

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Энергетический
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Атомных и тепловых электростанций

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБОУСТАНОВОК МОЩНЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС

УДК 621.311.25:621.039.002.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Денисенко Екатерина Вадимовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры АТЭС	А.М. Антонова	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	С.Н. Попова	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	М.Э. Гусельников	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
преподаватель кафедры атомных и тепловых электростанций	М.А.Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
атомных и тепловых электростанций	А.С. Матвеев	к.т.н., доцент		

Томск – 2016г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
Р9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
Р11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.

P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Электронного образования
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Кафедра Атомных и тепловых электростанций

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Матвеев А.С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студентке:

Группа	ФИО
5Б2А	Денисенко Екатерине Вадимовне

Тема работы:

Анализ характеристик турбоустановок мощных энергоблоков АЭС

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2016 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные учебных, специальных справочных и периодических источников.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обоснование темы 2. Обзор перспективных мощных энергоблоков. Специфические особенности турбоустановок АЭС 3. Анализ факторов, оптимизируемых при проектировании энергоблоков АЭС. 4. Сравнение характеристик тепловых схем турбоустановок мощностью 800–1200 МВт и выше для энергоблоков АЭС. 5. Расчет показателей тепловой экономичности мощных турбоустановок АЭС 6. Раздел «Социальная ответственность»

	7. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	С.Н. Попова
Социальная ответственность	Гусельников М.Э

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	09 декабря 2015 г.
---	--------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антонова А.М.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Денисенко Е.В.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Денисенко Екатерина Вадимовна

Институт	Энергетический	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость затрат технического проекта (ТП): на специальное оборудование, зарплаты, страховые отчисления, прочие и накладные расходы</i>	Затраты на специальное оборудование определяются согласно стоимости оборудования по прейскурантам или по договорной цене. Зарботная плата рассчитывается исходя из тарифной ставки и коэффициентов, зависящих от различных условий: организация, регион. Страховые отчисления определяются согласно Федеральному закону от 24.07.2009 №212-ФЗ Прочие и накладные расходы определяются исходя из суммы полной заработной платы исполнителей технического проекта.
<i>2. Продолжительность выполнения ТП</i>	Приблизительная оценка продолжительности выполнения ТП составляет 100 календарных дней

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка потенциала и перспективности реализации ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка потенциала и перспективности реализации ТП можно оценить с помощью SWOT-анализа и критериев эффективности.
<i>2. Планирование и формирование графика работ по реализации ТП</i>	Для составления графика технико-конструкторских работ используется оценка трудоемкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным строится график инженерных работ, позволяющий лучше спланировать процесс реализации ТП
<i>3. Формирование сметы</i>	В процессе формирования сметы ТП используется следующая группировка затрат по статьям: <ul style="list-style-type: none"> • материальные затраты ТП; • затраты на специальное оборудование; • полная заработная плата исполнителей; • отчисления во внебюджетные фонды;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	С.Н. Попова	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Денисенко Екатерина Вадимовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Денисенко Екатерина Вадимовна

Институт	Энергетический	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i> – <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i> – <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i> – <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i> 	<p>При технологическом процессе производства тепловой и электрической энергии на установках присутствуют следующие воздействия:</p> <p>Вибрация, шумы, термическое воздействие, пожаро- и взрывоопасность.</p>
<p>2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> – <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i> 	<p>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> <p>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ)</p>
<p>2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>механические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>термические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</i> 	<p>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>механические (источники, средства защиты);</i> – <i>термические опасности;</i>

– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	– пожаровзрывобезопасность
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Охрана окружающей среды: – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы) разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Защита в чрезвычайных ситуациях. Возможные ЧС на объекте: землетрясение, наводнение, ураган. Наиболее типичная ЧС. Разработка мер по предупреждению ЧС, разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ее ликвидации
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников М.Э.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Денисенко Екатерина Вадимовна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 75 с., 12 рис., 22 табл., 15 источников.

Ключевые слова: ПТУ, АЭС, ЭНЕРГОБЛОК, АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК, СХЕМА.

Объектом исследования являются паротурбинные установки высокой мощности для атомной электростанции.

Цель работы – анализ характеристик паротурбинных установок АЭС нового поколения.

В процессе исследования проводилось сравнение тепловых схем мощных турбоустановок АЭС, а также влияние разделительного давления на КПД установки, работающей на насыщенном паре.

В результате исследования выяснены условия, которые влияют на экономичность и производительность установок АЭС.

Область применения: паровые установки имеют разнообразную область применения. В основном используются для обеспечения энергией промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства.

Экономическая эффективность: в работе приводится экономическое обоснование выбора типа и конструкции исследуемой установки, а также экономический анализ применения различных начальных параметров пара.

В будущем планируется модернизация существующих энергоблоков АЭС, введение в эксплуатацию турбоустановок с высокой мощностью.

Оглавление

Реферат	9
Введение.....	11
1. Обоснование темы.....	12
1.1 Развитие и становление ядерной энергетики.	12
1.2 Преимущества и себестоимость.....	14
1.2 Преимущества и себестоимость.....	14
1.3 Повышение единичной мощности.....	16
2 Обзор перспективных энергоблоков. Специфические особенности АЭС.....	18
2.1 Описание мощных турбоустановок.....	18
2.2 Действующие турбины и перспективные разработки	19
3. Анализ факторов, оптимизируемых при проектировании АЭС.....	27
3.1 Определение оптимального разделительного давления.....	27
4. Сравнение тепловых схем мощных турбоустановок АЭС.....	28
5. Социальная ответственность.....	29
5.1 Производственная безопасность.....	29
5.1.1 Выявление вредных и опасных факторов.....	29
5.1.2 Производственная санитария.....	31
5.1.3 Охрана труда и техника безопасности	35
5.2 Экологическая безопасность.....	37
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	38
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	40
6.1 SWOT-анализ.....	41
6.2 Экспертная оценка	44
6.3 Календарный план.....	48
6.4 Составление сметы ВКР	50
6.5 Ресурсоэффективность	51
Заключение	73
Список используемых источников	74

Введение

В современном мире все больше и больше поднимается вопрос о доступной и экологически чистой электроэнергии. АЭС являются самым мощным производителем энергии, а также по сравнению с тепловыми электростанциями (ТЭС) обеспечивают выработку более дешевой энергии.

Безопасность и эффективность работы системы определяются надежностью, как технических средств, так и персонала. Мировой опыт эксплуатации атомных станций показывает, что почти половина всех нарушений связаны с ограниченными возможностями или ошибками персонала.

Для увеличения энергетических мощностей в мире и в нашей стране перспективным направлением является строительство мощных энергоблоков атомных станций (АЭС), а также модернизация старых энергоблоков. Преимущества: относительно малая себестоимость получаемой электроэнергии; снижение удельных затрат на строительство и эксплуатацию; повышенный КПД турбоустановки.

Современные тенденции развития ПТУ установили основные направления повышения их эффективности. При выборе рациональных циклов и схем ПТУ одной из важнейших задач является оптимизация основных параметров проектируемых энергоблоков.

1. Обоснование темы

1.1 Развитие и становление ядерной энергетики.

1954 – 1970 гг. – строительство первых АЭС в разных странах.

1970 – 1986 гг. – ядерная энергетика выходит в лидирующие позиции в энергобалансе технически развитых стран.

1986 – 1990 гг. - снижение темпов ввода мощностей

1990 – 1997 гг. – стабилизация мощностей на относительно низком уровне (боязнь повторения аварий и принятие решений о дальнейшей судьбе ядерной энергетики)

В период с 1997 по 2002 г, ряд энергоблоков выведены из эксплуатации, однако установленная мощность увеличилась.

За 2015 год в мире были подключены 10 реакторов атомных станций, это самый высокий показатель подключений за один год с 1990 года.

Смена реакторных технологий, которая началась в 2000 году, ведет к изменению неядерной части АЭС. Ведь модернизация атомной энергетики требует повышения средней мощности и эффективности турбоустановок, их перехода на более высокие параметры пара. На этом фоне происходит все большее вытеснение быстроходных турбин тихоходными.

Паровые турбины тепловых и атомных электростанций, являются основным генерирующим оборудованием, они обеспечивают 80% электроэнергии, вырабатываемой в России и в мире. При этом подавляющая доля паровых турбин ТЭС и АЭС являются быстроходными, то есть на полное число оборотов (3000 об/мин или 3600 об/мин). В настоящее время вся электроэнергия на АЭС вырабатывается паротурбинными установками.

В последние годы появился спрос на крупные атомные блоки мощностью 1000 – 1700 МВт. Такой спрос порождает два рынка: атомных паропроизводящих установок и сверхмощных турбин для них.

