**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Машиностроительный колледж
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

для студентов специальности: 14.02.01 «Атомные электрические станции и установки»

г. Иваново 2020г.

Составитель: Фадеева М.С.
Редактор: Дубова Л.В.

Методические указания основаны на требованиях нормативно-правовых актов, федеральных государственных образовательных стандартов среднего профессионального образования.

Настоящие методические указания по выполнению и защите ВКР разработаны с целью оказания помощи студентам МК ИГЭУ специальности: 14.02.01 «Атомные электрические станции и установки» качественно выполнить выпускную квалификационную работу в соответствии с современными требованиями.

Утверждены цикловой методической комиссией технологических дисциплин и оборудования Машиностроительного колледжа ИГЭУ.

Рецензент:
Е.С. Вьюшина, преподаватель высшей категории
Машиностроительного колледжа ИГЭУ

Д.В. Ботин, начальник отдела анализа нарушений в работе АЭС. Департамент анализа и обобщения опыта эксплуатации, сбора, анализа отказов оборудования и инцидентов на АЭС. АО «ВНИИАЭС».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……. 5
ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ…….. 6
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖНИЯ……..……..... 7
2. ВЫБОР ТЕМЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ…….. 10
3. РУКОВОДСТВО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТОЙ…… 11
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ВЫПЫСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ……. 12
4.1. Титульный лист……... 12
4.2. Задание……..... 13
4.3. Календарный план……..…… 13
4.4. Аннотация……...……. 13
4.5. Содержание……...……... 13
4.6. Перечень условных обозначений, символов, единиц физических величин и терминов……..... 14
4.7. Введение…….. 14
4.8. Основная часть…… 14
4.9. Заключение…….. 15
4.10. Список использованных источников……... 15
4.11. Приложения……... 16
5. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ……. 18
5.1. Общие положения……... 18
5.2. Заголовки……..... 19
5.3. Иллюстрации и таблицы……..... 20
5.4. Примечания……. 22
5.5. Формулы и уравнения……..... 22
5.6. Ссылки и сноски…….. 23
6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ И СХЕМ……. 24
7. ПОДГОТОВКА К ЗАЩИТЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ……. 26
8. ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ…. 27
9. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ……. 29
9.1. Расчет тепловых схем атомных электрических станций. Введение…… 29
9.2. Разработка принципиальной тепловой схемы АЭС…….. 29
9.2.1. Общие положения…….. 29
9.2.2. Рекомендации по разработке тепловой схемы АЭС…….. 30

9.2.3. Рекомендации по расчету тепловой схемы АЭС…… 32
9.3. Расчет тепловой схемы турбины……. 34
9.3.1. Определение температуры рабочего тела за регенеративными подогревателями……... 34
9.3.2. Определение давлений пара в отборах…… 36
9.3.3. Определение разделительного давления……. 37
9.3.4. Построение процесса расширения пара в *h,s*–диаграмме…….. 37
10. ЗАДАНИЕ НА ВКР «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА АЭС»……... 41
10.1. Структура задания…….. 41
10.2. Автоматизированные системы управления АЭС…… 41
10.2.1. Основные понятия автоматических и автоматизированных систем…… 41
10.2.2. Общие принципы организации автоматизированного управления на АЭС……... 43
10.2.3. Система управления и защиты реактора……... 44
10.2.4. Автоматическое регулирование уровня воды в парогенераторе…… 48
10.2.5. Автоматическое управление и защита турбоустановок…… 49
10.2.6. Автоматическое регулирование конденсатора……. 52
10.2.7. Автоматическое регулирование регенеративных подогревателей…… 53
10.2.8. Автоматическое регулирование уровня воды в парогенераторе…… 54
10.2.9. Автоматическое регулирование уровня воды в деаэраторе… 56
10.2.10. Автоматическое регулирование редукционно-охладительных установок…… 57
ПРИЛОЖЕНИЯ…….. 59
Приложение 1……. 59
Приложение 2……. 60
Приложение 3……. 62
Приложение 4……. 63
Приложение 5……. 64
Приложение 6……. 65
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……. 66

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания определяют порядок выполнения и защиты выпускной квалификационной работы, общие требования, предъявляемые к выпускной квалификационной работе, освещают последовательность её подготовки, требования к структуре, содержанию и оформлению, определяют обязанности руководителя ВКР, студента, порядок защиты выпускной квалификационной работы.

Государственная (итоговая) аттестация выпускника колледжа проводится в виде подготовки и защиты выпускной квалификационной работы, целью которой является установление соответствия уровня и качества подготовки выпускника Федеральному государственному образовательному стандарту среднего профессионального образования.

Выпускная квалификационная работа по специальности 14.02.01 «Атомные электрические станции и установки» выполняется в форме дипломного проекта или дипломной работы.

Выпускные квалификационные работы призваны способствовать систематизации и закреплению знаний студента по специальности при решении конкретных задач, а также выяснить уровень подготовки выпускника к самостоятельной работе, степень овладения общими и профессиональными компетенциями.

Цель методических указаний – оказание помощи студентам в выборе тем, написании, оформлении и защите работы с учетом требований, предъявляемых к ней.

При выполнении выпускной квалификационной работы студент несет персональную ответственность за:

а) соблюдение графика выполнения ВКР;

б) самостоятельность выполнения ВКР;

в) достоверность представленных данных и результатов;

г) оформление, структуру и содержание выпускной квалификационной работы в соответствии с методическими указаниями по ее выполнению;

д) соответствие предоставленных государственной экзаменационной комиссии электронных версий (выпускной квалификационной работы, презентационных материалов и доклада) бумажным версиям документов;

е) исправление недостатков в выпускной квалификационной работе, выявленных руководителем и консультантами.

Своевременное ознакомление студентов с тематикой работ, характером требований, предъявляемых к ним, с порядком выполнения и защиты, помогает выпускникам избежать ошибок при планировании своей работы, повышает качество работы.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ

ГИА – государственная итоговая аттестация

ГЭК – государственная экзаменационная комиссия

ВКР – выпускная квалификационная работа

ОК – общие компетенции

ПК – профессиональные компетенции

СПО – среднее профессиональное образование

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) – это официальный документ, содержащий нормы и требования к образовательному процессу.

Профессиональный модуль – часть основной профессиональной образовательной программы, имеющая определённую логическую завершённость по отношению к заданным Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) результатам образования, предназначенная для освоения профессиональных компетенций в рамках каждого вида деятельности.

Основная профессиональная образовательная программа (ОПОП) – это совокупность (комплект) учебно-методической документации, определяющей в соответствии со стандартом содержание профессионального образования определенного уровня по конкретной специальности, нормативные сроки обучения.

Руководитель ВКР – это специалист в научно-производственной области, в рамках которой определена тема ВКР, обладающий высокой квалификацией и надлежащей педагогической компетенцией.

Консультант – специалист в узкой производственной области, использующейся при написании ВКР.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) – это итоговая аттестационная, самостоятельная учебно-исследовательская работа студента, оформленная с соблюдением необходимых требований и представленная по окончании обучения к защите перед государственной экзаменационной комиссией.

Защита ВКР является обязательным испытанием, включаемым в итоговую государственную аттестацию всех выпускников, завершающих обучение по программам среднего профессионального образования (СПО).

Выпускная квалификационная работа способствует систематизации и закреплению знаний выпускника по специальности при решении конкретных задач, а также выяснению уровня подготовки выпускника к самостоятельной работе.

Требования к выпускной квалификационной работе должны соответствовать требованиям федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) к уровню подготовки выпускников.

Дипломная работа или дипломный проект представляет собой теоретическое и экспериментальное исследование одной из актуальных проблем по специальности. Дипломная работа (проект) – это самостоятельное исследование, в котором должны быть продемонстрированы глубокие знания автора по выбранной теме, его подготовленность по специальности в целом, умение анализировать собранный материал, обобщать различные наблюдения, выходить на решение практических проблем. Дипломная работа (проект) как заключительный этап подготовки выпускника должен содержать элементы самостоятельного исследования. Работа выпускника над теоретической частью позволяет оценить следующие общие компетенции (ОК):

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Требования к студенту при выполнении выпускной квалификационной работы:

– теоретическое обоснование актуальности изучаемой проблемы в современных условиях производственной деятельности;

– умение работать со специальной литературой, грамотно цитировать ведущих исследователей, делать ссылки на использованные источники;

– работа должна иметь необходимую правовую основу;

– привлечение практического материала, полученного в результате собственного исследования на базовом предприятии;

– достоверность и конкретность изложения фактических и экспериментальных данных о работе организации или предприятия, краткость и точность формулировок;

– обоснование выводов и предложений по результатам исследования, их конкретный характер, практическая ценность для решения исследуемых проблем;

– четкость и логичность изложения мыслей, доказательность целесообразности и эффективности предлагаемых решений.

Целью выпускной квалификационной работы является установление соответствия уровня освоенности компетенций, обеспечивающих соответствующую квалификацию и уровень образования обучающихся Федеральному государственному образовательному стандарту среднего профессионального образования по специальности 14.02.01 «Атомные электрические станции и установки» в части освоения видов профессиональной деятельности (ВПД) специальности и соответствующих профессиональных компетенций (ПК).

1. Обслуживание теплоэнергетического оборудования и технических систем атомных электростанций:

ПК 1.1. Проводить профилактический осмотр установок и устройств, узлов и деталей, средств измерений и автоматизации.

ПК 1.2. Выявлять и определять причины неисправностей оборудования и технических схем.

ПК 1.3. Обеспечивать проведение монтажа установок и устройств, средств измерений и автоматизации.

ПК 1.4. Подготавливать оборудование и трубопроводы к дезактива-

ции и ремонту.

ПК 1.5. Участвовать в разработке конструкторской документации для изготовления типовых сборок и узлов, технологических процессов ремонта и монтажа оборудования и систем атомных станций.

2. Эксплуатация теплоэнергетического оборудования и технических систем атомных электростанций:

ПК 2.1. Контролировать работу оборудования и технических систем по показаниям средств измерения и сигнализации.

ПК 2.2. Выявлять и определять причины отклонений от технологических режимов.

ПК 2.3. Принимать меры при отклонениях от технологических режимов эксплуатации теплоэнергетического оборудования и технических систем.

ПК 2.4. Проводить профилактику и ликвидацию аварийных ситуаций по плану ликвидации аварий.

ПК 2.5. Вести учет работы оборудования, причин и продолжительности простоев.

3. Организация работы коллектива исполнителей:

ПК 3.1. Планировать и организовывать работу исполнителей.

ПК 3.2. Проводить инструктажи и осуществлять допуск персонала в обслуживаемые помещения в нормальных и аварийных условиях.

ПК 3.3. Обеспечивать выполнение требований охраны труда.

ПК 3.4. Осуществлять контроль соблюдения требований пожарной безопасности.

4. Обеспечение ядерной безопасности:

ПК 4.1. Контролировать герметичность оболочек ТВЭЛов.

ПК 4.2. Определять протечки в парогенераторах.

ПК 4.3. Определять эффективность работы систем спецводоочистки.

ПК 4.4. Контролировать состояние радиационной безопасности.

5. Выполнение работ по профессии 14575 «Монтажник оборудования АЭС»:

ПК 5.1. Выполнять работы при монтаже, ремонте и испытании оборудования в соответствии с технологическим процессом.

ПК 5.2. Выполнять слесарно-механические работы на промышленном оборудовании в соответствии с ремонтным технологическим процессом.

ПК 5.3. Выполнять такелажные и грузоподъемные работы при монтаже и ремонте промышленного оборудования.

ПК 5.4. Применять технологическую оснастку и режущий инструмент.

ПК 5.5. Пользоваться мерительным инструментом.

2. ВЫБОР ТЕМЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Тематика выпускной квалификационной работы определяется образовательной организацией. Темы ВКР разрабатываются преподавателями учебного заведения и рассматриваются на заседании предметно-цикловой комиссии, и утверждаются директором МК ИГЭУ.

Студенту выдается тема ВКР, которая должна отражать современный уровень образования, культуры, науки, техники и производства.

Требования к ВКР в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом СПО:

– ВКР представляет собой квалификационную работу, содержащую совокупность результатов, выдвигаемых автором для защиты, имеющую внутреннее единство, свидетельствующее о способности автора находить технические решения, используя теоретические знания и практические навыки;

– ВКР должна содержать решение задачи, имеющей практическое значение для соответствующего направления;

– ВКР должна содержать изложение полученных результатов, их анализ и обсуждение, выводы, список использованной литературы и оглавление;

– ВКР должна показать умение автора кратко, лаконично и аргументировано излагать материал, его оформление должно соответствовать правилам оформления научных публикаций.

Обязательное требование – соответствие тематики ВКР содержанию одного или нескольких профессиональных модулей, входящих в образовательную программу среднего профессионального образования.

К выполнению ВКР студентам целесообразно готовиться заранее. Для получения фактических данных необходимо использовать материалы производственной и преддипломной практик, а также данные, полученные в ходе подготовки курсовых работ и проектов.

Тематика работ доводятся до сведения студентов (Приложение 1) с учетом места прохождения преддипломной практики.

3. РУКОВОДСТВО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТОЙ

Руководитель ВКР назначается приказом директора МК ИГЭУ. В соответствии с тематикой выпускной квалификационной работы руководитель разрабатывает индивидуальное задание, которое утверждается заместителем по учебной работе. Образец оформления задания дан в приложении 2.

Задания на выпускную квалификационную работу рассматриваются цикловой методической комиссией, подписываются руководителем работы и утверждаются директором МК ИГЭУ.

В отдельных случаях допускается выполнение выпускной квалификационной работы группой студентов. При этом индивидуальные задания выдаются каждому студенту. Задания выдаются студенту не позднее, чем за две недели до начала преддипломной практики.

Руководитель ВКР на каждого студента составляет календарный график выполнения работ, согласно которому студентам в определенные дни оказываются консультации, в ходе которых разъясняются назначение и задачи, структура и объем работы, принцип разработки и оформления, примерное распределение времени на выполнение отдельных частей ВКР.

Общее руководство и контроль за ходом выполнения выпускных квалификационных работ осуществляют заместитель директора по учебной работе, председатель ЦМК.

Основными функциями руководителя ВКР являются:

– разработка индивидуальных заданий;

– консультирование по вопросам содержания и последовательности выполнения выпускной квалификационной работы;

– оказание помощи студенту в подборе необходимой литературы;

– контроль хода выполнения выпускной квалификационной работы;

– подготовка письменного отзыва на выпускную квалификационную работу.

По завершении ВКР руководитель подписывает ее, пишет отзыв, который включает в себя:

– заключение о соответствии ВКР заданию;

– оценку качества выполнения каждого раздела ВКР;

– оценку степени разработки актуальных вопросов, оригинальности решений теоретической и практической значимости работы.

Содержание отзыва доводится до сведения студента не позднее, чем за день до защиты ВКР. Внесение изменений в ВКР после получения отзыва не допускается. Заместитель директора по учебной работе после ознакомления с отзывом руководителя решает вопрос о допуске студента к защите и передает ВКР в ГЭК.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ВЫПЫСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Содержание ВКР должно учитывать требования Государственного образовательного стандарта по специальности 14.02.01 «Атомные электрические станции и установки».

Общими требованиями к пояснительной записке являются: четкость и логическая последовательность изложения материала; краткость и точность формулировок, исключающих возможность неоднозначного толкования; конкретность изложения результатов работы; обоснованность рекомендаций и предложений.

Максимальный объем пояснительной записки без приложений − не более 100–110 листов формата А4, минимальный объем без приложений должен составлять 50–60 страниц.

Структурными элементами пояснительной записки являются:

– титульный лист;

– задание;

– календарный план выполнения;

– аннотация;

– содержание;

– перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов;

– введение;

– основная часть, которая может включать технические, расчетные, технико-экономические и специальные разделы, а также материалы по охране труда и технике безопасности, гражданской обороне, охране окружающей среды и т.п.;

– заключение;

– список использованных источников;

– отзыв руководителя.

Оформление всех структурных элементов должно соответствовать ГОСТам (Приложение 3).

4.1. Титульный лист

Титульный лист является первой страницей пояснительной записки и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа.

На титульном листе приводят следующие сведения:

– наименование вышестоящей организации;

– наименование колледжа;

– вид документа (ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА к выпускной квалификационной работе);

– форма ВКР;

– название темы ВКР;

– фамилия, инициалы студента-исполнителя, свободное поле для личной подписи;

– ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя, свободное поле для личной подписи;

– ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы каждого из консультантов, свободное поле для личной подписи;

– город и год выполнения ВКР.

