

| | |
|-------------------|--|
| | <p>Министерство науки и высшего образования РФ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА» (НГТУ) Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки</p> |
| НГТУ-ДПП 29/10-25 | |

«УТВЕРЖДАЮ»



Первый проректор-проректор
по образовательной деятельности

Е.Г. Ивашкин
2025 г.

**Дополнительная профессиональная программа
профессиональной переподготовки
«Ядерные паропроизводящие установки»**

« СОГЛАСОВАНО »

Директор Института
переподготовки специалистов

С.Б. Сорокин
2025 г.

Нижний Новгород

2025

Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки «Ядерные паропроизводящие установки» сост. ст.преподаватель Тарасова Н.П.: ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», 2025. - 54 с.

Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки «Ядерные паропроизводящие установки» (далее - программа профессиональной переподготовки) разработана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева») с учетом требований:

-Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

-порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, утвержденного приказом Минобрнауки России от 1 июля 2013 г. № 499;

-приказа Минобрнауки России от 29 марта 2019 г. № 178;

-глобальной технологической повестки (прогноз научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года);

-потребностям реального сектора экономики;

-профессионального стандарта 24.083 «Специалист-теплоэнергетик атомной станции», регистрационный номер № 1186, утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 04 июня 2018 г. № 349н;

-профессионального стандарта 24.078 «Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий», регистрационный номер № 1132, утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 16 марта 2018 г. № 149н;

- ФГОС 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», утвержденного приказом Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 148.

- ФГОС 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», утвержденного приказом Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 148.

К обучению могут быть допущены лица, имеющие высшее образование.

При успешном завершении программы слушатель получает диплом о профессиональной переподготовке.

Форма обучения: очно-заочная, с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ | 1 |
| 2. ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОГО ВИДА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ | 3 |
| 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ | 5 |
| 3.1. Трудовые функции | 5 |
| 3.2. Перечень планируемых результатов обучения..... | 6 |
| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ПО УЧЕБНОМУ ПЛАНУ | 12 |
| 4.1 Распределение трудоемкости программы по видам работ | 12 |
| 4.2. Учебный план программы «Ядерные паропроизводящие установки» | 12 |
| 4.3. Содержание программы, структурированное по темам (учебно-тематический план)..... | 13 |
| 4.4. Календарный учебный график | 20 |
| 5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ | 20 |
| 6. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ И КЕЙСЫ, ПРЕДУСМОТРЕННЫЕ В ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ | 21 |
| 7. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ И СРЕДСТВА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ..... | 35 |
| 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 36 |
| 9. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ..... | 37 |
| 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ПРОГРАММЫ | 38 |
| 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению программы | 38 |
| 10.2. Методические указания для занятий лекционного типа..... | 39 |
| 10.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся | 39 |
| 10.4. Методические рекомендации по практической части программы | 39 |
| 11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ | 39 |
| Приложение А. Рабочее содержание модулей | 45 |
| Рабочая программа модуля 1 | 45 |
| Рабочая программа модуля 2 | 46 |
| Рабочая программа модуля 3 | |

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Цель освоения дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки «Ядерные паропроизводящие установки» состоит в формировании комплексных знаний, умений и навыков в области атомной промышленности (в сфере использования ядерной энергетики и теплофизики) для получения и осуществления новых видов профессиональной деятельности «Специалист-теплоэнергетик атомной станции» в соответствии с профстандартом 24.083 «Специалист-теплоэнергетик атомной станции» (6 уровень квалификации), «Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий» в соответствии с профстандартом 24.078 «Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий» (6 уровень квалификации), направленного на обеспечение безопасной эксплуатации основного и вспомогательного тепломеханического оборудования АЭС при выработке тепловой и электрической энергии, выполнение прикладных научных исследований при разработке и проектировании основного оборудования судовых ядерных энергетических установок (ЯЭУ).

Программа включает в себя изучение основ физики ядерных реакторов и процессов тепломассопереноса, тепловых схем атомных электростанций и судовых ядерных энергетических установок (ЯЭУ), состава, компоновки и особенностей конструктивного исполнения и эксплуатации основного оборудования атомных электростанций и судовых ЯЭУ, основ безопасности, физических принципов управления и защиты атомных электростанций судовых ЯЭУ.

Задачи освоения программы:

1. Теоретическое изучение нейтронно-физических процессов и процессов тепломассообмена в судовой ЯЭУ; принципов действия и режимов эксплуатации основного оборудования и систем атомных электростанций и судовых ЯЭУ, основ безопасности атомных электростанций и судовых ЯЭУ;
2. Формирование навыков проведения расчетных и экспериментальных исследований при разработке основного оборудования и систем атомных электростанций и судовых ЯЭУ;
3. Освоение методик обработки и сравнительного анализа результатов расчетных и экспериментальных исследований при разработке основного оборудования атомных электростанций и систем судовых ЯЭУ;
4. Формирование навыков разработки отчетной документации при проведении расчетных и экспериментальных исследований.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОГО ВИДА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Обучение по программе предполагает согласно профессиональным стандартам 24.083 «Специалист-теплоэнергетик атомной станции» (рег. номер 1186), 24.078 «Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий» (рег. номер 1132) формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для выполнения трудовых действий на предприятии в соответствии с обобщенными трудовыми функциями «Эксплуатация и обслуживание оборудования и трубопроводов, основных фондов турбинного отделения АЭС» (А), «Проведение прикладных научных исследований в соответствии с рабочими планами по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии» (А).

В соответствии с программой реализуются **трудовые функции**, указанные в профессиональных стандартах:

1. 24.083 «Специалист-теплоэнергетик атомной станции»:

A/01.6 Техническая поддержка эксплуатации оборудования, технологических систем, трубопроводов горячей воды и пара;

A/02.6 Анализ технического состояния тепломеханического оборудования, технологических систем и трубопроводов;

2. 24.078 «Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий»:

А/01.6 Подготовка исходных данных, наладка экспериментальных стендов и установок для обеспечения выполнения научных исследований;

А/02.6 Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стенах и установках;

А/03.6 Обработка и анализ результатов расчетных исследований и экспериментальных измерений и составление отчетов по выполненным этапам работ.

В соответствии с ТФ А/01.6 «Техническая поддержка эксплуатации оборудования, технологических систем, трубопроводов горячей воды и пара» трудовая деятельность обученного лица будет включать в себя:

- выявление отклонений от графиков выполнения технических мероприятий, указанных в эксплуатационных и противоаварийных циркулярах, касающихся обслуживания оборудования;
- проверку безопасности условий производства работ по нарядам-допускам и распоряжениям;
- поддержание противопожарного режима в помещениях, чистоты на рабочих местах;
- проведение регистрации и технического освидетельствования оборудования и трубопроводов;
- выполнение работ при режимных и пусконаладочных испытаниях;
- выполнение оперативных распоряжений вышестоящего оперативного персонала и административно-технического руководства.

В соответствии с ТФ А/02.6 «Анализ технического состояния тепломеханического оборудования, технологических систем и трубопроводов» трудовая деятельность обученного лица будет включать в себя:

- систематический контроль поддержания работоспособности оборудования систем нормальной эксплуатации;
- информирование вышестоящего руководства о неисправностях оборудования, о возгораниях, несчастных случаях, произошедших в цеховых помещениях, о замечаниях со стороны надзорных органов;
- определение объема подготовительных и ремонтных работ по цеховому оборудованию при проведении плановых ремонтов;
- проверку безопасности условий производства работ по нарядам-допускам и распоряжениям;
- осуществление контроля выполнения объемов, сроков и качества технического обслуживания и ремонтов оборудования;
- выполнение приемки оборудования из ремонта.

В соответствии с ТФ А/01.6 «Подготовка исходных данных, наладка экспериментальных стендов и установок для обеспечения выполнения научных исследований» трудовая деятельность обученного лица будет включать в себя:

- составление рабочих планов выполнения заданий;
- выбор методики исследования и испытаний, используемых в атомной отрасли;
- подготовка исходных данных для используемых программных кодов моделирования физических процессов в экспериментальных стенах и установках;
- наладка и регулирование экспериментальных стендов и установок;
- проведение тестовых расчетов и поверочных измерений на установках и стенах.

В соответствии с ТФ А/02.6 «Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стенах и установках» трудовая деятельность обученного лица будет включать в себя:

- проведение расчетных исследований на сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи;
- проведение экспериментальных измерений на установках и стенах;
- обработка результатов расчетных исследований по сертифицированным кодам;

- ведение лабораторного журнала при проведении экспериментальных работ;
- сопоставление расчетных и экспериментальных данных;
- оценка погрешностей результатов измерений.

В соответствии с ТФ А/03.6 «Обработка и анализ результатов расчетных исследований и экспериментальных измерений и составление отчетов по выполненным этапам работ» трудовая деятельность обученного лица будет включать в себя:

- обработка результатов расчетных исследований, полученных с помощью сертифицированных кодов;
- обработка результатов экспериментальных исследований на стендах и установках с учетом погрешностей измерительных систем;
- первичный анализ полученных расчетных и экспериментальных данных;
- подготовка отчетов по результатам исследований.

При успешном завершении обучения слушатель программы «Ядерные паропроизводящие установки» может трудоустроиться как (возможные варианты):

- Инженер по организации эксплуатации энергетического оборудования
- Инженер-исследователь в области ядерно-энергетических технологий

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

3.1. Трудовые функции

Обучение по программе «Ядерные паропроизводящие установки» предполагает освоение соответствующих профессиональных компетенций в процессе изучения программы профессионального обучения (таблица 1).

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения

| Уровень квалификации | Обобщенные трудовые функции | Трудовые функции | Профессиональный стандарт |
|----------------------|---|--|--|
| 6 | Эксплуатация и обслуживание оборудования и трубопроводов, основных фондов турбинного отделения АЭС | A/01.6 Техническая поддержка эксплуатации оборудования, технологических систем, трубопроводов горячей воды и пара | 24.083 «Специалист-теплоэнергетик атомной станции» (рег. № 1186) |
| | | A/02.6 Анализ технического состояния тепломеханического оборудования, технологических систем и трубопроводов | |
| 6 | Проведение прикладных научных исследований в соответствии с рабочими планами по повышению эффективности и безопасности объектов исследования атомной энергии. | A/01.6 Подготовка исходных данных, наладка экспериментальных стендов и установок для обеспечения выполнения научных исследований | 24.078 «Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий» (рег. № 1132) |
| | | A/02.6 Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках | |
| | | A/03.6 – Обработка и анализ результатов расчетных исследований и экспериментальных измерений и составление отчетов по выполненным этапам работ | |

3.2. Перечень планируемых результатов обучения

Обучение по программе «Ядерные паропроизводящие установки» предполагает освоение соответствующих профессиональных компетенций в процессе изучения программы профессиональной переподготовки, с приобретением соответствующих знаний умений и навыков деятельности для формирования соответствующей компетенции(-ий) (таблица 2).

В соответствии с ФГОС 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» профессиональные компетенции определяются Организацией самостоятельно на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников. Формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской деятельности дает право на ведение новых видов профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными стандартами «Специалист-теплоэнергетик атомной станции», «Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий». Выпускники могут занимать следующие профессиональные должности в соответствии с единым квалификационным справочником: инженер по организации эксплуатации энергетического оборудования, инженер по эксплуатации оборудования.

В соответствии с трудовыми функциями планируются трудовые действия, перечисленные в пункте 2 данного документа.

Для проверки представленных в табл. 2 результатов освоения предусмотрен контроль знаний в виде Промежуточного контроля и Защиты выпускной аттестационной работы по итогам обучения.

Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по программе «Ядерные паропроизводящие установки»

| Код и наименование компетенции (трудовой функции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине | | | Оценочные средства | |
|---|--|--|--|--|-----------------------|
| | | | | Промежуточный контроль | Итоговая аттестация |
| A/01.6 Техническая поддержка эксплуатации оборудования, технологических систем, трубопроводов горячей воды и пара | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы ядерной физики и термодинамики - основы электротехники, механики, гидравлики, водоподготовки - методические и нормативные правовые акты по эксплуатации оборудования и коммуникаций - нормы и правила безопасности в области использования атомной энергии в рамках трудовой функции - информационные технологии и программное обеспечение - требования охраны труда - основные положения и правила культуры безопасности | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать данные измерений параметров и результатов проверок, опробований, испытаний оборудования - применять меры для обеспечения сохранности оборудования и условий его безопасной эксплуатации - заполнять бланки, формуляры заявок на ремонт помещений - применять эффективные методы планирования рабочего времени - применять информационные технологии, оргтехнику и средства связи | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методиками анализа данных измерений параметров и результатов проверок, опробований, испытаний оборудования; - навыками обеспечения сохранности, ремонта и эксплуатации оборудования - навыками применения информационных технологий, оргтехники и средств связи в профессиональной области - навыками оформления технической документации и планирования рабочего времени | <p>Вопросы тестов по темам в Odin, Практические работы</p> | <p>Защита проекта</p> |

| Код и наименование компетенции (трудовой функции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине | | | Оценочные средства | |
|--|---|--|---|--|---------------------|
| | | | | Промежуточный контроль | Итоговая аттестация |
| A/02.6 Анализ технического состояния тепломеханического оборудования, технологических систем и трубопроводов | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - правила организации технического обслуживания и ремонта систем и оборудования АЭС - технические характеристики обслуживаемого оборудования, устройство и порядок его работы, паспортные данные и пределы безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов - основные правила обеспечения эксплуатации АЭС - требования, предъявляемые к теплоносителю, и способы поддержания параметров водно-химического режима - основные положения и правила культуры безопасности | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать техническое состояние оборудования и технологических систем - определять готовность оборудования систем нормальной эксплуатации - определять объем подготовительных и ремонтных работ - применять приемы качественной подготовки к проведению ремонтов тепломеханического оборудования - применять информационные технологии, оргтехнику и средства связи - применять меры для обеспечения сохранности оборудования и условий его безопасной эксплуатации | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методиками анализа технического состояния оборудования и технологических систем; - навыками применения норм эксплуатации, ремонта и сохранности оборудования - навыками применения информационных технологий, оргтехники и средств связи в профессиональной области | <p>Вопросы тестов по темам в Odin, Практические работы</p> | |