Характерным отличием турбинных технологий для АЭС является абсолютное господство паровых конденсационных турбин насыщенного пара

достаточно низких параметров. Эта особенность выделяет турбостроение для АЭС в отдельное технологическое направление, поскольку все современные мощные конденсационные и часть теплофикационных паровых турбин работают на сверхкритических параметрах пара. В то же время по мере развития технологий параметры пара для турбин АЭС несколько повысились. Так, если для среднечастотных реакторов с водой под давлением поколения II типичные параметры пара на входе в турбину укладывались в диапазоны 255 – 280 °С и 4,4 – 6,5 МПа, то для конструкций, разработанных в последние десятилетия, – 273 – 335 °С и 5,7 – 7,1 МПа и выше.

Отличительной чертой современных атомных турбин является их большая мощность, которая в случае ряда ядерных энергоблоков новых конструкций (APWR, EPR, ESBWR, ABWR) превышает производительность любых тепловых блоков на органическом топливе. Однако появляются специфические проблемы разработки, такие как необходимость внедрения сверхдлинных лопаток турбин в частях низкого давления, особые требования к прочностным характеристикам материалов, устойчивости к колебаниям и вибрациям и другие. К особенностям турбин современных АЭС относятся большие потоки пара, повышенные требования к влагоудалению внутри турбины, сепарации и промежуточному перегреву пара, стойкости материалов к эрозии в присутствии влажного пара, обеспечению приемлемого КПД.

В дополнение к этому спецификой работы турбин некоторых типов АЭС (с одноконтурными действующими реакторами BWR, РБМК, ABWR и концептуальными реакторами ESBWR, KERENA) является необходимость обеспечения биологической защиты ряда компонентов неядерной части, учета воздействия радиации и радиоактивных отложений на тепломеханическое оборудование, особого порядка утилизации такого оборудования по истечении срока его эксплуатации.

1.2 Преимущества и себестоимость

1.2 Преимущества и себестоимость

Стоимость АЭС определяется затратами на её строительство, исходя из этого одним из экономических показателей АЭС, является стоимость 1 кВт установленной мощности. Стоимость 1 кВт установленной мощности, или удельные капитальные затраты, зависят от типа АЭС, мощности, параметров пара и теплоносителя. При одних и тех же параметрах удельные капитальные затраты снижаются с увеличением единичной мощности отдельных блоков и станции в целом.[1]

Основные преимущества атомной энергетики по сравнению с другими способами выработки электроэнергии:

– устойчивые и низкие (в сравнении стоимости топлива) цены на электроэнергию. Высокие затраты на добычу и транспортировку угля и газа, делают атомную электроэнергию существенно дешевле. Сравнение себестоимости электроэнергии, производимой с использованием различных видов топлива, представлено на рис 1.

- минимизированное воздействие на экологическую среду.
- отсутствие возможных топливных кризисов;

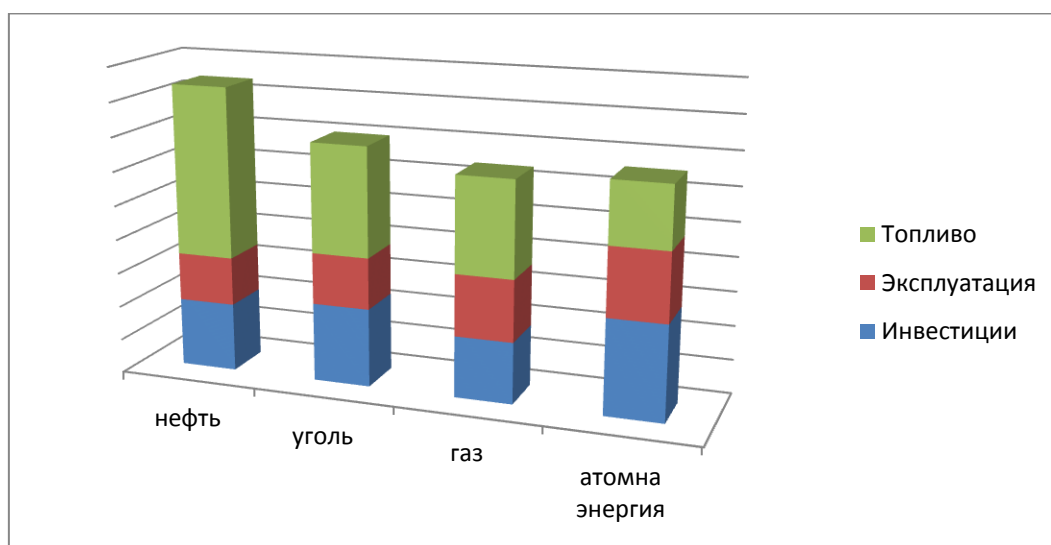


Рисунок 1 – Себестоимость электроэнергии с учетом разных видов топлива

Себестоимость отпускаемой электроэнергии - отношение годовых затрат на производство электроэнергии к выработанной за год электрической энергии.[1]

В последние годы наблюдается значительное повышение цен на нефть, соответственно растёт цена на электроэнергию, вырабатываемую ТЭС, использующими органическое топливо.

По данным на 2005 г. взятым из оценки Организации по экономическому сотрудничеству и развитию (ОЭСР), стоимость выработанного на новых АЭС электричества обойдется от 2.1 до 3.1 цента за кВт-час, в то же время стоимость электричества, произведенного работающими на газе электростанциями, от 3.7 до 6.0 цента за кВт-час.

Главным преимуществом ядерной энергетики является стабильность цен на электроэнергию в течении длительного периода времени. Как показано на рис. 1, структура затрат на производство электроэнергии в атомной энергетике существенно отличается от структуры формирования цен в других видах энергетике. Связано это с тем, что себестоимость атомной электроэнергии определяется капитальными вложениями в строительство АЭС, а не топливными затратами, в отличие от органического топлива. Топливная часть составляет не более 25% от общей стоимости электроэнергии, вырабатываемой АЭС, а для ТЭС, работающих на органическом топливе, на уровне 50-80 %. Эта особенность приводит к повышенной устойчивости цены на атомную электроэнергию по отношению к колебаниям цены на топливо. Наглядно это показано на рис. 2.

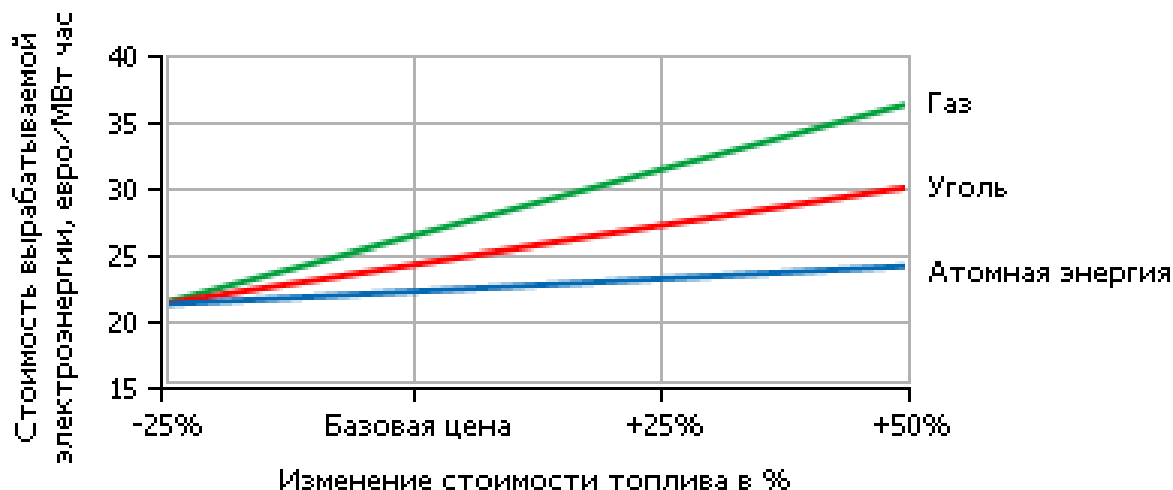


Рисунок 2 – Зависимость себестоимости вырабатываемой электроэнергии от стоимости используемого топлива

На рис. 2 показаны последствия двукратного увеличения стоимости топлива (газ, уголь, уран) для себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на этих источниках. Возрастание топливной составляющей ведет к увеличению себестоимости электроэнергии: на АЭС на 9%, на угольных ТЭС – на 31%, на газовых – на 66%.

Таким образом, роль атомной энергетики как альтернативе ископаемого топлива в настоящее время существенно возрастает.

1.3 Повышение единичной мощности

Выбор оборудования является важнейшим этапом в проектировании электростанции, способствующим надежному и экономичному энергоснабжению.

Выбор мощности электростанции зависит от совокупности внутренних и внешних факторов. К внутренним относятся параметры ТЭС, ее надежность и экономичность. Внешние факторы характеризуют дефицит мощности в энергосистеме, условия водо- и топливоснабжения, режим использования электростанции, ее влияние на окружающую среду. При укрупнении блоков КЭС и увеличении их единичной мощности снижаются удельные капиталовложения в электростанции.