Образец титульного листа приведен в приложении 4.

4.2. Задание

Задание заполняется студентом совместно с руководителем на стандартном бланке. Заполненное задание подшивается в пояснительную записку после титульного листа, не нумеруется и не включается в общее количество листов.

Образец задания приведен в приложении 2.

4.3. Календарный график

Календарный график заполняется студентом совместно с руководителем на стандартном бланке. Заполненный бланк плана подшивается в пояснительную записку после задания, не нумеруется и не включается в общее количество листов.

Образец календарного плана приведен в приложении 5.

4.4. Аннотация

Аннотация выполняет следующие функции:

– дает возможность установить основное содержание документа и решить, следует ли обращаться к полному тексту документа;

– используется в информационных, в том числе автоматизированных, системах для поиска документов и информации.

Аннотация должна содержать сведения об объеме пояснительной записки, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве наименований литературы; ключевые слова в именительном падеже; краткое точное изложение работы (проекта), включающее основные фактические сведения и выводы, без дополнительной интерпретации или критических замечаний автора.

4.5. Содержание

Назначение содержания в том, чтобы дать представление о тематической структуре и помочь работающему с документом найти нужный материал.

Содержание включает наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), размещенных так, чтобы было видно их соподчинение, с указанием номеров страниц, на которых раз-

мещается начало материала разделов, подразделов и пунктов. В содержании не указываются такие разделы пояснительной записки, как СОДЕРЖАНИЕ, ЗАДАНИЕ, КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН и АННОТАЦИЯ. Разделам ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ТЕРМИНОВ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПРИЛОЖЕНИЯ номер не присваивается.

4.6. Перечень условных обозначений, символов, единиц физических величин и терминов

Используемые в пояснительной записке малораспространенные сокращения, условные обозначения, символы, единицы и специфические термины должны быть представлены в виде отдельного списка. Если их в данной записке менее трех и (или) они повторяются менее трех раз, то отдельный список не составляют, а расшифровку дают непосредственно в тексте при первом упоминании. В данный список не включаются обозначения математических величин, объясняемых после приводимых формул.

Перечень оформляется в виде двух столбцов. Слева в алфавитном порядке приводят сокращения, условные обозначения, символы, единицы физических величин и термины, справа – их детальную расшифровку.

4.7. Введение

Введение – вступительный раздел основного текста. Оно должно содержать оценку современного состояния научно-технической проблемы на основании анализа литературных источников по разрабатываемой теме, обоснование необходимости проведения работы. Во введении указываются актуальность и новизна темы, связь с другими научно-исследовательскими работами, область и направление исследования, предмет и объект исследования, его общая цель и задачи, используемые методы, ожидаемые результаты. По объему введение, как правило, не должно превышать 2-3 листа.

4.8. Основная часть

В основной части пояснительной записки приводят данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненного исследования (основное содержание проектных решений и обосновывающих расчетов). В зависимости от особенностей разрабатываемой темы основную часть следует излагать в виде текста, таблицы, сочетаний иллюстраций и таблиц или сочетания текста, иллюстраций и таблиц. Основную часть пояснительной записки следует делить на разделы, подразделы и пункты. Пункты при необходимости могут делиться на подпункты. Каждый пункт или подпункт должен содержать законченную

информацию. Не следует давать вступительный текст вне подраздела, пункта или подпункта. Заголовки разделов и других составляющих пояснительной записки должны отражать основное смысловое значение излагаемого в них материала. Рекомендуется равномерное деление пояснительной записки: для раздела – 25–30 страниц, для подраздела – 6–8 страниц, для пункта – 2–3 страницы. Текст разбивается на абзацы с учетом смысловой связи между отдельными предложениями.

4.9. Заключение

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам проделанного исследования или отдельных его этапов, оценку полноты решения поставленных задач. Указывается также, где и каким образом применение сделанных выводов может принести практическую пользу. Если предложения намечены или приняты к использованию, то это должно быть отражено в заключении. Объем указанной части работы не более 2-3 страниц.

4.10. Список использованных источников

Список должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении пояснительной записки. В список следует включать как источники, материал которых был непосредственно использован автором, так и источники, помогающие глубже ознакомиться с излагаемыми вопросами. На все приводимые источники должны быть ссылки в тексте.

Список составляется в алфавитном порядке в следующей последовательности:

– законодательные и нормативно-методические документы;

– специальная научная отечественная и зарубежная литература (монографии, брошюры, научные статьи и т.п.);

– статистические инструктивные и отчетные материалы предприятий, организаций и учреждений.

Все перечисленные в списке работы нумеруются. Нумерацию рекомендуется делать сквозной. Названия пишут с красной строки, а вторую и последующие строки пишут от края левого поля.

Библиографическое описание источников информации для оформления списка литературы ведется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.

Сведения о книгах (монографии, учебники, справочники и т.п.) должны включать: фамилию и инициалы автора (авторов); название книги; место издания; издательство; год издания; количество страниц. Наименование места издания необходимо приводить полностью в именительном падеже, допускается сокращение названия некоторых городов – Москва (М.), Санкт-Петербург (СПб.).

Образец оформления библиографического описания для книги при числе авторов от одного до трех:

Богородицкий, Н.П. Электротехнические материалы: учеб. для вузов / Н.П. Богородинский, В.В. Пасынков, Б.М. Тареев. – Л.: Энергоатомиздат,1985. – 304 с.

Образец оформления библиографического описания для книги при числе авторов более трех:

Приборы для хроматографии / К.И. Сакоданский [и др.]. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.

Сведения о статье из периодического издания должны включать: фамилию и инициалы автора, заглавие статьи, наименование издания (журнала), наименование серии, год выпуска, том, номер издания (журнала), страницы, на которых помещена статья.

Образец оформления библиографического описания для статьи из периодического издания:

Панина, Е.В. Об усилении роли саморегулируемых организаций / Е.В. Панина, Т.И. Зворыкина // Стандарты и качество. – 2010. – № 7. – С. 26 – 27.

4.11. Приложения

Приложения оформляются как продолжение пояснительной записки на последующих страницах. В приложения рекомендуется включать материалы, связанные с разрабатываемой темой, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть. Сюда входят дополняющие материалы; промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты; таблицы вспомогательных цифровых данных; протоколы испытаний; описание аппаратуры и приборов, применяемых при проведении экспериментов, измерений и испытаний.

Нумеруются приложения в порядке появления на них ссылок в тексте. При ссылке на приложение в тексте используют сокращение, например: в прил. 5. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху в правой части страницы слова ПРИЛОЖЕНИЕ … . После слова ПРИЛОЖЕНИЕ следует цифра, обозначающая его последовательность.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой. Если в качестве приложения в пояснительной записке используется документ, имеющий самостоятельное значение и оформленный согласно требованиям, к документу данного вида, его вкладывают в пояснительную записку без изменений в оригинале. На титульном листе такого документа в правом верхнем углу печатают слово ПРИЛОЖЕНИЕ и проставляют его номер, а страницы, на которых размещен документ, включают в общую нумерацию страниц пояснительной записки.

В отдельных случаях при большом объеме приложений допускается выполнять их в виде отдельного тома (книги). В этом случае для тома

приложений выполняется отдельный титульный лист аналогично титульному листу пояснительной записки. На нем дополнительно после названия темы ВКР пишется слово ПРИЛОЖЕНИЯ. Нумерация страниц тома приложений в этом случае выполняется отдельно. В начале тома приложений после титульного листа располагается содержание (аналогично содержанию основной пояснительной записки).

5. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

5.1. Общие положения

Пояснительная записка выполняется на стандартных листах формата А4 (210 х 297 мм). Большие таблицы и иллюстрации допускается выполнять в виде приложений на листах формата А3 (297 х 420 мм). Пояснительная записка должна быть выполнена с применением печатающих устройств вывода персонального компьютера на одной стороне белой бумаги через полтора интервала с высотой шрифта 2,5 мм (шрифт 14 Times New Roman). Дополнительные интервалы перед абзацами и после них не применяются. Не допускается использовать разряженный или уплотненный шрифт, а также подчеркивание. Цвет шрифта должен быть черным. Качество текста должно удовлетворять требованиям его хорошего восприятия. При выполнении пояснительной записки необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость.

Страницы пояснительной записки следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют. Задание и календарный план выполняют на стандартных бланках, они не нумеруются и не включаются в общее количество листов пояснительной записки. Таким образом, аннотация имеет номер страницы 2. Приложения должны иметь общую (сквозную) с остальной частью документа нумерацию страниц. Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитывают, как одну страницу.

На всех нумеруемых листах пояснительной записки должна быть выполнена рамка и основная надпись по ГОСТ 2.104-2006. На титульном листе выполняется рамка. Расстояние от левого края листа до рамки составляет 20 мм; сверху, снизу и справа – 5 мм. Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте следует начинать с отступа, равного 15–17 мм. Текст абзацев должен быть выровнен по ширине листа.

Форма основной надписи для первого нумеруемого (после титульного) листа представлена на рис. П7.1, для последующих листов – на рис. П7.2.

Правила заполнения шифра: обозначение состоит из индекса проекта или работы (ДП – дипломный проект, ДР – дипломная работа), кода учебного заведения по классификатору предприятий и организаций (ОКПО) (МК ИГЭУ – 50398166), номера специальности («Атомные электрические станции и установки» – 14.02.01), номера по списку автора дипломного проекта (дипломной работы) из приказа по учебному за-

ведению, двух последних цифр года окончания выполнения проекта (работы), разделенных тире. Например, ДР – 50398166 – 14.02.01 – 10 – 14.

Опечатки, описки и графические неточности допускается исправлять подчисткой или закрашиванием корректирующей жидкостью с последующим воспроизведением на том же месте исправленного текста машинописным или рукописным способом чернилами, пастой или тушью. Число поправок должно быть не более двух на одной странице.

В тексте не допускается применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы; применять для одного и того же понятия синонимы, а также иностранные слова и термины при наличии русских слов, обозначающих те же понятия; применять сокращения слов (кроме установленных правилами русской орфографии в соответствии с государственными стандартами).

Перечень допускаемых сокращений слов для основных надписей, технических требований, таблиц, чертежей и спецификаций установлен ГОСТ 2.316-2008. Условные буквенные обозначения или знаки должны соответствовать принятому действующему законодательству и государственным стандартам.

В документе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417-81. Наряду с единицами СИ при необходимости в скобках указывают единицы измерения ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

Числовые значения с обозначением единиц физических величин и величин счета следует писать цифрами, а число без обозначений единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами. Если в тексте дипломной работы приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то её указывают только после последнего числового значения, например: 1; 1,5; 2 г.

В тексте пояснительной записки не допускается:

– сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в таблицах и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки;

– употреблять знаки (<, >, №, %) без цифр.

5.2. Заголовки

Слова АННОТАЦИЯ, СОДЕРЖАНИЕ, ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ТЕРМИНОВ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПРИЛОЖЕНИЯ следует располагать по цен-

тру строки без точки в конце и печатать прописными буквами (шрифт 16 Times New Roman), не подчеркивая, выделяя жирным шрифтом. Данным заголовкам номер не присваивается. Заголовки других разделов оформляются таким же образом, но нумеруются арабскими цифрами.

Заголовки подразделов и пунктов печатают строчными буквами, начиная с прописной, не подчеркивая, выделяя жирным шрифтом, без точки в конце. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. Нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками. В конце номера ставится точка.

Допускается центрирование заголовков подразделов. Пункты могут не иметь заголовков и при необходимости могут быть разбиты на подпункты. Заголовки пунктов выполняются с абзаца.

Заголовок подпункта следует начинать с абзацного отступа, печатать строчными буквами, начиная с прописной, с точкой в конце в подбор с текстом (т.е. сразу после заголовка с точкой на той же строке начинается текст). Он может быть выделен жирным шрифтом или курсивом.

Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Желательно, чтобы между заголовком пункта и текстом был пропуск в одну строку. Оставление на странице «одинокого» заголовка недопустимо.

Каждый раздел рекомендуется начинать с нового листа.

5.3. Иллюстрации и таблицы

Иллюстрации, помещаемые в пояснительной записке, должны нести необходимую смысловую нагрузку, быть достаточно информативными. Все иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, компьютерные распечатки и фотоснимки) называются рисунками, обозначаются Рис., нумеруются последовательно арабскими цифрами (за исключением иллюстраций приложений). Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Рисунки следует располагать по центру непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Подпись к рисунку печатается непосредственно под рисунком тоже по центру (шрифт 12, Times New Roman, через полтора интервала). Цифровые или буквенные обозначения на иллюстрации должны быть объяснены или все в подписи, или все в тексте. Основные требования, предъявляемые к подрисуночной подписи, – точность, ясность, краткость изложения при необходимой полноте. В состав подписи входят: условное со-

кращение (Рис.), порядковый номер иллюстрации без знака номера арабскими цифрами с разделяющими точками (согласно принятой системе нумерации) и точкой в конце номера; определение темы изображения без точки в конце. С новой строки внутри подрисуночной подписи даются пояснения деталей иллюстрации, контрольно-справочные сведения, другие данные о документальной иллюстрации, а после названия рисунка при наличии таких пояснений ставится двоеточие. Сначала пишется номер или обозначение детали, элемента рисунка, кривой графика. Затем ставится тире и далее пояснение обозначения. Каждое следующее пояснение дается через точку с запятой (;) без точки в конце последнего из них.

На все иллюстрации в тексте пояснительной записки должны быть ссылки, например, … в соответствии с рис. 2.

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Таблицы обозначаются словом Таблица и нумеруются. Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами (нумерация сквозная). Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Название таблицы следует помещать в одну строку с ее номером через точку, выделяя его жирным шрифтом. Название должно отражать содержание таблицы, быть точным, кратким. Точка в конце названия не ставится.

Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы в тексте пояснительной записки должны быть ссылки. При ссылке следует писать «табл.» с указанием номера таблицы.

Таблица, ее название и текст в ней выравниваются по левой стороне без абзацного отступа (шрифт 12, Times New Roman, через полтора интервала). Заголовки граф и цифровую информацию допускается центрировать. Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков граф и строк точки не ставят. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается. Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавыч-

ками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Таблицы сверху и снизу ограничиваются линиями. Шапка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, её делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют её шапку или боковик. В этом случае допускается шапку и боковик таблицы заменять соответственно номером граф и строк. Для этого нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

При переносе таблицы на другую страницу ставится заголовок «Продолжение табл. » и ее номер (если таблица имеет продолжение на следующих страницах) или «Окончание табл. » и ее номер (если таблица завершается). Такой заголовок выравнивается по левой стороне без абзацного отступа. При этом шапка таблицы повторяется.

5.4. Примечания

Примечания приводят в том случае, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала. Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания.

Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится точка и текст примечания печатается с прописной буквы. Если примечаний несколько, то каждое из них нумеруют по порядку арабскими цифрами, а после слова «Примечания» ставится двоеточие.

Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

5.5. Формулы и уравнения

Формулы, содержащиеся в пояснительной записке, располагают на отдельных строках, нумеруют сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (2.4). Номер для многострочной формулы ставится на уровне ее последней строки. Допускается не нумеровать формулы, не имеющие в работе большого значения, являющиеся проме-

жуточными при изложении математического вывода, имеющие иллюстративный характер. Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в круглых скобках, например …в формуле (1).

Непосредственно под формулой приводится расшифровка символов и числовых коэффициентов, если они не были пояснены ранее в тексте. После формулы ставится запятая, и первая строка расшифровки начинается словом «где» без двоеточия после него и без отступа от левого края. За ним пишется обозначение первой величины, через тире расшифровка этого обозначения и через запятую обозначение единицы физической величины. Далее через точку с запятой даются обозначения следующих величин с их расшифровкой и указанием единиц измерения. Буквенные обозначения расшифровываются в порядке, в котором они приведены в формуле. При наличии дроби вначале поясняются величины в числителе, а затем – в знаменателе.

Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки.

Формулы и уравнения рекомендуется выполнять с использованием возможностей редактора формул Microsoft Equation 3.0. Основной размер – 14, размер индексов – 10. Нумерацию формул необходимо выравнивать по правому краю текста. Формула располагается в центре строки.

5.6. Ссылки и сноски

Все используемые материалы даются со ссылкой на источник: в тексте пояснительной записки после упоминания материала проставляется в квадратных скобках номер, под которым он значится в списке литературы, например [5].

Ссылки на разделы, пункты, формулы, перечисления следует указывать их порядковым номером, например: … в разд. 4, … по п. 3.3.4, … в формуле (3).

