

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Димитровградский инженерно-технологический институт –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Заместитель руководителя

\_\_\_\_\_ Т.И. Романовская  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.02.03 Инженерные расчеты и проектирование ЯУ

---

|                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Специальность                         | Ядерные реакторы и материалы 14.05.01 |
| Квалификация выпускника               | Инженер-физик                         |
| Специализация                         | Ядерные реакторы                      |
| Форма обучения                        | Очная                                 |
| Выпускающая кафедра                   | Ядерных реакторов и материалов        |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | Ядерных реакторов и материалов        |

| Семестр      | Трудоемкость час. (ЗЕТ) | Лекций, час. | Практич. занятий, час. | Лаборат. работ, час. | СРС, час. | Форма промежуточного контроля (экз., час./зачет) |
|--------------|-------------------------|--------------|------------------------|----------------------|-----------|--|
| 7            | 72(2)                   | 17           | 17                     | -                    | 38        | зачет  |
| 8            | 144(4)                  | 17           | 34                     | -                    | 57        | Экзамен, 36                                      |
| <b>ИТОГО</b> | <b>216(6)</b>           | <b>34</b>    | <b>34</b>              | <b>-</b>             | <b>95</b> | <b>36</b>  |

Димитровград  
2018 г.

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** преподавания дисциплины «Инженерные расчеты и проектирование ЯУ» является подготовка студентов к решению инженерных задач на основе строгих научных методов. Приводятся примеры и углубленно изучается ряд вопросов, составляющих научную базу для анализа и расчета ядерных энергетических установок.

**Задачами** изучения дисциплины являются:

- изучение роли и места ядерной энергетики в современном мире;
- ознакомление с основными конструктивными решениями, выбираемыми при проектировании ядерных энергетических установок (ЯЭУ);
- ознакомление с основными теплофизическими процессами, протекающими в ЯЭУ;
- изучение порядка и методов инженерных расчетов ЯЭУ.

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Инженерные расчеты и проектирование ЯУ относится к вариативной части блока 1 профессионального модуля учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание общей физики и математики в пределах 1-3 семестров естественнонаучного модуля учебного плана,

умение работать с научной и справочной литературой,

владение основами работы на компьютере с пакетом программ Microsoft Office.

Таблица 2.1 - Перечень предшествующих и последующих дисциплин, формирующих общекультурные и профессиональные компетенции

| Код                          | Наименование компетенции   | Предшествующие дисциплины       | Последующие дисциплины (группы дисциплин)                  |
|------------------------------|--|---------------------------------|--|
| Общекультурные компетенции   |  |                                 |  |
| ОК-1                         | Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу   | Математический анализ           | Ядерные технологии   |
| Профессиональные компетенции |  |                                 |  |
| ПК-1                         | способностью создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов | Ядерная физика                  | Методы анализа топливного цикла, внутренний топливный цикл |
| ПК-3                         | Способностью использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплопереноса в  | Уравнения математической физики | Динамика и безопасность ЯЭУ                                |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | <p>объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения</p> |  |  |
|--|---|--|--|

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности).

Таблица 3.1 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

| Планируемые результаты освоения ОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина |   | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине   |
|--|---|---|
| Код компетенции  | Содержание компетенции  | Знать:<br>Уметь:<br>Владеть:  |
| ПК-1   | <p>способностью создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов</p>   | <p>Знать: Основные законы физики и математики, а также границы их применимости; основные уравнения переноса нейтронов и законы распределения энерговыделения в активной зоне реактора</p> <p>Уметь: применять знания для составления и решения дифференциальных и интегральных уравнений, а также систем уравнений.</p> <p>Владеть: навыками использования основных физических и математических законов</p> |
| ПК-2   | <p>готовностью к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов</p> | <p>Знать: основные физические законы и методы расчета</p> <p>Уметь: указать, какие законы описывают данное физическое явление или эффект, проводить измерения, а также рассчитывать их погрешности</p> <p>Владеть: навыками применения физических законов и работы с физическими величинами</p>   |
| ПК-3   | <p>способностью использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплопереноса в объеме доста-</p>  |   |

|         |   |   |
|---------|---|---|
|         | точном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения  |   |
| ПК-12   | способностью к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам               | Знать: источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по методикам расчета, нормативным документа и оборудованию в области тепломассообмена<br>Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы для проектирования<br>Владеть: навыками применения полученной информации при проектировании тепломассообменного оборудования   |
| ПК-15   | способностью провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок, современных систем учета и контроля ядерных материалов, методов обеспечения их защищенности | Знать: Основные подходы к расчету и проектированию тепломассообменного оборудования<br>Уметь: анализировать информацию о новых технологиях изготовления основных элементов тепломассообменного оборудования<br>Владеть: информацией о технических параметрах оборудования для использования при конструировании   |
| ПСК-1.6 | способностью рассчитывать основные характеристики ядерных реакторов и энергетических установок  | Знать: особенности конструкции тепловыделяющих элементов ядерных реакторов различных типов, основные материалы, используемые в реакторной технике, понятия тепловой и электрической мощности, температуры, паропроизводительности, давления, температуры, расхода теплоносителя.<br>Уметь: работать с технической документацией, вести поиск по базам данных и системам универсальной десятичной классификации.<br>Владеть: методами оценки мощности, расчета основных теплотехнических и нейтронно-физических параметров ЯЭУ |
| ПСК-1.7 | способностью проводить нейтронно-физический и теплогидравлический расчет ядерных установок  | Знать: основные нейтронно-физические процессы в активной зоне реактора, распределение энерговыделения, коэффициента неравномерности<br>Уметь: оценивать скорость проходящих ядерных реакций, температуру, давление, расход теплоносителя и рабочего тела<br>Владеть: методикой расчета теплотехнических и нейтронно-физических параметров ядерных установок   |

## 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет \_\_\_\_\_ зачетных единиц (ЗЕТ), \_\_\_\_\_ академических часов.