С укрупнением агрегата его размеры и стоимость увеличиваются в меньшей степени, чем рабочий объем и мощность; стоимость контрольно-измерительных приборов, автоматических и регулирующих устройств, а также стоимость зданий тоже изменяются медленнее, чем мощность агрегатов; снижается трудоемкость изготовления меньшего числа более крупных агрегатов; упрощается проектирование и монтаж меньшего числа более мощных энергоблоков.

Укрупнение агрегатов способствует также снижению затрат на заработную плату, и в ряде случаев упрощению эксплуатации меньшего числа агрегатов. Рост единичной мощности энергоблоков сопровождался повышением их начальных параметров, а следовательно и КПД.

Наибольшие экономические стимулы для развития тихоходных турбинных технологий возникают, как правило, при значительном увеличении единичной мощности энергоблоков. В случаях, когда мощность блоков относительно невелика, быстроходные турбины наиболее конкурентоспособны. К примеру, они получили распространение в Индии, где большинство действующих блоков имеют мощность не более 220 МВт. В Китае большинство энергоблоков до 1000 МВт оснащалось быстроходными турбинами, и лишь внедрение более мощных конструкций сопровождается освоением тихоходных турбин (с 2005 года на АЭС Китая внедряются только тихоходные турбины). В Великобритании большая часть реакторов в прошлом имела мощность до 300 МВт, сегодня – в среднем 500 – 600 МВт, причем британские газоохлаждаемые реакторы имеют гораздо более высокие параметры пара на входе в турбину (538 °С / 16,3 МПа), что позволяет приблизить ряд технических решений к апробированным в сфере турбостроения для конденсационных тепловых станций. Неслучайно в Соединенном Королевстве получили распространение именно быстроходные турбины.

2 Обзор перспективных энергоблоков. Специфические особенности АЭС

2.1 Описание мощных турбоустановок

На современных АЭС используются многоцилиндровые, одновальные турбины, которые включают цилиндр высокого давления (ЦВД), цилиндры низкого давления (ЦНД) и в ряде случаев цилиндр среднего давления (ЦСД), иногда совмещенный с ЦВД (так называемый ЦВСД). Схемы их размещения, число цилиндров низкого давления и ступеней в каждом цилиндре различаются. Используются как однопоточные (чаще ЦВД), так и двухпоточные (обычно ЦНД) цилиндры. В отличие от турбин современных конденсационных ТЭС, в турбинах АЭС пар быстрее насыщается при переходе от ступени к ступени, и его влажность вызывает эрозии лопаток, коррозии неподвижных частей и КПД у турбин атомных станций минимум на несколько процентов ниже. Относительная влажность пара на выходе из цилиндра высокого или низкого давления может составлять 12-14% и более. В современных турбинах между ЦВД и ЦНД осуществляется сепарация и промперегрев, осушающий пар перед входом в ЦНД. Иногда сепаратор-пароперегреватель включен в схему между частями высокого и среднего давления в ЦВСД.

Турбины насыщенного пара для АЭС делаются на 3000, 1800 и 1500 оборотов. В настоящее время в большинстве регионов на АЭС доминируют тихоходные турбины (1800 и 1500 оборотов) – в частности, в США, Франции, Канаде, Японии, Южной Корее, на Тайване. Быстроходные турбоагрегаты на атомных станциях в большей мере характерны для реакторов средней и малой мощности и распространены в таких странах, как Великобритания, Россия, Украина, Индия, Китай и другие. Но и в таких странах тихоходные турбины также используются и завоевывают все большее место.

Тихоходные турбоагрегаты, как правило, имеют бóльшие, чем у быстроходных, габариты и массу и, соответственно материалоемкость и

стоимость. Однако тихоходная концепция упрощает задачу увеличения мощности турбины: для нее характерны меньшие нагрузки на ротор, лопатки и прочие элементы, более умеренные требования к виброустойчивости и балансированию, меньшая эрозия рабочих лопаток и так далее. По мере увеличения мощности паропроизводящих установок возникали все большие технические проблемы создания для них турбогенераторов. В частности, для получения приемлемой эффективности при возрастании мощности турбины необходимо увеличение общей площади рабочих лопаток, особенно в ЦНД, что достигается увеличением числа ступеней и цилиндров низкого давления, и длины лопаток последней ступени (одна из ключевых характеристик паровых турбин)

2.2 Действующие турбины и перспективные разработки

Крупнейшие в мире действующие паровые турбины атомных станций достигают мощности 1450 – 1550 МВт, как, например, на АЭС «Шуз» и АЭС «Сиво» во Франции, АЭС «Оскарсхамн» в Швеции, АЭС «Исар» в Германии.

Дилемма между быстроходной и тихоходной турбинами в принципе имеет альтернативу, которая, однако, не получила распространения в атомной энергетике. Еще в 1960 – 1970-е годы началось внедрение на тепловых электростанциях мощных – 1000 МВт и выше – двухвальных паровых турбин на сверхкритические параметры пара. Первые варианты этой технологии предполагали размещение цилиндров высокого и низкого давления на параллельных валах, вращающихся с одинаковой скоростью, что позволило уменьшить длину турбогенератора, не изменив нагрузки на лопатки. Другая версия этой концепции включала валы, вращающиеся с разной частотой. При этом цилиндры высокого давления размещаются на быстроходном валу, а цилиндры низкого давления – на тихоходном. Это позволяет снизить нагрузку на лопатки последних ступеней, увеличив их длину. Недостатком таких турбин является их дороговизна и усложнение обслуживания.

Нельзя не упомянуть ряд технологических тенденций, которые скажутся на рынке турбин для АЭС не в ближайшем будущем, а в отдаленной перспективе. Сегодня АЭС используются, за редким исключением, только для выработки электроэнергии. Однако реакторы могут применяться и как эффективные источники тепла (пример – Билибинская АЭС и строящаяся сегодня ПАТЭС в России), и как основа высокопроизводительных опреснительных комплексов (МАЭК в Казахстане – в прошлом, АЭС «Мадрас» в Индии – сегодня, строящаяся АЭС «Барака» в ОАЭ – через несколько лет). Поскольку география атомной энергетики расширяется, со временем эти функции будут более востребованы, а значит, в атомной отрасли могут получить распространение различные варианты теплофикационных турбин.

Другая тенденция связана с внедрением реакторов на быстрых нейтронах, которое предусмотрено стратегиями развития ядерной энергетики в целом ряде стран: России, Индии, Франции и других. Такие реакторы могут производить пар качественно иных параметров по сравнению с сегодняшними АЭС, вплоть до сверхкритических, как это предусматривает, например, российский проект БРЕСТ. Разрабатываются и другие концепции реакторных установок на сверхкритических параметрах пара (ВВЭР-СКД и другие), чье внедрение может начаться параллельно с быстрыми реакторами. Эти концептуальные конструкции потребуют турбин, близких или идентичных по параметрам тем, что распространены в тепловой энергетике. Наконец, развитие высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов теплового спектра и быстрых газоохлаждаемых конструкций ставит на повестку дня вопрос о переходе на прямой газотурбинный цикл. Что важно: большинство перечисленных технологий имеют прецеденты внедрения в опытно-промышленную эксплуатацию и показали свою техническую осуществимость и жизнеспособность. Полномасштабное промышленное внедрение хотя бы части из этих технологий возможно в 2030 – 2050 годах. В результате через несколько десятилетий турбины насыщенного пара утратят

МОНОПОЛИЮ на атомном рынке.