Для пояснения отдельных данных их следует обозначать надстрочными знаками сноски. Сноски располагают с абзацного отступа в конце страницы, на которой они обозначены, отделяя от текста короткой тонкой горизонтальной линией с левой стороны. Знак сноски выполняют арабскими цифрами со скобкой на уровне верхнего обреза шрифта перед текстом пояснения и непосредственно после того слова, числа, предложения, к которому дается пояснение. Допускается вместо цифр выполнять сноски звездочками, но применять не более четырех звездочек. Нумерация сносок должна быть отдельная для каждой страницы.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ И СХЕМ

Содержание графической части конкретизируется руководителем по согласованию с консультантами разделов. Чертежи и схемы должны выполняться в соответствии с ГОСТ 2.301-68 на листах форматов А1 (591х841), А2 (420х594), А3 (297х240), А4 (210х297). При необходимости могут быть использованы дополнительные форматы. Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение чертежа или схемы, не нарушая ее наглядности и удобства использования. Внутри листа выполняется рамка на расстоянии 20 мм от левой линии обреза листа и 5 мм от остальных. Основная надпись чертежа, выполненная по ГОСТ 2.104-2006, размещается в правом нижнем углу по образцу, приведенному на рис. П6.3. В зависимости от удобства расположения изображенного материала основная надпись может размещаться вдоль широкой или узкой стороны листа. Наименование чертежа (схемы) указывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании, содержащем несколько слов, на первом месте помещают имя существительное. В графе «Лит.» основной надписи указывается У – учебный проект (работа).

В графе «Масштаб» указывается масштаб изображения на чертеже без индекса М, например 1:100. Все чертежи должны выполняться со строгим соблюдением масштабов, установленных ГОСТ 2.302-68. Масштаб выбирается из расчета компактного и равномерного заполнения поля чертежа. Если приведенные на чертеже изображения имеют разные масштабы, то в штампе ставится масштаб основного изображения, а масштабы остальных проставляются около изображений. Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей объекта не учитывают или учитывают приближенно.

Классификация, обозначение схем и общие требования к их выполнению для всех отраслей промышленности устанавливает ГОСТ 2.701-84.

На схемах допускается помещать различные технические данные. Такие сведения указывают либо около графических обозначений (справа или сверху), либо на свободном поле схемы. Элементы, изображенные на схеме, должны иметь обозначения в соответствии со стандартами на правила выполнения конкретных видов схем. Обозначения могут быть буквенные, буквенно-цифровые и цифровые по ГОСТ 2.721-74. На свободном поле схемы помещают диаграммы, таблицы и текстовые указания. Все надписи на схемах выполняют чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81.

При выполнении рабочих чертежей деталей следует руководствоваться требованиями ГОСТ 2.109-73 и общими правилами выполнения чертежей.

Чертеж общего вида на стадии проекта должен содержать:

– изображение изделий с их видами, разрезами, сечениями, а также текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его основных составных частей и принципа работы;

– наименования, а также обозначения;

– размеры (габаритные, установочные, присоединительные);

– схему, если она требуется, но оформлять ее отдельным документом не целесообразно;

– технические характеристики изделия.

Изображения выполняются с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД. Типовые и другие широко применяемые изделия изображают только внешними очертаниями. На чертежах общего вида наносят габаритные и присоединительные размеры в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307-2001.

При выполнении любых конструкторских чертежей необходимо соблюдение следующих ГОСТов:

– ГОСТ 2.303-68. Линии.

– ГОСТ 2.305-2008. Изображения – виды, разрезы, сечения.

– ГОСТ 2.306-68 (СТ СЭВ 860-78). Обозначение графических материалов и правило их нанесения на чертежах.

– ГОСТ 2.301-68 (СТ СЭВ 1976-79, 2180-80). Нанесение размеров и предельных отклонений.

Графическим документом для проекта является сборочный чертеж. В соответствии с ГОСТ 2.109-73 на сборочном чертеже должны быть показаны виды, разрезы, сечения, дающие представление о расположении и взаимной связи составных частей объекта. Также должны быть указаны номера позиций составных частей и габаритные размеры. При необходимости могут быть даны установочные и присоединительные размеры с предельными отклонениям, а также справочные размеры. Сборочные чертежи выполняются с упрощениями. На сборочный чертеж выполняется спецификация в соответствии с ГОСТ 2.108-68. Спецификация выполняется на отдельных листах формата А4 и помещается в качестве приложения в пояснительную записку. Спецификация является основным конструкторским документом и не имеет шифра. Основная надпись ее первого листа выполняется по форме, представленной на рис. П6.1, а последующих листов – в соответствии с рис. П6.2.

7. ПОДГОТОВКА К ЗАЩИТЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Дипломный проект с отзывом руководителя сдается в учебную часть техникума. Руководитель решает вопрос о допуске работы к защите или доработке и исправлении выявленных недостатков. В случае допуска работы к защите руководитель делает соответствующую запись на титульном листе.

При условии отсутствия академической задолженности и выполнения учебного плана осваиваемой программы подготовки специалистов среднего звена и на основании представленного отзыва руководителя и рецензии принимается решение о допуске студента к государственной итоговой аттестации /и защите выпускной квалификационной работы.

Допущенный проект сдается на рецензирование.

Перед защитой студент готовит доклад на 10-15 минут, презентацию и сопроводительный иллюстративный материал, предварительно согласованный с руководителем. Иллюстративный материал должен быть выполнен на листах формата А4 и раздается комплектами каждому члену государственной экзаменационной комиссии (ГЭК) перед докладом. При наличии замечаний рецензента и руководителя дипломник готовит на них ответы. Все дипломники, включенные в список защищающихся в этот день, перед началом заседания ГЭК сдают секретарю ГЭК дипломные проекты с отзывами и рецензиями.

В докладе студент должен отразить:

– актуальность темы;

– объект и предмет исследований;

– цель и задачи работы;

– теоретические и методические положения, на которых базируется дипломный проект;

– результаты и методы проведенного анализа изучаемой проблемы;

– конкретные предложения по решению изучаемой проблемы с обоснованием целесообразности и возможности их реализации;

– экономический, социальный и экологический эффекты от разработок (ожидаемые или фактические).

Доклад должен быть подготовлен в письменном виде.

8. ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Защита ВКР проводится на открытом заседании Государственной экзаменационной комиссии.

На защиту ВКР отводится 30 минут:

– доклад студента – 15 минут;

– ознакомление с отзывом руководителя – 5 минут;

– ответы на вопросы и замечания комиссии – 10 минут.

Во время защиты ВКР выпускник может использовать составленный ранее доклад или тезисы своего выступления.

При проведении ГИА (защиты ВКР) необходимо учитывать следующие критерии:

– уровень освоения студентом материала, предусмотренного рабочими программами дисциплин;

– уровень практических умений, продемонстрированных выпускником при выполнении ВКР;

– уровень знаний и умений, позволяющий решать производственные задачи при выполнении ВКР;

– обоснованность, четкость, лаконичность изложения сущности темы ВКР;

– гибкость и быстрота мышления при ответах на поставленные при защите ВКР вопросы;

– владение культурной речи.

Может быть предусмотрено выступление руководителя выпускной квалификационной работы, а также рецензента, если он присутствует на заседании ГЭК.

По окончании публичной защиты Государственная экзаменационная комиссия на закрытом заседании обсуждает результаты защиты. При определении итоговой оценки по защите выпускной квалификационной работы учитываются: доклад выпускника, его ответы на вопросы, оценка рецензента, отзыв руководителя. Результаты защиты выпускной квалификационной работы определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Ставится оценка:

«Отлично» – если тема проекта актуальна, четко определены цели и задачи, объем и выполнение проекта в полном соответствии с поставленными целями, выпускник показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными работы, легко отвечает на поставленные вопросы. Выпускная квалификационная работа имеет положительные отзывы руководителя и рецензента.

«Хорошо» – если тема проекта актуальна, четко определены цели и задачи, объем и выполнение работы в полном соответствии с поставлен-

ными целями, выпускник показывает хорошие знания вопросов темы, оперирует данными работы, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы, но допускает неточности. Выпускная квалификационная работа имеет положительные отзывы руководителя и рецензента.

«Удовлетворительно» – если тема работы актуальна, определены цели и задачи, объем и выполнение работы соответствует поставленным целям, в отзывах рецензента имеются замечания. При защите выпускник проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не всегда дает исчерпывающие аргументированные ответы на поставленные вопросы.

«Неудовлетворительно» – если в работе определены цели и задачи, но объем и содержание работы не соответствуют поставленным целям и задачам, в отзывах руководителя и рецензента имеются критические замечания. При защите выпускник затрудняется отвечать на вопросы темы, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки.

ГЭК принимает решение о присвоении студенту-выпускнику соответствующей квалификации, после чего происходит оглашение результатов защиты.

При оценке *«неудовлетворительно»* студент получает академическую справку установленного образца. ГЭК принимает решение о возможности повторной защиты студентом той же ВКР, либо признать целесообразным закрепление за ним нового задания и определить срок новой защиты, но не ранее, чем через год.

Защищенные выпускные квалификационные работы сдаются под расписку в архив МК ИГЭУ.

9. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

9.1. Расчет тепловых схем атомных электрических станций. Введение

Тепловая схема любой теплоэнергетической установки, тепловой или атомной электростанции является основным носителем информации о технологическом процессе. Она конкретизирует технологические связи между отдельными элементами оборудования АЭС или ТЭС, вид и параметры потоков энергоносителей (теплоносителей и рабочих тел), указывает, какие элементы оборудования и в какой последовательности участвуют в технологическом процессе.

Наиболее сложным и трудоемким является расчет тепловой схемы паротурбинной установки (ПТУ). В других установках АЭС – реакторной, парогенераторной, контуре промежуточного теплоносителя (при его наличии) – преобразование тепловой энергии в другие ее виды отсутствует. Тепловой расчет их схем сводится в основном к определению тепловых потерь.

Расчет тепловой схемы ПТУ является ключевым в расчете тепловой схемы любой электростанции.

9.2. Разработка принципиальной тепловой схемы АЭС

9.2.1. Общие положения

Принципиальная тепловая схема (ПТС) определяет уровень технического совершенства АЭС и ее тепловую экономичность. Она объединяет технологические схемы установок, входящих в состав АЭС.

В состав принципиальной тепловой схемы входит основное оборудование: реактор, парогенератор, паровая турбина, сепаратор-пароперегреватель, конденсатор, регенеративные подогреватели, деаэратор, турбопривод питательного насоса; насосы: питательный, конденсатный, дренажные.

При составлении принципиальной тепловой схемы АЭС необходимо располагать следующими данными:

– типом теплосилового оборудования;

– мощностью станции;

– основными параметрами рабочего тела;

– характеристиками основного оборудования, входящего в систему всей АЭС (в том числе и энергетического реактора).

Реакторную установку АЭС можно рассматривать как стабильный источник теплоты. В таком случае достаточно ограничиться составлением и расчетом схемы только паросилового контура, вне зависимости от того, какая это станция, одно- или двухконтурная.

При разработке принципиальной тепловой схемы необходимо учитывать требования экономичности и эксплуатации, водно-химического режима, а также надежности установки в целом и отдельных ее узлов.

На схему наносят изображения основных трубопроводов, соединяющих эти установки в единую технологическую схему. Стрелками показывается направление потоков пара и конденсата. Трубопроводы указываются одной линией, независимо от числа параллельных потоков. Не указываются поперечные связи между трубопроводами и все вспомогательные трубопроводы. Многочисленная арматура, входящая в состав трубопроводов или установленная на агрегатах, также не указывается.

Составление и расчет ПТС турбоустановки АЭС – один из важнейших этапов проектирования.

При расчете тепловой схемы вновь проектируемой турбоустановки необходимо предварительно выбрать начальные и конечные параметры пара, значение температуры питательной воды, тип и число регенеративных подогревателей, параметры пара регенеративных отборов и системы промежуточного перегрева, место установки деаэратора, испарителей и т.д.

В общем случае расчет тепловой схемы для вновь создаваемой турбоустановки производится следующим образом:

1. Разрабатывается принципиальная тепловая схема турбоустановки.
2. Выбираются начальные и конечные параметры пара турбоустановки, разделительное давление и параметры промежуточного перегрева.
3. Строится процесс расширения пара в h,s -диаграмме.
4. Определяются давления пара в отборах на регенерацию и внешние потребители.

В случае расчета новой схемы распределение отборов ведут с учетом оптимального значения температуры питательной воды ($t_{пв}$), числа подогревателей (z_n) и оптимального распределения подогрева воды по ступеням [18, 19].

Ниже приведены некоторые рекомендации по разработке принципиальной схемы ПТУ [20].

9.2.2. Рекомендации по разработке тепловой схемы АЭС

1. Выбор типа и схемы включения подогревателей питательной воды.

На основании опыта проектирования и технико-экономических исследований рекомендуется принимать 7÷9 ступеней подогрева для АЭС с ВВЭР (2÷3 ПВД, деаэратор и 4÷5 ПНД).

Для схемы с промежуточным перегревом рекомендуется принимать 1÷3 ступени подогрева, обогреваемых паром из ЦВД (в том числе из выхлопа ЦВД).

2. Выбор давления пара в деаэраторе и схемы его включения.

В большинстве случаев в схемах ПТУ АЭС применяются деаэраторы на давления 0,6 и 0,7 *МПа*.

Деаэратор подключается к ближайшему отбору с давлением, большим, чем давление в деаэраторе, на 15-20 %. В случае большего превышения давления отбора над давлением в деаэраторе (20-30 %) применяется предвключенная схема включения деаэратора или устанавливается деаэратор повышенного давления (на давление 1,0 и 1,2 *МПа*). В этом случае сокращается число ПВД и упрощается схема регенерации высокого давления.

3. Выбор параметров системы внешней сепарации, промперегрева пара и разделительного давления.

При начальных давлениях пара до 3,5÷4,0 *МПа* может быть установлен только один внешний сепаратор, при давлении выше 4,0 *МПа* необходимо установить сепаратор-пароперегреватель (СПП) либо две ступени внешней сепарации.

В современных турбоустановках АЭС используется одноступенчатый перегрев острым паром или двухступенчатый (острым и отборным паром)[1]. При применении двухступенчатого промперегрева тепловая нагрузка ступеней должна быть примерно одинаковой, т.е. должно иметь место равномерное распределение нагрева пара по ступеням.

Величина разделительного давления (давления перед сепаратором или СПП) существенно влияет на тепловую экономичность турбоустановки. Она определяется на основании технико-экономических расчетов.

Рекомендуются следующие ориентировочные величины оптимальных значений разделительного давления P_p:

а) для схемы с одной ступенью внешней сепарации $P_p^{опт} = 0{,}1 \div 0{,}15\ P_0$;

б) для схемы с одним СПП $P_p^{опт} = 0{,}1 \div 0{,}18\ P_0$.

Здесь P_0 – давление пара перед турбиной. Большие значения рекомендуется принимать для турбин с числом оборотов $n = 1500 об/мин$, т.к. низкооборотные турбины допускают большую конечную влажность в последних ступенях ЦНД (до 15 %).

Температура перегретого пара на выходе из ступени промперегрева определяется следующим образом:

$$t_2 = t_{гр,п}^{н} - \theta,$$

где $t_2, t_{гр,п}^{н}$ – соответственно температура перегретого пара на выходе из ступени промперегрева и температура насыщения греющего пара, θ –

[1] Исключение составляет турбоустановка К-640-6,9/50 ПО ЛМЗ, имеющая две ступени внешней сепарации (после второй ступени осуществляется одноступенчатый паро-паровой перегрев острым паром).

недогрев до температуры насыщения греющего пара.

Рекомендуется принимать следующие значения недогревов пара в промежуточном пароперегревателе:

а) для двухступенчатого промперегрева $\theta = 15 \div 30\,°C$ (I ступень, причем большая величина относится к большему разделительному давлению);

б) $\theta = 10 \div 20\,°C$ (II ступень, здесь меньшая величина относится к большему разделительному давлению);

в) для одноступенчатого промперегрева $\theta = 15 \div 40\,°C$ (причем меньшая величина относится к большему разделительному давлению).

9.2.3. Рекомендации по расчету тепловой схемы АЭС

Рекомендуется следующая последовательность проведения расчетов:

1. Производится выбор конструктивной схемы турбины. Как правило, турбины насыщенного пара выполняются по схеме ЦВД + ЦНД (редко ЦВД + ЦСД + ЦНД).