| Код и наименование компетенции (трудовой функции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине | Оценочные средства | |
|--|--|--|---------------------|
| | | Промежуточный контроль | Итоговая аттестация |
| A/01.6 Подготовка исходных данных, наладка экспериментальных стендов и установок для обеспечения выполнения научных исследований | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные тенденции развития современных судовых ЯЭУ; - классификацию, состав оборудования и систем судовых ЯЭУ; - основные методы расчета и проектирования оборудования и систем судовых ЯЭУ - регламент проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулировать цели и задачи научно-исследовательских работ в обоснование проектных решений; - производить литературный поиск необходимых научно-технических материалов по тематике исследований - выбирать методы и оборудование для проведения научных исследований; - осуществлять подготовку исходных данных для выполнения научных исследований <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методиками проектирования оборудования и систем судовых ЯЭУ; - навыками разработки технической документации с применением современного программного обеспечения и информационных технологий | Вопросы тестов по темам в Odin, Практические работы | Защита проекта |

| Код и наименование компетенции (трудовой функции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине | | | Оценочные средства | |
|---|---|---|---|--|---------------------|
| | | | | Промежуточный контроль | Итоговая аттестация |
| A/02.6 Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - цели и задачи проводимых исследований; - математические методы и программные средства для проведения экспериментальных или расчетных исследований судовых ЯЭУ; - принцип действия и режимы работы основного оборудования и систем судовых ЯЭУ | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - составлять план проведения экспериментальных или расчетные исследования для решения научных и производственных задач при проектировании судовых ЯЭУ; - подобрать и обосновать математические методы и программные средства для проведения экспериментальных или расчетных исследований судовых ЯЭУ | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками проведения экспериментальных или теоретических исследований при проектировании оборудования и систем судовых ЯЭУ - навыками применения математических методов и программных средств для проведения экспериментальных или расчетных исследований судовых ЯЭУ | Вопросы тестов по темам в Odin, Практические работы | |

| Код и наименование компетенции (трудовой функции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине | | | Оценочные средства | |
|--|--|--|--|--|----------------------------|
| | | | | Промежуточный контроль | Итоговая аттестация |
| A/03.6 – Обработка и анализ результатов расчетных исследований и экспериментальных измерений и составление отчетов по выполненным этапам работ | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы средства обработки и сравнительного анализа результатов расчетных исследований и экспериментальных измерений; - способы оценки научно-технического уровня полученных результатов расчетных исследований и экспериментальных измерений. | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подобрать и обосновать современные методы средства обработки и сравнительного анализа результатов расчетных исследований и экспериментальных измерений | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками применения современного программного обеспечения для обработки и сравнительного анализа результатов расчетных исследований и экспериментальных измерений - навыками составления отчетов по выполненной работе с использованием современного программного обеспечения | Вопросы тестов по темам в Odin, Практические работы | |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ПО УЧЕБНОМУ ПЛАНУ

4.1 Распределение трудоемкости программы по видам работ

Общая трудоемкость программы «Ядерные паропроизводящие установки» составляет 256 часов с соответствующим распределением часов по видам работ (таблица 3).

Таблица 3 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

| Вид учебной работы | Трудоёмкость в час |
|--|--|
| Формат изучения программы | с использованием элементов электронного обучения |
| Общая трудоёмкость программы по учебному плану | 256 |
| 1. Контактная работа: | 180 |
| 1.1. Аудиторная работа, в том числе: | 156 |
| Дистанционные занятия лекционного типа (Л) | 46 |
| Дистанционные занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др.) | 110 |
| 1.2. Внеаудиторная, в том числе | 24 |
| контактная работа на итоговом контроле | 24 |
| 2. Самостоятельная работа (СРС) | 76 |
| реферат/эссе (подготовка) | - |
| расчёто-графическая работа (РГР) (подготовка) | - |
| самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям, коллоквиум и т.д.) | 76 |

4.2. Учебный план программы «Ядерные паропроизводящие установки»

| № п/п | Наименование раздела (модуля) | Общая трудоемкость | Форма контроля |
|-------|--|--------------------|--|
| 1. | Особенности конструктивного исполнения и эксплуатации основного оборудования судовых ЯЭУ | 24 | Тестовые задания, Зачет |
| 2. | Атомные энергетические установки судов ледового плавания | 26 | Тестовые задания, Зачет |
| 3. | Обеспечение безопасности судовых ядерных энергетических установок | 24 | Тестовые задания, Зачет |
| 4. | Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ | 90 | Тестовые задания, Практические работы, Экзамен |
| 5. | Парогенераторы и теплообменники | 58 | Тестовые задания, Практические работы, Экзамен |
| 6. | Итоговая аттестация | 34 | Защита проекта |
| 7. | Итого: | 256 | |

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ)
УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**

**Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки
«Ядерные паропроизводящие установки»**

Категория слушателей: – лица, имеющие среднее профессиональное образование

Срок обучения: – 3,5-5 мес.

Форма обучения: очно-заочная с применением дистанционных технологий

| № /п | Наименование дисциплин (модулей, курсов), разделов, тем | Срок освоения / трудоемкость | Контактные часы, в.т.ч. с применением ДОТ | | | | | | СРС, ч. ДОТ | Формы контроля | |
|--|---|------------------------------|---|-----------------------|---------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|---|
| | | | лекции | | лабораторные работы | | практические и семинарские занятия | | | | |
| | | | Всего , ч. | из них с ДОТ, ч / (%) | Всего , ч | из них с ДОТ, ч | Всего, ч | из них с ДОТ, ч | Всего, ч | из них с ДОТ, ч | |
| Модуль 1. Особенности конструктивного исполнения и эксплуатации основного оборудования судовых ЯЭУ) | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Тема 1.1: Эволюция гражданских судовых РУ. Общие характеристики и принципиальная схема РУ РИТМ-200. | | 7 | 3/42,8 | 2 | | | | 2 | | 3 |
| 1.2 | Тема 1.2: Система первого контура: основной контур циркуляции теплоносителя первого контура, система компенсации давления, система очистки и расходления. Назначение, | | 7 | 3/42,8 | 2 | | | | 2 | | 3 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------|--------------|----------|--|--|--|----------|--|-----------|
| | характеристики, состав оборудования, режимы работы, правила эксплуатации и хранения. | | | | | | | | | |
| 1.3 | Тема 1.3: Конструкция и состав активной зоны реактора. | 5 | 2/40 | 1 | | | | 2 | | 2 |
| 1.4 | Тема 1.4: Исполнительные механизмы приводов СУЗ. Конструкция, характеристики, правила эксплуатации. | 5 | 2/40 | 1 | | | | 2 | | 2 |
| | Итого по модулю 1. | 24 | 10/41 | 6 | | | | 8 | | 10 |
| Модуль 2. Атомные энергетические установки судов ледового плавания | | | | | | | | | | |
| 2.1 | Тема 2.1: Контролируемая ядерная реакция | 2 | 0,5/25 | 0,5 | | | | 1 | | 0,5 |
| 2.2 | Тема 2.2: Классификация ядерных реакторов | 2 | 0,5/25 | 0,5 | | | | 1 | | 0,5 |
| 2.3 | Тема 2.3: Парогенерирующий блок | 2 | 0,5/25 | 0,5 | | | | 1 | | 0,5 |
| 2.4 | Тема 2.4: Корпус реактора, крышка реактора, их соединение и уплотнение | 2 | 0,5/25 | 0,5 | | | | 1 | | 0,5 |
| 2.5 | Тема 2.5: Внутрикорпусное устройство реактора | 3 | 1,5/50 | 0,5 | | | | 1 | | 1,5 |

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----------|-------------|----------|--|--|--|--|-----------|----------|--------------|
| 2.6 | Тема 2.6: Парогенератор | 3 | 1,5/50 | 0,5 | | | | | 1 | 1,5 | |
| 2.7 | Тема 2.7: Циркуляционный насос первого контура | 3 | 1,5/50 | 0,5 | | | | | 1 | 1,5 | |
| 2.8 | Тема 2.8: Теплообменник 1-3 контура | 3 | 0 | 1 | | | | | 2 | 0 | |
| 2.9 | Тема 2.9: Ионообменный фильтр | 3 | 0 | 1 | | | | | 2 | 0 | |
| 2.10 | Тема 2.10: Система компенсации давления теплоносителя 1 контура | 3 | 1,5/50 | 0,5 | | | | | 1 | 1,5 | |
| | Итого по 2 модулю | 26 | 8/30 | 6 | | | | | 12 | 8 | зачет |

Модуль 3. Обеспечение безопасности судовых ядерных энергетических установок

| | | | | | | | | | | | |
|-----|--|---|------|---|--|--|--|--|---|---|--|
| 3.1 | Тема 3.1: Основные принципы обеспечения безопасности | 4 | 2/50 | 1 | | | | | 1 | 2 | |
| 3.2 | Тема 3.2: Основные принципы безопасности | 4 | 2/50 | 1 | | | | | 1 | 2 | |
| 3.3 | Тема 3.3: Нормы безопасности | 4 | 2/50 | 1 | | | | | 1 | 2 | |
| 3.4 | Тема 3.4: Системы безопасности судовых | 4 | 2/50 | 1 | | | | | 1 | 2 | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------|--------------|----------|--|--|--|----------|--|-----------|--------------|
| | ядерных энергетических установок | | | | | | | | | | |
| 3.5 | Тема 3.5: Обоснование безопасности судовых ядерных энергетических установок | 4 | 1/25 | 1 | | | | 2 | | 1 | |
| 3.6 | Тема 3.6: Вероятностный анализ безопасности судовых ядерных энергетических установок | 4 | 1/25 | 1 | | | | 2 | | 1 | |
| | Итого по 3 модулю | 24 | 10/41 | 6 | | | | 8 | | 10 | зачет |
| | Промежуточная аттестация | 1 | | | | | | 1 | | | зачет |
| Модуль 4. Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ | | | | | | | | | | | |
| 4.1 | Тема 4.1: Основные положения, термины и определения курса тепломассообмена | 3 | 1/33 | 1 | | | | 1 | | 1 | |
| 4.2 | Тема 4.2: Теплопроводность в твердых телах | 4 | 2/50 | 1 | | | | 1 | | 2 | |
| 4.3 | Тема 4.3: Конвективный теплообмен | 4 | 2/50 | 1 | | | | 1 | | 2 | |
| 4.4 | Тема 4.4: Теплопередача и пути её интенсификации | 3 | 1/33 | 1 | | | | 1 | | 1 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|--|---|------|-----|--|--|--|--|-----|--|---|--|
| 4.5 | Тема 4.5: Теплоизоляционные покрытия | 3 | 1/33 | 1 | | | | | 1 | | 1 | |
| 4.6 | Тема 4.6: Лучистый теплообмен | 3 | 1/33 | 1 | | | | | 1 | | 1 | |
| 4.7 | Тема 4.7: Теплообмен при фазовых превращениях | 3 | 1/33 | 1 | | | | | 1 | | 1 | |
| 4.8 | Тема 4.8: Основы расчета теплообменных аппаратов | 3 | 1/33 | 1 | | | | | 1 | | 1 | |
| 4.9 | Тема 4.9: Основы гидравлики | 3 | 1/33 | 1 | | | | | 1 | | 1 | |
| 4.10 | Тема 4.10: Ядерный реактор как источник тепла | 2 | 1/50 | 0,5 | | | | | 0,5 | | 1 | |
| 4.11 | Тема 4.11: Основные характеристики ядер | 4 | 2/50 | 1 | | | | | 1 | | 2 | |
| 4.12 | Тема 4.12: Взаимодействие нейтронного излучения с веществом | 2 | 2/50 | 0,5 | | | | | 0,5 | | 1 | |
| 4.13 | Тема 4.13: Диффузия нейтронов | 2 | 1/50 | 0,5 | | | | | 0,5 | | 1 | |
| 4.14 | Тема 4.14: Замедление нейтронов | 2 | 1/50 | 0,5 | | | | | 0,5 | | 1 | |
| 4.15 | Тема 4.15: Коэффициент размножения нейтронов в бесконечной среде и в среде конечных размеров | 4 | 2/50 | 1 | | | | | 1 | | 2 | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------|--------------|-----------|--|--|--|--|-----------|-----------|----------------|
| 4.16 | Тема 4.16: Критические размеры гомогенного реактора | 3 | 1/33 | 1 | | | | | 1 | 1 | |
| | Итого по 4 модулю | 48 | 20/41 | 14 | | | | | 14 | 20 | экзамен |
| Модуль 5. Парогенераторы и теплообменники | | | | | | | | | | | |
| 5.1 | Тема 5.1: Принципиальные схемы генерации пара в ЯЭУ и классификация парогенераторов (ПГ) и теплообменников (ТО) | 4 | 2/50 | 1 | | | | | 1 | 2 | |
| 5.2 | Тема 5.2: Теплообменные аппараты | 4 | 2/50 | 1 | | | | | 1 | 2 | |
| 5.3 | Тема 5.3: Параметры пара, вырабатываемого ПГ ЯЭУ | 5 | 2/40 | 2 | | | | | 1 | 2 | |
| 5.4 | Тема 5.4: Выбор теплоносителя первого контура ЯЭУ | 5 | 2/40 | 2 | | | | | 1 | 2 | |
| 5.5 | Тема 5.5: Конструкция и характеристики ПГ горизонтального типа | 5 | 2/40 | 2 | | | | | 1 | 2 | |
| 5.6 | Тема 5.6: Конструктивные схемы вертикальных ПГ | 5 | 2/40 | 2 | | | | | 1 | 2 | |
| 5.7 | Тема 5.7: Конструкционные материалы ПГ ЯЭУ | 6 | 2/50 | 2 | | | | | 1 | 3 | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|---|------------|----------------|-----------|--|--|--|------------|--|-----------|----------------|
| 5.8 | Тема 5.8: Конструкция ПГ ЯЭУ. Основы конструкторского расчета | 6 | 3/50 | 2 | | | | 1 | | 3 | |
| | Итого по 5 модулю | 40 | 18/45 | 14 | | | | 8 | | 18 | экзамен |
| | Стажировка | 60 | 0/0 | | | | | 60 | | 0 | зачет |
| | Итоговая аттестация | 33 | 10/30 | | | | | 23 | | 10 | Защита проекта |
| | Итого | 256 | 76/29,6 | 46 | | | | 134 | | 76 | |

4.4. Календарный учебный график

Календарный учебный график для освоения программы «Ядерные паропроизводящие установки» составляется индивидуально для каждой группы слушателей. Календарный учебный график представлен в форме расписания занятий при наборе группы на обучение. Сроки реализации программы: 3 мес. Ориентировочный календарный учебный график представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Календарный учебный график

| Недели | Разделы | Преподаватели |
|--------|--|--|
| 1 | Модуль 1. Особенности конструктивного исполнения и эксплуатации основного оборудования судовых ЯЭУ | Новиков Д.И. |
| 2-3 | Модуль 2. Атомные энергетические установки судов ледового плавания | Демарев И.В. |
| 4-5 | Модуль 3. Обеспечение безопасности судовых ядерных энергетических установок | Былов И.А. |
| 6-8 | Модуль 4. Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ | Самойлов А.М. |
| 9-11 | Модуль 5. Парогенераторы и теплообменники | Хохлов В.Н. |
| 12-13 | Стажировка | Сотрудники ОКБМ |
| 14 | Итоговая аттестация | Новиков Д.И., Демарев И.В., Былов И.А., Самойлов А.М., Хохлов В.Н., Андреев В.В., Тарасова Н.П. |

5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ

Преподавательский состав, обеспечивающий образовательный процесс, обладает высшим образованием в области соответствующих разделов программы профессиональной переподготовки и стажем преподавания по изучаемой тематике не менее 1 года и (или) практической работы в областях знаний, предусмотренных разделами данной программы, не менее 5 (пяти) лет (таблица 6).

