной группы, год и место выполнения проекта и т. д.;

2) выданный студенту заполненный бланк задания (с. 1);

3) аннотацию с кратким изложением выполненной работы и ее особенностей (с. 2);

4) оглавление с названием глав и их составных частей и с указанием страниц (с. 3);

5) введение, в котором даются как наиболее общие, так и специфические характеристики АЭС заданного типа, перспек-

тивы развития и основные проблемы, требующие решения, формулируются особенности задач выполняемого проекта;

б) содержание выполненной работы раскрывается по главам (разделам) и подразделам, указанным в оглавлении.

Рекомендуется следующий порядок решения основных задач проекта:

- разработка принципиальной тепловой схемы блока АЭС и выбор основных ее параметров;
- выбор параметров ПТУ и расчет ее тепловой схемы;
- определение показателей тепловой экономичности ПТУ и АЭС в целом и, возможно, других технико-экономических показателей;
- разработка схемы, описание принципа действия и определение основных характеристик заданной технологической системы одной из установок или элемента оборудования АЭС;
- разработка развернутой тепловой схемы блока АЭС;
- специальное задание.

В пояснительной записке необходимо достаточно подробно изложить сведения о проделанной работе, представить иллюстрации и таблицы. Как правило, в пояснительную записку включаются: принципиальная тепловая схема АЭС; h , s -диаграмма процесса расширения пара в турбине; таблица состояния пара и воды в характерных элементах турбоустановки и т.д. Дублирование иллюстраций на чертежах следует избегать. Так, развернутая тепловая схема АЭС представляется только в графической части проекта и в ПЗ не включается.

При расчете тепловой схемы на ЭВМ в записке должны содержаться все уравнения, описание метода расчета, анализ полученных результатов. Распечатки с ЭВМ могут оформляться как приложение к ПЗ после библиографического списка;

7) заключение, в котором формулируются основные итоги выполненной работы, приводятся основные характеристики спроектированной тепловой схемы паротурбинной установки АЭС, а также ее части, заданной для углубленной проработки; указываются технико-экономические показатели электростанции. Желательным является сопоставление рассчитанных в проекте показателей с показателями эксплуатирующихся АЭС того же типа;

8) список литературы, использованной при выполнении курсового проекта. Ссылки на литературу в тексте ПЗ обязательны.

1.3.2. Графическая часть

В чертежах должны использоваться условные графические обозначения энергетического оборудования, насосов и двигателей, трубопроводов и их элементов, арматуры трубопроводной, а также буквенно-цифровые обозначения элементов схемы — в соответствии с действующими нормативами (ГОСТ 21.403-80. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое). На чертеже тепловой схемы располагаются перечень элементов схемы, таблица с основными характеристиками и поясняющие надписи. Чертежи выполняются при помощи систем автоматизированного проектирования и черчения (например, AutoCad) на форматах A1 или A0 с соблюдением всех установленных требований.

Кроме развернутой тепловой схемы, на другом листе представляется специальное задание (например, конструктивный чертеж ПНД и результаты его оптимизации). На третьем листе возможны размещения графиков, диаграмм, таблиц, формул, раскрывающих особенности выполненного проекта, либо дополнительных чертежей и схем в соответствии с заданием или по указанию руководителя проекта.

Записка и чертежи должны выполняться с учетом требований единой системы конструкторской документации, а расчеты — в системе единиц СИ. Расчеты производятся с соблюдением правил приближенных вычислений с точностью до четырех значащих цифр. Для всех размерных величин в текстовой части задания указывается размерность.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОВРЕМЕННЫХ АЭС. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АЭС. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

2.1. Типы современных энергетических реакторов АЭС

Ядерный реактор — это установка, в которой осуществляется управляемая самоподдерживающаяся реакция деления ядер [3]. Гетерогенные энергетические реакторы можно классифицировать по различным признакам.