При предварительном построении тепловой схемы учитывается схема турбины, наличие парового перегрева и дополнительной сепарации, а также блочной обессоливающей установки. Учитывается количество ступеней регенеративного подогрева, наличие охладителя эжектора уплотнений и охладителя основного эжектора.

2. Определяется температура рабочего тела за регенеративными подогревателями, место деаэратора в схеме и количество ПНД и ПВД. Методика расчета приведена в пункте 9.3.1.

3. Начинается разработка принципиальной тепловой схемы блока.

а) Выбирается тип и схемы включения подогревателей питательной воды, схема слива конденсата греющего пара, отвода выпара и продувки.

В настоящее время все подогреватели, кроме деаэратора, выполняются поверхностного типа.

Применение подогревателей смешивающего типа ограничено областью питательного тракта от конденсатора до деаэратора и требует создания дополнительного напора питательной воды через подогреватели. Обычно при применении смешивающих подогревателей ограничиваются установкой одного-двух смешивающих ПНД (сразу после конденсатора).

ПВД включаются по схеме с каскадным отводом конденсата греющего пара, ПНД – со смешанным отводом конденсата с дренажными насосами. Поверхностные подогреватели, включенные по схеме с каскадным сливом конденсата, имеют, как правило, охладители дренажа, которые могут выполняться как встроенными (ПВД), так и в виде отдельного теплообменника (ПНД).

В деаэратор, кроме конденсата из ПНД поступает дренаж из ПВД, сливающийся каскадом. Выпар подается в систему уплотнения турбины.

В схеме предусмотрена продувка парогенератора, необходимая для поддержания требуемого нормального солевого режима второго контура. Продувочная вода поступает в расширитель, где разделяется на пар и воду.

б) Производится установка конденсатных и питательных насосов.

После основного конденсатора и перед первым подогревателем устанавливаем конденсатные электронасосы первой и второй ступеней. КЭН первого подъема прокачивает основной конденсат через БОУ, где тот проходит очистку. КЭН второго подъема находится после БОУ и прокачивает основной конденсат через подогреватели низкого давления.

При мощности блока менее 500 *МВт* после деаэратора устанавливаются ПЭН – питательные электронасосы.

При мощности блока 500 *МВт* и выше рекомендуется в качестве привода питательного насоса конденсационная турбина с собственным конденсатором. Рекомендуется установка 1-2 питательных турбонасосов (ТПН) на турбину без резерва. Приводная турбина подключается к одному из отборов турбины. В установках с промежуточным перегревом рекомендуется отбор пара на турбопривод производить после промежуточного перегрева.

4. Производится подключение подогревателей к отборам турбины и выбор разделительного давления. Методика приведена в пункте 9.3.2. и 9.3.3.

5. Изображается полученная в ходе расчетов ПТС – принципиальная тепловая схема блока.

6. Производится построение *h,s* -диаграммы расширения пара в турбине.

Для этого необходимо знать величины потерь давления пара в главных паропроводах, клапанах ЦВД и ЦСД, СПП или сепараторе и внутренние относительные коэффициенты полезного действия отсеков турбины. Если проектируется новая установка, то потери давления и КПД отсеков турбины принимаются по литературным данным [21] или по аналогам.

Рекомендуются следующие величины для потерь давления в главных паропроводах, клапанах, сепараторе и промежуточном пароперегревателе:

а) в главных паропроводах $\Delta P_{гп} = 0,03 \div 0,05\ P_0$;

б) в клапанах на входе в турбину до входа в первую или регулируемую ступень $\Delta P_0 = 0,04 \div 0,05\ P_0$;

в) в клапанах перед ЦСД или ЦНД (после промперегрева) $\Delta P_{ЦНД} = 1 \div 3\%$;

г) в перепускных ресиверах между цилиндрами $\Delta P_{рес} = 1 \div 1,5\%$;

д) в сепараторе (от выхода из ЦВД до выхода из сепаратора) $\Delta P_c = 0,02 \div 0,05 \ P_p$;

е) в первой ступени пароперегревателя $\Delta P_{Iпп} = 2 \div 3\%$;

ж) во второй ступени пароперегревателя $\Delta P_{IIпп} = 2 \div 3\%$;

з) в одноступенчатом пароперегревателе $\Delta P_{пп} = 3 \div 5\%$;

и) в СПП (сепаратор и пароперегреватель в одном корпусе) от выхода из ЦВД до входа в ЦНД (с учетом клапанов)

$\Delta P_{СПП} = 0,03 \div 0,05 \ P_p$ − одноступенчатый перегрев;

$\Delta P_{СПП} = 0,05 \div 0,08 \ P_p$ − двухступенчатый перегрев.

Большие значения указанных величин соответствуют меньшему разделительному давлению P_p.

Подробный алгоритм построения *h,s* -диаграммы приведен в пункте 9.3.4.

9.3. Расчет тепловой схемы турбины

Расчет рекомендуется производить в последовательности, приведенной в пункте 9.2.3. данных методических указаний. Для определения термодинамических параметров воды и водяного пара с достаточной точностью и достоверностью рекомендуется применять программу WSP (Water Steam Pro).

Ниже приведены следующие необходимые для выполнения курсовой работы расчетные алгоритмы:

1. Определение температуры рабочего тела за регенеративными подогревателями.
2. Определение давлений пара в отборах.
3. Определение разделительного давления.
4. Построение процесса расширения пара в *h,s* -диаграмме.

9.3.1. Определение температуры рабочего тела за регенеративными подогревателями

Начальная температура регенеративного подогрева определяется по давлению в конденсаторе.

Температура за конденсатором:

$$t_к = f \ P_к \ .$$

Конечная температура регенеративного подогрева определяется температурой насыщения питательной воды в парогенераторе:

$$t_0 = f \ P_{ПГ} \ ,$$

где $P_{ПГ} = P_0 \cdot 1,06$.

Определение величины нагрева рабочего тела в подогревателе:

$$\Delta t_{пв} = \frac{t_0 - t_к - \Delta t_{оэ} - \Delta t_{эу}}{Z+1},$$

где $\Delta t_{оэ}$ - подогрев в подогревателе основного эжекторов, $\Delta t_{эу}$ - подогрев в подогревателе эжектора уплотнений.

Табл. 1. Предварительные значения температуры рабочего тела за подогревателями.

Наименование подогревателя	Температура рабочего тела за подогревателем
П1	$t_{п1} = t_к + \Delta t_{оэ} + \Delta t_{эу} + \Delta t_{пв}$
П2	$t_{п2} = t_{п1} + \Delta t_{пв}$
П3	$t_{п3} = t_{п2} + \Delta t_{пв}$
…	…

Температура пара в деаэраторе:

$$t_д = t_s \ \ P_д \ \ .$$

Сравнивая температуры предварительных значений со значением температуры в деаэраторе, находим положение деаэратора в схеме. С учетом нагрева в деаэраторе, равным 10 °*C*, получим температуру основного конденсата перед деаэратором (то есть температуру основного конденсата за последним по ходу воды ПНД). Например, если деаэратор – пятый подогреватель в схеме, то температура конденсата перед ним будет равна

$$t_{П4} = t_д - 10.$$

Определение термодинамически оптимальной температуры питательной воды производится по следующей формуле:

$$t_{пв}^{опт} = t_0 - \Delta t_{пв}.$$

Определение оптимальной температуры питательной воды, установленной из технико-экономических расчетов:

$$t_{пв}^{эк} = \alpha \ \ t_{пв}^{опт} - t_к \ \ + t_к,$$

где $\alpha = 0{,}85 \div 0{,}9$.

Уточнение величин нагрева рабочего тела в подогревателях высокого и низкого давлений. Прирост температуры основного конденсата в ПНД:

$$\Delta t_{ПНД} = \frac{t_п - t_к - \Delta t_{оэ} - \Delta t_{эу}}{Z}.$$

Нагрев питательной воды в ПВД:

$$\Delta t_{ПВД} = \frac{t_{пв}^{эк} - t_д}{Z_{ПВД}}.$$

Расчет температур за подогревателями производится аналогично проведенному в табл. 1 с учетом того, что было определено место деаэратора в схеме и перерасчитаны нагревы воды в подогревателях низкого и высокого давления.

В качестве примера приведена таблица расчета температур за подогревателями для схемы с семью регенеративными подогревателями, среди которых деаэратор занимает пятую позицию (табл. 2)

Табл. 2. Уточненные значения температуры рабочего тела за подогревателями.

Наименование подогревателя	Температура рабочего тела за подогревателем
ПНД-1	$t_{п1} = t_к + \Delta t_{оэ} + \Delta t_{эу} + \Delta t_{пнд}$
ПНД-2	$t_{п2} = t_{п1} + \Delta t_{пнд}$
ПНД-3	$t_{п3} = t_{п2} + \Delta t_{пнд}$
ПНД-4	$t_{п4} = t_{п3} + \Delta t_{пнд}$
Деаэратор	$t_д = t_{п4} + \Delta t_д$
ПВД-5	$t_{п5} = t_д + \Delta t_{пвд}$
ПВД-6	$t_{п6} = t_{п5} + \Delta t_{пвд}$
ПВД-7	$t_{п7} = t_{п6} + \Delta t_{пвд}$

Температура воды за последним по ходу воды ПВД должна совпадать по значению с оптимальной температурой питательной воды, установленной из технико-экономических расчетов.

9.3.2. Определение давлений пара в отборах

Температуры насыщения пара в корпусах подогревателей:

$$t_s = t_{пв} + \theta,$$

где $t_{пв}$ - температура питательной воды за данным подогревателем, θ - значение недогрева воды в подогревателе до температуры насыщения.

По найденным температурам определяются давления в корпусах подогревателей:

$$P_j = P_s \ \ t_s \ \ .$$

Давление в отборе определяется с учетом потерь в трубопроводах подвода пара:

$$P_{отб.j} = \frac{P_j}{1 - \Delta P_{отб}}.$$

Рекомендуемые значения θ, ΔP и $\Delta t_{ок}$ приведены в табл. 3.

Табл. 3. Значения потерь давления и температурных напоров

Номер подогревателя по ходу питательной воды	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ПНД					Д	ПВД		
Потеря давления в трубопроводах отборного пара, ΔP, %	10	9	8	7	6	–	5	5	5
Величина недогрева в подогревателе θ, °C	1,5 – 3,5					0	2,5 – 5,0		

Результаты вычисления заносятся в таблицу, образец оформления которой приведен в табл. 4.

Табл. 4. Пример заполнения таблицы для определения давления в отборах турбины

Подогреватель	$t_{пв}$, °C	t_s, °C	P_j, *МПа*	ΔP_j, %	$P_{отб.j}$, *МПа*
ПНД-1				10	
ПНД-2				9	
ПНД-3				8	
ПНД-4				7	
Деаэратор				30	
ПВД-6				5	
ПВД-7				5	
…				…	

9.3.3. Определение разделительного давления

Разделительное давление – давление, при котором заканчивается процесс расширения пара в ЦВД. Выбор производится согласно рекомендациям, указанным в пунктах 9.2.2. и 9.2.3.

9.3.4. Построение процесса расширения пара в *h,s* –диаграмме

В начале определяется состояние пара перед стопорными клапанами по $P_0, x_0 = 0,996 \div 1$ (по таблицам теплофизических свойств воды и водяного пара) находим параметры $t_0, \upsilon_0, h_0, s_0$.

Рассчитывается теоретический процесс расширения в части высокого давления (ЦВД).

Состояние пара перед соплами первой ступени ЦВД при дросселировании в стопорно-регулирующих клапанах $\Delta P_{СРК} = 4 \div 5\,\%$, исходя из чего определяется давление $P_0' = 0,95 \div 0,96\ P_0$, и параметр S_0', соответствующий данной расчетной точке.

При давлении за последней ступенью ЦВД P_p определяется энтальпия пара в конце теоретического процесса расширения h_A, удельный объем пара υ_A и степень сухости x_A.

Рассчитывается действительный процесс расширения в части высокого давления (ЦВД).

Внутренний относительный КПД отсеков турбины может быть ориентировочно определен по следующей зависимости:

$$\eta_{0i}^{ЦВД} = \left(0{,}925 - \frac{0{,}5}{G_{СР} \cdot \upsilon_{СР}}\right) \cdot \left(1 + \frac{H_0^{ЦВД} - 600}{20000}\right) \cdot \ 1 - \xi_{ВС} \ ,$$

где $G_{СР} = \sqrt{G_1 \cdot G_2}$, $\upsilon_{СР} = \sqrt{\upsilon_0 \cdot \upsilon_A}$, где G_1 и G_2, υ_0 и υ_A – расходы пара и удельные объемы соответственно перед группой ступеней и за ней.

Ориентировочная мощность ядерного реактора:

$$Q_0 = \frac{N_Э}{\eta_Э},$$

где $\eta_Э = 0{,}29 \div 0{,}33$ – предполагаемый КПД выработки электроэнергии.

Расход образующегося в парогенераторе острого пара:

$$D_0 = \frac{Q_0}{h_0 - ct_{ПВ}},$$

где $ct_{ПВ}$ – энтальпия питательной воды на входе в парогенератор, определяется по $P_{пг}$ и температуре воды за последним подогревателем высокого давления $t_{ПВ}^{ЭК}$.

Расходы пара перед группой ступеней и за ней:

$$G_1 \approx 0{,}92 \cdot D_0, G_2 \approx 0{,}86 \cdot D_0.$$

Располагаемый тепловой перепад ЧВД:

$$H_0^{ЦВД} = h_0 - h_A.$$

Относительные потери с выходной скоростью: $\xi_{ВС} = \dfrac{2{,}5}{H_0^{ЦВД}}$.

Состояние пара в конце действительного процесса расширения определяется следующими параметрами: энтальпией пара $h_{ЦВД} = h_0 - \ h_0 - h_A \ \cdot \eta_{0i}^{ЦВД}$ и степенью сухости в конце действительного процесса расширения $x_Д$.

Если процесс расширения происходит в области влажного пара, то значение η_{0i} умножается на коэффициент $K_{вл} < 1$, т.е. $\eta_{0i} = \eta_{0i}^{пп} \cdot K_{вл}$.

Значение $K_{вл}$ определяется по формуле:

$$K_{вл} = 1 - a\frac{y_1 + y_2}{2},$$

где y_1, y_2 – влажность пара на входе в отсек и выходе из отсека, a – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности проточной части и эффективность влагоудаления, $a = 0{,}6 \div 1{,}0$.

После проведения расчета уточняется значение КПД, энтальпии и

степени сухости пара в конце действительного процесса расширения.

По известному действительному процессу расширения и давлениям в камерах отбора находим энтальпии пара, отбираемого на регенеративные подогреватели.

Определяется состояние пара за сепаратором. Величина потери давления в сепараторе $\Delta P_c = 2 \div 5\%$. Тогда давление за сепаратором: $P_c = \ 0{,}95 \div 0{,}98 \ \cdot P_p$.

Степень сухости пара за сепаратором $x_c'' = 0{,}99$. По давлению и степени сухости определяются остальные параметры пара: h_c'' и S_c''.

Определяется состояние пара за каждой ступенью парового перегрева. Величина потери давления в каждой ступени $\Delta P_{пп} = 2 \div 3\%$. Тогда давление за пароперегревателем ПП: $P_{пп} = \ 0{,}97 \div 0{,}98 \ \cdot P_c$.

Значение недогрева пара для промперегрева выбирается исходя из рекомендаций, приведенных в пункте 9.2.1.

По температуре и давлению за пароперегревателем определяются параметры пара: $h_{пп}, S_{пп}$.

Рассчитывается теоретический процесс расширения в части низкого давления (ЦНД).

Определяется давление и параметры пара перед соплами первой ступени ЦНД при дросселировании в перепускных ресиверах $\Delta P_{ЦНД} = 1 \div 1{,}5\%$, $P'_{ЦНД} = \ 0{,}985 \div 0{,}99 \ \cdot P_{пп}$ и $S'_{ЦНД}$.

При давлении за последней ступенью ЦНД P_K определяется энтальпия в конце теоретического процесса расширения: h_{KA} и степень сухости пара x_{KA}.

Рассчитывается действительный процесс расширения в части низкого давления (ЦНД).

Внутренний относительный КПД отсеков турбины может быть ориентировочно определен по следующей зависимости:

$$\eta^{n}_{ЦНД} = 0{,}87 \cdot \left(1 + \frac{H_0^{ЦНД} - 400}{10000}\right) - \frac{\Delta h_{BC}}{H_0^{ЦНД}},$$

где $H_0^{ЦНД} = h_n - h_{KA}$ – располагаемый тепловой перепад группы ступеней ЦНД, $\Delta h_{BC} = \dfrac{C^2_{вых}}{2000}$ – величина потери с выходной скоростью.