Таблица 6 – Кадровое обеспечение программы

| Профессорско-преподавательский состав программы | | | | |
|---|-----------------------------|--|--|--|
| № п/п | Фамилия, имя, отчество | Образование (вуз, год окончания, специальность) | Должность, ученая степень, звание. Стаж работы в данной или аналогичной должности, лет | Перечень основных научных и учебно-методических публикаций |
| 1. | Андреев Вячеслав Викторович | Горьковский политехнический институт (1989), Физико-энергетические установки | Профессор, д.т.н., профессор, стаж 32 года | Более 370 публикаций, в т.ч. Scopus, Web of Science, ВАК |

| № п/п | Фамилия, имя, отчество | Образование (вуз, год окончания, специальность) | Должность, ученая степень, звание. Стаж работы в данной или аналогичной должности, лет | Перечень основных научных и учебно- методических публикаций |
|----------|----------------------------------|---|--|--|
| 2. | Былов Игорь Александрович | Высшее военно- морское инженерное училище им. Ф.Э. Дзержинского, (1986), Физико-энергетические установки | Доцент, к.т.н., стаж 5 лет | 18 публикаций, в т.ч. Scopus, Web of Science, ВАК |
| 3. | Демарев Иван Вячеславович | ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (2023), Ядерные реакторы и материалы | Ассистент, стаж 2 года | 4 публикации ВАК |
| 4. | Новиков Денис Ильич | ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (2021), Ядерные физика и технологии | Аспирант НГТУ, 4 год обучения, стаж 4 года | Более 50 публикаций, в т.ч. ВАК |
| 5. | Самойлов Александр Максимович | ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (2023), Ядерные физика и технологии | Ассистент, стаж 2 года | Более 50 публикаций, в т.ч. ВАК |
| 6. | Тарасова Наталья Павловна | Горьковский политехнический институт (1990), Физико-энергетические установки | Старший преподаватель, стаж 25 лет | Более 50 публикаций, в т.ч. Scopus, ВАК |
| 7. | Хохлов Валерий Николаевич | Горьковский политехнический институт (1980), Физико-энергетические установки | Доцент, к.т.н., стаж 23 года | Более 30 публикаций, в т.ч. ВАК |

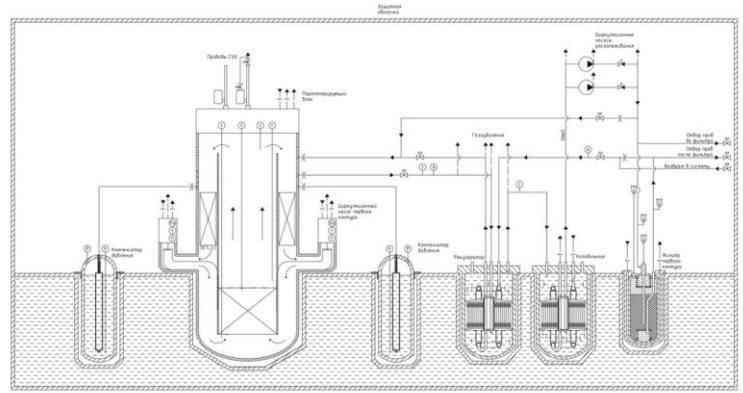
6. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ И КЕЙСЫ, ПРЕДУСМОТРЕННЫЕ В ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

В ходе реализации программы рассматриваются практико-ориентированные задания по расчету и анализу нейтронно-физических и теплогидравлических параметров, конструктивных характеристик судовой ЯЭУ.

Примеры практических заданий

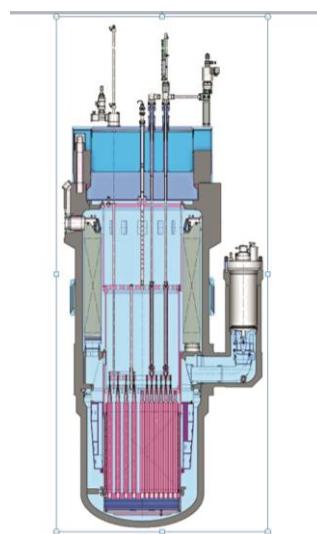
Практическая работа № 1 по модулю 1 «Особенности конструктивного исполнения и эксплуатации основного оборудования судовых ЯЭУ»: Эволюция гражданских судовых РУ. Общие характеристики и принципиальная схема РУ РИТМ-200.

Краткое описание работы: назначение, принцип действия реакторной установки РИТМ-200, показать и пояснить на схеме, приведенной ниже, основные элементы принципиальной схемы реакторной установки РИТМ-200.



Практическая работа № 2 по модулю 1 «Особенности конструктивного исполнения и эксплуатации основного оборудования судовых ЯЭУ»: Система первого контура: основной контур циркуляции теплоносителя первого контура, система компенсации давления, система очистки и расхолаживания. Назначение, характеристики, состав оборудования, режимы работы, правила эксплуатации и хранения.

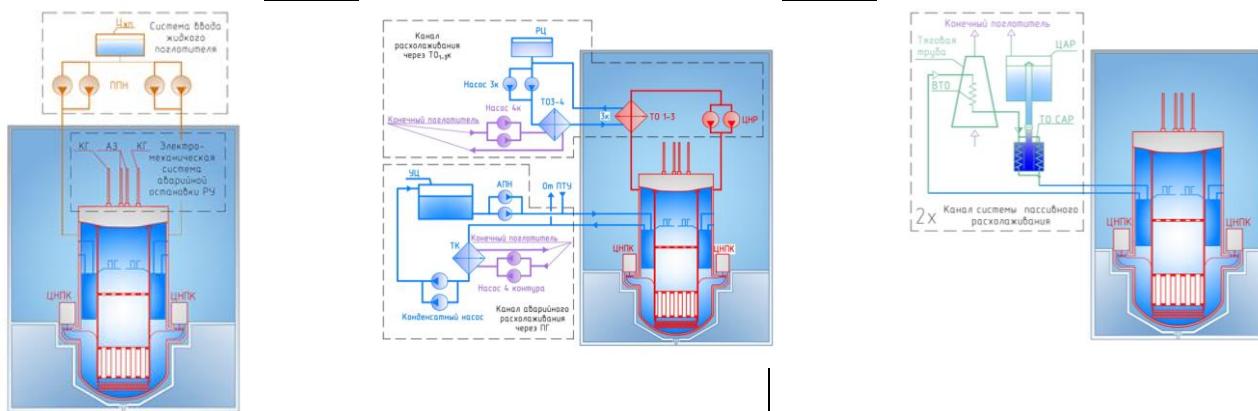
Краткое описание работы: назначение и принцип действия основного контура циркуляции, показать и пояснить на схеме, приведенной ниже, элементы основного контура циркуляции.



Практическая работа № 3 по модулю 1 «Особенности конструктивного исполнения и эксплуатации основного оборудования судовых ЯЭУ»: Система первого контура: основной контур циркуляции теплоносителя первого контура, система компенсации давления, система очистки и

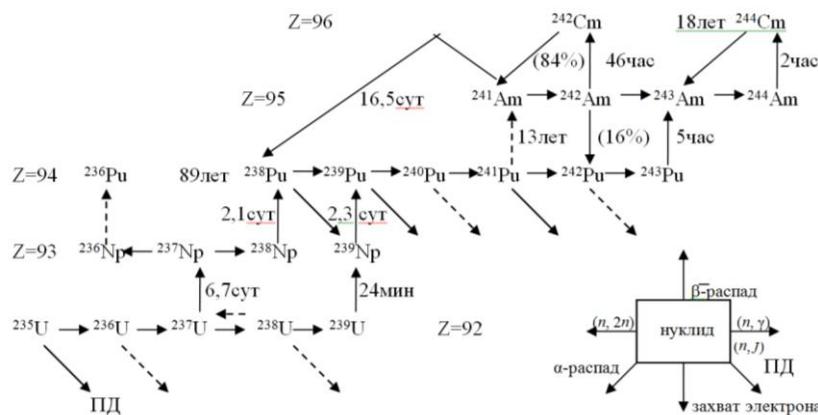
расхолаживания. Назначение, характеристики, состав оборудования, режимы работы, правила эксплуатации и хранения.

Краткое описание работы: назначение, принцип действия реакторной установки РИТМ-200, показать и пояснить на схемах, приведенных ниже, основные элементы, оборудование и системы реакторной установки РИТМ-200, принципы обеспечения ее безопасности.



Практическая работа № 1 по модулю 2 «Атомные энергетические установки судов ледового плавания»: контролируемая ядерная реакция.

Краткое описание работы: показать и пояснить на схеме, приведенной ниже процессы образования важнейших нуклидов в уран-плутониевом цикле.

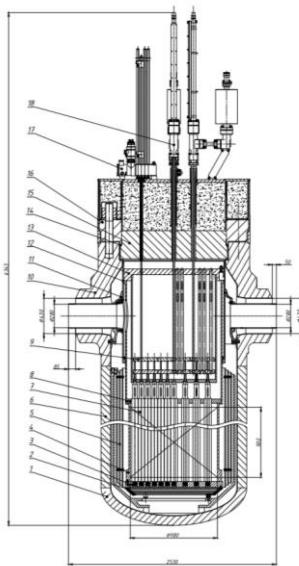


Практическая работа № 2 по модулю 2 «Атомные энергетические установки судов ледового плавания»: классификация ядерных реакторов.

Краткое описание работы: перечислить основные классы ядерных реакторов, особенности их конструкции и эксплуатации, область применения, достоинства, недостатки.

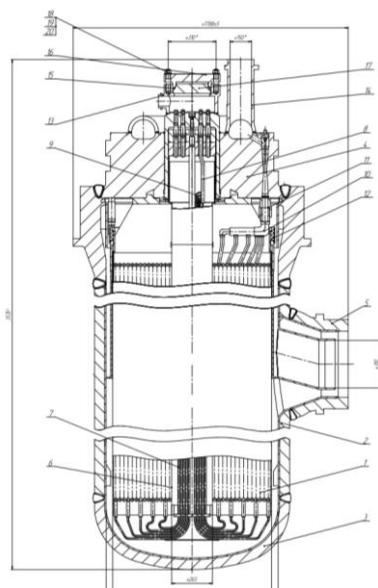
Практическая работа № 3 по модулю 2 «Атомные энергетические установки судов ледового плавания»: корпус реактора, крышка реактора, их соединение и уплотнение.

Краткое описание работы: показать на приведенном рисунке элементы конструкции корпуса и крышки реактора, способ их соединения и уплотнения. Показать схему движения теплоносителя.



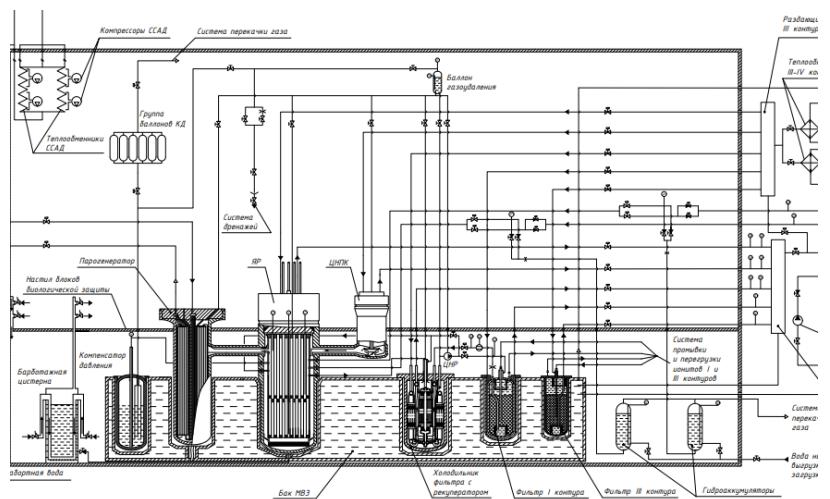
Практическая работа № 4 по модулю 2 «Атомные энергетические установки судов ледового плавания»: корпус реактора, крышка реактора, их соединение и уплотнение.

Краткое описание работы: показать на приведенной схеме элементы конструкции парогенератора.



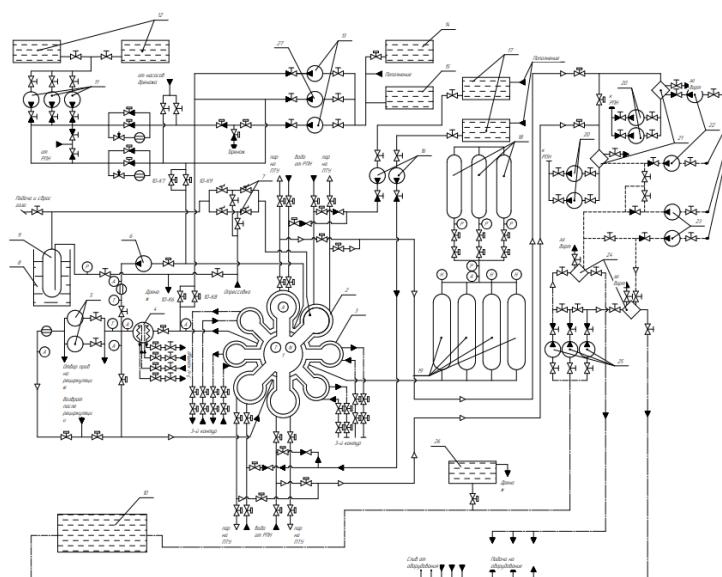
Практическая работа № 1 по модулю 3 «Обеспечение безопасности судовых ядерных энергетических установок»: основные принципы обеспечения безопасности.

Краткое описание работы: перечислите основные барьеры безопасности и покажите их на рисунке



Практическая работа № 2 по модулю 3 «Обеспечение безопасности судовых ядерных энергетических установок»: основные принципы обеспечения безопасности.