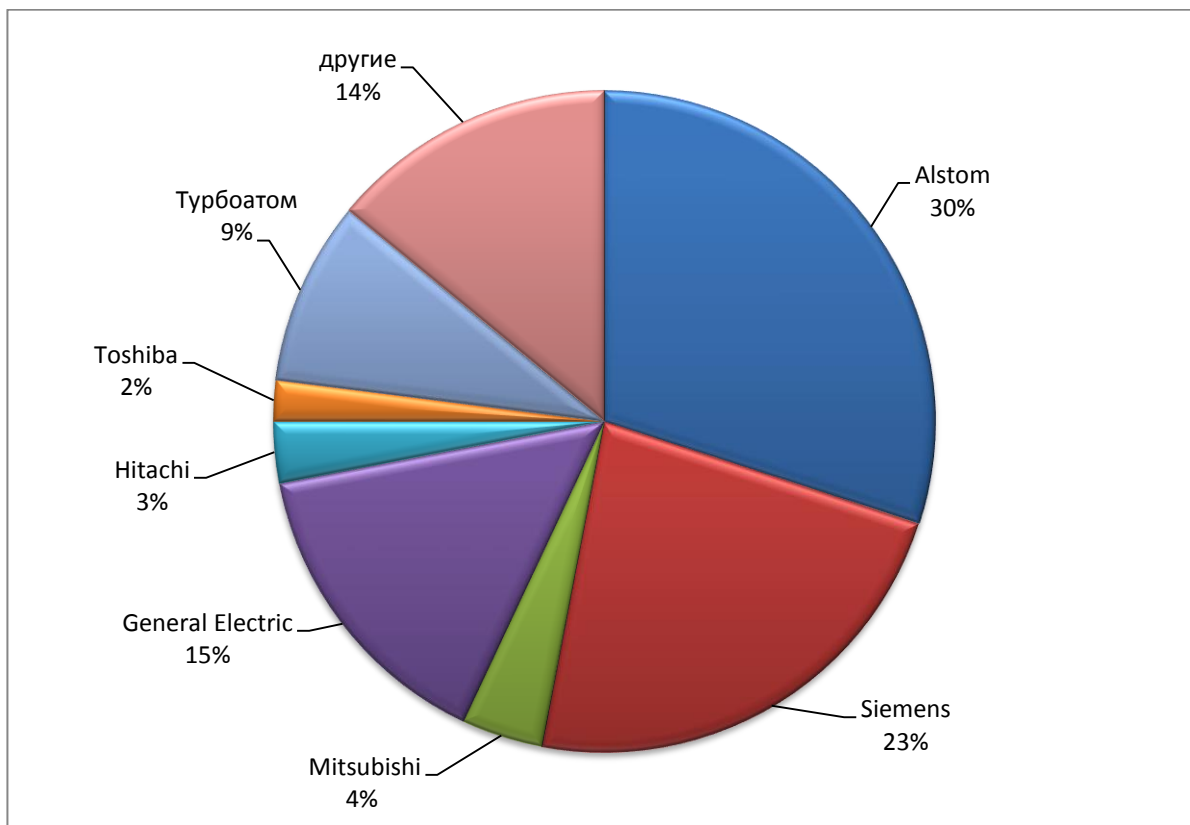


Рисунок 3 – Основные производители

К важнейшим поставщикам паровых турбин для АЭС относится Alstom, Siemens, Mitsubishi, General Electric, Hitachi, Toshiba, «Силовые машины», «Турбоатом», Doosan. В последние годы в этот ряд попали китайские компании, прежде всего Dongfang Electric и Shanghai Electric.

2.2.1 Alstom

Среди лидеров рынка сегодня выделяется Alstom. Эта компания оказалась в более выгодном положении по сравнению с японскими и германскими конкурентами, на ядерно-энергетическом бизнесе которых в большей мере отразились события последних лет: последствия аварии на АЭС «Фукусима-1» и неблагоприятная экономическая конъюнктура в целом, а именно падение спроса на электроэнергию и цен на углеводороды. Сегодня Alstom, по собственным оценкам, занимает около 30% рынка, будучи поставщиком паровых турбин на АЭС Франции и ряда европейских стран ,

Северной Америки, Китая, Японии, Индии, Южной Кореи, ЮАР. Самая мощная из действующих турбин компании, да и вообще из эксплуатируемых в мире агрегатов для насыщенного пара – турбина на 1550 МВт, установленная на французской АЭС «Шуз». Alstom имеет опыт поставки для атомных станций как тихоходных, так и мощных быстроходных турбин. В настоящее время Alstom продвигает линейку тихоходных паровых турбин Arabelle для энергоблоков АЭС мощностью 900 – 1900 МВт в электросетях с частотой тока 50 и 60 Гц. Отличительными чертами конструктивной схемы Arabelle являются ЦВСД, с сепарацией и перегревом между частями высокого и низкого давления, и два или три (в зависимости от модели) симметричных двухпоточных ЦНД. В Arabelle применяется более эффективное однопоточное расширение пара вместо двухпоточного, принятого для прежних конструкций. Турбинами этой линейки оснащен ряд энергоблоков с реакторами второго поколения, эта же технология, поставляемая непосредственно Alstom или по лицензии, внедряется на большинстве строящихся энергоблоков с современными реакторами EPR, в том числе на двух блоках АЭС «Тайшань» в Китае и третьем блоке АЭС «Фламанвилль» во Франции.

2.2.2 Siemens

К числу технологических лидеров на рынке турбин насыщенного пара относится Siemens. Компания поставила тихоходные турбоагрегаты для 13 АЭС в Германии, а также для атомных станций «Команчи-Пик» и «Гранд-Галф» в США, АЭС «Атуча» в Аргентине и АЭС «Ангра» в Бразилии. Самая крупная из действующих турбин Siemens для атомных станций – конструкция мощностью 1500 МВт, установленная на АЭС «Исар». К началу 2010-х годов Siemens разработала концептуальную серию турбин специально для атомных станций – SST-9000. Это конструкции мощностью от 1000 до 1900 МВт, с высотой лопаток последней ступени 1830 мм, рассчитанные на

температуру пара свыше 300 °С и давление до 8 МПа, то есть с запасом для легководных реакторов поколения III+. Общими чертами конфигурации турбин этой серии являются двухпоточный ЦВД и двухпоточные ЦНД (два или три), возможность оснащения разных моделей как горизонтальными, так и вертикальными сепараторами-пароперегревателями.

2.2.3 Mitsubishi Heavy Industries

Среди японских компаний наиболее активную позицию на рынке «атомных» турбин в последние годы сохранила Mitsubishi Heavy Industries. МНІ поставила все действующие реакторы с водой под давлением в Японии и обеспечивала оборудование машзала для ряда таких блоков. Среди проектов компании за рубежом – поставка турбоагрегатов для двух блоков действующей АЭС «Лагуна-Верде» в Мексике, а также для строящихся двух блоков на АЭС «Лунмэнь» (с реакторами ABWR, поставляемыми General Electric) на Тайване и четырех блоков на китайских атомных станциях «Саньмэнь» и «Хайян» (с AP1000 конструкции Westinghouse).

Крупнейшая из действующих турбин насыщенного пара конструкции Mitsubishi установлена на АЭС «Гэнкай» в Японии и имеет мощность 1180 МВт. Крупнейшая строящаяся турбина компании – конструкция мощностью 1370 МВт, поставленная на два блока АЭС «Лунмэнь». Крупнейшая в атомном сегменте турбостроения концептуальная разработка МНІ – турбоагрегат с лопатками последней ступени длиной порядка 1850 мм, предназначенный для реактора с водой под давлением APWR в версии повышенной мощности (1700 МВт), которую Mitsubishi предлагает на рынках США и Европы.

2.2.4 Hitachi

Hitachi поставляла турбины АЭС для трех тяжеловодных реакторов CANDU (одного в начале 1970-х годов на АЭС «Карачи» в Пакистане и двух

в начале 2000-х годов на третьей очереди АЭС «Циньшань» в Китае), для 15 кипящих реакторов в Японии (разных блоков АЭС «Симанэ», «Хамаока», «Фукусима-1», «Фукусима-2», «Сика», «Онагава», «Касивадзаки-Карива»), а также получила заказ на поставку для третьего блока АЭС «Симанэ», сооружение которого было приостановлено после японской аварии.

Учитывая такое положение, а также выраженную специализацию компании на кипящих реакторных технологиях (помимо турбин она же поставила ряд реакторов BWR для японских АЭС), Hitachi мало участвовала в «строительном буме» на атомных рынках Китая и Южной Кореи. Продвижение на рынке США также оказалось медленнее, чем ожидалось, в частности, сертифицированный в этой стране реактор ABWR до сих пор не нашел применения ни в одном реализуемом проекте, а сертификация реактора ESBWR – совместного продукта Hitachi и General Electric – задерживается. Поэтому осталась невостребованной и разработанная для этого реактора турбина мощностью 1550 МВт с лопатками максимальной длиной порядка 1320 мм, предлагаемая СП GE Hitachi Nuclear Energy. В этих обстоятельствах Hitachi активизировала продвижение в Европе, где она стала основным инвестором проектов строительства ABWR в Великобритании и потенциальным инвестором в анонсированном, но до сих пор не начавшемся проекте в Литве. Эти и другие проекты в Европе, Индии и других странах (предполагающие и поставки реактора ESBWR) могут со временем придать импульс инновациям Hitachi в сфере атомного турбостроения.

2.2.5 General Electric

Схожая ситуация с новыми проектами строительства турбин у General Electric, которая действует на атомном рынке в альянсе с Hitachi и также специализируется на кипящих реакторах. Компания в прошлом поставила около трети реакторов для атомных станций США, внедряла реакторные установки BWR в других странах (в Японии, Испании, Швейцарии, Мексике,

на Тайване) и строила для ряда из них турбины. Крупнейшие из действующих турбин GE – мощностью 1410 МВт – установлены на АЭС «Пало-Верде» в США. Сегодня в сегменте конденсационных турбин насыщенного пара GE сосредоточилась на обслуживании, модернизации и ремонте действующего парка.