Тогда энтальпия в конце действительного процесса расширения определяется по формуле:

$$h_K = h_{пп} - \ h_{пп} - h_{KA} \ \cdot \eta^{n}_{ЦНД}.$$

По найденным параметрам определяется x_K – степень сухости в конечной точке процесса.

Если в рассматриваемой группе ступеней процесс расширения начинается в области перегретого пара, η_{0i}^{n} определяется по формулам выше, а ниже линии насыщения определяется с учетом $K_{вл}$

$$h_2 = h_1' - \ h_1' - h_{2a}' \ \cdot \eta_{0i}^{пп} K_{вл}.$$

где $K_{вл} = 1 - a\dfrac{y_2}{2}$.

Энтальпия и степень сухости в конце действительного процесса расширения $h_{ЦНД} = h_2 = h_1' - \ h_1' - h_{2a}' \ \cdot \eta_{0i}^{пп} K_{вл}$.

После расчета уточняется КПД ЦНД и степень сухости в конце процесса.

По известному действительному процессу расширения и давлениям в камерах отбора находим энтальпии пара, отбираемого на регенеративные подогреватели.

Далее определяются энтальпия и степень сухости пара x_K' на входе в конденсатор: $h_K^* = h_K + \Delta h_{BC}$.

Действительный перепад для турбины в целом:

$$H_i = \ h_0 - h_{ЦВД} \ + \ h_{пп} - h_K^* \ .$$

Для проверки влияния введения промперегрева в цикл производится построение индифферентной точки. Энтальпия пара в индифферентной точке определяется по следующему выражению:

$$h_{инд} = h_{пп} - \eta_i^{ЦВД} \cdot \Delta q_{пп},$$

где $\Delta q_{пп} = h_{пп} - h_c''$ – удельный расход тепла в промперегревателе,

$\eta_i^{ЦВД} = \dfrac{H_i^{ЦВД}}{h_0 - ct_p}$ – внутренний абсолютный КПД ЦВД, где

$H_i^{ЦВД} = h_0 - h_{ЦВД}$,

ct_p – энтальпия воды при давлении P_p.

По известному действительному процессу расширения и энтальпии индифферентной точки определяем давление в ней: $P_{инд}$.

Все регенеративные отборы из ЦНД должны лежать ниже индифферентной точки, что будет увеличивать КПД цикла установки.

На этом этапе заканчивается построение и расчет процесса расширения пара в турбине с мощностью менее 500 *МВт*. Если мощность блока больше 500 *МВт*, то дополнительно рассчитывается приводная турбина.

Потерю давления в паропроводе к приводной турбине $\Delta P_{тп} = 10\%$. В этом случае давление перед стопорным клапаном $P_{тп} = 0{,}9 \cdot P_{пп}$.

Принимаем потерю давления в органах регулирования равной 5%.

Тогда давление пара перед соплами первой ступени приводной турбины $P'_{тп} = 0,95 \cdot P_{тп}$.

Располагаемый теплоперепад на приводную турбину при расширении до конечного давления $P_к$

$$H_0^{тп} = h_{пп} - h_{ка}^{тп}.$$

где $h_{ка}^{тп}$ – энтальпия в конце теоретического процесса расширения пара в приводной турбине. Внутренний относительный КПД приводной турбины по заводским данным (по состоянию перед соплами первой ступени и с учетом потери с выходной скоростью последней ступени) равен $\eta_{0i}^{тп} = 0,822$. Тогда энтальпия пара на выходе из приводной турбины по действительному процессу расширения $h_к^{тп} = h_{пп} - \eta_{0i}^{тп} \cdot H_0^{тп}$.

10. ЗАДАНИЕ НА ВКР «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА АЭС»

10.1. Структура задания

1. Описание системы автоматизации заданного технологического агрегата.

1.1. Общая характеристика объекта управления. Его место и задачи в общей структуре технологического цикла Описание конструкции и принципов работы технологического агрегата.

1.2. Обоснование необходимости регулирования технологических параметров. Задачи автоматизации объекта.

1.3. Принципиальная схема регулирования. Описание ее работы. Приведение к виду структурной схемы.

1.4. Требования к качеству регулирования.

2. Расчетная часть.

Варианты типовых расчетов:

2.1. Расчет рабочей характеристики регулирующего органа.

2.2. Расчет погрешности измерительного канала для измерения температуры.

2.3. Расчет измерительной схемы вторичного прибора.

2.4. Метрологическая аттестация средства измерения.

2.5. Расчет параметров сужающего устройства.

3. Анализ работы АСР.

3.1. Настройка регулятора (регуляторов) и других элементов системы автоматизации (корректоров, компенсаторов) в системе регулирования заданной структуры.

3.2. Имитационное моделирование процессов в системе. Оптимизация параметров элементов системы автоматизации.

3.3. Определение показателей качества. Анализ работы созданной системы.

10.2. Автоматизированные системы управления АЭС

10.2.1. Основные понятия автоматических и автоматизированных систем

Система – совокупность нематериальных и материальных объектов, объединенных общими свойствами, признаками, назначением или условиями функционирования, которые при этом образуют единое целое.

Автоматизированная система – система, включающая в себя объект управления и технические средства автоматизации. При этом часть функций управления выполняется человеком-оператором.

Автоматическая система – система, объединяющая в себе объект управления и технические средства автоматизации, функционирующая при этом без участия человека, самостоятельно.

Вычислительной системой называется система, включающая в себя ЭВМ и ряд средств программного обеспечения, предназначенная для выполнения вычислительных операций, а также любая автоматизированная система, построенная на основе ЭВМ.

Различают следующие виды систем: гибридная вычислительная система; дуплексная система, система с дублированием; система коллективного пользования; однопользовательская система; многопроцессорная (мультипроцессорная) система; многотерминальная система; децентрализованная система; система с распределенными функциями; автономная система; локальная система; адаптивная система.

Система, представляющая собой совокупность аппаратных и программных средств и предназначенная для управления технологическими объектами (оптимизации или поддержания его работы), называется системой управления.

Если скорость выполнения циклов внутрисистемных операций и процессов в автоматизированной системе выше по сравнению со скоростью процессов внешней среды, во взаимосвязи с которой система функционирует, то ее называют системой реального времени.

Автоматизированная система, обладающая обратной связью, и (или) система, для которой не предусмотрено расширение, называются замкнутыми.

Если после сбоя или отказа система способна вернуться к нормальной работе, ее называют восстанавливаемой.

Работу оператора в рамках автоматизированной системы обеспечивает комплекс программных и технических средств (предназначенных для поиска, подготовки, редактирования и выдачи необходимых данных и документов), называемый автоматизированным рабочим местом оператора (АРМ).

Автоматизированная система, предназначения для управления различными объектами и объединяющая комплекс программных и технических средств, а также различные информационные и организационно-технологические средства, называется автоматизированной системой управления (АСУ).

Автоматическая система управления – система, представляющая собой комплекс программных и технических средств, предназначенных для воздействия на один или несколько параметров объекта управления для оптимизации или поддержания его работы в определенном режиме,

при чем воздействие на процесс или объект осуществляется без участия человека. Если система работает на поддержание заданного значения той или иной регулируемой величины, то она называется системой стабилизации или следящей системой. Если функционирование системы направлено на оптимизацию определенного критерия качества управления, то она называется системой автоматической оптимизации, или системой экстремального регулирования.

Комплекс информационных, технических, технологических и программных средств (включающих в себя в том числе проектно-конструкторскую документацию), предназначенный для автоматизации процесса проектирования системы автоматизации, разработки проектно-конструкторской документации, называется системой автоматизированного проектирования (САПР).

Автоматизированные системы управления в зависимости от их назначения и объекта управления делятся:

— на автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУ ТП);

— автоматизированную систему управления учреждением;

— автоматизированную систему управления предприятием (АСУП);

— автоматизированную систему управления отраслью (ОАСУ).

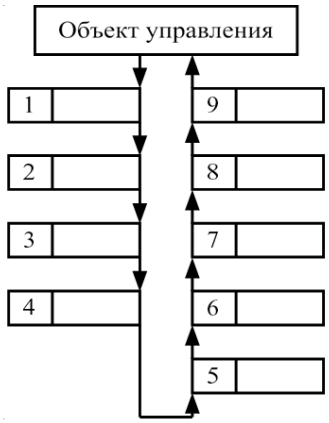

Рис. 10.1. Порядок обработки информации в АСУ ТП

Упрощенный порядок обработки информации в АСУ приведен на рис.10.1. На первом этапе 1 осуществляется получение информации о состоянии объекта управления в текущий момент. Затем осуществляется первичная обработка данных 2. На основании полученных данных производится определение параметров объекта управления с учетом возмущений 3. При сравнении текущих значений параметров с заданными 4 осуществляется оценка величины рассогласования 5. После этого производится определение возможных вариантов действия системы для достижения цели управления 6. Затем принимается решение о выборе варианта решения 7 и выработка управляющего воздействия 8, выполняемого органами управления 9.

10.2.2. Общие принципы организации автоматизированного управления на АЭС

Автоматизация работы основного и вспомогательного оборудования АЭС преследует главным образом следующие цели:

— повышение экономичности эксплуатации оборудования за счет

поддержания оптимальных параметров в стационарных и переходных режимах работы с учетом изменения характеристик оборудования;

— упрощение эксплуатации основного и вспомогательного оборудования в пусковых и переходных режимах работы, уменьшение расхода энергии при выполнении пусковых операций;

— повышение надежности и готовности оборудования за счет уменьшения вероятности ошибочных действий персонала;

— оптимизация эксплуатации оборудования путем правильного решения задачи оптимального распределения нагрузок между агрегатами.

Причем решение перечисленных задач должно производиться с учетом особенностей, связанных со спецификой АЭС и требующих высокой степени автоматизации:

— необходимость обеспечения радиоактивной безопасности персонала АЭС и окружающей среды;

— ограничения доступности ряда помещений и агрегатов, в том числе теплоэнергетического оборудования, используемого в одноконтурных схемах;

— повышенные требования к надежности работы ряда основных и вспомогательных систем с целью уменьшения количества резервируемых агрегатов крупных энергоблоков.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами атомных электростанций предназначены для реализации двух основных видов задач: информационных и управляющих. Информационные функции включают в себя сбор первоочередных данных, их обработку и выдачу информации оператору о протекании технологического процесса и состоянии оборудования, диагностику повреждений оборудования и определение технико-экономических показателей. Помимо автоматического управления оборудованием в установившихся и переходных режимах, в них входит автоматическое регулирование и оптимизация технологических процессов.

По принципам организации, в соответствии с принятой в настоящее время классификацией, АСУ ТП АЭС могут быть разделены на три основные группы:

— централизованные АСУ на базе управляющих ЭВМ, которые, помимо информационных функций, реализуют функции непосредственного управления технологическими процессами;

— децентрализованные системы функционально-группового управления, реализующие технологические процессы, выполняемые той или иной группой оборудования и механизмов;

— гибридные системы, использующие функционально-групповую автоматику и ЭВМ. Последние могут использоваться как в качестве

высшей ступени иерархии, так и в отдельных функциональных группах [23].

10.2.3. Система управления и защиты реактора

Основное назначение системы управления и защиты (СУЗ) реактора заключается в непрерывном контроле хода цепной реакции в реакторе и управлении указанным процессом в следующих режимах: первичная загрузка или перегрузка топлива, пуск реактора на мощность и его вывод, работа на заданной мощности и ее изменение, аварийный или плановый останов реактора.

В установившемся режиме работы мощность реактора должна быть равна заданному значению, при этом реактивность должна быть равна нулю, а коэффициент размножения – единице. Тем не менее на практике происходит изменение реактивности из-за температурного эффекта, возникающего вследствие изменения температуры теплоносителя и топлива. В случае изменения уровня мощности изменяется равновесие и максимальное отравление ксеноном, и при длительной работе реактора выгорает топливо, происходит накопление шлаков. Все это приводит к изменению коэффициента размножения.

Система управления должна обеспечивать компенсацию всех изменений реактивности, вызываемых указанными причинами, при чем переходный процесс в системе должен соответствовать заданным требованиям при воздействии определенных возмущений.

В качестве управляющих воздействий здесь могут использоваться:

— изменение поглощения нейтронов;

— изменение утечки нейтронов;

— введение или выведение топлива в активную зону.

Наиболее распространенным в современных реакторах является метод поглощения нейтронов. При этом поглотители могут быть как твердыми (стержни), так и жидкими – растворенными в теплоносителе.

В состав АСР мощности реактора входят:

— автоматический регулятор;

— система контроля мощности реактора;

— органы управления.

В зависимости от способа формирования сигнала, характеризующего мощность, различают следующие типы АСР:

— АСР тепловых параметров;

— АСР плотности нейтронного потока;

— комбинированные АСР.

Следует отметить, что плотность нейтронного потока характеризует тепловую мощность энергетического реактора с точностью до 8 %.

Более точным методом определения мощности реактора является

способ определения мощности по расходу теплоносителя G и разности температур теплоносителя на входе и выходе Δt:

$$N_p = G \cdot C_p \cdot \Delta t,$$

где C_p – изобарная теплоемкость среды.

Описанный способ обладает высокой статической точностью, но имеет большую инерционность. Поэтому для кипящих реакторов в качестве сигнала, характеризующего мощность, может использоваться давление пара, изменение которого говорит о небалансе производимой и потребляемой энергии.

Необходимо отметить, что при малых мощностях сигналы, характеризующие теплотехнические параметры, не используются, АСР функционируют по сигналам ионизационных камер. Однако из-за влияния содержания борной кислоты в теплоносителе, температуры ионизационной камеры и распределения энерговыделения по объему активной зоны пропорциональный коэффициент между мощностью реактора и сигналом ионизационных камер со временем изменяется. В связи с этим при больших уровнях мощности управление осуществляется по теплотехническим параметрам или применяются комбинированные схемы АСР.

При управлении мощностью реактора по нейтронному потоку периодически требуется корректировка заданного значения тока камер в зависимости от действительной тепловой мощности реактора.

В зависимости от способа регулирования пространственного распределения мощности различают:

— АСР локальной мощности;

— АСР интегральной мощности;

— комбинированные АСР.

Выбор структуры АСР мощности реактора определяется рядом причин: конструкцией и назначением реактора, его динамическими свойствами и свойствами энергоблока в целом, технологической схемой энергоблока, возмущающими воздействиями, режимом работы энергоблока.

Структурная схема АСР интегральной плотности нейтронного потока приведена на рис. 10.2.

Сигнал I, характеризующий действительный ток камеры, от ионизационных камер 1, усиленный средствами контроля нейтронного потока 2, через сумматор поступает к элементу сравнения ЭС. Элемент сравнения вырабатывает сигнал, пропорциональный соотношению

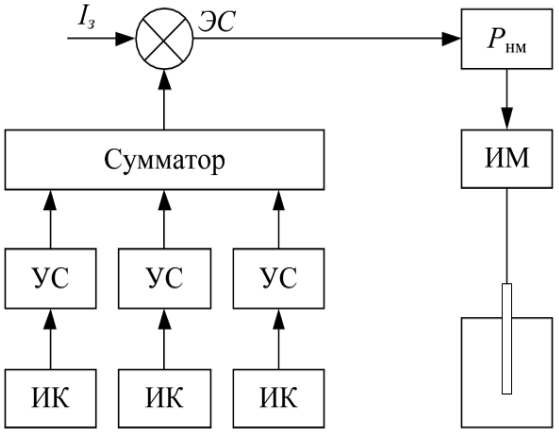

Рис. 10.2. *АСР интегральной плотности нейтронного потока: ИК – ионизационные камеры; УС – усилители сигнала; $P_{нм}$ – регуляторы; ИМ – исполнительный механизм; ЭС – элемент сравнения*

$$U = \frac{I - I_з}{I_з} = \frac{N - N_з}{N_з},$$

где $I_з$ – заданный ток камеры; N – действительная плотность нейтронов; $N_з$ – заданная плотность нейтронов.

Выходной сигнал элемента сравнения определяется выражением

$$\ln I - \ln I_з = \ln \frac{I}{I_з} = \ln\left(1 + \frac{I - I_з}{I_з}\right) \approx \frac{I - I_з}{I_з}.$$

Сигнал поступает к регулятору $P_{нм}$, вырабатывающему сигнал управления исполнительным механизмом ИМ, после чего исполнительный механизм перемещает управляющие стержни. В общем случае регулирование плотности нейтронного потока осуществляется с помощью интегрального закона регулирования (совместно с исполнительным механизмом).