Таблица 4.1

**Объём дисциплины по видам учебных занятий (в соответствии с учебным планом)**

| Вид учебной работы                                      | Всего, зачетных единиц (акад. ча- | Семестр   |             |
|---|-----------------------------------|-----------|-------------|
|   |                                   | 7         | 8           |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>                    | 6(216)                            |           |             |
| <b>Контактная работа с преподавателем:</b>              |                                   |           |             |
| занятия лекционного типа                                | 34                                | 17        | 17          |
| занятия семинарского типа                               |                                   |           |             |
| в том числе: семинары                                   |                                   |           |             |
| практические занятия                                    | 34                                | 17        | 17          |
| практикумы  |                                   |           |             |
| лабораторные работы                                     | 17                                |           | 17          |
| другие виды контактной работы                           |                                   |           |             |
| в том числе: курсовое проектирование                    |                                   |           |             |
| групповые консультации                                  |                                   |           |             |
| индивидуальные консультации                             |                                   |           |             |
| иные виды внеаудиторной контактной работы               |                                   |           |             |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся**:</b>            | <b>95</b>                         | <b>38</b> | <b>57</b>   |
| изучение теоретического курса                           | 95                                | 93        | 74          |
| расчетно-графические задания, задачи                    |                                   |           |             |
| реферат, эссе   |                                   |           |             |
| курсовое проектирование                                 |                                   |           |             |
| <b>Вид промежуточной аттестации (зачет***, экзамен)</b> |                                   | зачет     | Экзамен(36) |

**Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины**

Таблица 4.2

| № модуля образовательной программы* | № раздела | Наименование раздела дисциплины   | Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, акад. часы |                      |                     |                        |             | Формируемые компетенции                  |
|-------------------------------------|-----------|---|---|----------------------|---------------------|------------------------|-------------|--|
|                                     |           |   | Лекции  | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов |  |
|                                     | 1         | Особенности теплогидравлических процессов в ЯЭУ                         | 4   | 4                    |                     | 12                     | 20          | ПСК -1.1 ПК-10<br>ПСК-1.6<br>ПК-1        |
|                                     | 2         | Основы теории подобия и моделирования                                   | 4   | 4                    |                     | 14                     | 22          | ПСК -1.10<br>ПСК -1.9<br>ПСК-1.6<br>ПК-1 |
|                                     | 3         | Общие положения расчета теплообменных аппаратов.                        | 4   | 4                    |                     | 18                     | 26          | ПСК -1.7<br>ПК-1<br>ПСК -1.10<br>ПК-6    |
|                                     | 4         | Расчеты парогенераторов ЯЭУ   | 9   | 9                    |                     | 18                     | 36          | ПК-1<br>ПК-7<br>ПСК-1.6<br>ПСК-1.7       |
|                                     | 5         | Основы конструирования и теплогидравлических расчетов ядерных реакторов | 9   | 9                    |                     | 18                     | 36          | ПК-7<br>ПСК-1.6<br>ПСК-1.7<br>ПСК-1.10   |
|                                     | 6         | Теплогидравлические процессы в  | 4   | 4                    |                     | 16                     | 24          | ПК-1                                     |

|        |  |   |    |    |  |    |     |  |
|--------|--|---|----|----|--|----|-----|--|
|        |  | переходных и аварийных режимах легководных реакторов. |    |    |  |    |     | ПК-6<br>ПСК-1.6<br>ПСК-1.9<br>ПСК-1.10 |
| Итого: |  |   | 34 | 34 |  | 95 | 163 |  |

#### 4.2 Содержание дисциплины

Удельный вес проводимых в активных и интерактивных формах проведения аудиторных занятий по дисциплине составляет \_\_30\_\_ %.

#### Лекционный курс

Таблица 4.3

| № лекции | Номер раздела | Тема лекции и перечень дидактических единиц*   | Трудоемкость, акад. часов |   |
|----------|---------------|--|---------------------------|---|
|          |               |  | всего                     | в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий |
| 1        | 1             | Виды теплоносителей их совместимость с конструкционными материалами.. Требования к теплоносителям АЭС. Особенности физических и теплофизических свойств.   | 1                         |   |
| 2        | 1             | Режимы течения и теплообмена в элементах энергооборудования ЯЭУ. Структура пароводяного потока по длине парогенерирующего канала. Истинные и расходные характеристики пароводяного потока. Изменение основных характеристик пароводяного потока по длине канала. | 1                         |   |
| 3        | 1             | Гидравлическое сопротивление трения при движении одно- и двухфазных потоков; местные гидравлические сопротивления. Учет влияния теплового потока на гидравлическое сопротивление.  | 1                         | 1   |
| 4        | 1             | Естественная циркуляция. Физические основы, основные уравнения расчета, показатели надежности.   | 1                         |   |
| 5        | 2             | Сущность теории подобия. Числа и уравнения подобия.  | 1                         |   |
| 6        | 2             | Обобщение опытных данных на основе теории подобия и моделирования теплогидравлических процессов.   | 1                         | 1   |
| 7        | 2             | Критериальные уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи в элементах оборудования ЯЭУ.  | 1                         |   |
| 8        | 2             | Числа и уравнения подобия.   | 1                         |   |
| 9        | 3             | Классификация теплообменных аппаратов  | 1                         | 1   |
| 10       | 3             | Основные положения и уравнения теплового расчета теплообменных аппаратов   | 1                         |   |
| 11       | 3             | Определение средней разности температур в ТА. Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена.   | 1                         |   |
| 12       | 3             | Гидравлический расчет ТА и определение мощно-  | 1                         | 1   |