2.2.6 Toshiba

Toshiba поставляла турбины прежде всего для ряда кипящих реакторов в Японии, в частности, для отдельных блоков атомных станций «Фукусима-1», «Фукусима-2», «Хигасидори», «Онагава», «Касивадзаки-Карива». На большей части этих блоков строилась самая крупная турбина из действующих моделей компании для АЭС мощностью около 1100 МВт. Для реактора ABWR компания первоначально разработала турбины мощностью около 1350 МВт с двойным промперегревом, тремя двухпоточными ЦНД и лопатками последней ступени длиной порядка 1320 мм. Кроме того, Toshiba разрабатывала усовершенствованную версию такого агрегата с лопатками последних ступеней длиной порядка 1830 мм.

2.2.7 Doosan Heavy Industries

В последнее десятилетие в ряд крупнейших производителей паровых турбин для АЭС выдвинулась компания Doosan Heavy Industries. Паротурбинные технологии Doosan разрабатывались в сотрудничестве с западными поставщиками, прежде всего GE. В 2010 году Doosan поглотила компанию Škoda Power – чешского производителя турбин, в том числе для АЭС с реакторами ВВЭР- 1000 и ВВЭР-440. Doosan является основным поставщиком турбин для энергоблоков АЭС Республики Корея, прежде всего с реакторами южнокорейской конструкции OPR1000 и APR-1400. В Южной Корее функционируют девять энергоблоков с OPR1000 и один строится, четыре блока APR-1400 сооружаются и еще шесть планируются. Кроме того,

в Объединенных Арабских Эмиратах (ОАЭ) строится АЭС «Барака», которая будет включать четыре блока с APR-1400.

На блоках с OPR1000 работают тихоходные турбины мощностью 1053 МВт с лопатками последней ступени длиной 1092 мм. Для реакторов APR-1400 предназначена тихоходная конструкция мощностью 1455 МВт, которая является топовым продуктом компании в секторе конденсационных паровых турбин и была создана с использованием разработок GE. Конструктивная схема турбоустановки включает двухпоточный ЦВД и три двухпоточных ЦНД с лопатками последней ступени длиной 1320 мм. Давление пара на входе составляет 6,9 МПа при температуре 282 °С. Базовый вариант турбины выпускается на 1800 об. / мин., но предусмотрен и вариант на 1500 об. / мин. После ввода в эксплуатацию во второй половине 2014 года первого энергоблока с APR-1400 на АЭС «Кори-2» эта турбина станет самой мощной среди действующих в мире в сетях 60 Гц.

2.2.8 Российские производители

3. Анализ факторов, оптимизируемых при проектировании АЭС

3.1 Определение оптимального разделительного давления

4. Сравнение тепловых схем мощных турбоустановок АЭС

5. Социальная ответственность

5.1 Производственная безопасность

5.1.1 Выявление вредных и опасных факторов

Одна из основных производственных задач заключается в обеспечении безопасности труда человека, т.е. создании условий труда, при которых исключается воздействие на рабочих опасных и вредных производственных факторов.

Рабочим местом является турбинный цех парогазовой установки атомной электростанции. Турбинный цех является одним из главных цехов, так как в нем происходит процесс выработки электрической и тепловой энергии. В составе турбинного цеха находятся турбина, генератор, а также трубопроводы, насосы.

Перечень возможных опасных и вредных производственных факторов, возникающих в турбинном цехе при производстве электрической энергии приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Вредные и опасные производственные факторы

Опасные и вредные факторы	Источники и причины возникновения опасных и вредных факторов	Основные средства защиты
1	2	3
Вредные факторы		
Микроклимат	В теплое время года температура в цехе повышается от работающего оборудования	Использование приточно-вытяжной вентиляции
Недостаточное освещение	Тусклый свет от искусственных источников, маленькие оконные проемы	Очистка стекол оконных проемов, увеличение количества ламп

Продолжение таблицы 8		
1	2	3
Механическое оборудование с движущимися и вращающимися частями.	Вращающиеся валы, маховики, муфты сцепления	Ограждения, дистанционное управление, знаки безопасности, звуковые сигналы
Повышенный уровень шума в помещении	Соударение металлических частей машин и механизмов, насосы, вентиляторы	Звукоизоляция ограждающих конструкций, кабин наблюдения и дистанционного управления, звукопоглощающие конструкции и экраны, глушители шума.
Производственная вибрация	Компрессора, насосы, турбина	Виброизоляция, т.е. установка других элементов между вибрирующей машиной и основанием;
Опасные факторы		
Опасность поражения электрическим током	корпуса электрооборудования, токоведущие части, находящиеся под напряжением	Защитные ограждения, устройства автоматического контроля и сигнализации, устройство защитного заземления, устройства автоматического отключения, дистанционное управление
Опасность возникновения пожаров и взрывов	Встроенное распределительное устройство высоковольтное оборудование	Автоматические огнетушители и сигнализирующие устройства и устройства оповещения

5.1.2 Производственная санитария

5.1.2.1 Производственное освещение

Естественное освещение в производственных помещениях должно соответствовать санитарным нормам и правилам. Применение естественного освещения влияет положительно на зрение, а также на психологическое состояние. Для оценки производственного освещения применяются СНиП 23-05-95 .

Искусственное освещение используется на производстве не только в темное время суток, но и днем, когда естественное освещение не в состоянии обеспечить выполнение необходимых работ в полном объеме. Если естественного освещения недостаточно, то к нему добавляют искусственное освещение. На рабочем месте турбинного цеха парогазовой установки необходима освещенность не менее 200 лк. Фактическая освещенность составляет 245 лк, что соответствует нормативам.

5.1.2.2 Шум и вибрация

Паротурбинная установка способна вызывать сильный шум. Шумы исходят из корпуса агрегата, выхлопного и воздухозаборного трактов. Шум, зарождающийся в воздухозаборнике, по своей природе имеет аэродинамическую классификацию. Шум, поступающий из системы всасывания, вызван, в первую очередь, неустойчивостью турбопотока и меняющимися аэродинамическими силами, которые вызываются столкновением сжатых струй воздуха в районе статора и ротора компрессора.

Шумовой спектр ПТУ характеризуется тональными составляющими, которые легко обнаружить в сиренных и вихревых шумах. Показатели сиренной частоты для ПТУ находятся в пределах от 1000 до 1500 Гц.

У человека, который попадает под длительное влияние шума, начинается ухудшаться общее состояние здоровья организма (садится слух, повышается давление, растет пульс, начинает давать сбои центральная нервная система, снижается концентрация внимания, падает производительность труда).

Уменьшить шум помогает своевременный планово-предупредительные мероприятия по смазке, регулировке, утяжке, звукоизоляции и ремонту механизмов. Установка глушителей шумов на всасывающие и выхлопные отверстия машин также поможет снизить уровень шума.

При невозможности понижения уровня шумовых характеристик вырабатывается индивидуальная система профилактических испытаний. Работников необходимо обеспечить заглушками, шлемами, наушниками и регулярно менять их режим труда и отдыха.

5.1.2.3 Защита от вибрации

Совокупность одновременной работы турбин, генераторов, насосов, компрессов, вентиляторов вызывает общую вибрацию.

Вибрация негативно влияет на работу сердечно-сосудистой, нервной системы и опорно-двигательного аппарата рабочего. Совокупность сбоев работы системы организма неизбежно влечет за собой появление виброболезней.

В СН 2.2.4/2.1.8.566-96 указаны допустимые параметры вибрации на постоянных рабочих местах в производственных помещениях при непрерывном воздействии в течение рабочего дня.

Для снижения уровня вибрации, необходимо осуществлять следующие мероприятия:

- расчет точной балансировки всех вращающихся элементов;
- установка машин и механизмов на специальный фундамент, который бы смог обеспечить ограниченную амплитуду колебаний подошвы в пределах 0,1-0,2 мм;
- искусственно снизить количество оборотов источника вибраций и обеспечить снижение жесткости креплений за счет монтажа пружин и резиновых прокладок;
- проведение динамической и статической балансировки деталей;
- устранение лишних воздушных зазоров в механических узлах машины.

Помочь снизить уровень вибрации механизма сможет изолированный фундамент и низкочастотная пружинная изоляция. Особое внимание следует уделить виброизоляции, т.е. монтажу элементов между основанием и вибрирующим механизмом. Также довольно часто используют и вибропоглощающие мастики, которые наносят на кожух и ограждения. К специальной индивидуальной защите относят обувь на толстой резиновой подошве и виброгасящие перчатки.

5.1.2.4 Электробезопасность

Паротурбинная установка по степени безопасности обслуживания электроустановок относят к категории помещений с повышенной опасностью.

Все ремонтно-эксплуатационные работы должны проводиться в строгом порядке с учетом требований ПТЭ и ПТБ.