АСР мощности реактора входит в АСУ энергоблоком и играет подчиненную роль, т. е. ее работа определяется режимом работы энергоблока в целом.

Для оперативного прекращения цепной реакции в реакторе в аварийных ситуациях [в которых существует вероятность разрушения тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) и выхода продуктов деления во внереакторное пространство] существуют специальные системы – системы аварийной защиты реактора.

Разрушение ТВЭЛ происходит в случаях:

— пережога, возникающего вследствие превышения мощности допускаемого предела или ухудшения теплоотвода, возникающего вследствие разрыва контура, отключения насосов;

— если скорость изменения мощности превышает допустимые пределы.

Быстрое прекращение цепной реакции деления ядер топлива при отклонении одного из контролируемых параметров от допустимого значения в реакторе позволяет предотвратить аварийные ситуации. Поэтому нейтронная мощность и скорость ее изменения в реакторе, а также определенные технологические параметры непрерывно контролируются в любых режимах работы реактора.

Контролируемые параметры выбираются в зависимости от степени полноты и достоверности информации о состоянии реактора, определяемой этими параметрами. В этом качестве могут быть использованы следующие технологические параметры:

— температура или давление первого контура;

— расход теплоносителя.

Останов реактора производится в случае отключения питания глав-

ных циркуляционных насосов, питания на щите системы управления и защиты.

В случаях, когда непосредственное измерение необходимых параметров (локальные тепловые потоки от ТВЭЛ к теплоносителю; скорости теплоносителя в ТВС; температура ядерного топлива и оболочки) в действующем реакторе невозможно, их значения определяются косвенным путем.

Обеспечение надежности работы системы управления и защиты реактора осуществляется за счет:

— применения надежных основных и резервных источников питания;

— дублирования каналов;

— применения специальных принципов проектирования автоматизированных систем.

Управляющие или защитные воздействия в системах аварийной защиты реактора определяются возникающими нарушениями или опасностью. Некоторые аварии (например, увеличение плотности нейтронов) предотвращаются оперативным снижением реактивности. В случае возникновения аварий, возникающих вследствие технологических нарушений (например, разрыв трубопроводов первого контура), аварийную защиту дополняют системой аварийного охлаждения зоны.

Системы защиты энергетического реактора типа ВВЭР-1000:

Аварийная защита (АЗ) срабатывает в случае одновременного падения всех органов регулирования до крайнего нижнего положения. При этом действие системы АЗ не прекращается.

Предупредительная защита (ПЗ) в зависимости от типа вызывает поочередное движение групп стержней, начиная с рабочей, вниз с рабочей скоростью, при этом ликвидация сигнала причины срабатывания защиты приводит к отмене команды (тип ПЗ-1). ПЗ-2 запрещает движение стержней вверх до исчезновения сигнала причины срабатывания защиты.

Технические средства и электрооборудование АЗ и ПЗ разделены на независимые комплексы: два комплекса АЗ и один комплекс ПЗ. Причем комплексы размещаются в различных помещениях.

Выработка сигналов АЗ и ПЗ производится по принципу два из трех, т. е. на щит управления подается светозвуковой сигнал о срабатывании одного или двух приборов, если второй прибор при этом отказал.

Для систем АЗ и ПЗ предусматривается возможность апробации систем без воздействий на объект управления [24].

10.2.4. Автоматическое регулирование уровня воды в парогенераторе

Цель регулирования питания парогенератора заключается в поддер-

жании материального баланса между количеством питательной воды, отбираемого пара, а также количеством продувочной воды. При этом показателем, характеризующим материальный баланс парогенератора, является уровень воды.

Превышение номинального уровня воды приводит к затоплению и нарушению работы сепараторов, что может привести к попаданию воды в турбину. Снижение уровня может привести к повреждению поверхностей нагрева. Поэтому к АСР уровня в парогенераторе предъявляются жесткие требования. Например, для парогенератора, работающего в составе энергоблока с ВВЭР-1000, номинальный уровень равен 2450 *мм* от внутренней образующей корпуса. При этом максимально допустимое отклонение в установившихся режимах работы составляет ±50 *мм* от номинального, в динамических режимах – ±150 *мм* номинального уровня.

Влияние на уровень парогенератора оказывают:

— изменение нагрузки (изменение расхода пара);

— изменение температуры питательной воды;

— изменение расхода питательной воды;

— изменение расхода продувочной воды;

— изменение средней температуры первого контура и отключение главных циркуляционных насосов (ГЦН).

При изменении расхода пара или отключении ГЦН в первоначальный момент времени изменение уровня происходит в сторону, не соответствующую знаку возмущения. Связано это с тем, что, например, при уменьшении расхода пара давление в парогенераторе возрастает, количество и объем пузырьков пара уменьшается, что приводит к снижению уровня. Затем уровень начинает увеличиваться, т. к. расход пара уменьшился при прежнем расходе питательной воды. Отключение ГЦН связано с резким снижением теплоотвода в парогенераторе, вследствие чего интенсивность кипения уменьшается, что вызывает снижение уровня в первоначальный момент. Тем не менее уменьшение интенсивности парообразования вызывает снижение давления и в дальнейшем уровень увеличивается, т. к. расход питательной воды не изменился.

Описанные динамические свойства парогенераторов оказывают негативное влияние на работу системы регулирования уровня. Поэтому для построения АСР уровня в парогенераторе не могут быть использованы одноконтурные системы регулирования.

Наилучшее качество регулирования дает 3-импульсная АСР уровня в парогенераторе. Принципиальная схема АСР приведена на рис. 10.3.

В трехимпульсной схеме в качестве импульсов используются сигналы по расходу пара, расходу питательной воды и уровню воды в парогенераторе, измеряемые соответствующими датчиками $ИП_D$, $ИП_G$ и $ИП_L$.

При изменении одной из измеряемых величин регулятор *P* вырабатывает сигнал, изменяющий расход питательной воды в сторону сохранения материального баланса и поддержания заданного значения уровня.

Регулирующим устройством *P* совместно с исполнительным механизмом вырабатывается пропорционально-интегральный закон регулирования. При этом импульс по расходу питательной воды позволяет сформировать пропорциональный закон регулирования и стабилизировать расход питательной воды, что способствует устранению колебаний уровня при изменении перепада давлений на регулирующем органе [24, 25].

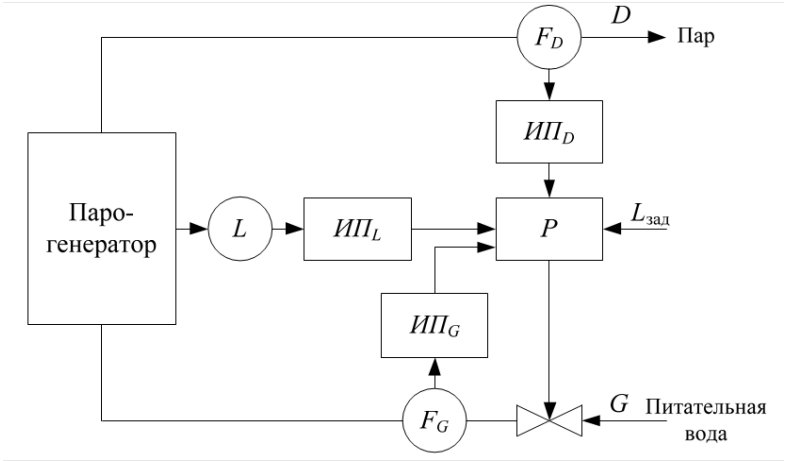

Рис. 10.3. *Принципиальная схема АСР уровня в парогенераторе: L – первичный преобразователь уровня; F_D – первичный преобразователь расхода пара; F_G – первичный преобразователь расхода питательной воды; $ИП_L$ – измерительный преобразователь уровня; $ИП_D$ – измерительный преобразователь расхода пара; $ИП_G$ – измерительный преобразователь расхода питательной воды; P – регулятор; $L_{зад}$ – задание значения уровня*

10.2.5. Автоматическое управление и защита турбоустановок

Основной задачей системы регулирования паровой турбины является автоматическое поддержание на заданном уровне параметров электрической и тепловой энергии, отпускаемой потребителю. При этом отклонение контролируемых параметров не должно превышать допустимых значений при изменениях нагрузки турбины в пределах ее расчетной мощности. Кроме того, система управления и защиты должна предохранять турбину от возможных аварийных режимов, дублируя наиболее важные органы защиты.

В соответствии с источником [26] к системе управления и защиты турбоустановок предъявляются следующие требования:

— постоянство электрической и тепловой нагрузки;

— устойчивое удержание турбины на холостом ходу с номинальной частотой вращения ротора при номинальных и пусковых параметрах па-

ра;

— обеспечение плавного изменения электрической и тепловой нагрузки путем воздействия на механизм управления турбины и на электрогидравлическую приставку;

— поддержание частоты вращения ротора турбины ниже уровня настройки срабатывания автомата безопасности при мгновенном сбросе нагрузки до нуля (в том числе при отключении генератора от сети), соответствующей максимальному расходу пара при номинальных параметрах.

Для сохранения мощности на неизменном уровне, при изменении частоты, в системе управления кроме элементов автоматического управления, предусматривается дополнительное устройство, которое позволяло бы в определенных пределах поддерживать нагрузку турбины. Необходимость изменения частоты вращения возникает также при подготовке к включению генератора в сеть, в этом случае производится его синхронизация. Поэтому система регулирования содержит органы управления – механизм управления турбиной (МУТ) или синхронизатор.

Конструктивное устройство МУТ может быть различным. Однако, независимо от конструкции МУТ, его действие заключается в смещении статической характеристики системы регулирования параллельно самой себе, что позволяет изменять мощность от нуля до номинальной при работе турбины на электрическую сеть или менять в широких пределах частоту вращения турбины.

Включение турбоагрегата в параллельную работу (синхронизация) производится, как правило, на холостом ходу в тот момент, когда ЭДС генератора совпадает по значению и по фазе с напряжением сети. Для этого после пуска турбины оператор щита управления, воздействуя с помощью электропривода на МУТ, изменяет частоту вращения турбины до тех пор, пока частота включаемого генератора не станет близкой к частоте сети. Тогда, руководствуясь показаниями синхроскопа, оператор включает генератор в сеть. Непосредственно после включения на турбоагрегат принимается небольшая начальная нагрузка. Дальнейшее увеличение нагрузки производится с учетом требований инструкции по эксплуатации турбоагрегата, а также в зависимости от условий прогрева турбины.

Отличительными особенностями современных влажнопаровых турбин АЭС как объектов регулирования являются характер течения влажного пара в этих турбинах и сравнительно низкие начальные параметры свежего пара.

Турбины АЭС характеризуются большим объемным расходом пара по сравнению с турбинами ТЭС. Кроме того, все турбины АЭС имеют

промежуточные выносные сепараторы-пароперегреватели. Вследствие чего в паровом тракте турбин аккумулируются большие массы воды и объемы пара, что резко повышает инерционность протекающих в таких турбинах процессов по отношению к управляющему воздействию парораспределительных органов.

Для того чтобы учесть влияние паровых объемов и водяных масс на динамические свойства турбоагрегатов, необходимо с достаточной степенью точности определять количество воды на различных участках пароводяного тракта турбины в различных режимах работы, а также скорость парообразования (или конденсации) при различных изменениях давления пара, вызванных изменением расхода пара на турбину.

Точный учет влияния паровых объемов и водяных масс на динамические свойства турбоагрегатов становится еще более необходимым по мере роста единичной мощности турбины АЭС. При этом динамические характеристики турбины определяют схему расположения парораспределительных органов, которые вследствие их значительных размеров играют существенную роль в общей компоновке всего энергоблока.

Большое значение для турбин АЭС имеет точный расчет заброса частоты вращения при сбросе нагрузки и выбор конструкции и числа (места расположения) парозапорных органов на паропроводах промперегрева. При этом, в зависимости от определенных условий (энтальпия пара, паровых и водяных объемов в тракте), а также от допустимого заброса частоты вращения, необходима установка на каждой нитке паропровода после промперегрева как стопорных, так и регулирующих клапанов, управляемых независимыми системами защиты и регулирования, или установка только стопорных (отсечных) парозапорных органов, которые могут управляться либо только системой защиты, либо системой управления.

Основные требования к системам управления и защиты турбин АЭС заключаются в обеспечении надежной и безаварийной работы турбин во всем диапазоне эксплуатационных режимов.

Режимы работы турбин АЭС можно подразделить на установившиеся (стационарные) и неустановившиеся (нестационарные). К первой группе относятся те режимы, при которых турбина работает с постоянными параметрами или параметрами, которые медленно и незначительно изменяются по сигналу оператора или управляющей машины в соответствии с диспетчерским графиком за достаточно большой промежуток времени. Ко второй группе относятся режимы работы турбины, связанные с большим изменением расхода пара: режима пуска, останова, синхронизации, сброса и заброса загрузки.

Пусковой режим для влажнопаровых турбин АЭС является наибо-

лее продолжительным из всех нестационарных режимов работы турбин.

Для управления этим и другими режимами применяется регулятор скорости, называемый всережимным регулятором. Он включается в самом начале разворота турбины и обеспечивает поддержание заданной частоты вращения на всем протяжении процесса пуска турбины.

Из аварийных режимов работы наиболее тяжелыми считаются режим сброса нагрузки и режим отработки аварийных сигналов от энергосистемной автоматики. В последнем режиме, связанном с поддержанием устойчивости энергосистемы, от турбоагрегата требуется быстрая нагрузка и подъем нагрузки, определяемые импульсными характеристиками.

Большие паровые и водяные объемы, расположенные по тракту турбины, обусловливают значительную инерционность турбины как объекта управления. В таком случае для получения необходимых импульсных характеристик регулирующие парозапорные органы устанавливаются после каждого значительного парового или водяного объема. Это существенно усложняет систему регулирования и компоновку турбоагрегатов.

АСР давления пара перед турбиной АЭС функционирует совместно с работой системы управления реактором, воздействующей на регулирующие клапаны турбины по интегральному закону через механизм управления турбиной [27].

10.2.6. Автоматическое регулирование конденсатора

В конденсаторе необходимо поддерживать уровень воды постоянным, несмотря на то, какова нагрузка турбины. Изменение уровня может существенно повлиять на работу всей системы, так, например, низкий уровень приводит к кавитации конденсационных насосов, а высокий – к затоплению части теплообменной поверхности и к ухудшению теплообмена и экономичности энергоблока. Для стабилизации уровня используют единственно возможный способ регулирования – изменение производительности конденсатных насосов при помощи регулирующего клапана 1 [24] (рис. 10.4), который устанавливают после конденсатных насосов 2 и охладителей пара эжекторов 3. Но если нагрузка турбины снизится и расход конденсата уменьшится, тогда нарушается работа не только конденсатных насосов, но и холодильников пара эжекторов, а это может привести к потере вакуума в конденсаторе. Чтобы этого избежать, применяют трехходовой клапан в линии рециркуляции 4, которая необходима для сброса конденсата обратно в конденсатор.

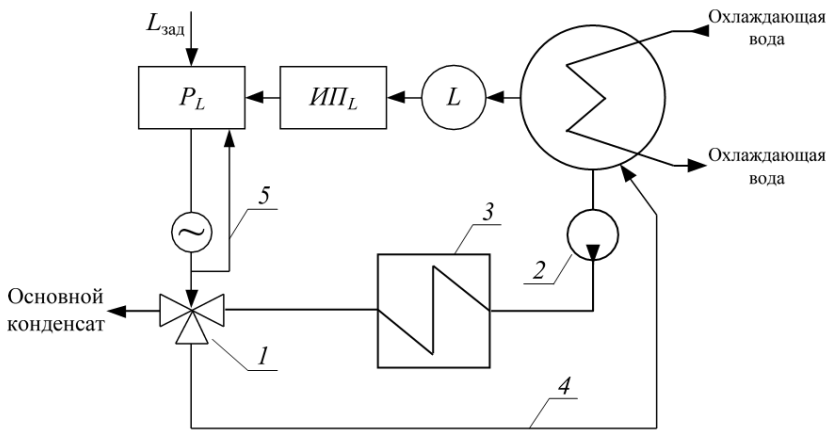

Рис. 10.4. *Принципиальная схема АСР уровня в конденсаторе турбины: 1 – регулирующий клапан; 2 – конденсатный насос; 3 – охладитель пара эжекторов; 4 – линия рециркуляции; 5 – обратная связь по положению регулирующего органа; L – первичный преобразователь уровня; $ИП_L$ – измерительный преобразователь уровня; P_L –регулятор уровня; $L_{зад}$ – задание значения уровня*

В работе линии рециркуляции возможны два варианта. Первый вариант заключается в следующем: если энергоблоком достигается определенная малая нагрузка, обеспечивающая определенный пропуск воды в систему регенеративных подогревателей, то открывается линия рециркуляции. В этом случае основной клапан и клапан рециркуляции выполняются в едином корпусе.