|    |   |  |   |   |
|----|---|--|---|---|
|    |   | сти для перемещения рабочих сред.  |   |   |
| 13 | 4 | Общая характеристика ПГ АЭС. Виды его расчетов   | 1 |   |
| 14 | 4 | Общие положения при проектировании. Задачи проектирования ПГ АЭС и виды расчетов.  | 1 |   |
| 15 | 4 | Основные положения методики теплового, конструкционного и гидравлического расчетов ПГ АЭС.   | 1 | 1 |
| 16 | 4 | Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена  | 1 |   |
| 17 | 4 | Расчет парогенератора, обогреваемого водой под давлением   | 1 |   |
| 18 | 4 | Расчет прямоточного ПГ, обогреваемого жидко-металлическим теплоносителем   | 1 | 1 |
| 19 | 4 | Особенности расчета прямоточных ПГ.  | 1 |   |
| 20 | 4 | Расчет промежуточного пароперегревателя.   | 1 |   |
| 21 | 4 | Определение перепадов давления и параметров теплоносителя в элементах контура (ЕЦ). Уравнение циркуляции. Графо-аналитические методы расчета контуров ЕЦ.. Захват пара в опускной участок. | 1 | 1 |
| 22 | 5 | Классификация реакторов. Конструктивное устройство реакторов типа ВВЭР(PWR), РБМК, ВК(BWR), БН, АСТ. Устройство активных зон, ТВС и ТВЭЛОВ.  | 1 |   |
| 23 | 5 | Основы конструирования и теплогидравлических расчетов ядерных реакторов.<br>Выбор геометрических характеристик активной зоны   | 1 |   |
| 24 | 5 | Определение коэффициентов неравномерности энерговыделения.   | 1 | 1 |
| 25 | 5 | Определение расхода теплоносителя и его скорости в каналах активной зон. Определение запаса до критического теплового потока.  | 1 |   |
| 26 | 5 | Расчет распределения температуры теплоносителя, наружной и внутренней температуры оболочки и топлива по высоте твэла. Учет радиальной неравномерности энерговыделения                      | 1 |   |
| 27 | 5 | Учет зависимости коэффициентов теплопроводности от температуры при определении температуры топлива.  | 1 | 1 |
| 28 | 5 | Расчет ТВС с холостым ходом теплоносителя (трубка Фильда). Температурное поле в твэлах при неоднородных граничных условиях.  | 1 |   |
| 29 | 5 | Особенности теплогидравлического расчета кипящих канальных и корпусных реакторов.  | 1 |   |
| 30 | 5 | Особенности теплогидравлического расчета реакторов на быстрых нейтронах.   | 1 | 1 |
| 31 | 6 | Основы нестационарного теплообмена в реакторе  | 1 |   |
| 32 | 6 | Основные параметры, определяющие безопасность реакторов. Взаимосвязь нейтронно- физических и теплогидравлических характеристик реактора.   | 1 |   |

|        |   |  |    |    |
|--------|---|--|----|----|
| 33     | 6 | Переходные режимы на ректорах типа ВК и ВВЭР | 1  | 1  |
| 34     | 6 | Аварийные режимы с выбросом теплоносителя    | 1  |    |
| Итого: |   |  | 34 | 11 |

### Практические занятия

Таблица 4.4

| № лекции | Номер раздела | Тема лекции и перечень дидактических единиц*   | Трудоемкость, акад. часов |   |
|----------|---------------|--|---------------------------|---|
|          |               |  | всего                     | в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий |
| 1        | 1             | Виды теплоносителей их совместимость с конструкционными материалами.. Требования к теплоносителям АЭС. Особенности физических и теплофизических свойств.   | 1                         |   |
| 2        | 1             | Режимы течения и теплообмена в элементах энергооборудования ЯЭУ. Структура пароводяного потока по длине парогенерирующего канала. Истинные и расходные характеристики пароводяного потока. Изменение основных характеристик пароводяного потока по длине канала. | 1                         |   |
| 3        | 1             | Гидравлическое сопротивление трения при движении одно- и двухфазных потоков; местные гидравлические сопротивления. Учет влияния теплового потока на гидравлическое сопротивление.  | 1                         | 1   |
| 4        | 1             | Естественная циркуляция. Физические основы, основные уравнения расчета, показатели надежности.   | 1                         |   |
| 5        | 2             | Сущность теории подобия. Числа и уравнения подобия.  | 1                         |   |
| 6        | 2             | Обобщение опытных данных на основе теории подобия и моделирования теплогидравлических процессов.   | 1                         | 1   |
| 7        | 2             | Критериальные уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи в элементах оборудования ЯЭУ.  | 1                         |   |
| 8        | 2             | Числа и уравнения подобия.   | 1                         |   |
| 9        | 3             | Классификация теплообменных аппаратов  | 1                         | 1   |
| 10       | 3             | Основные положения и уравнения теплового расчета теплообменных аппаратов   | 1                         |   |
| 11       | 3             | Определение средней разности температур в ТА. Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена.   | 1                         |   |
| 12       | 3             | Гидравлический расчет ТА и определение мощности для перемещения рабочих сред.  | 1                         | 1   |
| 13       | 4             | Общая характеристика ПГ АЭС. Виды его расчетов   | 1                         |   |
| 14       | 4             | Общие положения при проектировании. Задачи проектирования ПГ АЭС и виды расчетов.  | 1                         |   |
| 15       | 4             | Основные положения методики теплового, конструкционного и гидравлического расчетов ПГ АЭС.   | 1                         | 1   |