Краткое описание работы: перечислите основные системы безопасности ядерной энергетической установки и покажите их на схеме



Практическая работа № 1 по модулю 4 «Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ»: распределение температуры по толщине простых тел.

Краткое описание работы: в зависимости от граничных условий получить распределение температуры по толщине талы простой геометрической формы (пластина, цилиндрическая стенка и т.д.).

Практическая работа № 2 по модулю 4 «Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ»: определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной и свободной конвекции.

Краткое описание работы: определить величину коэффициента теплоотдачи внутри канала простой формы (труба, продольно омываемый пучок труб в кожухе и т.д.) при вынужденном течении

среды. Определить величину коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции около тел простой формы (труба, пластина и т.д.)

Практическая работа № 3 по модулю 4 «Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ»: определение толщины многослойной теплоизоляции.

Краткое описание работы: определить требуемую толщину двухслойной теплоизоляции (и каждого из слоев отдельно), выполненной в виде слоя футеровки и теплоизоляционного покрытия. Толщины определяются на основании требований по температуре применения теплоизоляционного покрытия.

Практическая работа № 4 по модулю 4 «Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ»: определение коэффициента теплопередачи для простого теплообменника коаксиального типа (труба в трубе).

Краткое описание работы: рассчитать коэффициент теплопередачи для теплообменника типа «труба в трубе». В качестве обменивающихся теплом сред принимаются вода и воздух с заданными параметрами. Расчетом показать, каким образом можно интенсифицировать процесс теплопередачи.

Практическая работа № 5 по модулю 4 «Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ»: расчёт теплообменника.

Краткое описание работы: определить требуемую величину поверхности теплообмена для кожухотрубного теплообменника типа «труба в трубе» и конечную температуру рабочего тела по известным: расходам рабочего тела и теплоносителя, начальным температурам рабочего тела и теплоносителя, конечной температуре теплоносителя и давлениям обеих сред. Потерями давления пренебречь.

Практическая работа № 6 по модулю 4 «Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ»: построение гидравлической характеристики простого трубопровода.

Краткое описание работы: построить гидравлическую характеристику простого трубопровода конечной длины с местным сопротивлением в диапазоне чисел Рейнольдса от 0 до начала автомодельной области.

Практическая работа № 7 по модулю 4 «Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ»: определение ядерных концентраций материалов активной зоны.

Краткое описание работы: рассчитать ядерную концентрацию элементов, входящих в состав гомогенной активной зоны реактора по известной геометрии тепловыделяющих сборок и составу активной зоны.

Практическая работа № 8 по модулю 4 «Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ»: расчет макроскопического сечения взаимодействия.

Краткое описание работы: для предыдущей задачи произвести расчёт макроскопических сечений взаимодействия. Микроскопические сечения, требуемые для расчета, принимаются в соответствии с табличными данными.

Практическая работа № 9 по модулю 4 «Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ»: расчёт коэффициента размножения нейтронов в бесконечной среде.

Краткое описание работы: произвести расчет коэффициента размножения нейтронов в бесконечной среде по формуле четырех сомножителей.

Практическая работа № 1 по модулю 5 «Парогенераторы и теплообменники»: расчет температурных напоров

Краткое описание работы: на основании характеристик танкера и принятого прототипа парогенератора (ПГ) произвести расчет температурных напоров и построить график температурных напоров.

1. Введение

Проектируемый парогенератор (ПГ) входит в состав ядерной энергетической установки (ЯЭУ) (всего 4 ПГ), тепловая схема которой рассчитана применительно к использованию на танкере со следующими основными характеристиками [1]:

1. Мощность на винтах $N_e = 35 \text{ МВт}$.
2. Начальные параметры пара (на выходе из ПГ):
давление $p_{ne} = 3,2 \text{ МПа}$, температура $t_{ne} = 315^{\circ}\text{C}$.
3. Давление пара в конденсаторе $p_x = 5 \text{ кПа}$.
4. Три ступени регенеративного подогрева:
-Условно-смесительная
-Смесительная (деаэратор)
-Поверхностная
5. Давление в деаэраторе $p_d = 0,255 \text{ МПа}$.

В качестве основного прототипа принят ПГ-28с.

2. Принцип работы ПГ-28с.

Теплоноситель 1 контура (вода высокой чистоты под давлением) подается в ПГ через внутренний канал главного патрубка, по кольцевому зазору между корпусом и разделительной обечайкой поднимается в верхнюю полость ПГ, затем опускается вниз, омывая снаружи трубную систему и отдавая тепло теплоносителю 2 контура. После трубной системы среда 1 контура по кольцевому зазору между корпусом и обечайкой змеевиков поднимается вверх и через кольцевой канал главного патрубка отводится из ПГ.

Питательная вода через патрубок Ду65 подается в питательную камеру, раздается по 20 коллекторам дроссельных пакетов, по дроссельным трубам $6 \times 1,5 \text{ мм}$ и питательным трубам $10 \times 1,5 \text{ мм}$ и поступает в трубы $22 \times 2,5 \text{ мм}$. В трубах $22 \times 2,5 \text{ мм}$ питательная вода нагревается, испаряется, затем в виде перегретого пара из паросборных коллекторов секций поступает в торовый коллектор крышки и через патрубок Ду150 отводится из ПГ.

3. Краткое описание конструкций и принцип работы

3.1. Парогенератор ПГ-28с – вертикальный рекуперативный теплообменник со змеевиковой теплопередающей поверхностью из титановых сплавов и принудительной циркуляцией рабочих сред.

Движение рабочих сред – противоточное:

- теплоноситель 1 контура (вода под давлением) движется в межтрубном пространстве сверху вниз;
- теплоноситель 2 контура (питательная вода – пароводяная смесь – перегретый пар) движется внутри труб снизу вверх.

По типу циркуляции теплоносителя 2 контура парогенератор ПГ-28с – прямоточный.

В режимах расхолаживания РУ циркуляция теплоносителя 1 контура – принудительная и естественная при принудительной или естественной подаче питательной воды в ПГ.

3.2. ПГ-28с состоит из:

- прочно плотного корпуса с главным патрубком типа «труба в трубе» для подвода-отвода теплоносителя 1 контура и узлами крепления ПГ на баке МВЗ;
- внутреннего устройства, включающего крышку ПГ с узлами подвода-отвода рабочего тела 2 контура и трубную систему змеевикового типа с дроссельными пакетами.

3.3. Трубная система выполнена в виде сборки 15 цилиндрических многозаходных змеевиков из труб $22 \times 2,5 \text{ мм}$. Количество труб $22 \times 2,5 \text{ мм}$ в трубной системе – 87. Дистанционирование змеевиков производится с помощью дистанционирующих полос, устанавливаемых при навивке змеевиков групповым методом. Снаружи змеевики окружены цилиндрической обечайкой.

Для удаления газа из верхней части трубной системы и повышения теплоотвода в ПГ при аварийной разгерметизации 1 контура («большая неотсекаемая течь») в наружной обечайке трубой системы выполнены 8 отверстий диаметром 5 мм, равномерно расположенных по окружности на расстоянии 160 мм ниже оси главного патрубка.

По полости 2 контура трубная система разделена на 20 автономных секций. Дроссельные пакеты выполнены из труб $6 \times 1,5$ мм и $10 \times 1,5$ мм и предназначены для входного шайбования каждой парогенерирующей трубы $22 \times 2,5$ мм с целью обеспечения гидродинамически устойчивой работы ПГ по 2 контуру.

В крышке ПГ выполнены 20 вертикальных паровых каналов, объединенных в общий торовый коллектор с патрубком Ду65 для подвода питательной воды.

4. Расчет температурных напоров

Таблица 1.

| № п/п | Наименование | Об озн аче ние | Раз мер ност ь | Формула или источник | Значение | | Примеч ания |
|----------|---|--|--|---|-----------------|---|------------------------------|
| | | | | | I конт ур | II контур | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Паропроизводительность | D_{re} | кг/с | Из [1] D/4, D=30 | | 12,62 | |
| 2 | Температура и давление перегретого пара | t_{re} p_{re} | $^{\circ}\text{C}$ Мпа | Из [1] Из [1] | | 315 3,2 | |
| 3 | Принятые значения гидравлических потерь ПГ по 2 конттуру | Δp_2^T | Мпа | По прототипу ПГ-28с | | 1 | С учетом дроссел ир |
| 4 | Температура и давление питательной воды | p_{re} t_{re} | Мпа $^{\circ}\text{C}$ | $p_{re} + \Delta p_2^T = i_{re}(p_{re}, t_{re}),$ ($P_d = 0,141$ Мпа) | | 4,2 110 | |
| 5 | Теплофизические свойства перегретого пара | i_{pe} ρ_{pe} Pr_{pe} | кДж/кг кг/м ³ - | Таблицы [2] | | 3026,26 12,76 1,029 | |
| 6 | Теплофизические свойства питательной воды | i_{pw} ρ_{pw} Pr_{pw} | кДж/кг кг/м ³ - | Таблицы [2] | | 464,1 952,7 1,578 | |
| 7 | Принятое значение гидравлических потерь пароперегревательного участка | Δp_{re} | Мпа | По предварительным расчетам | | 0,1 | |
| 8 | Давление насыщения | p_s | Мпа | $p_{re} + \Delta p_{re}$ | | 3,3 | |
| 9 | Параметры воды на линии насыщения | t_s i' i'' r ρ' ρ'' | $^{\circ}\text{C}$ кДж/кг кДж/кг кДж/кг кг/м ³ кг/м ³ | Таблицы [2] | | 239,2 1033,72 2803 1812 814,49 16,51 | |
| 10 | Тепловая мощность экономайзерного участка | Q_{ekn} | кВт | $D_{re}(i' - i_{re})$ | 7188,5 | | |
| 11 | Тепловая мощность испарительного участка | Q_{etn} | кВт | $D_{re}(i'' - i')$ | 22866,99 | | |
| 12 | Тепловая мощность перегревательного участка | Q_{re} | кВт | $D_{re}(i_{re} - i'')$ | 2817,49 | | |
| 13 | Средняя температура греющего водяного теплоносителя | \bar{T} | $^{\circ}\text{C}$ | $0,5(T_{ex} + T_{ax})$ | 315 | | |
| 14 | Средняя теплоемкость греющего водяного теплоносителя | \bar{c}_p | кДж/кг $^{\circ}\text{C}$ | Давление в I контуре 18 Мпа. | 5,96 | | |

| | | | | | | | |
|----|---|---------------------------------------|----------------------|---|--------|--|--|
| 15 | Массовый расход теплоносителя I контура | G | $\text{кг}/\text{с}$ | $\frac{Q_{\text{экн}} + Q_{\text{тп}} + Q_{\text{рп}}}{\bar{c}_p \cdot \Delta T_i}, \Delta T_i = 20^\circ\text{C}$ | 183,9 | | |
| 16 | Температура теплоносителя на входе в испарительный участок | $T_{\text{исп}}$ | $^\circ\text{C}$ | $T_{\text{исп}} - \frac{Q_{\text{рп}}}{\bar{c}_p G}$ | 327,4 | | |
| 17 | Температура теплоносителя на входе в экономайзерный участок | $T_{\text{эконом}}$ | $^\circ\text{C}$ | $T_{\text{исп}} - \frac{Q_{\text{тп}}}{\bar{c}_p G}$ | 306,6 | | |
| 18 | Среднелогарифмический напор экономайзерного участка | $\overline{\Delta t}_{\text{эконом}}$ | $^\circ\text{C}$ | $\frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_M}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_M}\right)}$ $\Delta t_{\delta} = T_{\text{исп}} - t_{\text{рп}}$ $\Delta t_M = T_{\text{эконом}} - t_s$ | 118,27 | | |
| 19 | То же для испарительного участка | $\overline{\Delta t}_{\text{исп}}$ | $^\circ\text{C}$ | $\Delta t_{\delta} = T_{\text{исп}} - t_s$ $\Delta t_M = T_{\text{эконом}} - t_s$ | 77,33 | | |

Продолжение таблицы 1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|---|---|------------------|--|----------|-----|---|
| 20 | То же для пароперегревательного участка | $\overline{\Delta t}_{\text{рп}}$ | $^\circ\text{C}$ | $\Delta t_{\delta} = T_{\text{исп}} - t_s$ $\Delta t_M = T_{\text{исп}} - t_{\text{рп}}$ | 41,33 | | |
| 21 | Принятое значение X_{kp} на испарительном участке | X_{kp} | - | В соответствии с [3]. | | 0,5 | |
| 22 | Мощность испарительного участка с пузырьковым кипением | $Q_{\text{исп}}^{\text{пз}}$ | кВт | $x_{kp} Q_{\text{исп}}$ | 11433,49 | | |
| 23 | Мощность испарительного участка с ухудшенной теплоотдачей | $Q_{\text{исп}}^{\text{ухудш}}$ | кВт | $Q_{\text{исп}} - Q_{\text{исп}}^{\text{пз}}$ | 11433,49 | | |
| 24 | Температура теплоносителя на границе участков | $T_1^{\text{пз}}$ | $^\circ\text{C}$ | $0,5(T_{\text{исп}} + T_{\text{эконом}})$ | 316,99 | | |
| 25 | Соответствующие температурные напоры | $\overline{\Delta t}_{\text{исп}}^{\text{пз}}$ | $^\circ\text{C}$ | $\frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_M}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_M}\right)}$ $\Delta t_{\delta} = T_1^{\text{пз}} - t_s$ $\Delta t_M = T_{\text{эконом}} - t_s$ | 72,45 | | |
| | | $\overline{\Delta t}_{\text{исп}}^{\text{ухудш}}$ | $^\circ\text{C}$ | $\Delta t_{\delta} = T_{\text{исп}} - t_s$ $\Delta t_M = T_1^{\text{пз}} - t_s$ | 82,90 | | |

По рассчитанным температурам построим график температурных напоров

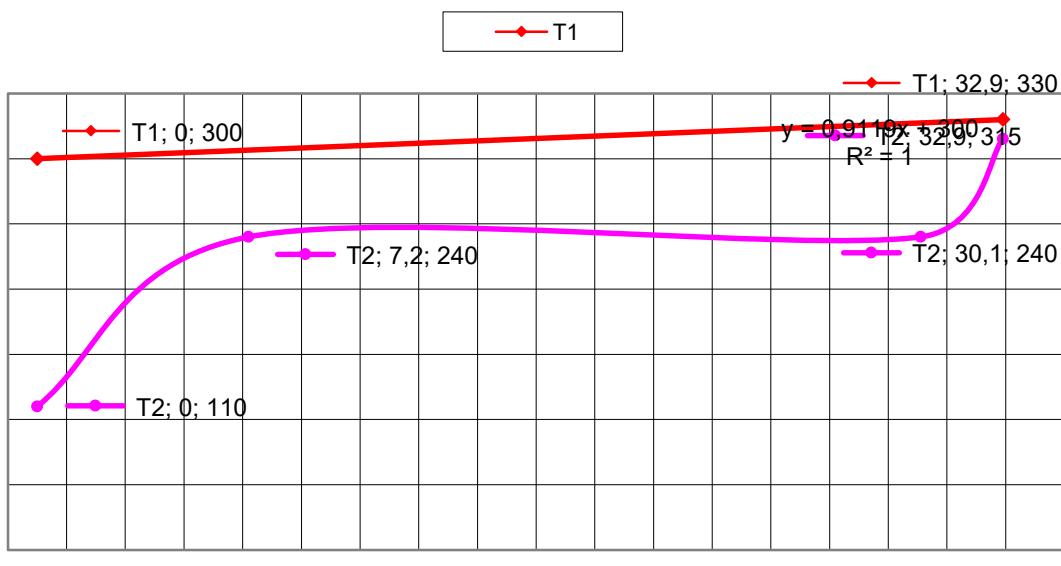


Рис. 1. График температурных напоров

Практическая работа № 2 по модулю 5 «Парогенераторы и теплообменники»: расчет конструктивных характеристик

Краткое описание работы: на основании характеристик танкера и принятого прототипа парогенератора (ПГ) произвести выбор и расчет конструктивных характеристик ПГ.