Второй вариант осуществляется при помощи трехходового клапана, для которого подобраны такие характеристики, чтобы расход через насос 2 и холодильники эжекторов 3 при любом положении был постоянен, а менялось соотношение расходов в линии рециркуляции 4 и основной магистрали. Следовательно, в магистрали значение расхода будет равно сумме двух расходов: конденсата и химочищенной воды.

Для определения закона регулирования конденсатора необходимо понять, что конденсатосборник, взятый в качестве объекта регулирования уровня, есть герметичный бак, имеющий насос на сливе, т. е. у него нет такого свойства, как самовыравнивание. Передаточную функцию для такого объекта можно записать в следующем виде:

$$W\ \ P\ = \frac{K}{P}.$$

В данном случае применять ПИ-закон регулирования нецелесообразно, т. к. время регулирования будет слишком большим. Следовательно, лучше применять П-закон, который можно реализовать охватом ПИ-регулятора *PL* жесткой обратной связью по положению регулирующего органа 5.

Регулятор уровня конденсатосборника сравнивает два сигнала: измеренный дифманометром $ИП_L$ (показывает уровень конденсата) и сиг-

нал задания $L_{зад}$.

10.2.7. Автоматическое регулирование регенеративных подогревателей

В регенеративных подогревателях высокого и низкого давления происходит подогрев питательной воды и конденсата паром, который берется в отборах турбины. Конденсат (или дренаж) от греющего пара может отводиться в паровое пространство предыдущего по ходу воды подогревателя или подаваться насосом в линию основного конденсата [24] (рис. 10.5). Насколько будет подогреваться вода в любом из подогревателей, вычисляется из статических расчетов и зависит от параметров пара нерегулируемых отборов турбины. Расход и параметры пара в отборах изменяются пропорционально изменению нагрузки турбины, следовательно, изменяется и подогрев воды в подогревателях. Из-за этого температуру воды после подогревателей не регулируют.

Уровень конденсата пара в подогревателях есть единственная регулируемая величина. Если уровень повышается, то поверхность теплообмена затапливается, а это, в свою очередь, приводит к ухудшению конденсации пара. Также нежелательно, чтобы в подогревателях находился большой запас конденсата, т. к. в случае аварийной разгрузки турбогенератора давление в отборах резко снижается, следовательно, конденсат вскипает и может попасть через паропроводы в турбину. Чтобы этого избежать, специально устанавливают обратные клапаны.

Низкий уровень конденсата также нежелателен, так как из-за этого пар может попасть либо в нижестоящий подогреватель, либо в дренажный насос. В первом случае снижается КПД цикла, а во втором – может вызвать кавитацию насоса.

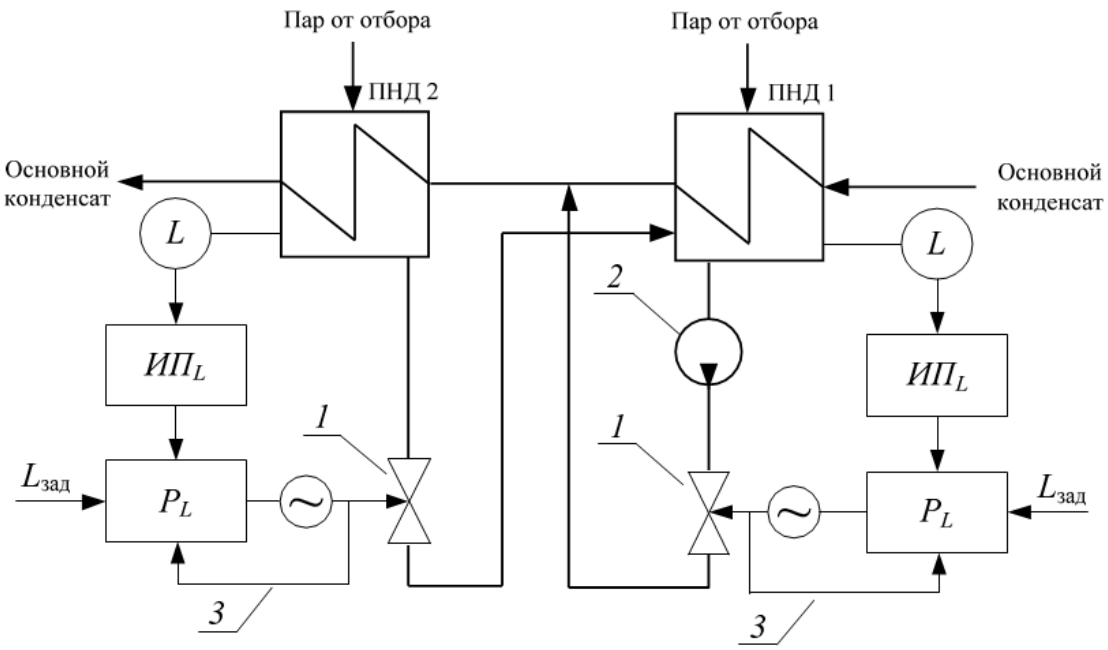

Рис. 10.5. *Принципиальная схема АСР уровня в подогревателях низкого давления: 1 – регулирующий клапан; 2 – дренажный насос; 3 – обратная связь по положению регулирующего органа; L – первичный преобразователь уровня; ИП$_L$ – измерительный преобразователь уровня; P$_L$ –регулятор уровня; L$_{зад}$ – задание значения уровня*

Как и в случае конденсатора, подогреватели с дренажными насосами на сливе и со сливом воды самотеком описываются уравнением интегрального звена. Следовательно, при регулировании уровня воды в подогревателях пользуются П-законом (ПИ-регулятор с обратной связью по положению клапана).

Если регулируется уровень в ПНД-2 [24], может измениться слив конденсата в этом подогревателе, и это будет возмущающим воздействием для ПНД1. В этом случае устанавливают устройства динамической связи между регуляторами, чтобы улучшить процессы регулирования в ПНД1.

Из условия инвариантности можно определить динамические свойства устройства связи.

10.2.8. Автоматическое регулирование уровня воды в парогенераторе

Деаэратор, по сути, – смешивающий подогреватель питательной воды с одновременной ее термической деаэрацией. При повышении температуры воды и неизменности давления растворимость кислорода и углекислого газа уменьшается и в точке кипения становится равной нулю – это и есть принцип деаэрации. Процесс деаэрации осуществляется в головке деаэратора, в которую в верхнюю часть поступает конденсат из подогревателей низкого давления, а в нижнюю часть – греющий пар от отбора турбины. Конденсат движется сверху вниз с одной дырчатой тарелки на другую, нагреваясь

движущимся кверху греющим паром до температуры кипения. При этом выделяются газы, которые удаляются вместе с излишками пара в верхней части головки, так называемый выпар.

Деаэраторы бывают атмосферными и высокого давления. У атмосферных рабочее давление $P = 0,01 \div 0,02$ *МПа*, а у деаэраторов высокого давления – $P = 0,6 \div 0,7$ *МПа*. Деаэраторы, работающие с давлением 0,7 *МПа*, используют для мощных энергоблоков. Запас воды после деаэратора используется в случае аварии для питания парогенератора и хранится в баке большого объема (100 $м^3$ и более).

Естественно, что потери пара и воды имеют место в паросиловом цикле. Чтобы покрыть этот недостаток, в контур добавляют химически очищенную воду или чистый конденсат из испарителей.

Уровень воды в баке деаэратора может служить косвенным показателем баланса между расходом питательной воды и расходом конденсата, возвращающегося из турбины. Следовательно, для автоматического регулирования деаэратора можно сформулировать две задачи, первой является стабилизация состояния насыщения в головке, а вторая – уровень воды в баке. Регулировать режим деаэрации можно по температуре и давлению. Чаще всего регулирование осуществляют по давлению, так как датчики температуры являются инерционными и трудно найти представительную точку в головке деаэратора для измерения температуры.

В целом в деаэраторе регулируют давление и уровень. На давление в деаэраторе влияние оказывают давление и расход греющего пара, температура и расход конденсата. В свою очередь, уровень воды в баке незначительно влияет на давление, и им можно пренебречь. Для уровня в деаэраторе расход пара, питательной воды и конденсата являются возмущающими воздействиями.

Чтобы стабилизировать давление, необходимо регулировать расход греющего пара, а для уровня регулирующим воздействием будет расход добавочной химически очищенной воды.

Автоматическая система регулирования давления в деаэраторе представлена на рисунке 10.6, где сигнал измерительного преобразователя давления поступает на регулятор давления и сравнивается с заданным значением. Если есть несоответствия, то вырабатывается регулирующее воздействие на паровой клапан и изменяется расход пара. В случае АСР давления в деаэраторе используют астатический ПИ-регулятор с допустимым отклонением давления в статике ±500 *Па*.

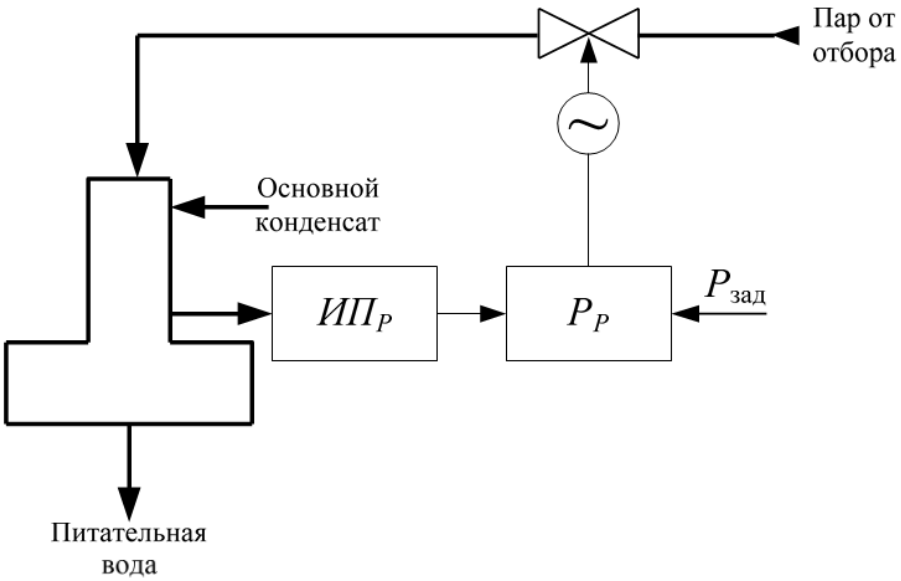

Рис. 10.6. *Принципиальная схема АСР давления в деаэраторе: ИП$_P$ – измерительный преобразователь давления; Р$_P$ – регулятор давления; Р$_{зад}$ – задание значения давления*

10.2.9. Автоматическое регулирование уровня воды в деаэраторе

Необходимо рассмотреть случай, когда регулируемой величиной в деаэраторе является уровень. Деаэратор, по сути, – астатический объект, имеющий передаточную функцию

$$W\ \ P\ \ = \frac{K}{P}.$$

Но в случае мощных энергоблоков АЭС и ТЭС в конденсатор, а не в деаэратор подают добавочную воду в контур энергоблока (рис. 10.7). Конденсатор тоже – астатический объект, для которого стабилизация уровня происходит с помощью П-регулятора за счет изменения слива конденсата из конденсатора. Сливаемый конденсат, проходя систему регенеративных подогревателей, поступает в деаэратор. Соответственно, деаэратор как объект регулирования состоит из трех последовательных элементов (замкнутая АСР уровня в конденсаторе, конденсатопро- вод с подогревателями низкого давления и деаэратор).

Автоматическая система регулирования уровня деаэратора включает П-регулятор и объект регулирования и описывается передаточной функцией

$$W\ \ P\ \ = \frac{K_1}{TP+1} \cdot \frac{K_2}{P},$$

где K_2 – коэффициент, характеризующий астатическое свойство деаэратора.

К поддержанию уровня в баке деаэратора постоянным не предъявляют жестких требований, так как деаэратор – неустойчивый объект. В

связи с этим для регулирования уровня в баке деаэратора используют П-закон регулирования, который реализован охватом ПИ-регулятора жесткой обратной связью по положению регулирующего органа.

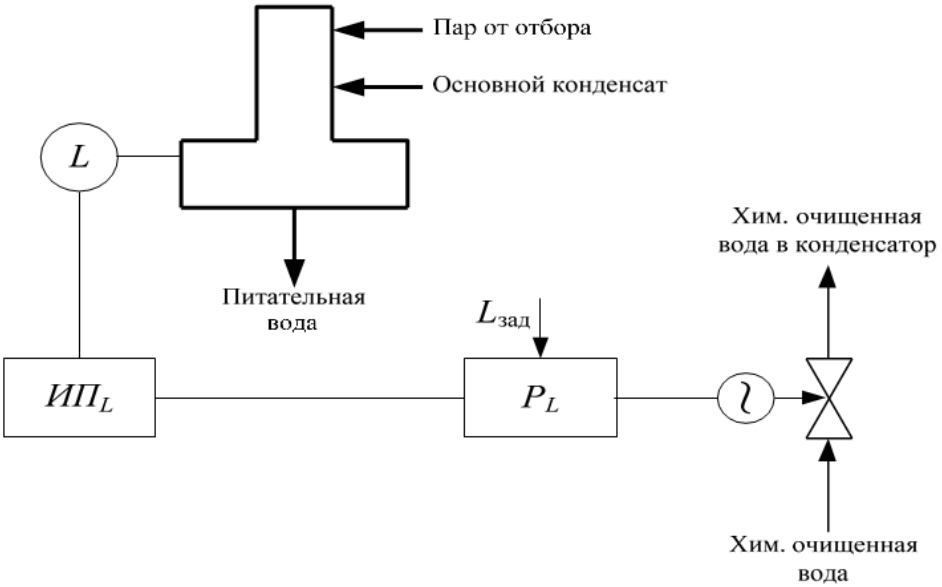

Рис. 10.7. *Принципиальная схема АСР уровня в деаэраторе: L – первичный преобразователь уровня; $ИП_L$ – измерительный преобразователь уровня; P_L –регулятор уровня; $L_{зад}$ – задание значения уровня*

10.2.10. Автоматическое регулирование редукционно-охладительных установок

Для того чтобы снизить давление и температуру пара, применяют редукционно-охладительные установки (РОУ). В данном случае пар – острый, отводится из основного паропровода. Давление уменьшают при помощи дроссельного регулирующего клапана, а температуру – впрыском охлаждающей воды. Величину давления и температуры для редуцированного пара определяют исходя из назначения и требований потребителя пара.

На атомных электростанциях редукционно-охладительные установки применяют, чтобы подавать пар на уплотнения турбины, к эжекторам и пароэжекторным машинам [24].

От потребителя зависит, насколько точно нужно поддерживать температуру и давление редуцированного пара. Чаще всего допускаемые отклонения температуры составляют ±1,5 %, давления пара – ± 2 %. На рис. 10.8 представлена схема подключения РОУ, где свежий пар, проходя сквозь входную задвижку 1, поступает к дроссельному клапану 2, где снижается давление.

Через водяную задвижку 3 на регулирующий клапан 5 поступает охлаждающая вода к форсунке 7. Иногда устанавливают дроссельную шайбу или группы шайб 4 до дроссельного клапана 2. Это необходимо

тогда, когда охлаждающая вода подается от источника с высоким давлением, намного превосходящим то, какое необходимо для впрыска воды.

Для дроссельных устройств рассчитывают такое количество воды, которое нужно, чтобы охладить максимально возможный расход пара. Чтобы избежать опасного повышения давления пара после РОУ, устанавливают предохранительное устройство 8 на выходном паропроводе. Также на ОП (охладителе пара) устанавливают защитную трубу, предназначенную для уменьшения вредного воздействия воды на стенку охладителя пара.