Защитными средствами в этих электропомещениях выступают измерительные приборы, переносные устройства, которые служат для индивидуальной защиты работников от поражения электрическим током и попадания под влияние электрической дуги.

Защитные средства делятся на 2 главные группы: дополнительные и основные.

Под основными защитными средствами понимают такие средства, которые без проблем выдерживают контакт с рабочим напряжением электроустановки. Изоляция таких средств ежегодно тщательно проверяется экспертной комиссией в исследовательской лаборатории.

Дополнительные защитные средства – средства, которые самостоятельно не способны защитить работника от удара электрическим током. Они имеют высокий показатель надежности лишь в сочетании с основными защитными средствами.

Список всех видов защитных средств расположен в таблице 8.

Таблица 9 – Основные и дополнительные средства защиты

Напряжение установки	Защитные средства	
	Основные	дополнительные
Выше 1 кВ.	1. оперативные и измерительные штанги; 2. изолирующие и токоизмерительные клещи; 3. указатели напряжения; 4. устройства и приспособления изолирующие.	1. диэлектрические перчатки; 2. диэлектрические боты; 3. резиновые коврики; 4. изолирующие подставки.
До 1 кВ.	1. диэлектрические перчатки; 2. инструмен с изолированными рукоятками; 3. указатели напряжения.	1. диэлектрические галоши; 2. резиновые коврики; 3. изолирующие подставки.

5.1.2.5 Пожарная безопасность

При оценке пожарной безопасности используются нормативные материалы ФЗ-123.

В целях обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации электроустановок необходимо:

1. Все электроустановки должны быть защищены аппаратами защиты от токов короткого замыкания и других ненормальных режимов, могущих привести к пожарам и загораниям.
2. Электрические сети и оборудование, используемые на комбинате, должны отвечать требованиям ПУЭ, ПТЭ и ПТБ;

При эксплуатации электроустановки запрещается:

- использовать электродвигатели и другое оборудование, поверхностный нагрев которого при работе превышает температуру окружающего воздуха более чем на 40 °С;
- использовать кабели и провода с поврежденной изоляцией.

Для обеспечения пожарной безопасности:

- Помещения обеспечивается средствами тушения пожара и связи для немедленного вызова пожарной команды;

- Первичные средства пожаротушения в производственных помещениях и на территории устанавливаются на специальные пожарные щиты (оборудуются 2-мя огнетушителями ОУ-5, лопатой, багром, топором, ведром, ящиком с песком). Пожарные краны внутреннего противопожарного водовода оборудуются рукавами и стволами, заключенными в шкафы. Местоположение пожарных кранов должно быть указано на схеме пожарного водовода;
- Во всех помещениях электроустановок оборудуются посты с первичными средствами пожаротушения: углекислотные огнетушители (ОУ-2, ОУ-5); ящики с песком. Использование пожарных средств для производственных и хозяйственных нужд запрещается.
- В помещении вывешиваются плакаты на противопожарную тематику, у всех телефонов вывешена информация с номерами телефонов пожарной части.
- За обеспечение пожарной безопасности ответственность несет директор станции. Все рабочие и служащие проходят подготовку, состоящую из противопожарного инструктажа (первичного и вторичного) и занятий по пожарно-техническому минимуму по специальной программе. На предприятии имеется пожарная часть и пожарно-техническая комиссия.

5.1.3 Охрана труда и техника безопасности

В цехах, подразделениях, отделах проводится работы с персоналом в соответствии с РД 34.12.102-94 «Правила организации работы с персоналом на предприятиях и в учреждениях энергетического производства».

Мероприятий по улучшению охраны труда и техники безопасности:

- на рабочих собраниях обсуждаются итоги работы по технике безопасности в цехах, намечаются мероприятия по улучшению охраны труда и техники безопасности;

- ежемесячно проводятся Дни техники безопасности с привлечением общественных инспекторов;
- проводятся комплексные проверки состояния техники безопасности, охраны труда и постановки работы с персоналом с охватом всех подразделений;
- проводится сверка и уточнение оперативных схем, восстанавливаются отсутствующие и плохо читаемые надписи диспетчерских наименований на оборудовании;
- проводятся контроль обеспеченности всех рабочих мест и рабочих инструкциями по охране труда;
- перед началом ремонтной кампании проводятся рабочие собрания с обсуждением вопросов по безопасной организации работ;
- проводятся проверки состояния всех защитных средств;
- ежемесячно проводятся проверки санитарно-бытовых помещений инженерно-врачебной бригадой с составлением актов;
- в соответствии с нормами цеха обеспечиваются средствами гигиены;
- проводятся обследования мест массовых проходов людей, проездов транспорта, складирования материалов и оборудования;
- проверяют блокировочные устройства, ограждения, габаритные расстояния, предупреждающие случайный допуск к находящимся под напряжением токоведущим частям;
- проводится контроль обеспеченности персонала средствами защиты, спецодеждой, спецобувью;
- проводится периодический медицинский осмотр персонала в целях предупреждения профзаболеваний;
- ежедневно проводится медицинский контроль водителям автогаража;
- проводится обучение персонала по оказанию первой медицинской помощи на манекене-тренажере.

5.2 Экологическая безопасность

Все негативные влияния на окружающую среду предоставлены в таблице 10.

Таблица 10 – Влияние АЭС на окружающую среду

Вид воздействия	Изменения в природе	Меры по снижению последствий
1	2	3
Строительство атомных электростанций		
Изъятие земельных ресурсов	Уничтожение ПТК, невозможность дальнейшего использования земли	Использование наименее ценных территорий, снятие плодородного слоя почвы
Расчистка участка, перемещение грунтов, взрывные работы	Уничтожение растительности, миграция животных, загрязнение атмосферы и т.д.	Компенсационное создание аналогичных ландшафтов
Социально-экономический	Влияние временного контингента рабочих и их семей на социально-культурную среду, переселение местных жителей	Участие населения в обсуждении проекта, создание объектов социальной инфраструктуры, выбор другой площадки
Фактор беспокойства для животных	Снижение численности животных	Регламентация работ. Компенсационные меры
Безвозвратное изъятие земель	Уничтожение прежних ПТК	Строительство градирен
Эксплуатация атомных станций		
Водозабор	Затягивание гидробионтов в водозаборные устройства	Установка предохранительных решеток, фильтров
Сброс теплых вод	Потеря воды при испарении, тепловое загрязнение водоема-охладителя	Утилизация избыточного тепла. Компенсационные мероприятия
Выбросы в атмосферу, воду и почвы	Загрязнение почв, атмосферы, водного бассейна	Совершенствование технологии очистки выбросов, компенсационные мероприятия
Загрязнение природных сред радионуклидами всех форм	Облучение людей и животных, приводящее к нарушениям физиологических процессов в организмах и необратимым изменениям в них	Жесткое соблюдение технологии защиты объекта и окружающей среды. Превентивные меры

Продолжение таблицы 9		
1	2	3
Сброс радиоактивных сточных вод при перегрузке кассет ТВЭЛов	Нарушения физиологии гидробионтов, генетические отклонения	Сорбция с применением неорганических сорбентов, «мокрое сжигание» неорганических веществ
Промывка и консервация оборудования	Нарушение газообмена и теплового баланса водоема, гибель планктона, бентоса, ухудшение качества воды	Разрушение комплекса металлов с реагентами, разрушение органических соединений
Демонтаж АЭС		
Ионизирующее излучение	Облучение людей и животных, вызывающее различные нарушения в физиологии	Разработка методов демонтаж, дезактивация оборудования и сооружений

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации – происшествие техногенного, экологического происхождения, заключающееся в резком отклонении от нормы протекающих процессов или явлений и оказывающих значительное отрицательное воздействие на жизнедеятельность человека, функционирование экономики, социальную среду и природную среду.

На данном объекте возможны следующие чрезвычайные ситуации техногенного и природного характера:

- геофизические опасные явления (землетрясения, извержение вулканов);
- геологические опасные явления (оползни, сели, обвалы, лавины, эрозия, просадка земной поверхности и т.д.);
- метеорологические и агрометеорологические опасные явления (бури, ураганы, смерчи, шквалы, крупный град, сильный гололеда жара, засуха, сильные морозы);
- морские гидрологические опасные явления (цунами, тайфуны, обледенение судов, сильное волнение 5 баллов и более т.д.);

- гидрологические опасные явления (наводнения, дождевые паводки, заторы, ветровые нагоны);
- природные пожары (лесные, торфяные, подземные пожары горючих ископаемых, хлебных массивов и т.д.);
- пожары (взрывы) на коммуникациях и технологическом оборудовании данного объекта;
- аварии, связанные с поломкой оборудования;
- аварии на системах водоснабжения;

Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией для данного объекта является пожар или взрыв. В случае возникновения данной ЧС, требуется разработать профилактические мероприятия и осуществить контроль за их проведение.