1. По спектру нейтронов:

- реакторы на быстрых нейтронах — большая часть деления ядер вызывается нейтронами с энергией десятки и сотни килоэлектрон-вольт;
- на тепловых нейтронах — основная часть делений вызывается нейтронами с энергиями меньше 1 эВ;
- на промежуточных нейтронах — со спектром, занимающим промежуточное положение между первым и вторым типами реакторов.

2. По применяемым материалам:

- по используемому топливу;
- роду замедлителя;
- роду теплоносителя.

3. По конструктивным особенностям:

- корпусные — теплоноситель движется одним потоком; реактор имеет герметичный корпус, рассчитанный на давление теплоносителя;
- канальные — теплоноситель движется внутри труб (каналов), несущих давление.

Несмотря на многообразие типов и размеров, существует всего четыре основные категории реакторов [4].

Поколение 1 — реакторы этого поколения разработаны в 1950-е и 1960-е гг., представляют собой видоизмененные и укрупненные ядерные реакторы военного назначения, предназначенные для движения подводных лодок или для производства плутония.

Поколение 2 — к этому поколению относится подавляющее большинство реакторов, находящихся в промышленной эксплуатации.

Поколение 3 — в настоящее время реакторы данной категории вводятся в эксплуатацию в некоторых странах, преимущественно в Японии.

Поколение 4 — к нему относятся реакторы, находящиеся на стадии разработки, которые планируется внедрить через 20–30 лет.

В настоящее время в мире в энергетических целях эксплуатируются реакторы следующих типов [3–6].

1. ВВЭР, PWR — корпусные водо-водяные реакторы с водой в качестве теплоносителя и замедлителя под давлением.

2. BWR (ABWR) — кипящие реакторы с водой в качестве теплоносителя и замедлителя.

3. PHWR (CANDU) — реакторы с тяжелой водой в качестве теплоносителя и замедлителя.

4. GCR, AGR — газоохлаждаемые реакторы с графитовым замедлителем.

5. РБМК — реакторы большой мощности канальные.

6. БН, FBR — реакторы на быстрых нейтронах.

Подавляющее большинство используемых ядерных реакторов — это реакторы на тепловых нейтронах водо-водяного типа (PWR и ВВЭР). Из всех работающих в мире энергоблоков — 359 реакторов водо-водяного типа. Общее количество АЭС с техническими характеристиками, находящееся в коммерческой эксплуатации, приведено в табл. 2.1. Основные мировые производители современных реакторных установок представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.1. АЭС, находящиеся в коммерческой эксплуатации [7]

Тип реактора	Страна	Количество	Установленная мощность, ГВт	Топливо	Охладитель	Замедлитель
Ядерный реактор с водой под давлением (PWR, ВВЭР)	США, Франция, Япония, Россия, Китай	265	251,6	Обогащенный уран	Вода	Вода
Ядерный реактор с кипящей водой (BWR)	США, Япония, Швеция	94	86,4	Обогащенный уран	Вода	Вода
Ядерный реактор с тяжелой водой под давлением (CANDU (PHWR))	Канада	44	24,3	Обогащенный уран	Тяжелая вода	Тяжелая вода
Газоохлаждаемый ядерный реактор (AGR & Magnox)	Великобритания	18	10,8	Уран, обогащенный уран	CO ₂	Графит
Легководный графитовый реактор (РБМК)	Россия	12	12,3	Обогащенный уран	Вода	Графит
Реактор на быстрых нейтронах (FBR, БН)	Япония, Франция, Россия	4	1	Плутоний, уран	Жидкий натрий	Нет
Всего		437	386			



Рис. 2.1. План электростанции Areva Nuclear Power [8]

Таблица 2.2. Основные мировые производители реакторных установок

Фирма-производитель	Тип реактора
Areva Nuclear Power	US EPR ABWR (рис. 2.1)
GE/Hitachi	ESBWR
Toshiba/Westinghouse	AP600, AP1000, System 80+, IRIS
AECL	Advanced CANDU ACR-700
General Atomics	Gas Turbine-Modular Helium Reactor
Mitsubishi Heavy Industries	US APWR
PBMR, Pty Ltd (South Africa)	Pebble Bed Modular Reactor (PBMR)
Toshiba	4S (10 MWe sodium-cooled)
ОАО «Концерн “Энергоатом”»	АЭС-2006

2.2. Технические характеристики реакторных установок

2.2.1. Принципиальные схемы одноконтурных АЭС

В одноконтурной схеме АЭС рабочее вещество в турбоустановку поступает прямо из реактора и одновременно является его теплоносителем. Одноконтурные схемы АЭС возможны при использовании в качестве теплоносителя обычной или тя-

желой кипящей воды или газа с высокой температурой на выходе из реактора.