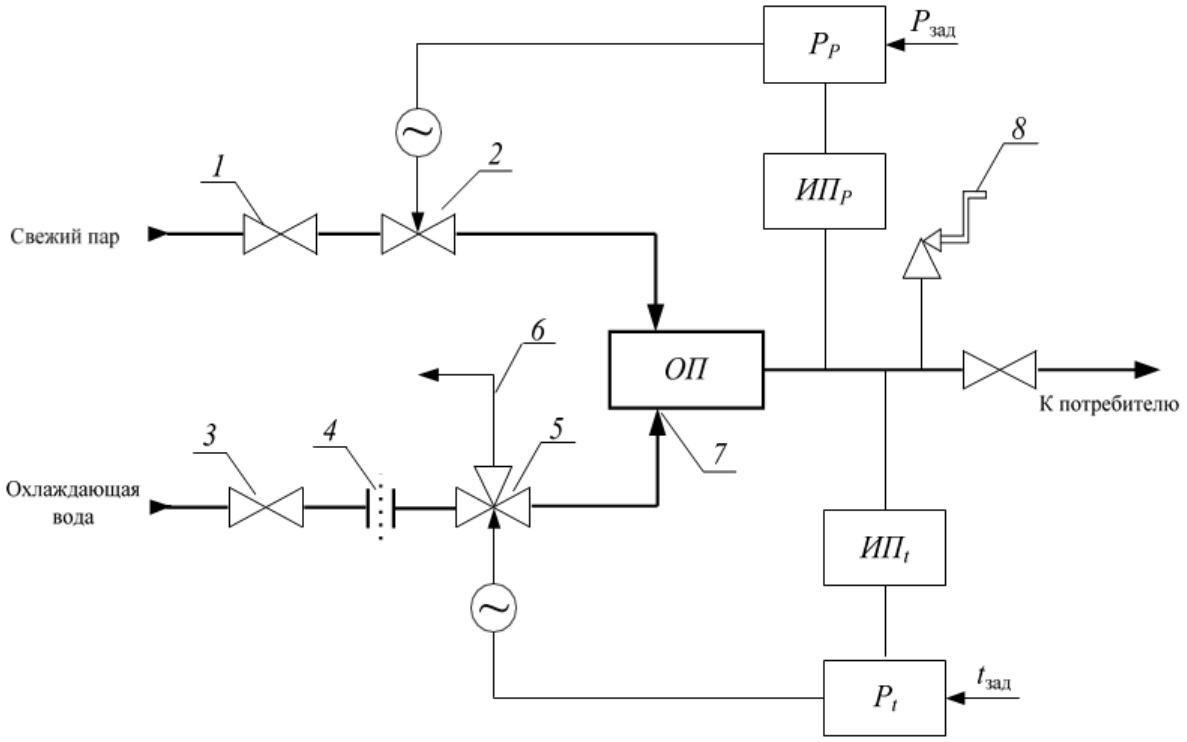

Рис. 10.8. *Принципиальная схема АСР РОУ: 1 – входная задвижка; 2 – дроссельный клапан; 3 – водяная задвижка; 4 – дроссельные шайбы; 5 – регулирующий клапан; 6 – сливная линия; 7 – форсунка; 8 – предохранительное устройство; ОП – охладитель пара; $ИП_P$ – измерительный преобразователь давления; $ИП_t$ – измерительный преобразователь температуры; P_P – регулятор давления; P_t – регулятор температуры; $P_{зад}$ – задание значения давления; $t_{зад}$ – задание значения температуры*

Следовательно, редукционно-охладительная установка имеет две регулируемые величины – температуру и давление пара за ней.

Изменение давления свежего пара и его потребления является главным возмущением на давление пара в РОУ. На температуру пара оказывают влияние изменение потребления, расход и давление свежего пара.

Соответственно, для регулирования давления изменяют расход свежего пара, а температуры – расход охлаждающей воды. РОУ обладает таким свойством, как самовыравнивание, поэтому ее можно описать уравнением апериодического звена первого порядка. Если считать, что РОУ – объект регулирования температуры, то инерционность зависит только от инерционности датчика. Регулятор давления P_P получает сиг-

нал от измерительного преобразователя давления $ИП_P$ и воздействует на клапан 2.

Для регулирования температуры пара используют регулятор температуры P_t, получающий импульс от измерительного преобразователя температуры $ИП_t$ и воздействующий на клапан 5. Чтобы повысить точность измерения температуры, $ИП_t$ необходимо устанавливать на расстоянии 8–10 *м* после впрыска, чтобы влага полностью испарилась. Бывает, что клапан изменяет подачу воды в пароохладитель путем сброса ее в сливную линию, при этом расход воды через дроссель 2 остается постоянным. Такой способ регулирования давления носит название – регулирование «после себя».

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Примерные темы ВКР для выпускников специальности 14.02.01 «Атомные электрические станции и установки»

Выпускная квалификационная работа предполагает выполнение студентом типового расчетного задания «Расчет основного оборудования и тепловой схемы блока АЭС», где мощность энергоблока и исходные данные для расчета выдаются руководителем ВКР. Кроме того, каждому студенту выдаётся индивидуальное задание на расчет автоматизации технологического узла АЭС.

Примерные темы для типового дипломного проектирования:

1. «Расчет основного оборудования и тепловой схемы АЭС с ВВЭР-1000».
2. «Расчет основного оборудования и тепловой схемы АЭС с ВВЭР-1200».
3. «Расчет основного оборудования и тепловой схемы АЭС с РБМК-1000».
4. «Расширение АЭС блоком с реактором ВВЭР-1000».
5. «Расширение АЭС блоком с реактором ВВЭР-1200».
6. «Модернизация теплообменного оборудования АЭС с ВВЭР-1000».
7. «Модернизация теплообменного оборудования АЭС с ВВЭР-1200».
8. «Модернизация теплообменного оборудования АЭС с РБМК-1000».
9. «Модернизация парогенератора ПГВ-1000 энергоблока АЭС».
10. «Модернизация турбоустановки К-1000-60/1500».
11. «Модернизация турбоустановки К-1000-60/3000».
12. «Модернизация турбоустановки К-500-65/3000».
13. «Оценка эффективности работы энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000».
14. «Оценка эффективности работы энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1200».
15. «Оценка эффективности работы энергоблока АЭС с реактором РБМК-1000».
16. «Расчет основных параметров оборудования АЭС с реактором ВВЭР-1000».
17. «Расчет основных параметров оборудования АЭС с реактором ВВЭР-1200».
18. «Расчет основных параметров оборудования АЭС с реактором РБМК-1000».
19. «Расчет основных параметров АЭС малой мощности с энергоблоком СВБР-100».

20. «Работа энергоблока АЭС с ВВЭР-1000 в суточном графике нагрузок».
21. «Работа энергоблока АЭС с ВВЭР-1200 в суточном графике нагрузок».
22. «Работа энергоблока АЭС с РБМК-1000 в суточном графике нагрузок».
23. «Анализ эффективности применения смешивающих подогревателей в системах регенерации турбоустановок АЭС».
24. «Оценка влияния глушения теплообменных труб в парогенераторе на температуру теплоносителя».
25. «Расчет водо-водяного корпусного кипящего реактора на тепловых нейтронах средней мощности».
26. «Оценка влияния состояния поверхности теплообменных труб на эффективность парогенератора».

Приложение 2

Задание на выпускную квалификационную работу

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (МК ИГЭУ)

Направление подготовки (специальность):_____

«УТВЕРЖДАЮ»
Зам. директора по УР
_____
_____
«____»_____
20__ г.

З А Д А Н И Е

по выпускной квалификационной работе

студента

_____
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема ВКР__
_____

утверждена приказом по МК ИГЭУ от «____» _____ 20__ г. № _____

2. Срок сдачи ВКР
_____

3. Исходные данные:
_____

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)
_____
_____

Продолжение прил. 2

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

6. Консультанты по проекту (работе, с указанием относящихся к ним разделов проекта)

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял

7. Дата выдачи задания_____

Руководитель_____

Председатель ЦМК_____

Задание принял к исполнению_____

Приложение 3

Список рекомендуемых нормативно-технических документов

ГОСТ 2.001-93 ЕСКД. Общие положения.

ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи.

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.

ГОСТ 2.108-68 ЕСКД. Спецификация.

ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.

ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы.

ГОСТ 2.302-68 ЕСКД. Масштабы.

ГОСТ 2.303-68 ЕСКД. Линии.

ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертёжные.

ГОСТ 2.305-2008 ЕСКД. Изображения — виды, разрезы, сечения.

ГОСТ 2.306-68 ЕСКД. Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах.

ГОСТ 2.307-2011 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

ГОСТ 2.316-2008 ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.

ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 8.417-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин.

Приложение 4

Образец титульного листа пояснительной записки

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина» (МК ИГЭУ)

«ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ»
Зам. директора по УР
_____
«___»_____20___ г.

РАСЧЁТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к выпускной квалификационной работе (дипломному проекту) на тему:

«_____»
тема ВКР

Выполнил студент: _____ (_____)
Фамилия, имя, отчество подпись

Руководитель ВКР: _____ (_____)
Фамилия, имя, отчество подпись

Консультант по разделу «Автоматизация технологических процессов на АЭС»: _____ (_____)
Фамилия, имя, отчество подпись

Иваново 20___

Приложение 5

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

№ п/п	Наименование этапа	Срок выполнения	Примечание

Руководитель _____

Задание принял к исполнению _____

Приложение 6

Правила оформления основной надписи

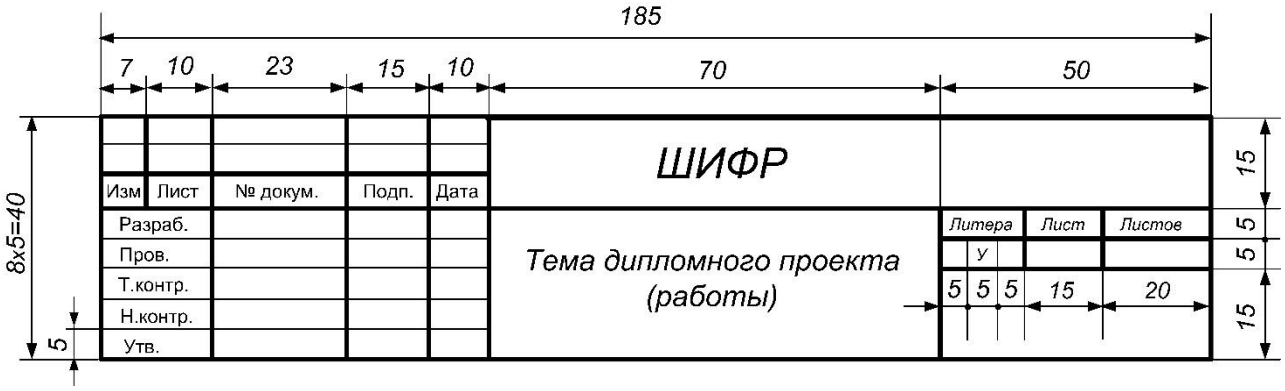

Рис. П6.1

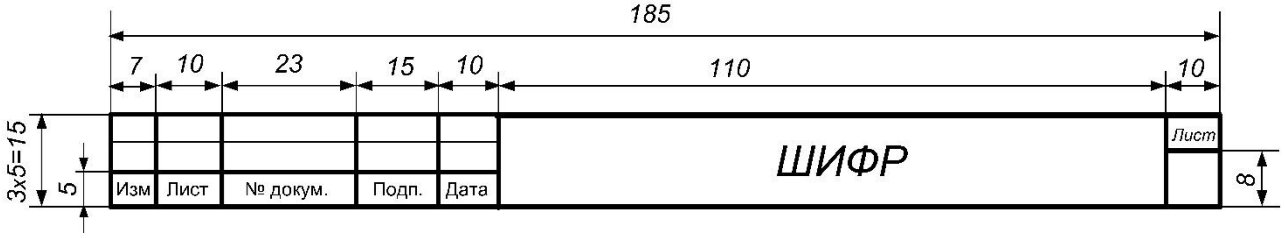

Рис. П6.2

Рис. П6.3

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 7.1 – 2003: Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – URL: http://library.rsu.edu.ru/ blog/wp-content/uploads/2013/09/ГОСТ-7.1-2003.pdf (дата обращения 20.11.2019).

2. ГОСТ 19.402-78: Единая система программной документации (ЕСПД). Описание программы (с Изменением №1). – URL: https://allgosts.ru/35/080/gost_19.402-78.pdf (дата обращения 20.11.2019).

3. ГОСТ 2.001-93: Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие положения (с Изменением №1). – URL: https://files.stroyinf.ru/Data/55/5588.pdf (дата обращения 20.11.2019).

4. ГОСТ 2.104-2006: Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные надписи (с Поправками). – URL: https://cals.ru/sites/default/files/downloads/2.104-2006edt2007.pdf (дата обращения 20.11.2019).

5. ГОСТ 2.105-95: ЕСКД. Общие требования к текстовым документам (с Изменением №1). – URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F1242872888/ GOST.ESKD.pdf (дата обращения 20.11.2019).

6. ГОСТ 2.106-96: Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Текстовые документы (с Изменением №1). – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850227.pdf (дата обращения 20.11.2019).

7. ГОСТ 2.108-68: Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Спецификация. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294833/ 4294833423.pdf (дата обращения 20.11.2019).

8. ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин (с Поправками). – URL: https://files.stroyinf.ru/Data/84/8435.pdf (дата обращения 20.11.2019).

9. ГОСТ 2.316-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения (с Поправкой). – URL: http://helpeng.ru/library/norm_doc/eskd/gost_2.316-2008.pdf (дата обращения 20.11.2019).

10. ГОСТ 2.305-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Изображения – виды, разрезы, сечения (с Поправкой). – URL: http://wiki-numbers.ru/gost_pdf/gost-2_305-2008/ (дата обращения 20.11.2019).

11. ГОСТ 2.721-74 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Обозначения условные графические в схемах. Обозначения об-

щего применения (с Изменениями №1, 2, 3,4). – URL: http://gostexpert.ru/gost/getDoc/3702/ (дата обращения 20.11.2019).

12. Андрианов, С.Г. Расчет тепловых схем атомных электрических станций: Учеб.-метод, пособие / С.Г. Андрианов, А.Г. Ильченко, В.С. Каекин. – ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина». – Иваново, 2016. – 92 с.

13. Акимова Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Н.А. Акимова, Н.Ф. Контеленец, Н.И.Сентюрихин ; под общ. ред. Н.Ф.Котеленца. – 15-е изд., испр. – М. : Издательский центр «Академия», 2019. – 304 с.

14. Синельников А.Ф. Монтаж промышленного оборудования и пусконаладочные работы : учебник для студ. учреждений. сред. проф. образования/ А.Ф.Синельников. – М. : Издательский центр «Академия», 2018. – 352 с.

15. Организация ремонтных, монтажных и наладочных работ по промышленному оборудованию : в 2 ч. Ч.2 : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [А.Н. Феофанов, А.Г. Схиртладзе, Т.Г. Гришина и др.]. – 3-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2019. – 256 с.

16. Организация ремонтных, монтажных и наладочных работ по промышленному оборудованию : в 2 ч. Ч.1 : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [А.Н. Феофанов, А.Г. Схиртладзе, Т.Г. Гришина и др.]. – 3-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2019. – 240 с.

17. Овчинников В.В. Основы проектирования технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В.Овчинников. – М. : Издательский центр «Академия», 2019. – 256 с.

18. Вереина Л.И. Технологическое оборудование : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.И. Вереина. – М. : Издательский центр «Академия», 2018. – 336 с.

19. Лебедев В.А. Ядерные энергетические установки: Уч. Пособие* 2019 г. / Лебедев В.А.. – Б. м. : Лань П, 2019. – 192 с.

20. Быстрицкий, Г.Ф. Общая энергетика. Основное оборудование : учебник для СПО / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Лань, 2019. – 416 с.

21. Быстрицкий, Г.Ф. Основы теплотехники и энергосиловое оборудование промышленных предприятий : учебник для среднего профессионального образования / Г.Ф. Быстрицкий. – 5-е изд., испр. и доп. –

Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 305 с. – (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12281-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/447178

22. Быстрицкий, Г.Ф. Общая энергетика: энергетическое оборудование. В 2 ч. Часть 2 : справочник для СПО / Г.Ф. Быстрицкий, Э.А. Киреева. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 371 с. – (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10372-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/442552

23. Быстрицкий, Г.Ф. Общая энергетика: энергетическое оборудование. В 2 ч. Часть 1 : справочник для СПО / Г.Ф. Быстрицкий, Э.А. Киреева. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 222 с. – (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10374-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/442551

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

для студентов специальности 14.02.01 «Атомные электрические станции и установки»

Составитель: Фадеева М.С.

Редактор Л.В. Дубова

Подписано в печать __.__._____. Формат 60x80 1/16.
Печать плоская. Усл. печ. л. ____. Тираж 50 экз. Заказ № ___
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».
Отпечатано в УИУНЛ ИГЭУ
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.