Работа по обеспечению пожарной безопасности на АЭС ведется в соответствии с утвержденным планом мероприятий. Согласно графику проведения тренировок проводятся общестанционные противопожарные тренировки.

б. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью работы является проектирование и создание конкурентоспособной разработки, технологии, отвечающей современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
- определение возможных альтернатив проведения научного исследования, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

6.1 SWOT-анализ

SWOT-анализ предназначен для выявления сильных, слабых сторон проекта, а также возможностей создаваемого проекта и его угроз. Анализ проводится в два этапа: на первом этапе описываются сильные и слабые стороны разрабатываемой технологии, выявляются возможности и угрозы при реализации проекта; на втором этапе анализа строятся интерактивные матрицы для оценки вариантов стратегического выбора.

Сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы реализации представлены в таблице 10.

Таблица 11 – Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта (С): С1. Относительная дешевизна модернизации С2. Наличие внешних инвесторов С3. Высокий спрос на электроэнергию С4. Освоенность конструкции.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта (Сл): Сл1.. Высокие цены на оборудование Сл2. Трудоемкость монтажа
Возможности (В): В1. Увеличение экономичности станции на 6-8%. В2. Возможность зарубежного партнерства. В3. Большой выбор установок на мировом рынке. В4. Появление спроса на технологию.	Угрозы (У): У1. Неблагоприятная экономическая ситуация в стране. У2. Низкое финансовое обеспечение технологии. .

После составления матрицы необходимо составить интерактивные матрицы, для выявления сильных и слабых сторон разработанной системы.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

«+» – сильное соответствие;

«-» – слабое соответствие.

Таблица 12 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	-
	B2	-	-	+	+
	B3	-	-	+	-
	B4	+	-	-	+
	Слабые стороны проекта				
		Сл1		Сл2	
	B1	-		+	
	B2	-		-	
	B3	+		-	
	B4	-		-	

Таблица 13 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	У1	-	-	-	+
	У2	-	-	-	-
	Слабые стороны проекта				
		Сл1		Сл2	
	У1	-		+	
	У2	+		+	

По интерактивным матрицам, представленных в таблицах 2 и 3, видно, что наиболее всего сильные стороны коррелируют с возможностью увеличения экономичности станции, возможность зарубежного партнерства и возможным появлением спроса на разработанную технологию у других предприятий. Наиболее часто коррелирующие слабые стороны и возможности не были выявлены.

Полученные результаты анализа заносятся в таблицу 13, для наглядной демонстрации возможных корреляционных вариантов.

Таблица 14 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта (С): С1. Относительная дешевизна модернизации С2. Наличие внешних инвесторов С3. Высокий спрос на электроэнергию С4. Освоенность конструкции.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта (Сл): Сл1.. Высокие цены на оборудование Сл2. Трудоемкость монтажа
Возможности (В): В1. Увеличение экономичности станции на 6-8%. В2. Возможность зарубежного партнерства. В3. Большой выбор установок на мировом рынке. В4. Появление спроса на технологию.	В1 - С1, С2,С3 В2 – С3,С4,С5 В3 – С3 В4 – С1, С2, С5	В1- Сл2 В3- Сл1
Угрозы (У): У1. Неблагоприятная экономическая ситуация в стране. У2. Низкое финансовое обеспечение технологии.	У1 - С3 У2 - С3, С5	У1 – Сл1, У2 – Сл1,Сл2

SWOT-анализ показал, что одним из важных направлений в развитии данной технологии являются мероприятия по повышению заинтересованности, а вследствие и спроса на технологию у потенциальных заказчиков. А главными препятствиями для развития технологии является низкое финансовое обеспечение технологии.

Полученный анализ позволяет сказать о том, что данное направление перспективное, так как имеет много сильных сторон.

6.2 Экспертная оценка

Для строительства мощной и высокоэкономичной парогазовой установки (ПГУ) на атомной станции (АЭС), одним из наиболее значимых этапов проектирования является выбор турбоустановки. Для оценки наиболее подходящего типа установки использован метод экспертного оценивания.

Для каждого типа промежуточных перегревов в столбцах с характеристиками необходимо поставить оценку от 1 до 10, показывающую степень совершенства подогревателя относительно данной характеристики.

b_i – важность критерия – в этой строке необходимо было поставить цифру от 1 до 5.

W_i – весовой коэффициент – в этой строке рассчитывается весовой коэффициент каждого фактора конкурентоспособности как отношение важности критерия к сумме важностей всех факторов $\frac{b_i}{b_{\Sigma}}$.

Далее необходимо умножить полученные весовые коэффициенты на оценку эксперта (от 1 до 10) и сумма полученных значений даст итоговую оценку эксперта по каждому поставщику.

Модель экспертной оценки строится по следующим параметрам:

1. Эффективность. Эффективность турбоустановок характеризуется коэффициентом полезного действия, поэтому высший балл получает турбоустановка с наибольшим КПД.
2. Надежность. Под данным критерием подразумевается стабильная работа турбоустановки на протяжении длительного срока.
3. Экономичность. Влияние на экономичность, при учете дополнительного оборудования.
4. Возможность работы при высоком давлении.
5. Простота конструкции. Простота конструкции обеспечивает более простую эксплуатацию и ремонт.

Таблица 15 – Список компаний - производителей ГТУ

№	Модель ПТУ	Фирма производитель
1	SST-6000	Siemens
2	SST-9000	Siemens
3	K-1000-60/1500	Турбоатом
4	K-1200-6,8/25	Турбоатом
5	ТС6F-43	Mitsubishi
6	ARABELLE	Alstom

Таблица 16 – Оценка конкурентоспособности первым экспертом

Модель ПТУ	Мощность ПТУ	КПД ПТУ	Начальная температура	Надежность	Маневренность	Сумма
SST-6000	6/1,2	8/2	7/1,05	7/1,75	6/0,9	6,9
SST-9000	8/1,6	8/2	8/1,2	8/2	7/1,05	7,85
K-1000-60/1500	8/1,6	7/1,75	7/1,05	6/1,5	6/0,9	6,8
K-1200-6,8/25	9/1,8	8/2,25	7/1,05	7/1,75	7/1,05	7,65
ТС6F-43	8/1,6	9/2,25	8/1,2	9/2,25	6/0,9	8,2
ARABELLE	10/2	8/2	10/1,5	9/2,25	8/1,2	8,95
Важность (b_i)	4	5	3	5	3	20
Вес (W_i)	0,2	0,25	0,15	0,25	0,15	1

Для каждой модели ПТУ в столбцах с факторами конкурентоспособности поставлены оценки от 1 до 10, показывающие степень удовлетворения потребностям заказчика.

b_i – важность критерия – в этой строке необходимо было поставить цифру от 1 до 5 (5 – максимальная важность для заказчика).

W_i – весовой коэффициент – в этой строке рассчитан весовой коэффициент каждого фактора конкурентоспособности как отношение важности критерия к сумме важностей всех факторов $\frac{b_i}{b_{\Sigma}}$.

Суммарный весовой коэффициент равен единице – значит расчёт произведён верно. Таким образом, весовой коэффициент W_i показывает долю важности каждого из факторов конкурентоспособности.

Таблица 17 – Оценка конкурентоспособности вторым экспертом

Модель ГТУ	Мощность ПТУ	КПД ПТУ	Начальная температура	Надёжность	Маневренность	Сумма
SST-6000	7/1,4	7/1,75	8/1,2	7/1,75	7/1,05	7,15
SST-9000	9/1,8	8/2	9/1,35	8/2	6/0,9	8,05
K-1000-60/1500	7/1,4	7/1,75	8/1,2	7/1,75	7/1,05	7,15
K-1200-6,8/25	8/1,6	9/2,25	7/1,05	8/2	6/0,9	7,8
TC6F-43	8/1,6	8/2	8/1,2	8/2	7/1,05	7,85
ARABELLE	10/2	9/2,25	9/1,35	9/2,25	7/1,05	8,9
Важность (b_i)	4	5	3	5	3	20
Вес (W_i)	0,2	0,25	0,15	0,25	0,15	-

Таблица 18 – Оценка конкурентоспособности третьим экспертом

Модель ГТУ	Мощность ПТУ	КПД ПТУ	Начальная температура	Надёжность	Маневренность	Сумма
1	2	3	4	5	6	7
SST-6000	7/1,4	8/2	7/1,05	9/2,25	8/1,2	7,9
SST-9000	7/1,4	9/2,25	8/1,2	8/2	7/1,05	7,9
K-1000-60/1500	8/1,6	8/2	7/1,05	7/1,75	6/0,9	7,3

Продолжение таблицы 18						
1	2	3	4	5	6	7
К-1200-6,8/25	9/1,8	7/1,75	7/1,05	9/2,25	8/1,2	8,05
TC6F-43	7/1,4	9/2,25	8/1,2	8/2	6/0,9	7,75
ARABELL E	9/1,8	8/2	10/1,5	8/2	7/1,05	8,35
Важность (b _i)	4	5	3	5	3	20
Вес (W _i)	0,2	0,25	0,15	0,25	0,15	-

Таблица 19 – Итоговые экспертные оценки

Модель ГТУ	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Средняя оценка
SST-6000	6,9	7,15	7,9	7,317
SST-9000	7,85	8,05	7,9	7,933
К-1000-60/1500	6,8	7,15	7,3	7,083
К-1200-6,8/25	7,65	7,8	8,05	7,833
TC6F-43	8,2	7,85	7,75	7,843
ARABELLE	8,95	8,9	8,35	8,733

В итоге, по результатам трех независимых экспертных оценок, высший средний бал по предоставленным критериям отбора получила турбина ARABELLE компании Alstom.