1. Введение

Проектируемый парогенератор (ПГ) входит в состав ядерной энергетической установки (ЯЭУ) (всего 4 ПГ), тепловая схема которой рассчитана применительно к использованию на танкере со следующими основными характеристиками [1]:

6. Мощность на винтах $N_e = 35 \text{ МВт}$.
7. Начальные параметры пара (на выходе из ПГ):
давление $p_{ne} = 3,2 \text{ МПа}$, температура $t_{ne} = 315^{\circ}\text{C}$.
8. Давление пара в конденсаторе $p_x = 5 \text{ кПа}$.
9. Три ступени регенеративного подогрева:
-Условно-смесительная
-Смесительная (деаэратор)
-Поверхностная
10. Давление в деаэраторе $p_d = 0,255 \text{ МПа}$.

В качестве основного прототипа принят ПГ-28с.

2. Принцип работы ПГ-28с.

Теплоноситель 1 контура (вода высокой чистоты под давлением) подается в ПГ через внутренний канал главного патрубка, по кольцевому зазору между корпусом и разделительной обечайкой поднимается в верхнюю полость ПГ, затем опускается вниз, омывая снаружи трубную систему и отдавая тепло теплоносителю 2 контура. После трубной системы среда 1 контура по кольцевому зазору между корпусом и обечайкой змеевиков поднимается вверх и через кольцевой канал главного патрубка отводится из ПГ.

Питательная вода через патрубок Ду65 подается в питательную камеру, раздается по 20 коллекторам дроссельных пакетов, по дроссельным трубам $6 \times 1,5 \text{ мм}$ и питательным трубам $10 \times 1,5 \text{ мм}$ и поступает в трубы $22 \times 2,5 \text{ мм}$. В трубах $22 \times 2,5 \text{ мм}$ питательная вода нагревается, испаряется, затем в виде перегретого пара из паросборных коллекторов секций поступает в торовый коллектор крышки и через патрубок Ду150 отводится из ПГ.

3. Краткое описание конструкций и принцип работы

3.1. Парогенератор ПГ-28с – вертикальный рекуперативный теплообменник со змеевиковой теплопередающей поверхностью из титановых сплавов и принудительной циркуляцией рабочих сред.

Движение рабочих сред – противоточное:

- теплоноситель 1 контура (вода под давлением) движется в межтрубном пространстве сверху вниз;
- теплоноситель 2 контура (питательная вода – пароводяная смесь – перегретый пар) движется внутри труб снизу вверх.

По типу циркуляции теплоносителя 2 контура парогенератор ПГ-28с – прямоточный.

В режимах расхолаживания РУ циркуляция теплоносителя 1 контура – принудительная и естественная при принудительной или естественной подаче питательной воды в ПГ.

3.2. ПГ-28с состоит из:

- прочно плотного корпуса с главным патрубком типа «труба в трубе» для подвода-отвода теплоносителя 1 контура и узлами крепления ПГ на баке МВЗ;
- внутреннего устройства, включающего крышку ПГ с узлами подвода-отвода рабочего тела 2 контура и трубную систему змеевикового типа с дроссельными пакетами.

3.3. Трубная система выполнена в виде сборки 15 цилиндрических многозаходных змеевиков из труб $22 \times 2,5$ мм. Количество труб $22 \times 2,5$ мм в трубной системе – 87. Дистанционирование змеевиков производится с помощью дистанционирующих полос, устанавливаемых при навивке змеевиков групповым методом. Снаружи змеевики окружены цилиндрической обечайкой.

Для удаления газа из верхней части трубной системы и повышения теплоотвода в ПГ при аварийной разгерметизации 1 контура («большая неотсекаемая течь») в наружной обечайке трубой системы выполнены 8 отверстий диаметром 5 мм, равномерно расположенных по окружности на расстоянии 160 мм ниже оси главного патрубка.

По полости 2 контура трубная система разделена на 20 автономных секций. Дроссельные пакеты выполнены из труб $6 \times 1,5$ мм и $10 \times 1,5$ мм и предназначены для входного шайбования каждой парогенерирующей трубы $22 \times 2,5$ мм с целью обеспечения гидродинамически устойчивой работы ПГ по 2 контуру.

В крышке ПГ выполнены 20 вертикальных паровых каналов, объединенных в общий торовый коллектор с патрубком Ду65 для подвода питательной воды.

4. Конструктивные характеристики

Таблица 1.

| № п/п | Наименование | Обо- знач- ение | Раз- мер- нос- ть | Формула или источник | Значение | | Прим- ечани- я |
|----------|---|-----------------------|----------------------------|---|------------------|-------------------|----------------------|
| | | | | | I конту- р | II конту- р | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Наружный диаметр парогенерирующих трубок | $d_{\text{нап}}$ | м | Принятый по прототипу ПГ-28с размер трубок $22 \times 2,5$ | | 0,022 | |
| 2 | Внутренний диаметр парогенерирующих трубок | $d_{\text{вн}}$ | м | $d_{\text{нап}} - 2 \cdot 0,0025$ | | 0,017 | |
| 3 | Поперечный шаг навивки змеевиков | S_1 | м | По прототипу ПГ-28с | | 0,027 | |
| 4 | Продольный шаг навивки змеевиков | S_2 | м | По прототипу ПГ-28с | | 0,027 | |
| 5 | Скорость перегретого пара в трубах | $w_{\text{не}}$ | м/с | По прототипу ПГ-28с, при допустимой ([4], с245) $[w_{\text{ne}}] = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ | | 50 | |
| 6 | Плотность перегретого пара | $\rho_{\text{не}}$ | $\text{кг}/\text{м}^3$ | Таблица 1. | | 12,76 | |
| 7 | Количество параллельно включенных трубок | n | шт. | $\frac{D_{\text{ne}}}{0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot w_{\text{не}} \cdot \rho_{\text{не}}}$ | | 87 | |
| 8 | Количество цилиндрических змеевиков | z | шт. | По прототипу ПГ-28с | | 15 | |
| 9 | Наружный диаметр центральной трубы | $D_{\text{пр}}$ | м | По прототипу ПГ-28с | 0,265 | | |
| 10 | Внутренний диаметр обечайки трубной системы | $D_{\text{вн}}$ | м | $D_{\text{np}} + 2zS_1$ | 1,020 | | |
| 11 | Площадь проходного сечения по I контуру | f_1 | м^2 | $0,785(D_{\text{вн}}^2 - D_{\text{np}}^2) - \pi \frac{D_{\text{вн}} + D_{\text{np}}}{2} z d_{\text{нап}}$ | 0,096 | | |

Значения эквивалентных диаметров:

1 контур – $d_{\text{нап}}$ (при поперечном обтекании), 2 контур – $d_{\text{вн}}$.

Высота цилиндрической навивки определяется общей площадью поверхности теплопередачи

$$F_{ne} = F_{\text{экон}} + F_{ucn}^{\text{нуз}} + F_{ucn}^{\text{ухудш}} + F_{ne}, \quad (1)$$

Расчет слагаемых входящих в (1) сведен в таблицы.

Практическая работа № 3 по модулю 5 «Парогенераторы и теплообменники»

Краткое описание работы: на основании характеристик танкера и принятого прототипа парогенератора (ПГ) произвести расчет площадей поверхности теплопередачи экономайзерного участка.

1. Введение

Проектируемый парогенератор (ПГ) входит в состав ядерной энергетической установки (ЯЭУ) (всего 4 ПГ), тепловая схема которой рассчитана применительно к использованию на танкере со следующими основными характеристиками [1]:

11. Мощность на винтах $N_e = 35 \text{ МВт}$.
12. Начальные параметры пара (на выходе из ПГ):
давление $p_{ne} = 3,2 \text{ Мпа}$, температура $t_{ne} = 315^\circ\text{C}$.
13. Давление пара в конденсаторе $p_x = 5 \text{ кПа}$.
14. Три ступени регенеративного подогрева:
-Условно-смесительная
-Смесительная (деаэратор)
-Поверхностная
15. Давление в деаэраторе $p_d = 0,255 \text{ Мпа}$.

В качестве основного прототипа принят ПГ-28с.

2. Принцип работы ПГ-28с.

Теплоноситель 1 контура (вода высокой чистоты под давлением) подается в ПГ через внутренний канал главного патрубка, по кольцевому зазору между корпусом и разделительной обечайкой поднимается в верхнюю полость ПГ, затем опускается вниз, омывая снаружи трубную систему и отдавая тепло теплоносителю 2 контура. После трубной системы среда 1 контура по кольцевому зазору между корпусом и обечайкой змеевиков поднимается вверх и через кольцевой канал главного патрубка отводится из ПГ.

Питательная вода через патрубок Ду65 подается в питательную камеру, раздается по 20 коллекторам дроссельных пакетов, по дроссельным трубам $6 \times 1,5 \text{ мм}$ и питательным трубам $10 \times 1,5 \text{ мм}$ и поступает в трубы $22 \times 2,5 \text{ мм}$. В трубах $22 \times 2,5 \text{ мм}$ питательная вода нагревается, испаряется, затем в виде перегретого пара из паросборных коллекторов секций поступает в торовый коллектор крышки и через патрубок Ду150 отводится из ПГ.

3. Краткое описание конструкций и принцип работы

3.1. Парогенератор ПГ-28с – вертикальный рекуперативный теплообменник со змеевиковой теплопередающей поверхностью из титановых сплавов и принудительной циркуляцией рабочих сред.

Движение рабочих сред – противоточное:

- теплоноситель 1 контура (вода под давлением) движется в межтрубном пространстве сверху вниз;
- теплоноситель 2 контура (питательная вода – пароводяная смесь – перегретый пар) движется внутри труб снизу вверх.

По типу циркуляции теплоносителя 2 контура парогенератор ПГ-28с – прямоточный.

В режимах расхолаживания РУ циркуляция теплоносителя 1 контура – принудительная и естественная при принудительной или естественной подаче питательной воды в ПГ.

3.2. ПГ-28с состоит из:

- очно плотного корпуса с главным патрубком типа «труба в трубе» для подвода-отвода теплоносителя 1 контура и узлами крепления ПГ на баке МВЗ;
- внутреннего устройства, включающего крышку ПГ с узлами подвода-отвода рабочего тела 2 контура и трубную систему змеевикового типа с дроссельными пакетами.

3.3. Трубная система выполнена в виде сборки 15 цилиндрических многозаходных змеевиков из труб $22 \times 2,5$ мм. Количество труб $22 \times 2,5$ мм в трубной системе – 87. Дистанционирование змеевиков производится с помощью дистанционирующих полос, устанавливаемых при навивке змеевиков групповым методом. Снаружи змеевики окружены цилиндрической обечайкой.

Для удаления газа из верхней части трубной системы и повышения теплоотвода в ПГ при аварийной разгерметизации 1 контура («большая неотсекаемая течь») в наружной обечайке трубой системы выполнены 8 отверстий диаметром 5 мм, равномерно расположенных по окружности на расстоянии 160 мм ниже оси главного патрубка.

По полости 2 контура трубная система разделена на 20 автономных секций. Дроссельные пакеты выполнены из труб $6 \times 1,5$ мм и $10 \times 1,5$ мм и предназначены для входного шайбования каждой парогенерирующей трубы $22 \times 2,5$ мм с целью обеспечения гидродинамически устойчивой работы ПГ по 2 контуру.

В крышке ПГ выполнены 20 вертикальных паровых каналов, объединенных в общий торовый коллектор с патрубком Ду65 для подвода питательной воды.