|        |   |  |    |    |
|--------|---|--|----|----|
| 16     | 4 | Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена  | 1  |    |
| 17     | 4 | Расчет парогенератора, обогреваемого водой под давлением   | 1  |    |
| 18     | 4 | Расчет прямоточного ПГ, обогреваемого жидко-металлическим теплоносителем   | 1  | 1  |
| 19     | 4 | Особенности расчета прямоточных ПГ.  | 1  |    |
| 20     | 4 | Расчет промежуточного пароперегревателя.   | 1  |    |
| 21     | 4 | Определение перепадов давления и параметров теплоносителя в элементах контура (ЕЦ). Уравнение циркуляции. Графо-аналитические методы расчета контуров ЕЦ.. Захват пара в опускной участок. | 1  | 1  |
| 22     | 5 | Классификация реакторов. Конструктивное устройство реакторов типа ВВЭР(PWR), РБМК, ВК(BWR), БН, АСТ. Устройство активных зон, ТВС и ТВЭЛОВ.  | 1  |    |
| 23     | 5 | Основы конструирования и теплогидравлических расчетов ядерных реакторов.<br>Выбор геометрических характеристик активной зоны   | 1  |    |
| 24     | 5 | Определение коэффициентов неравномерности энерговыделения.   | 1  | 1  |
| 25     | 5 | Определение расхода теплоносителя и его скорости в каналах активной зон. Определение запаса до критического теплового потока.  | 1  |    |
| 26     | 5 | Расчет распределения температуры теплоносителя, наружной и внутренней температуры оболочки и топлива по высоте твэла. Учет радиальной неравномерности энерговыделения                      | 1  |    |
| 27     | 5 | Учет зависимости коэффициентов теплопроводности от температуры при определении температуры топлива.  | 1  | 1  |
| 28     | 5 | Расчет ТВС с холостым ходом теплоносителя (трубка Фильда). Температурное поле в твэлах при неоднородных граничных условиях.  | 1  |    |
| 29     | 5 | Особенности теплогидравлического расчета кипящих канальных и корпусных реакторов.  | 1  |    |
| 30     | 5 | Особенности теплогидравлического расчета реакторов на быстрых нейтронах.   | 1  | 1  |
| 31     | 6 | Основы нестационарного теплообмена в реакторе  | 1  |    |
| 32     | 6 | Основные параметры, определяющие безопасность реакторов. Взаимосвязь нейтронно- физических и теплогидравлических характеристик реактора.   | 1  |    |
| 33     | 6 | Переходные режимы на ректорах типа ВК и ВВЭР   | 1  | 1  |
| 34     | 6 | Аварийные режимы с выбросом теплоносителя  | 1  |    |
| Итого: |   |  | 34 | 11 |

### Лабораторные работы

*Приводится перечень лабораторных, их краткое содержание, объем или делается запись: «учебным планом не предусмотрены».*

Таблица 4.5

| № занятия | Номер раздела | Наименование лабораторной работы и перечень дидактических единиц | Трудоемкость, акад. часов |   |
|-----------|---------------|--|---------------------------|---|
|           |               |  | всего                     | в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий |
|           |               |  |                           |   |
|           |               | <i>Учебным планом не предусмотрены</i>                           |                           |   |
| Итого:    |               |  |                           |   |

### Самостоятельная работа студента

Таблица 4.6

| Раздел дисциплины | № п/п | Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц   | Трудоемкость, часов |
|-------------------|-------|---|---------------------|
| 1                 | 1.1   | Основные типы и характеристики ядерных энергетических реакторов.  | 6                   |
|                   | 1.2   | Конструктивное устройство реакторов типа ВВЭР(PWR), РБМК, ВК(BWR), БН, АСТ. Характеристики активных зон, ТВС и твэлов ректоров различного типа. | 6                   |
| 2                 | 2.1   | Распределение тепловыделения в активной зоне реактора. Распределение температур теплоносителя оболочки твэла и топлива по высоте ТВС.           | 6                   |
|                   | 2.2   | Влияние кипения теплоносителя на энерговыделение и параметры технологического канала. Теплотехническая надежность активной зоны.                | 4                   |
|                   | 2.3   | Гидравлическое сопротивление активной зоны (канала). Влияние двухфазной среды на гидравлическое сопротивление технологического канала.          | 4                   |
| 3                 | 3.1   | Структурные элементы контура естественной циркуляции (ЕЦ).  | 4                   |
|                   | 3.2   | Полезный и движущий напоры контура ЕЦ. Определение перепадов давления в различных элементах контура ЕЦ.   | 6                   |
|                   | 3.3   | Графо-аналитические методы расчета контуров ЕЦ.   | 5                   |
|                   | 3.4   | Сепараторы и паровые промежуточные перегреватели АЭС с турбинами насыщенного пара. Испарители и парогенераторы                                  | 5                   |
| 4                 | 4.1   | Режим критического истечения пара и газа. Критический режим истечения двухфазных сред и вскипающего теплоносителя.                              | 5                   |
|                   | 4.2   | Критический расход и его зависимость определяющих параметров.   | 10                  |
|                   | 4.3   | Макросечения взаимодействия   | 5                   |
| 5                 | 5.1   | Основные уравнения, определяющие математическую модель нестационарного теплообмена.   | 6                   |
|                   | 5.2   | Упрощенные математические модели нестационарного теплообмена в технологическом канале реактора, смесительных камерах, опускных каналах и пр.    | 7                   |
|                   | 5.3   | Уравнения нестационарного теплообмена в пряточном   | 6                   |

|               |     |   |           |
|---------------|-----|---|-----------|
|               |     | парогенераторе.   |           |
|               | 5.4 | Взаимосвязь тепловых, гидравлических и нейтронно-физических характеристик реакторной установки в переходных режимах | 6         |
| 6             | 6.1 | Принципы построения систем измерения основных параметров на реакторах с однофазным и двухфазным теплоносителем.     | 6         |
| <b>ИТОГО:</b> |     |   | <b>95</b> |

**Домашние задания, типовые расчеты и т.п.** *(при наличии в учебном плане)*

Учебным планом не предусмотрены

**Рефераты** *(при наличии в учебном плане)*

Учебным планом не предусмотрены

**Курсовые работы (проекты) по дисциплине** *(при наличии в учебном плане)*

Учебным планом не предусмотрены

## **5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В ходе освоения дисциплины при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии: лекции, практические занятия с использованием активных и интерактивных форм проведения занятий.