6.3 Календарный план

Календарный план отражает перечень необходимых работ для проведения исследования, а также количество исполнителей работ и длительность каждой работы.

Таблица 20 – Календарный план

№	Наименование работы	Длительность t, дни	Количество исполнителей
А	Тема	3	2
Б	Техническое задание	2	2
В	План работы	1	2
Г	Литература	7	2
Основная часть работы			
Д	Теоретическая часть	6	1
Е	Математическая постановка задачи	5	1
Ж	Решение системы уравнений теплового и материального балансов	3	1
З	Методы решения	3	1
И	Написание программы для нахождения оптимального значения давления	4	1
Экономическая часть			
К	SWOT-анализ	1	1
Л	Экспертная оценка	1	1
М	Календарный план	2	1
Н	Расчет стоимости	3	1
О	Показатели ресурсоэффективности	3	1
БЖД			
П	Анализ снижения выбросов в окружающую среду	2	1
Р	Методы снижения выбросов	2	1
С			
С	Оформление	5	1

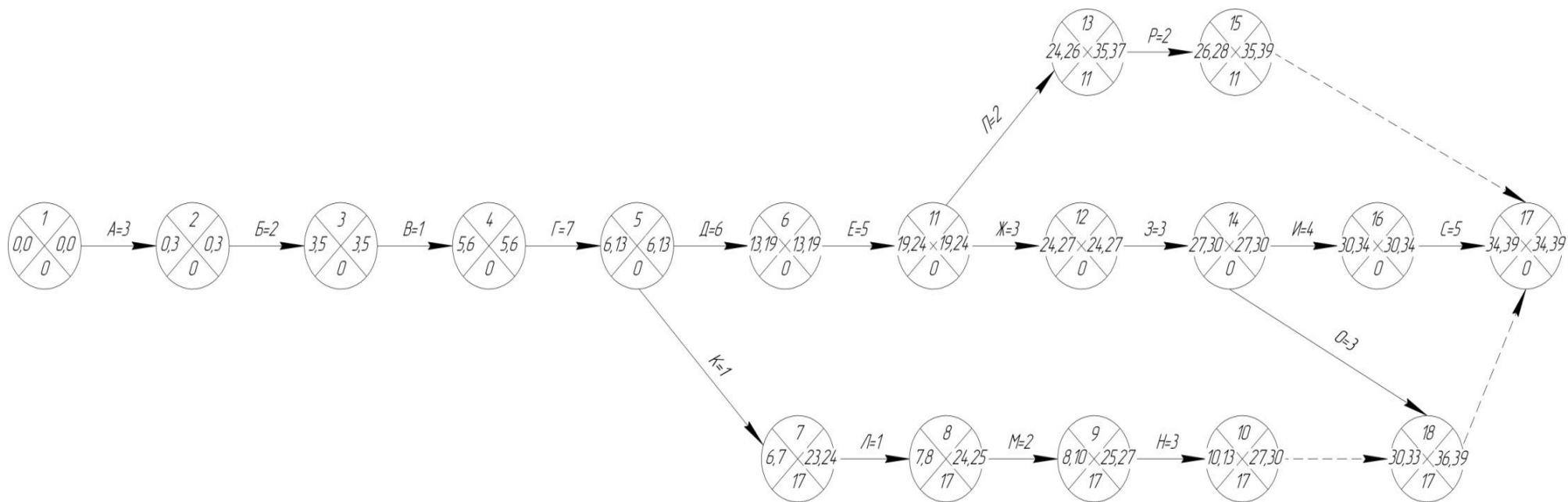


Рисунок 12 – Сетевой график проекта

6.4 Составление сметы ВКР

При планировании сметы научно-технической разработки должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В данном случае смета проекта отражает издержки на выполнение научно-исследовательской работы. Затраты на выполнение работы представлены в таблице 7.

Таблица 21 – Материальные затраты.

Работа	Единица измерения	Объем	Цена, руб/ед.изм.	Итого, руб
Распечатка	шт.	60	2	120
Канц. товары	-	-	-	60
Амортизация компьютера	-	-	-	2750
Электроэнергия	кВт·ч	45	2,7	122
З/П руководителя	-	-	-	6600
Отчисления в социальные фонды	-	-	-	1980
Итого	-	-	-	11632

Амортизация компьютера

$$A = N_a \cdot Ц \cdot \frac{M}{12} = 0,33 \cdot 20000 \cdot \frac{5}{12} = 2750 \text{ руб,}$$

где N_a – годовая норма амортизации (33%); $Ц$ – цена компьютера (20 тыс. руб.) ; M – количество месяцев в течение которых осуществлялся проект (5).

Количество потребленной электроэнергии

$$\mathcal{E} = N \cdot t = 50 \cdot 900 = 45000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 45 \text{ кВт} \cdot \text{ч,}$$

где N - мощность компьютера (50 Вт);

t – время проведенное за компьютером (ч)

Норма времени на руководство ВКР бакалавра составляет 22 часа, тариф на почасовую оплату составляет 300 р./час для доцента. Поэтому расходы на оплату труда составят

$$C_{з.п.} = 22 \cdot 300 = 6600 \text{ руб.}$$

Отчисление в социальные фонды

$$C_{\text{с.н.}} = 6600 \cdot 0,3 = 1980 \text{ руб}$$

Вывод: составление сметы показало, что суммарные затраты на проведение научно-исследовательской работы составляет 11632 руб.

6.5 Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность проекта определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – бальная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Уменьшение вредных выбросов	0,2	5
2. Уменьшение издержек на производство энергии	0,2	5
3. Безопасность	0,15	4
4. Энергосбережение	0,2	5
5. Надежность	0,15	4
6. Материалоемкость	0,1	3
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 = 4,5.$$

Оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному критерию, дает высокий результат (4,5 по 5-бальной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Заключение

В выпускной квалификационной работе был выполнен анализ влияния различных конструктивных схем АЭС на тепловую экономичность и КПД, представлено описание и характеристики перспективных разработок паротурбинных установок для АЭС.

Проведенные расчетные исследования по определению оптимального разделительного давления показали, что с увеличением давления пара при неизменной температуре эффективность установки, работающей на насыщенном паре, уменьшается в следствии уменьшения КПД ПТУ. В рамках допустимой влажности оптимальное разделительное давление для быстроходных турбин 0,1–2МПа, для тихоходных 0,1–1МПа.

Проведен выбор мощной ПТУ нового поколения для ее использования на современных АЭС. В результате была выбрана турбина ARABELLE компании Alstom.

Список используемых источников

1. Атомные электрические станции и их технологическое оборудование: Учебное пособие для техникумов. — Москва: Энергоатомиздат, 1986.
2. Маргулова Т.Х Атомные электрические станции.
3. А.С. Лисянский, Н.А. Николаенков, В.В. Назаров, С.А. Иванов, Л.Я. Бальва, М.Г. Вишняков, В.В. Недавний. ОАО «Силовые машины», Санкт-Петербург.
4. Зорин В.М. Атомные электростанции
5. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – М.: Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
6. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. –2-е изд., перераб. и доп. – М.: Студент, 2012. – 374 с.
7. Хуторненко С.Н., Фурсов И.Д., Пронь Г.П. Котлы-утилизаторы, предназначенные для работы в составе энергоблоков ПГУ // Ползуновский вестник. – 2013. - № 4/3.
8. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 581 с.
9. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация – М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 1974.
- 10.СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение – утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995
- 11.СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Параметры общей вибрации – М.: Минздрав России, 1996.

12. ГОСТ 12.1.019-79 Электробезопасность Общие требования и номенклатура видов защиты ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны – М.: Стандартиформ, 2010.
13. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений – М.: Минстрой России от 13.02.1997.
14. Федеральный образовательный портал по Основам безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] // URL:
<http://www.obzh.ru/pre/2-3.html>
15. Атаманчук П.С. Безопасность жизнедеятельности: научное пособие. – М.: Центр учебной литературы, 2011. – 276 с.