На АЭС с одноконтурными схемами применяются следующие типы реакторов [3].

1. Водно-водяные реакторы кипящего типа, где замедлителем и одновременно теплоносителем является обычная вода (H_2O): теплоноситель в реакторе доводится до кипения с образованием водяного пара; на выходе из реакторной установки температура пара равна температуре насыщения; в турбину поступает практически насыщенный пар. Тепловая схема одноконтурного энергоблока наиболее проста. Реактор имеет корпусную конструкцию и обычно работает на слабообогащенном уране.

Тяжеловодный реактор кипящего типа с замедлителем тяжелой водой (D_2O) может иметь в качестве теплоносителя тяжелую и обычную воду. В данном случае схема электростанции одноконтурная: на входе в турбину поступает насыщенный пар. Эти реакторы имеют большие преимущества — возможность использования в качестве топлива природного урана и повышенный коэффициент воспроизводства. В то же время из-за высокой стоимости тяжелой воды удельные капитальные затраты почти в 2 раза выше, чем в реакторах на обычной воде.

2. Водографитовые реакторы кипящего типа с замедлителем — графитом и теплоносителем — обычной водой выполняются канальной конструкции. Такие мощные реакторы называются *реакторами большой мощности канальными (РБМК)*. В реакторах РБМК может генерироваться как насыщенный, так и перегретый пар. В первом случае тепловая схема атомной паротурбинной установки и параметры пара не отличаются от параметров АЭС с водно-водяными реакторами кипящего типа, т.е. схема АЭС одноконтурная, и в турбину поступает насыщенный пар.

Канальная конструкция позволяет относительно легко увеличивать мощность реактора, а также осуществлять перегрев в специальных перегревательных каналах, когда в турбину поступает перегретый пар. Однако исследования и промышленный опыт обнаружили недостаточно благоприятные физико-технические свойства такого типа реакторов.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Состав и содержание курсового проекта.....	4
1.1. Принципиальная и развернутая тепловые схемы.....	4
1.2. Виды расчетов тепловых схем.....	6
1.3. Содержание типового курсового проекта.....	7
1.3.1. Оформление и содержание пояснительной записки	8
1.3.2. Графическая часть.....	10
2. Общие сведения о современных АЭС. Особенности тепловых схем и основные элементы АЭС. Краткая характеристика основного оборудования	10
2.1. Типы современных энергетических реакторов АЭС.....	10
2.2. Технические характеристики реакторных установок.....	13
2.2.1. Принципиальные схемы одноконтурных АЭС	13
2.2.2. Технические характеристики реакторов одноконтурных АЭС	15
2.2.3. Реакторы одноконтурных АЭС 3-го поколения.....	17
2.2.4. Принципиальные схемы двухконтурных АЭС	20
2.2.5. Технические характеристики реакторов двухконтурных АЭС	20
2.2.6. Реакторы двухконтурных АЭС 3-го поколения.....	23
2.2.7. Реактор на тяжелой воде (PHWR или CANDU)	25
2.2.8. Принципиальные схемы трехконтурных АЭС	28
2.2.9. Технические характеристики реакторов трехконтурных АЭС	28
2.3. Парогенераторы АЭС.....	30
2.3.1. Назначение и классификация парогенераторов АЭС	30
2.3.2. Парогенераторы АЭС с реакторами ВВЭР	31
2.3.3. Парогенераторы АЭС с реакторами типа AP 1000	34
2.3.4. Парогенераторы АЭС с реакторами типа EPR	34
2.3.5. Парогенераторы АЭС с реакторами типа PHWR.....	35