4. Расчет площади поверхности теплопередачи экономайзерного участка

Таблица 1.

| № п/п | Наименование | Обозначение | Размерность | Формула или источник | Значение | |
|----------|---|--|---|---|--|--|
| | | | | | I контур | II контур |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Расчетная мощность участка | $Q_{\text{экон}}$ | кВт | Таблица 1 | 7188,5 | |
| 2 | Среднелогарифмический напор экономайзерного участка | $\bar{\Delta t}_{\text{экон}}$ | °C | Таблица 1 | 118,27 | |
| 3 | Толщина стенки трубы | δ_{cm} | м | $0,5(d_{\text{нап}} - d_{\text{вн}})$ | | 0,0025 |
| 4 | Коэффициент теплопроводности материала стенки | λ_{cm} | $\frac{Bt}{m \cdot °C}$ | По прототипам для титанового сплава ПТ-7М ([5], с.122) | | 15 |
| 5 | Средняя по участку температура питательной воды | t_{φ} | °C | $0,5(t_s + t_{\varphi})$ | | 174,6 |
| 6 | Теплофизические свойства питательной воды при средней температуре и давлении $p_{\text{нв}} = 3,8 \text{ MPa}$ | $\rho_{\text{пв}}$ $v_{\text{пв}}$ $\lambda_{\text{пв}}$ $Pr_{\text{пв}}$ | kg/m^3 m^2/s $\text{Bt/m}^2 \text{ °C}$ - | Таблицы [2] | | 894,83 $1,74 \cdot 10^{-7}$ 0,678 1,005 |
| 7 | Скорость течения питательной воды внутри трубок | w_{φ} | м/с | $\frac{D_{ne}}{0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot n \cdot \rho}$ | | 0,715 |
| 8 | Средняя по участку температура греющего теплоносителя | T_{φ} | °C | $0,5(T_{\text{bx}} + T_{\text{ экон}})$ | 303,3 | |
| 9 | Теплофизические свойства греющего теплоносителя при средней температуре и давлении $p_1 = 18 \text{ MPa}$ | ρ_1 v_1 λ_1 Pr_1 | kg/m^3 m^2/s $\text{Bt/m}^2 \text{ °C}$ - | Таблицы [2] | 724,5 $1,2 \cdot 10^{-7}$ 0,561 0,885 | |
| 10 | Скорость обтекания трубчатки | w_t | м/с | $\frac{G}{\rho_t f_t}$ | 2,65 | |
| 11 | Число Рейнольдса | $Re \cdot 10^{-6}$ | - | $\frac{wd_{\text{вн}}}{\nu}$ | 0,477 | 0,0698 |

| | | | | | | |
|----|---|------------------|------------------------------|--|---------------------|-------------------|
| 12 | Коэффициент теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенке при поперечном обтекании | α_1 | $\frac{Bn}{M^2 \cdot {}^0C}$ | $0,41 \frac{\lambda}{d_{\text{нап}}} \text{Re}^{0,6} \text{Pr}^{0,33}$ | $2,54 \cdot 10^4$ | |
| 13 | Коэффициент теплоотдачи от стенки к питательной воде | α_2 | $\frac{Bn}{M^2 \cdot {}^0C}$ | $0,023 \frac{\lambda}{d_{\text{нен}}} \text{Re}^{0,8} \text{Pr}^{0,43}$ | | $6,89 \cdot 10^3$ |
| 14 | Термическое сопротивление теплопередачи | $R_{\text{экн}}$ | $\frac{M^2 \cdot {}^0C}{Bm}$ | $\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{он}}}{\lambda_{\text{он}}} + \frac{1}{\alpha_2}$ | $3,5 \cdot 10^{-4}$ | |
| 15 | Коэффициент теплопередачи | $K_{\text{экн}}$ | $\frac{Bn}{M^2 \cdot {}^0C}$ | $\frac{1}{R_{\text{экн}}}$ | | 2848,97 |
| 16 | Площадь поверхности теплопередачи | $F_{\text{экн}}$ | M^2 | $\frac{Q_{\text{экн}}}{K_{\text{экн}} \Delta t_{\text{экн}}}$ | | 21 |

39. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ И СРЕДСТВА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

В ходе реализации программы по результатам ее освоения слушатели программы выполняют проект, при защите которого предъявляются критерии оценивания, показанные в таблице 9.

Таблица 9 – Критерии оценивания результата обучения по программе

| Код и наименование трудовых функций | Критерии оценивания результатов обучения по программе | | | |
|--|--|---|--|--|
| | Оценка «неудовлетворительно» / «не засчитено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля | Оценка «удовлетворительно» / «засчитено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля | Оценка «хорошо» / «засчитено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля | Оценка «отлично» / «засчитено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля |
| ТФ А/01.6 ТФ А/02.6 ТФ А/03.6 | Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не усвоены основные положения физики ядерных реакторов и процессов тепломассопереноса, фрагментарные знания состава, назначения и принципов действия систем и основного оборудования ЯЭУ, отсутствует понимание основных принципов, методов и средств проведения расчетных и экспериментальных исследований, что препятствует усвоению последующего материала | Частично усвоены основные положения физики ядерных реакторов и процессов тепломассопереноса, частичное знание состава, назначения и принципов действия систем и основного оборудования ЯЭУ, частичное понимание основных принципов, методов и средств проведения расчетных и экспериментальных исследований. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при проведении анализа и оценки результатов расчетных и экспериментальных исследований. | Усвоены основные положения физики ядерных реакторов и процессов тепломассопереноса, знает состав, назначение и принципы действия систем и основного оборудования ЯЭУ, понимает основные принципы, методы и средства проведения расчетных и экспериментальных исследований. | Представляет основные задачи профессиональной деятельности, имеет навык в постановке целей и выбора оптимальных способов их достижения. Имеет глубокие знания теоретического материала и навыки практического применения полученных знаний при проведении расчетных и экспериментальных исследований; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные несущественные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании. |

39. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда:

1. Кузнецов В.А. Судовые ядерные энергетические установки. Конструкция и особенности эксплуатации: Учебник для вузов / В.А. Кузнецов. – Л. : Судостроение, 1989. – 252 с.
2. Шатров М.Г. Транспортная энергетика : Учебник для вузов / М.Г. Шатров [и др.]. – М. : Академия, 2014. – 269 с.
3. Африкантов И.И. Судовые атомные паропроизводительные установки (основы проектирования) / И.И. Африкантов, Ф.М. Митенков; под ред. Н.М. Синева. – Л. : Судостроение, 1965. – 376 с.
4. Шаманов Н.П. Судовые ядерные паропроизводящие установки / Н.П. Шаманов, Н.Н. Пейч, А.Н. Дядик. – Л. : Судостроение, 1990. – 368 с.
5. Деев В.И. Основы расчета судовых ЯЭУ: Учеб.пособие / В.И. Деев, Н.В. Щукин, А.Л. Черезов; Под общей редакцией проф. В.И. Деева. – М. : НИЯУ МИФИ, 2012 – 256 с.
6. Саркисов А.А. Инженерные основы теории и эксплуатации судовых ядерных реакторов: учебное пособие для вузов / А.А. Саркисов, Л.Б. Гусев, Р.И. Калинин; под ред. Акад. РАН А.А. Саркисова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2011. – 549 с.
7. Прокуряков К.Н. Ядерные энергетические установки: учебное пособие для вузов / К.Н. Прокуряков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 445 с.
8. Савельев И.В. Курс общей физики: В 3-х т. Т.3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И.В. Савельев. – 13-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2005. – 320 с.
9. Ручкин Ю.Н. Судовые энергетические установки и их элементы: Учеб. Пособие / Ю.Н. Ручкин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2008 – 158 с.
10. Артёмов Г.А. Судовые энергетические установки / Г.А. Артёмов [и др.] – Л.:Судостроение, 1987.– 480 с.
11. Ракобольская И.В. Ядерная физика / И.В. Ракобольская. – М. : Московский университет, 1971. – 206 с.
12. Плотников П.Г. Ядерная физика : Учебное пособие / П.Г. Плотников – М : Лаборатория знаний, 2014 – 495 с.
13. Мухин И.В. Экспериментальная ядерная физика : Учебное пособие. В 3 томах. Том 3. / И.В. Мухин. – М. : Лань, 2021. – 352 с.
14. Сухарев Ю.П. Физика ядерных реакторов деления : Учеб. Пособие / Ю.П. Сухарев; под ред. С.М. Дмитриева. – Нижегород. Гос. Техн. Ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2012. – 316 с.
15. Основы теории и метода расчета ядерных энергетических реакторов : Учеб.пособие / Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать [и др.]. – 2-е изд., перераб. И доп. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 512 с.
16. Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы : Учеб.для вузов / А.Н. Климов. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.
17. Власичев Г.Н. Физика ядерных реакторов : Учеб.пособие / Г.Н.Власичев. – Нижегород. Гос. Техн. Ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2008. – 106 с.
18. Дмитриев С.М. Краткий курс тепломассобмена : Учеб.пособие / С.М. Дмитриев, А.Е. Хробостов; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2008. – 144 с.
19. Петухов Б.С. Теплообмен в ядерных энергетических установках : Учеб.пособие / Б.Н. Петухов [и др.]. – М. : Изд-во МЭИ, 2003. – 548 с.
20. Кириллов П.Л. Тепломассообмен в ядерных энергетических установках / П.Л. Кириллов, Г.П. Богословская. 2-е изд., перераб. – М. : ИздАТ, 2008. – 256 с.
21. Кудинов В.А. Техническая термодинамика и теплопередача : Учебник для бакалавров / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.Ф. Стефанюк. – 2-е изд., перераб и доп.– М. : Юрайт, 2013. – 566 с.

22. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – 2-е изд., стер.– М. : Энергия, 1977. – 344 с.
23. Исаченко В.П. Теплопередача : Учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – 4-е изд., перераб и доп.– М. : Энергоиздат, 1981. – 416 с.
24. Аношкин Ю.И. Теплообменные процессы в ЯЭУ: Учеб.пособие / Ю.И. Аношкин, А.В. Дунцев; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2015. – 138 с.
25. Аношкин Ю.И. Расчет тепловой схемы ПТУ судовой ядерной энергетической установки: Учеб.пособие / Ю.И. Аношкин; НГТУ. – Н.Новгород, 2004. – 68 с.
26. Лапшин Р.М. Теплогидродинамические процессы генерации пара в ЯЭУ : Учеб.пособие / Р.М. Лапшин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2012. – 99 с.

39. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

Научно-техническая библиотека НГТУ:

<https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/nauchno-tehnicheskaya-biblioteka/resursy>

Электронный каталог библиотеки: <https://library.nntu.ru/megapro/web>

Перечень информационных справочных систем:

1. «Консультант студента» [В Интернете]. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/>
2. «Лань» [В Интернете]. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>
3. «Юрайт» [В Интернете]. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>

Учебные аудитории для проведения занятий по программе, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения

В таблице 10 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в систему <https://odin.study/connect> .

Таблица 10 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения лекций, практических занятий и самостоятельной работы слушателей

| № | Наименование помещений для проведения занятий | Оснащенность помещений для проведения занятий |
|----------|---|---|
| 1 | Ауд. № 5201 Мультимедийная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; ул Минина, д. 28Л | Оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения: Доска меловая. Ноутбук HP Intel® Core™ i3-5005U CPU @ 2.00GHz 2.00 GHz 8 Gb; Мультимедийный проектор стационарный потолочный Epson EB-X500; Экран. Программное обеспечение: Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/КМР от 15.10.18) Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.2023) |

| | | |
|---|--|---|
| | | MS Office 2010 MS Open License, 60853088, Academic Adobe Acrobat Reader DC-Russian (Прориетарное ПО) 7-zip (Свободное ПО, GNU LGPL) OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. (свободное ПО) Google Chrome, версия 49.0.2623.87 (свободное ПО) |
| 2 | Ауд. № 5214 Информационно-образовательный центр для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы; ул Минина, д. 28Л | Рабочее место – 28 Оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения: Доска меловая; ПЭВМ – 14 шт. IRU на базе Intel™ Core™ i5 11400 2,6 GHz, 16 Гб ОЗУ, 480 SSD, РФ; Программное обеспечение: Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18) Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.2023) Astra Linux (Orel) 2.12.432; P7 Офис (с/н 5260001439) Visual Studio 2010 (подписка MSDN AA Developer Original Membership, ID: 700493608, бессрочная); Adobe Acrobat Reader DC, версия 2015.010.20060, //get.adobe.com/reader, бесплатное ПО; Google Chrome, версия 49.0.2623.87, бесплатное ПО; MATLAB, версия R2008a, бесплатное ПО. Логос.ПроПост 5.3.21, Логос АэроГидро, ScientificView |

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ПРОГРАММЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению программы

Программа реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися, включая проведение текущего контроля успеваемости, самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также в электронной информационно-образовательной среде Odin.

При преподавании программы «Ядерные паропроизводящие установки», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

На лекциях, практических занятиях приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах,

что позволяет слушателям проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием современных информационных технологий, например, «Контур.Толк».

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится с учетом текущей успеваемости по выполненным практическим занятиям и (или) тестированию.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы программы. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

Проводятся индивидуальные и групповые занятия с использованием отечественной платформы для видеоконференцсвязи «Контур.Толк».

Весь методический материал представлен в среде Odin.

10.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой программе. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной ранее.

Весь методический материал представлен в среде Odin.

10.4. Методические рекомендации по практической части программы

Для решения практических работ могут использоваться специализированные программы (например, Excel, Компас 3D – бесплатная версия для студентов). Весь методический материал по практическому курсу представлен в среде Odin.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

11.1. Итоговая аттестация

Итоговая аттестация слушателей по Программе проводится в форме защиты выпускной аттестационной работы. Оценка выставляется по пятибалльной шкале. Итоговая аттестация проводится на основе принципов объективности и независимости оценки

качества подготовки слушателей. К итоговой аттестации по Программе допускаются слушатели, полностью выполнившие учебный план, не имеющие академической задолженности.

Выпускная аттестационная работа имеет следующую структуру:

1. **Введение**, в котором раскрывают актуальность темы (проблемы) и подчеркивают, что она имеет важное теоретическое и прикладное значение, формулируют цель и основные задачи работы, конкретизируют объект и предмет работы;

2. **Обзор по теме исследования**

3. **Основная часть работы**. Содержание основной части работы должно в полном объеме раскрывать тему, названия глав и параграфов. Оптимальной является такая структура работы, из которой не может быть изъят ни один ее элемент.

4. **Заключение**. В заключении работы автор должен подвести итоги и сформулировать основные результаты работы.

Защита проекта проводится с использованием электронных дистанционных технологий, слушатель докладывает основные положения проекта, отвечает на вопросы аттестационной комиссии.

После успешного завершения обучения по программе «Ядерные паропроизводящие установки» слушателю выдается диплом о профессиональной переподготовке с указанием нового вида профессиональной деятельности в области (сфере) использования ядерной энергетики и теплофизики.

Обучающемуся, не прошедшему итоговой аттестации или получившему на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также Обучающемуся, освоившему часть образовательной программы выдается справка об обучении или о периоде обучения.

11.2. Промежуточный контроль

Для оценки на промежуточном контроле могут быть задействованы следующие вопросы (или аналогичные им), используемые в тестах:

1) В чём сущность процесса теплопроводности?

- передача тепла через твёрдые предметы
- передача тепла в жидкости и газах
- передача тепла электро-магнитными волнами
- передача тепла в идеальном вакууме

2) Что такое температура?

- параметр только идеальных тел
- энергия гамма-квантов
- мера энергии хаотического движения молекул
- энергия связи атомов в кристаллической решётке

6) В чём сущность конвективного теплообмена?

- передача тепла через твёрдые предметы
- передача тепла в жидкости и газах
- передача тепла электро-магнитными волнами
- передача тепла от поверхности тела к жидкой среде

7) Какой бывает конвекция?

- только свободной
- только вынужденной
- свободной и вынужденной
- свободной, вынужденной, стационарной

8) Свободная конвекция обусловлена ...

- разностью плотностей частиц жидкости в гравитационном поле
- действием внешних сил
- наличием у частиц жидкости более одной степени свободы
- равенством плотности частиц жидкости в гравитационном поле

9) Вынужденная конвекция обусловлена ...