Интерактивное обучение реализуется как диалоговое обучение в ходе лекционных и практических занятий, что позволяет осуществлять взаимодействие между студентом и преподавателем, а также между самими студентами.

При выполнении практических работ преподаватель занимается лишь общей организацией и регулированием процесса интерактивного взаимодействия студентов в бригадах, на которые разбивается студенческая группа. Преподаватель, кроме того, готовит заранее необходимые задания и формулирует вопросы для успешной реализации заданий, даёт консультации, контролирует время и порядок выполнения намеченного плана практического занятия. При решении задач практического занятия, студентам приходится вступать в коммуникацию друг с другом, совместно решать поставленные задачи, преодолевать конфликты, находить общие точки соприкосновения, идти на компромиссы. В результате, практические занятия позволяют интегрировать теоретические знания и практические умения.

Достижение планируемых результатов освоения дисциплины осуществляется за счет использования следующих образовательных технологий:

1. Информационные технологии – при применении компьютеров для использования электронных версий учебников, учебных пособий, методических указаний, журнальных статей и нормативной документации;
2. Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды.
3. Case-study - анализ реальных проблемных ситуаций, имевших место в ядерной энергетике и поиск вариантов лучших решений..

На всех видах контроля студент должен продемонстрировать стандартные профессиональные действия за счет самостоятельного добывания необходимых знаний, умений и компетенций для конкретной и ранее неизвестной ситуации, возникающей при эксплуатации реакторной техники

Применяются вопросы с ветвлением допустимых решений, задачи на формирование прогноза, т.е. предполагаемых изменений в исходном объекте: «Что будет, если сделать то-то?».

При организации самостоятельной работы занятий используются методы самоуправляемой и самоконтролируемой познавательной деятельности через методы и технологии решения задач динамики и безопасности ЯЭУ.

## **6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)**

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

**Текущий контроль** студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем (ями), ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование;
- устные и письменные опросы;
- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов.

**Промежуточный контроль** студентов производится в следующих формах:

- тестирование;
- коллоквиумы;
- другие

**Итоговый контроль** по результатам семестров по дисциплине проходит в форме письменного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы и/или решения задач), зачета

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, перечислены в Приложении.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 7.1 - Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

| N<br>п<br>/<br>п                 | Автор             | Название  | Место<br>издания | Наимено-<br>вание из-<br>дательства                | Год из-<br>дания | Количество<br>экземпляров |
|----------------------------------|-------------------|---|------------------|--|------------------|---------------------------|
| <b>Основная литература</b>       |                   |   |                  |  |                  |                           |
| 1                                | Дементьев<br>Б.А. | Кинетика и регулирование ядерных реакторов.   | Москва           | Энерго-<br>атомиздат                               | 1986             | 2                         |
| 2                                | Галанин<br>А.Д.   | Теория ядерных реакторов на тепловых нейтронах.   | Москва           | Атомиздат  | 1959             | 1                         |
| <b>Дополнительная литература</b> |                   |   |                  |  |                  |                           |
| 1                                | Окунев<br>В.С.    | Нейтронно-физический расчет решетки ядерного реактора на основе газокинетической теории переноса.   | Москва           | Издатель-<br>ство<br>МГТУ им.<br>Н.Э. Бау-<br>мана | 2011             | 1                         |
| 2                                | Савандер,<br>В.И  | Физическая теория ядерных реакторов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. И. Савандер, М. А. Увакин. - Москва : МИФИ. Ч.1 : Однородная размножающая среда и теория гетерогенных структур : учебное пособие для вузов, | Москва           | НИЯУ<br>МИФИ                                       | 2007             | 1                         |

### 7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://www.ditud.ru:2525/> (Электронная библиотека Димитровградского института технологии, управления и дизайна)
2. [library.mephi.ru/](http://library.mephi.ru/) (Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ)
3. [lanbook.com/ebs.php](http://lanbook.com/ebs.php) (Электронно-библиотечная система издательства «Лань»)

### 7.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

Чтение лекций с использованием слайд-презентаций и графических объектов, выводимых на экран при проведении занятий всех форм.

## **8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### 1. Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук);
- наглядные пособия в виде отдельных электронных изделий.

### 2. Практические занятия (семинарского типа):

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук);
- пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы),

### 3. Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,

## 9 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр 6

| Информация о контр. точках | Текущий контроль(<=25) (ТК) |                 |                 |                 |                 |                 |                 | Промежуточный контроль (<=30) (ПК) |                 | Форма итогового контроля |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|--------------------------|
|                            | ТК <sub>1</sub>             | ТК <sub>2</sub> | ТК <sub>3</sub> | ТК <sub>4</sub> | ТК <sub>5</sub> | ТК <sub>6</sub> | ТК <sub>7</sub> | ПК <sub>1</sub>                    | ПК <sub>2</sub> |                          |
| форма контроля             | ПЗ                          | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | Тест                               | Тест            | Зачет                    |
| неделя сдачи               | 4                           | 6               | 8               | 10              | 12              | 14              | 16              | 8                                  | 16              |                          |
| макс. балл                 | 5                           | 6               | 4               | 5               | 2               | 6               | 2               | 15                                 | 15              |                          |