2.4. Паровые турбины АЭС.....	36
2.4.1. Особенности паротурбинной установки на насыщенном паре	37
3. Особенности тепловых схем паротурбинных установок АЭС.....	48
3.1. Выбор начальных параметров пара для паротурбинных установок	48
3.1.1. Зависимость тепловой экономичности теоретического цикла АЭС от начальных параметров	48
3.1.2. Начальные параметры пара для АЭС различного типа.....	51
3.2. Выбор разделительного давления и паро-паровой промежуточный перегрев.....	52
3.3. Выбор конечных параметров пара.....	59
3.4. Система подогревателей низкого давления (ПНД).....	60
3.5. Система подогревателей высокого давления (ПВД).....	61
3.6. Деаэраторы питательной воды	65
3.7. Питательные насосы	67
3.8. Конденсатные насосы	73
3.9. Испарительные установки	75
4. Методика расчета тепловой схемы турбоустановки АЭС	76
4.1. Выбор основных параметров принципиальной тепловой схемы блока АЭС	78
4.2. Выбор параметров и разработка принципиальной тепловой схемы ПТУ	79
4.3. Определение состояния пара и воды в системе регенерации	81
4.4. Построение процесса расширения в h, s -диаграмме	82
4.5. Уравнения теплового и материального баланса элементов тепловой схемы турбин АЭС	85
4.5.1. Примеры расчета элементов тепловой схемы.....	89
4.5.2. Решение уравнения мощности и определение расхода пара на турбину.....	91
4.6. Расчет технико-экономических показателей ПТУ	92
5. Анализ эффективности принятых технических решений.....	94
5.1. Определение коэффициентов изменения мощности и коэффициентов ценности отборов.....	94
5.1.1. Основные понятия.....	94
5.1.2. Особенности расчета КИМ и КЦТ для турбин АЭС.....	96
5.1.3. Примеры расчета КИМ и КЦТ	97

<i>Приложение 1. Принципиальные тепловые схемы турбоустановок АЭС.....</i>	100
<i>Приложение 2. Пример расчета тепловой схемы турбоустановки на насыщенном водяном паре</i>	108
<i>Приложение 3. Пример расчета тепловой схемы одноконтурной АЭС с турбоустановками К-750-65/3000.....</i>	130
<i>Литература.....</i>	146

Учебное издание

Седнин Алексей Владимирович
Карницкий Николай Борисович
Богданович Максим Леонидович

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ
Курсовое проектирование

Учебное пособие

Редактор *А.В. Новикова*
Художественный редактор *Т.В. Шабунько*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректор *Е.З. Липень*
Компьютерная верстка *Н.В. Шабуньки*

Подписано в печать 15.06.2010. Формат 84×108/32. Бумага офсетная. Гарнитура «Нимбус».
Офсетная печать. Усл. печ. л. 7.98. Уч.-изд. л. 7.33. Тираж 1000 экз. Заказ 1847.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».
ЛИ № 02330/0494062 от 03.02.2009. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
E-mail: info@vshph.by [Http://vshph.by](http://vshph.by)

Филиал № 1 открытого акционерного общества «Красная звезда».
ЛП № 02330/0494160 от 03.04.2009. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.

- Седнин, А.В.**
С 28 Атомные электрические станции. Курсовое проектирование : учеб. пособие / А.В. Седнин, Н.Б. Карницкий, М.Л. Богданович. — Минск : Выш.шк., 2010. — 150 с. : ил. ISBN 978-985-06-1851-1.

Освещены основные вопросы курсового проектирования тепловых схем современных атомных станций: типы и характеристики ядерных реакторов АЭС, паротурбинных установок и их вспомогательного оборудования, парогенераторов.

Предлагаются методики расчета тепловой схемы турбоустановок АЭС и анализ эффективности принятых технических решений.

Для студентов технических университетов по специальности «Паротурбинные установки атомных электрических станций», будет полезно инженерам-теплоэнергетикам.

УДК 378.147.091.313:621.311.25
ББК 74.58