- разностью плотностей частиц жидкости в гравитационном поле
- действием внешних сил
- наличием у частиц жидкости только одной степени свободы
- наличием у частиц жидкости более одной степени свободы

10) Ламинарный режим течения характеризуется ...

- хаотичным движением частиц жидкости
- примерно одинаковой скоростью частиц по всему сечению канала
- слоистым движением частиц жидкости
- отсутствием «прилипшего» подслоя

11) С помощью чего происходит распространение теплоты при тепловом излучении?

- электромагнитных волн
- межмолекулярного взаимодействия
- вакуума
- упругих волн

12) Что такое конденсация?

- переход пара в жидкое или твердое состояние
- переход жидкости в газовой состояния
- процесс превращения жидкости в твердое состояния
- переход металлов в сверхпроводящее состояние

13) Пограничным слоем называется

- область течения вязкой теплопроводной жидкости, характеризующаяся малой толщиной и малым градиентом величины
- вязкий подслой
- область течения вязкой теплопроводной жидкости, характеризующаяся малой толщиной и большим градиентом величины
- область течения вязкой теплопроводной жидкости, характеризующаяся большой толщиной и большим градиентом величины

14). Какие теплообменники называются рекуперативными?

- В котором жидкости разделены стенкой
- В котором жидкости смешиваются
- В котором жидкости не смешиваются
- В котором поверхность теплообмена поочередно омывается холодной и горячей средой

15). К какому типу теплообменных аппаратов относятся башенные охладители (градирни), скруббера и т.д.

- рекуперативного типа
- регенеративного типа
- с промежуточным теплоносителем
- смесительного типа

16). По какому закону изменяется вдоль поверхности нагрева температурный напор

- линейному
- квадратичному
- экспоненциальному
- по Бесселю

17) Единицей измерения коэффициента теплопередачи является:

- Вт
- Вт/м²*К
- Вт/м
- Вт/м²*К

18). Коэффициент теплопередачи определяется как

- количество теплоты которое переходит в единицу времени от более нагревого к менее нагретому теплоносителю через 1 м² теплообменной поверхности при разности температур между теплоносителями в 1 градус
- количество теплоты которое переходит в единицу времени от менее нагревого к более нагревому теплоносителю через 1 м² теплообменной поверхности при разности температур между теплоносителями в 1 градус
- количество теплоты которое переходит в единицу времени от более нагревого к менее нагревому теплоносителю через 1 м² теплообменной поверхности
- количество теплоты которое переходит в единицу времени от более нагревого к менее нагревому теплоносителю при разности температур между теплоносителями в 1 градус

19). Термическим сопротивлением теплопередачи называется величина

- обратная величине коэффициента теплопередачи
- обратная величине коэффициента теплоотдачи
- равная величине коэффициента теплопередачи
- обратная величине коэффициента теплопроводности

20) В чём измеряется тепловой поток Q?

- Вт
- Дж
- м/сек
- Вт/сек

21) В чём измеряется коэффициент теплопроводности λ ?

- Вт
- Вт/м
- Вт/(м²*К)
- Вт/К

22) формула для определения критерия Нусельта имеет вид:

- $Nu = \alpha \cdot d / \lambda$
- $Nu = \alpha / \lambda$
- $Nu = -\lambda \text{grad}(t)$
- $Nu = \lambda / (\alpha \cdot d)$

23) формула для определения критерия Рейнольдса имеет вид:

- $Re = \alpha \cdot d / \lambda$
- $Re = \omega \cdot d / v$
- $Re = -\lambda \text{grad}(t)$
- $Re = \omega^2 \cdot d$

24) Формула для определения гидравлического диаметра имеет вид:

- $d_f = 4S/\Pi$
- $d_f = \frac{\sum_i^i d_i}{i}$
- $d_f = S/\Pi$
- $d_f = 4\Pi/S$

25) В чем измеряется массовый расход G ?

- m^3/c
- kg/c
- $Dж/kg$
- $Dж/m^2 kg$

26). Какие теплообменники называются регенеративными?

- В котором жидкости разделены стенкой
- В котором жидкости смешиваются
- В котором жидкости не смешиваются
- В котором поверхность теплообмена поочередно омывается холодной и горячей средой

27). Теплообменным аппаратом называют

- Устройство в котором осуществляется процесс передачи теплоты от одного теплоносителя (среды) к другому
- Устройство в котором осуществляется процесс теплоотдачи от одного теплоносителя (среды) к другому
- Устройство в котором осуществляется процесс теплопроводности от одного теплоносителя (среды) к другому
- Устройство для осуществления теплообмена от стенки к жидкости

28). Какие теплообменные аппараты называются поверхностными

- Рекуперативные
- Смесительные
- с промежуточным теплоносителем
- рекуперативные и регенеративные

29). Каким образом происходит теплообмен в смесительных аппаратах

- При передаче тепла от стенки к жидкости
- Путем непосредственного соприкосновения и смешения горячей и холодной жидкостей
- Путем непосредственного соприкосновения теплоносителя и стенки аппарата
- При передаче тепла от жидкости к стенке

30) Тurbulentный режим течения характеризуется ...

- хаотичным движением частиц жидкости
- значительным изменением скорости частиц по всему сечению канала
- слоистым движением частиц жидкости
- отсутствием «прилипшего» подслоя

31) Что характеризует критерий Нуссельта?

- отношение сил вязкостного трения к силам инерции в движущемся потоке
- теплообмен на границе стенка-жидкость
- отношение выталкивающей силы и сил вязкости
- скорость течения среды

32) Что характеризует критерий Рейнольдса?

- отношение сил вязкостного трения к силам инерции в движущемся потоке
- теплообмен на границе стенка-жидкость
- отношение выталкивающей силы и сил вязкости
- скорость течения среды

33). К простым схемам движения теплоносителя относятся

- прямоток
- противоток
- перекрестный ток
- все выше перечисленное

34). Какая схема движения более выгодна в современных теплообменниках

- прямоток
- противоток
- равнозначно выгодны
- нет верного ответа

35). Теплообменник при замене прямотока на противоток получается

- больше по габаритам
- меньше по габаритам
- замена прямотока на противоток не влияет на габариты
- нет верного ответа

36) В чём измеряется коэффициент теплоотдачи?

- $\text{Bt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Bt/m
- $\text{Bt}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Bt/K

37). Какая основная цель конструктивного расчета теплообменного устройства?

- определение температурного напора
- определение расхода
- определение площади теплообменной поверхности
- определение коэффициента теплоотдачи

38). Теплообменники в котором жидкости разделены стенкой называются?

- рекуперативными
- регенеративными
- смесительными
- прямоточными

39). Теплообменник в котором поверхность теплообмена поочередно омывается холодной и горячей средой?

- рекуперативным
- регенеративным
- смесительным
- прямоточным

Приложение А. Рабочее содержание модулей

Рабочая программа модуля 1 «Особенности конструктивного исполнения и эксплуатации основного оборудования судовых ЯЭУ»

Краткое описание модуля: в модуле рассматриваются основы эксплуатации судовых ядерных установок типа РИТМ-200.

Содержание теоретических разделов

Тема 1.1. Лекция № 1. Эволюция гражданских судовых РУ. Общие характеристики и принципиальная схема РУ РИТМ-200

Краткая расшифровка: О судовых реакторных установках. Эволюция гражданских судовых реакторных установок. Реакторная установка ОК-150. Реакторная установка ОК-900. Реакторная установка ОК-900А. Реакторные установки КЛТ-40, КЛТ-40М. Реакторная установка РИТМ-200. Общие характеристики. Прогресс судовых реакторных установок. Системы реакторной установки РИТМ-200.

Тема 1.2. Лекция № 2. Система первого контура: основной контур циркуляции теплоносителя первого контура, система компенсации давления, система очистки и расхолаживания. Назначение, характеристики, состав оборудования, режимы работы, правила эксплуатации и хранения.

Краткая расшифровка: Система первого контура (Назначение. Состав системы первого контура. Принципиальная схема). Система компенсации давления (Назначение. Варианты исполнений, выбор основных параметров. Состав). Система очистки и расхолаживания (Назначение. Состав. Режимы работы) Эксплуатация системы первого контура. Режим хранения.

Тема 1.3. Лекция № 3. Конструкция и состав активной зоны реактора.

Краткая расшифровка: Назначение активной зоны. Требования к материалам активной зоны. Канальная активная зона (Конструкция тепловыделяющей сборки. Особенности) Кассетная активная зона (Конструкция тепловыделяющей сборки. Особенности). Конструкция отдельных элементов. Профилирование активных зон.

Тема 1.4. Лекция № 4. Исполнительные механизмы приводов СУЗ. Конструкция, характеристики, правила эксплуатации.

Краткая расшифровка: Назначение приводов СУЗ, варианты исполнений. Привод АЗ (Назначение. Конструкция. Требования и эксплуатация). Привод КГ (Назначение. Конструкция. Требования и эксплуатация).

Самостоятельная работа

Изучение дополнительного материала. Прохождение тестирования.

Фонд оценочных средств

Приведен в п. 12 дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки «Ядерные паропроизводящие установки».

Промежуточная аттестация

Промежуточные аттестации представлены тестированием в Odin. Каждый тест состоит из 15 вопросов. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Итоговая оценка за тест выставляется по пятибалльной шкале:

«3» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 50 % вопросов;

«4» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 70 % вопросов;

«5» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 85 % вопросов.

Рабочая программа модуля 2 «Атомные энергетические установки судов ледового плавания»

Краткое описание модуля: в модуле рассматриваются физические основы цепной реакции деления, вопросы управления и безопасности ядерных реакторов, конструкция, назначение и особенности эксплуатации основного оборудования судовых ядерных энергетических установок.

Содержание теоретических разделов

Тема 2.1. Лекция № 1. Контролируемая ядерная реакция.

Краткая расшифровка: основы цепной реакции деления и краткое введение в логику управления и обеспечения безопасности ядерных реакторов.

Тема 2.2. Лекция № 2. Классификация ядерных реакторов.

Краткая расшифровка: типы ядерных реакторов, их классификация, особенности эксплуатации.

Тема 2.3. Лекция № 3. Парогенерирующий блок.

Краткая расшифровка: основные элементы ПГБ, принципы их компоновки, назначение.

Тема 2.4. Лекция № 4. Корпус реактора, крышка реактора, их соединение и уплотнение.

Краткая расшифровка: устройство, назначение и принципы конструирования корпуса и крышки ядерного реактора, а также варианты их соединения и уплотнения.

Тема 2.5. Лекция № 5. Внутрикорпусное устройство реактора.

Краткая расшифровка: схема, назначение элементов и принципы конструирования.

Тема 2.6. Лекция № 6. Парогенератор.

Краткая расшифровка: классификация, устройство, эксплуатация и основные конструктивные особенности парогенераторов различных типов.

Тема 2.7. Лекция № 7. Циркуляционный насос первого контура.

Краткая расшифровка: классификация, устройство, эксплуатация и основные конструктивные особенности насосов различных типов.

Тема 2.8. Лекция № 8. Теплообменник 1-3 контура.

Краткая расшифровка: устройство и эксплуатация при разных режимах работы реактора.

Тема 2.9. Лекция № 9. Ионообменный фильтр.

Краткая расшифровка: устройство, принцип работы, эксплуатационные особенности и назначение ионообменных фильтров.

Тема 2.10. Лекция № 10. Система компенсации давления теплоносителя 1 контура.

Краткая расшифровка: разновидности систем компенсации давления и особенности их использования.

Самостоятельная работа

Изучение дополнительного материала. Прохождение тестирования.

Фонд оценочных средств

Приведен в п. 12 дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки «Ядерные паропроизводящие установки».

Промежуточная аттестация

Промежуточные аттестации представлены тестированием в Odin. Каждый тест состоит из 15 вопросов. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Итоговая оценка за тест выставляется по пятибалльной шкале:

- «3» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 50 % вопросов;
- «4» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 70 % вопросов;
- «5» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 85 % вопросов.

Рабочая программа модуля 3 «Обеспечение безопасности судовых ядерных энергетических установок»

Краткое описание модуля: в модуле 3 разбираются основные принципы обеспечения безопасности судовых ядерных энергетических установок. Рассматриваются принципы глубокоэшелонированной защиты, общие технические принципы безопасности.. Даётся понятие о принципах ответственного управления, включая вопросы культуры безопасности . Рассматриваются классификация систем и элементов судовых ЯЭУ, основных принципах проектирования систем безопасности; приводится описание защитных, локализующих, управляющих и обеспечивающих систем безопасности судовых ЯЭУ. Рассматриваются общие положения и требования к проведению обоснования безопасности судовых ЯЭУ. Даётся понимание об общих положениях детерминистского анализа безопасности; рассматриваются вопросы анализа проектных и запроектных аварий. Рассматриваются основные положения вероятностного анализа безопасности. Даётся понятие об уровнях ВАБ; приводятся основные этапы проведения ВАБ 1 уровня, а также особенности выполнения ВАБ 2 и 3 уровней.

Содержание теоретических разделов

Лекция №1. Основные принципы обеспечения безопасности

Краткая расшифровка: в лекции приводится характеристика проблемы обеспечения безопасности Даётся общее понятие о целях безопасности; приводятся этапы формирования современной философии безопасности. Даётся понятие о нормах безопасности.

Лекция №2. Основные принципы безопасности

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются принципы глубокоэшелонированной защиты, общие технические принципы безопасности.. Даётся понятие о принципах ответственного управления, включая вопросы культуры безопасности

Лекция №3. Нормы безопасности

Краткая расшифровка: в лекции рассматривается краткое содержание основных нормативных документов Ростехнадзора и Российского морского регистра судоходства по безопасности судовых ядерных энергетических установок. Приводится общая характеристика нормативных документов МАГАТЭ по безопасности и их требований

Лекция №4. Системы безопасности судовых ядерных энергетических установок

Краткая расшифровка: В лекции рассматривается классификация систем и элементов судовых ЯЭУ. Дается понятие об основных принципах проектирования систем безопасности; приводится описание защитных, локализующих, управляющих и обеспечивающих систем безопасности судовых ЯЭУ.

Т Лекция №5. Обоснование безопасности судовых ядерных энергетических установок

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются общие положения и требования к проведению обоснования безопасности судовых ЯЭУ. Дается понимание об общих положениях детерминистского анализа безопасности; рассматриваются вопросы анализа проектных и запроектных аварий.

Лекция №6. Вероятностный анализ безопасности судовых ядерных энергетических установок

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются основные положения вероятностного анализа безопасности. Даётся понятие об уровнях ВАБ; приводятся основные этапы проведения ВАБ 1 уровня, а также особенности выполнения ВАБ 2 и 3 уровней

Самостоятельная работа

Изучение дополнительного материала. Прохождение тестирования.