Семестр 7

| Информация о контр. точках | Текущий контроль(<=25) (ТК) |                 |                 |                 |                 |                 |                 | Промежуточный контроль (<=30) (ПК) |                 | Форма итогового контроля |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|--------------------------|
|                            | ТК <sub>1</sub>             | ТК <sub>2</sub> | ТК <sub>3</sub> | ТК <sub>4</sub> | ТК <sub>5</sub> | ТК <sub>6</sub> | ТК <sub>7</sub> | ПК <sub>1</sub>                    | ПК <sub>2</sub> |                          |
| форма контроля             | ПЗ                          | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | Тест                               | Тест            | Зачет                    |
| неделя сдачи               | 4                           | 6               | 8               | 10              | 12              | 14              | 16              | 8                                  | 16              |                          |
| макс. балл                 | 5                           | 6               | 4               | 5               | 2               | 6               | 2               | 15                                 | 15              |                          |

Семестр 8

| Информация о контр. точках | Текущий контроль(<=25) (ТК) |                 |                 |                 |                 |                 |                 | Промежуточный контроль (<=30) (ПК) |                 | Форма итогового контроля |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|--------------------------|
|                            | ТК <sub>1</sub>             | ТК <sub>2</sub> | ТК <sub>3</sub> | ТК <sub>4</sub> | ТК <sub>5</sub> | ТК <sub>6</sub> | ТК <sub>7</sub> | ПК <sub>1</sub>                    | ПК <sub>2</sub> |                          |
| форма контроля             | ПЗ                          | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | ПЗ              | Тест                               | Тест            | Экзамен                  |
| неделя сдачи               | 4                           | 6               | 8               | 10              | 12              | 14              | 16              | 8                                  | 16              |                          |
| макс. балл                 | 5                           | 6               | 4               | 5               | 2               | 6               | 2               | 15                                 | 15              |                          |

**Структура баллов, начисляемых студентам по результатам  
текущего контроля и промежуточного контроля**

| № п/п | Наименование видов учебной работы   | Начисляемое количество баллов (долей баллов) | Максимальное количество баллов по данному виду учебной работы |
|-------|---|--|---|
| 1     | <b>Раздел 1</b>   | 2  |   |
|       | <b>Текущий контроль 1:</b><br>а) выполнение теоретических заданий   |  | 2   |
| 2     | <b>Раздел 2</b>   |  |   |
|       | <b>Текущий контроль 2:</b><br>а) выполнение теоретических заданий<br>б) выполнение практических работ   | 3  | 3   |
| 3     | <b>Раздел 3</b>   | 9  |   |
|       | <b>Текущий контроль 3:</b><br>а) выполнение теоретических заданий<br>б) выполнение практических работ   | 3  | 3   |
|       | Посещение лекций  | 0,4балла за лекцию                           | 4   |
|       | Посещение практических занятий  | 0,3 балла занятие                            | 3   |
| 4     | <b>Промежуточный контроль по разделам 1-3.</b>  | <b>15</b>                                    | <b>15</b>   |
| 5     | <b>Раздел 4</b>   | 2  |   |
|       | <b>Текущий контроль 4:</b><br>а) выполнение теоретических заданий<br>б) выполнение практических работ   | 4  | 8   |
| 6     | <b>Разделы 5</b>  |  |   |
|       | <b>Текущий контроль 5:</b><br>а) выполнение теоретических заданий<br>б) выполнение практических работ   | 3  | 6   |
| 7     | Посещение лекций  | 0,4 балла за лекцию                          | 2   |
| 8     | Посещение практических занятий  | 0,4 балла за занятие                         | 2   |
| 9     | <b>Промежуточный контроль<br/>разделам 4-5</b>  | <b>18</b>                                    | <b>18</b>   |
| 10    | <b>Разделы 6-7</b>  |  |   |
|       | <b>Текущий контроль 3:</b><br>а) выполнение теоретических заданий<br>б) выполнение практических работ   | 8  | 8   |
| 11    | <b>Раздел 8</b>   |  |   |
|       | <b>Текущий контроль 8:</b><br>а) выполнение теоретических заданий<br>б) выполнение практических работ<br>в) выполнение расчетно-графических работ | 6  | 6   |
|       | Посещение лекций  | 0,4балла за лекцию                           | 4   |
|       | Посещение практических занятий  | 0,4 балла занятие                            | 4   |
| 12    | <b>Промежуточный контроль<br/>разделам 6-8</b>  | <b>22</b>                                    | <b>22</b>   |
| 13    | <b>ИТОГО БАЛЛОВ ЗА СЕМЕСТР:</b>   |  | <b>55</b>   |





**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан \_\_\_\_\_ факультета

\_\_\_\_\_  
*(в состав которого входит кафедра-составитель)*

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
*(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).*

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_  
*наименование кафедры      личная подпись      расшифровка подписи      дата*

Декан

\_\_\_\_\_  
*наименование факультета, где производится обучение,      личная подпись      расшифровка подписи      дата*

Начальник УМУ

\_\_\_\_\_  
*личная подпись      расшифровка подписи      дата*

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина Инженерные расчеты и проектирование является частью базовой частью профессионального модуля дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы. Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете ДИТИ НИЯУ МИФИ кафедрой «Ядерные реакторы и материалы».

Дисциплина нацелена на формирование профессиональных компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-25, ПК-29, ПСК -1.6, ПСК-1.7, ПСК-1.9, ПСК-1.12 выпускника.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с нейтронно-физическими и теплогидравлическими процессами в активных зонах, сопровождающих работу реактора, а также вопросы управления и безопасности ядерных энергетических установок.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, коллоквиумы, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме тестирования, устных и письменных вопросов, промежуточный контроль в форме коллоквиумов и тестирования и итоговый контроль в форме зачета и экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 288 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (50), практические (51) занятия и (187) самостоятельной работы студента.