Фонд оценочных средств

Приведен в п. 12 дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки «Ядерные паропроизводящие установки».

Промежуточная аттестация

Промежуточные аттестации представлены тестированием в Odin. Каждый тест состоит из 15 вопросов. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Итоговая оценка за тест выставляется по пятибалльной шкале:

«3» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 50 % вопросов;

«4» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 70 % вопросов;

«5» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 85 % вопросов.

Рабочая программа модуля 4 «Нейтронно-физические и тепломассобменные процессы в ЯЭУ»

Краткое описание модуля: в модуле № 4 разбираются основы теплогидравлики и нейтронно-физических расчетов ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Рассматриваются основные механизмы переноса тепла в ЯЭУ (теплопроводность, конвективный теплообмен, излучение, теплообмен при фазовых переходах), а также параметры, определяющие интенсивность этих процессов; рассматриваются основные положения расчета и проектирования теплообменного оборудования ЯЭУ. Рассматриваются основные ядерные реакции в активных зонах реакторов, приводится информация о нейтронно-физических величинах, определяющих протекание ядерных реакций; рассматривается механизм транспорта нейтронов внутри замедляющих и поглощающих сред; даются общие представления о расчете активной зоны ядерного реактора в гомогенном приближении.

Содержание теоретических разделов

Тема 4.1. Лекция №1. Основные положения, термины и определения курса тепломассообмена

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются основные термины и определения, необходимые для основания курса. Даётся общее представление о распространении тепла, вводятся основные законы распространения тепла (закон Фурье). Даётся представление об основных теплофизических характеристиках различных материалов (коэффициент теплопроводности, теплоемкость, энталпия и т.д.).

Тема 4.2. Лекция №2. Теплопроводность в твердых телах

Краткая расшифровка: в лекции рассматривается вывод дифференциального уравнения теплопроводности, рассматривается его физический смысл. Даётся представления об условиях однозначности (границных условиях) для задач теплопроводности. Решение уравнения теплопроводности для простейших случаев (плоская стенка, труба и т.д.).

Тема 4.3. Лекция №3. Конвективный теплообмен

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются основные положения конвективного переноса тепла. Рассматриваются критерии подобия, определяющие интенсивность отвода тепла при конвекции. Вводится понятие коэффициента теплоотдачи. Рассматриваются расчетные соотношения для определения коэффициента теплоотдачи в простейших случаях (текущее в трубе, обтекание пластины и т.д.)

Тема 4.4. Лекция №4. Теплопередача и пути её интенсификации

Краткая расшифровка: В лекции рассматривается перенос тепла от одной среды через стенку к другой среде. Вводится понятие термического сопротивления. Приводится качественный и количественный анализ путей интенсификации теплопередачи.

Тема 4.5. Лекция №5. Теплоизоляционные покрытия

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются основные положения подбора теплоизоляционного покрытия для теплообменного оборудования ЯЭУ, особое внимание уделяется вопросам, касающимся требований, предъявляемых к теплоизоляции. Вводится понятие критической толщины теплоизоляции.

Тема 4.6. Лекция №6. Лучистый теплообмен

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются основные положения переноса тепла посредством лучистого теплообмена. Рассматривается лучистый теплообмен в наиболее распространенных системах тел (лучистый теплообмен между плоскими пластинами, цилиндрическими телами). Рассмотрены способы уменьшения лучистого теплового потока в теплообменных системах.

Тема 4.7. Лекция №7. Теплообмен при фазовых превращениях

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются теплообменные процессы, возникающие при наличии фазовых переходов (кипение, конденсация и т.д.). Вводятся понятия кризисов теплообмена и величин, их определяющих (критическая плотность теплового потока, граничное паросодержание).

Тема 4.8. Лекция №8. Основы расчета теплообменных аппаратов

Краткая расшифровка: в лекции рассматривается классификация теплообменных аппаратов, приводятся основные технические характеристики теплообменных аппаратов, рассматриваются основы проведения расчетов теплообменного аппарата.

Тема 4.9. Лекция №9. Основы гидравлики

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются основы проведения гидравлического расчета основного технологического оборудования ЯЭУ, рассмотрены основные цели проведения гидравлического расчета. Рассматриваются вопросы работы циркуляторов на гидравлическую сеть, а также вопросы регулирования работы циркуляторов на гидравлическую сеть, рассматриваются преимущества и недостатки способов регулирования работы циркуляторов на гидравлическую сеть. Рассматриваются физические основы реализации естественной циркуляции теплоносителей.

Тема 4.10. Лекция №10. Ядерный реактор как источник тепла

Краткая расшифровка: В лекции рассматриваются вопросы генерации тепла в активной зоне ядерного реактора, подробно рассмотрен механизм взаимосвязи теплогидравлических характеристик реактора с нейтронно-физическими.

Тема 4.11. Лекция №11. Основные характеристики ядер

Краткая расшифровка: В лекции приводится информация об основных аспектах физики ядра. Рассматриваются наиболее распространенные ядерные реакции.

Тема 4.12. Лекция №12. Взаимодействие нейтронного излучения с веществом

Краткая расшифровка: в лекции приводится информация об основных аспектах взаимодействия нейтронов различных энергий с веществом. Вводятся основные понятия и физические величины, определяющие вероятностные процессы взаимодействия нейтронов с веществом.

Тема 4.13. Лекция №13. Диффузия нейтронов

Краткая расшифровка: в лекции приводятся основы диффузии моноэнергетических нейтронов. Выводится дифференциальное уравнение диффузии.

Тема 4.14. Лекция №14. Замедление нейтронов

Краткая расшифровка: в лекции приводятся основные понятия и определения, необходимые для описания физики процесса замедления нейтронов. Вводятся характеристики, позволяющие оценить эффективность среды с точки зрения замедления нейтронов.

Тема 4.15. Лекция №15. Коэффициент размножения нейтронов в бесконечной среде и в среде конечных размеров

Краткая расшифровка: в лекции вводится понятие коэффициента размножения нейтронов и величин, которыми он может быть оценочно определен. Рассмотрены случаи бесконечной среды и среды конечных размеров (учитывающей утечку нейтронов).

Тема 4.16. Лекция №16. Критические размеры гомогенного реактора

Краткая расшифровка: в лекции рассматривается методика расчета гомогенного реактора для определения размеров активной зоны.

Содержание практических разделов

Практическая работа № 1. Распределение температуры по толщине простых тел.

Краткое описание работы: в зависимости от граничных условий получить распределение температуры по толщине тела простой геометрической формы (пластина, цилиндрическая стенка и т.д.).

Практическая работа № 2. Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной и свободной конвекции.

Краткое описание работы: определить величину коэффициента теплоотдачи внутри канала простой формы (труба, продольно омываемый пучок труб в кожухе и т.д.) при вынужденном течении среды. Определить величину коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции около тел простой формы (труба, пластина и т.д.)

Практическая работа № 3. Определение толщины многослойной теплоизоляции.

Краткое описание работы: Определить требуемую толщину двухслойной теплоизоляции (и каждого из слоев отдельно), выполненной в виде слоя футеровки и теплоизоляционного покрытия. Толщины определяются на основании требований по температуре применения теплоизоляционного покрытия.

Практическая работа № 4. Определение коэффициента теплопередачи для простого теплообменника коаксиального типа (труба в трубе).

Краткое описание работы: рассчитать коэффициент теплопередачи для теплообменника типа «труба в трубе». В качестве обменивающихся теплом сред принимаются вода и воздух с заданными параметрами. Расчетом показать, каким образом можно интенсифицировать процесс теплопередачи.

Практическая работа № 5. Расчёт теплообменника.

Краткое описание работы: определить требуемую величину поверхности теплообмена для кожухотрубного теплообменника типа «труба в трубе» и конечную температуру рабочего тела по известным: расходам рабочего тела и теплоносителя, начальным температурам рабочего тела и теплоносителя, конечной температуре теплоносителя и давлениям обеих сред. Потерями давления пренебречь.

Практическая работа № 6. Построение гидравлической характеристики простого трубопровода.

Краткое описание работы: построить гидравлическую характеристику простого трубопровода конечной длины с местным сопротивлением в диапазоне чисел Рейнольдса от 0 до начала автомодельной области.

Практическая работа № 7. Определение ядерных концентраций материалов активной зоны.

Краткое описание работы: рассчитать ядерную концентрацию элементов, входящих в состав гомогенной активной зоны реактора по известной геометрии тепловыделяющих сборок и составу активной зоны.

Практическая работа № 8. Расчет макроскопического сечения взаимодействия.

Краткое описание работы: для предыдущей задачи произвести расчёт макроскопических сечений взаимодействия. Микроскопические сечения, требуемые для расчета, принимаются в соответствии с табличными данными.

Практическая работа № 9. Расчёт коэффициента размножения нейтронов в бесконечной среде.

Краткое описание работы: произвести расчет коэффициента размножения нейтронов в бесконечной среде по формуле четырех сомножителей.

Самостоятельная работа

Изучение дополнительного материала. Прохождение тестирования.

Фонд оценочных средств

Приведен в п. 12 дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки «Ядерные паропроизводящие установки».

Промежуточная аттестация

Промежуточные аттестации представлены тестированием в Odin. Каждый тест состоит из 15 вопросов. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Итоговая оценка за тест выставляется по пятибалльной шкале:

«3» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 50 % вопросов;

«4» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 70 % вопросов;

«5» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 85 % вопросов.

Рабочая программа модуля 5 «Парогенераторы и теплообменники»

Краткое описание модуля: в модуле № 5 рассматриваются принципиальные схемы генерации пара, классификация, конструкция, принцип работы и материалы, из которых изготавливаются парогенераторы (ПГ) и теплообменники (ТО) ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Рассматриваются тепловой, гидравлический и прочностной расчеты ПГ ЯЭУ.

Содержание теоретических разделов

Тема 5.1. Лекция №1. Принципиальные схемы генерации пара в ЯЭУ и классификация парогенераторов (ПГ) и теплообменников (ТО).

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются место и роль ПГ в технологии производства электроэнергии, принципиальные схемы генерации пара на ЯЭУ, требования к ПГ ЯЭУ, типы теплообменных аппаратов, удовлетворяющих требованиям к ПГ.

Тема 5.2. Лекция №2. Теплообменные аппараты.

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются основные характеристики ПГ, тепловые и конструктивные схемы ПГ с различными теплоносителями.

Тема 5.3. Лекция №3. Параметры пара, вырабатываемого ПГ ЯЭУ.

Краткая расшифровка: в лекции рассматривается влияние конструктивной и теплотехнической схемы ПГ на параметры пара, связь параметров пара с параметрами теплоносителя.

Тема 5.4. Лекция №4. Выбор теплоносителя первого контура ЯЭУ.

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются основные принципы выбора теплоносителя первого контура ЯЭУ.

Тема 5.5. Лекция №5. Конструкция и характеристики ПГ горизонтального типа.

Краткая расшифровка: в лекции рассматривается развитие конструкций и характеристики ПГВ-1 – ПГВ-4, ПГВ-1000, конструкция и характеристики ПГВ-1000М, конструкция и характеристики ПГВ-1000МКП.

Тема 5.6. Лекция №6. Конструктивные схемы вертикальных ПГ.

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются вертикальные парогенераторы насыщенного пара, вертикальные парогенераторы перегретого пара, парогенераторы для АЭС малой и средней энергетики, сравнение вертикальных и горизонтальных ПГ.

Тема 5.7. Лекция №7. Конструкционные материалы ПГ ЯЭУ.

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются выбор материалов и требования к ним, классификация и маркировка сталей, материалы для конструкционных элементов ПГ.

Тема 5.8. Лекция №8. Конструкция ПГ ЯЭУ. Основы конструкторского расчета .

Краткая расшифровка: в лекции рассматриваются тепловой расчет, гидравлический расчет, прочностной расчет ПГ

Содержание практических разделов

Практическая работа № 1. Расчет температурных напоров.

Краткое описание работы: на основании характеристик судовой ядерной энергетической установки и принятого прототипа парогенератора (ПГ) произвести расчет температурных напоров и построить график температурных напоров.

Практическая работа № 2. Расчет конструктивных характеристик ПГ.

Краткое описание работы: на основании характеристик судовой ядерной энергетической установки и принятого прототипа парогенератора (ПГ) произвести выбор и расчет конструктивных характеристик ПГ.

Практическая работа № 3. Расчет площади поверхности теплопередачи экономайзерного участка.

Краткое описание работы: на основании характеристик судовой ядерной энергетической установки и принятого прототипа парогенератора (ПГ) произвести расчет площади поверхности теплопередачи экономайзерного участка.

Практическая работа № 4. Расчет площади поверхности теплопередачи участка ухудшенного теплообмена.

Краткое описание работы: на основании характеристик судовой ядерной энергетической установки и принятого прототипа парогенератора (ПГ) произвести расчет площади поверхности теплопередачи участка ухудшенного теплообмена.

Практическая работа № 5. Расчет площади поверхности теплопередачи пароперегревательного участка.

Краткое описание работы: на основании характеристик судовой ядерной энергетической установки и принятого прототипа парогенератора (ПГ) произвести расчет площади поверхности теплопередачи пароперегревательного участка.

Практическая работа № 6. Расчет высоты активной части парогенератора.

Краткое описание работы: произвести расчет высоты активной части парогенератора судовой ядерной энергетической установки.

Практическая работа № 7. Определение гидравлических потерь 1-2 контура.

Краткое описание работы: рассчитать гидравлические потери 1-2 контура.

Практическая работа № 8.Расчет на прочность.

Краткое описание работы: произвести расчет на прочность парогенератора, выбрать материалы и толщины стенок корпуса, крышки, днища парогенератора, материал, размеры и расположение шпилек.

Практическая работа № 9. Оценка стоимости парогенератора.

Краткое описание работы: произвести расчет стоимости оборудования, капиталовложения (прямые, дополнительные, на сооружение и монтаж ПГ, ежегодные амортизационные отчисления, расчетные затраты на изготовление и эксплуатацию ПГ.

Стажировка

Стажировка проходит на базе ОКБМ имени И.И. Африканова

Самостоятельная работа

Изучение дополнительного материала. Прохождение тестирования.

Фонд оценочных средств

Приведен в п. 12 дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки «Ядерные паропроизводящие установки».

Промежуточная аттестация

Промежуточные аттестации представлены тестированием в Odin. Каждый тест состоит из 15 вопросов. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Итоговая оценка за тест выставляется по пятибалльной шкале:

«3» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 50 % вопросов;

«4» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 70 % вопросов;

«5» - слушатель ответил правильно не менее, чем на 85 % вопросов.