### **Методические указания для самостоятельной работы обучающихся**

При изучении данного курса предполагается наличие у студента знаний в рамках стандартного курса ядерной физики и методов решения линейных дифференциальных уравнений. Хотя учебники по данной дисциплине имеются, тем не менее конспектирование большинства лекций необходимо последующей причине: комплекс знаний, излагаемых в данном курсе, охватывает более широкий круг вопросов, чем каждая из рекомендованных пособий, и в то же время изложение материала построено на упрощенном подходе, позволяющем студенту более легкое освоение материала без искажения качественной стороны вопросов.

Посещение семинаров необходимо для приобретения навыка решения практических задач динамики реакторов (в каждом экзаменационном билете есть такая задача). Для более глубокого изучения и самостоятельной работы лучше использовать рекомендуемую литературу.

Интернет имеет хороший ресурс информации только по ядерной энергетике (например, сайты <http://www.icjt.org/nukestat/index.html>, <http://www.world-nuclear.org/education/whyu.htm>) и др.); по физике реакторов есть англоязычные сайты, например, <http://www.nephy.chalmers.se/staff-pages/demaz/new/teaching/>; на русском языке

подходящих сайтов динамике и безопасности ядерных реакторов не имеется.

Для наглядного представления материала при чтении лекций используется около 300 слайдов. После каждой лекции можно получить у лектора электронные копии использованных слайдов. Кроме того, студентам предоставляются твердые копии таблиц, данных и графиков с данными, необходимыми при решении задач.

По каждой теме рекомендуется иметь краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания.

Владение курсом общей физики и квантовой механики, крайне желательно владение английским языком. Самостоятельное решение предлагаемых задач на качественное понимание учебного материала.

**Фонд оценочных средств дисциплины**

**Вопросы для подготовки к зачету и экзамену по дисциплине «Инженерные расчеты и проектирование»**

1. Рабочие тела и теплоносители, применяемые в ЯЭУ, их совместимость с конструкционными материалами.
2. Требования к теплоносителям АЭС. Особенности физических и теплофизических свойств.
3. Классификация теплообменных аппаратов.
4. Режимы течения и теплообмена в элементах энергооборудования ЯЭУ.
5. Структура пароводяного потока по длине парогенерирующего канала.
6. Истинные и расходные характеристики пароводяного потока.
7. Изменение основных характеристик пароводяного потока по длине канала.
8. Гидравлическое сопротивление трения при движении одно- и двухфазных потоков; местные гидравлические сопротивления.
9. Учет влияния теплового потока на гидравлическое сопротивление.
10. Естественная циркуляция (физические основы, расчеты, показатели надежности).
11. Гидродинамическая устойчивость потока в параллельных парогенерирующих каналах.
12. Сущность теории подобия.
13. Обобщение опытных данных на основе теории подобия и моделирования теплогидравлических процессов.
14. Числа и уравнения подобия.
15. Критериальные уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи в элементах оборудования ЯЭУ.
16. Основные уравнения теплового расчета ТА. Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена.
17. Определение средней разности температур в ТА. Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена.
18. Гидравлический расчет ТА и определение мощности для перемещения рабочих сред.
19. Общая характеристика ПГ АЭС.
20. Задачи проектирования ПГ АЭС и виды его расчетов. Основные положения методики теплового, конструкционного и гидравлического расчета ПГ АЭС.
21. Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена
22. Расчет парогенератора, обогреваемого водой под давлением
23. Расчет прямоточного ПГ, обогреваемого жидкометаллическим теплоносителем
24. Выбор геометрических характеристик активных зон ядерных реакторов.
25. Определение коэффициентов неравномерности энерговыделения.
26. Определение расхода теплоносителя и его скорости в каналах активной зоны.
27. Определение запаса до критического теплового потока.
28. Расчет распределения температуры теплоносителя, наружной и внутренней температуры оболочки и топлива по высоте ТВЭЛ.
29. Учет зависимости коэффициентов теплопроводности от температуры при определении температуры топлива.
30. Расчет температурного режима ТВС с кольцевыми ТВЭЛАМИ.
31. Основные параметры, определяющие безопасность реакторов. Взаимосвязь нейтронно-физических и теплогидравлических характеристик реактора.

32. Особенности теплогидравлического расчета кипящих канальных и корпусных реакторов.
- 33.
34. Конструктивное устройство реакторов типа ВВЭР(PWR). Устройство активной зоны, ТВС и твэлов.
35. Конструктивное устройство реакторов типа РБМК. Устройство активной зоны, ТВС и твэлов.
36. Конструктивное устройство реакторов типа ВК(BWR). Устройство активной зоны, ТВС и твэлов.
37. Конструктивное устройство реакторов типа БН. Устройство активной зоны, ТВС и твэлов.
38. Распределение нейтронных полей и энерговыделения в реакторах.
39. Тепловыделение в активной зоне реактора. Теплотехническая надежность активной зоны.
40. Простые и сложные схемы контуров с естественной циркуляцией (ЕЦ). Составные элементы этих контуров.
41. Полезный и движущий напоры. Определение перепадов давления и параметров теплоносителя в элементах контура (ЕЦ).
42. Уравнение циркуляции. Графо-аналитические методы расчета контуров ЕЦ.
43. Гравитационная сепарация пара и ее зависимость от определяющих параметров.
44. Конструкция и характеристики погруженных и парапремных дырчатых щитов.
45. Жалюзийные осушители пара.
46. Центробежные сепараторы и циклоны.

Приложение 4  
к рабочей программе дисциплины  
«Инженерные расчеты и проектирование»

### I. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий.

**Коммуникативное обучение:** чтение лекций, изложение нового материала с использованием традиционных форм преподавания, наглядных пособий и презентаций (*разделы 1-3*).

**Информационные технологии:** использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям и практическим занятиям (*разделы 1-3*).

**Работа в команде:** совместная работа студентов в группе при выполнении групповых домашних заданий (*разделы 2, 3*).

### II. Виды и содержание учебных занятий

#### Раздел 1. Особенности теплогидравлических процессов в ЯЭУ

**Теоретические занятия (лекции) - 4 час.**

##### **Лекция 1.**

Виды теплоносителей их совместимость с конструкционными материалами.. Требования к теплоносителям АЭС. Особенности физических и теплофизических свойств. Режимы течения и теплообмена в элементах энергооборудования ЯЭУ. Структура пароводяного потока по длине парогенерирующего канала. Истинные и расходные характеристики пароводяного потока. Изменение основных характеристик пароводяного потока по длине канала.

##### **Лекция 2.**

Гидравлическое сопротивление трения при движении одно- и двухфазных потоков; местные гидравлические сопротивления. Учет влияния теплового потока на гидравлическое сопротивление. Естественная циркуляция. Физические основы, основные уравнения расчета, показатели надежности.

*Тип лекции: информационная лекция.*

**Практические занятия - 4 часа.**

##### **Занятие 1.**

Истинные и расходные характеристики пароводяного потока. Изменение основных характеристик пароводяного потока по длине канала.

##### **Занятие 2.**

Гидравлическое сопротивление трения при движении одно- и двухфазных потоков; местные гидравлические сопротивления

#### Раздел 2. Основы теории подобия и моделирования

**Теоретические занятия (лекции) - 4 час.**

##### **Лекция 3.**

Сущность теории подобия. Числа и уравнения подобия. Обобщение опытных данных на основе теории подобия и моделирования теплогидравлических процессов.

##### **Лекция 4.**

Критериальные уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи в элементах оборудования ЯЭУ. Числа и уравнения подобия.

*Тип лекции: информационная лекция.*

**Практические занятия - 4 часа.**

##### **Занятие 3.**

Числа и уравнения подобия. Обобщение опытных данных на основе теории подобия и моделирования теплогидравлических процессов.

##### **Занятие 4.**

Критериальные уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи в элементах оборудования ЯЭУ. Числа и уравнения подобия.

### **Раздел 3. Общие положения расчета теплообменных аппаратов**

#### **Теоретические занятия (лекции) - 4 час.**

##### **Лекция 5.**

Классификация теплообменных аппаратов. Основные положения и уравнения теплового расчета теплообменных аппаратов.

##### **Лекция 6.**

Определение средней разности температур в ТА. Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена. Гидравлический расчет ТА и определение мощности для перемещения рабочих сред.

*Тип лекции: информационная лекция.*

#### **Практические занятия - 4 часа.**

##### **Занятие 5.**

Основные положения и уравнения теплового расчета теплообменных аппаратов.

##### **Занятие 6.**

Определение средней разности температур в ТА. Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена. Гидравлический расчет ТА и определение мощности для перемещения рабочих сред.

### **Раздел 4. Расчеты парогенераторов ЯЭУ**

#### **Теоретические занятия (лекции) - 9 час.**

##### **Лекция 7.**

Общая характеристика ПГ АЭС. Виды его расчетов. Общие положения при проектировании. Задачи проектирования ПГ АЭС и виды расчетов.

##### **Лекция 8.**

Основные положения методики теплового, конструкционного и гидравлического расчетов ПГ АЭС. Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена

##### **Лекция 9.**

Расчет парогенератора, обогреваемого водой под давлением. Расчет прямоточного ПГ, обогреваемого жидкометаллическим теплоносителем.

##### **Лекция 10.**

Особенности расчета прямоточных ПГ. Расчет промежуточного пароперегревателя.

##### **Лекция 11.**

Определение перепадов давления и параметров теплоносителя в элементах контура (ЕЦ). Уравнение циркуляции. Графо-аналитические методы расчета контуров ЕЦ. Захват пара в опускной участок.

*Тип лекции: информационная лекция.*

#### **Практические занятия - 8 часа.**

##### **Занятие 7.**

Задачи проектирования ПГ АЭС и виды расчетов.

##### **Занятие 8.**

Основные положения методики теплового, конструкционного и гидравлического расчетов ПГ АЭС. Расчеты конечных температур рабочих сред, температур поверхностей теплообмена.

##### **Занятие 9.**

Расчет парогенератора, обогреваемого водой под давлением. Расчет прямоточного ПГ, обогреваемого жидкометаллическим теплоносителем.

##### **Занятие 10.**

Определение перепадов давления и параметров теплоносителя в элементах контура (ЕЦ). Уравнение циркуляции. Графо-аналитические методы расчета контуров ЕЦ. Захват пара в опускной участок.

##### **Занятие 11.**

Особенности расчета прямоточных ПГ. Расчет промежуточного пароперегревателя.



## **Раздел 5. Основы конструирования и теплогидравлических расчетов ядерных реакторов**

Теоретические занятия (лекции) - 9 час.

### **Лекция 12.**

Классификация реакторов. Конструктивное устройство реакторов типа ВВЭР(PWR), РБМК, ВК(BWR), БН, АСТ. Устройство активных зон, ТВС и твэлов. Особенности теплогидравлического расчета реакторов на быстрых нейтронах.

### **Лекция 13.**

Основы конструирования и теплогидравлических расчетов ядерных реакторов.

Выбор геометрических характеристик активной зоны. Определение коэффициентов неравномерности энерговыделения.

### **Лекция 14.**

Определение расхода теплоносителя и его скорости в каналах активной зон. Определение запаса до критического теплового потока. Расчет распределения температуры теплоносителя, наружной и внутренней температуры оболочки и топлива по высоте твэла. Учет радиальной неравномерности энерговыделения

### **Лекция 15.**

Учет зависимости коэффициентов теплопроводности от температуры при определении температуры топлива. Расчет ТВС с холостым ходом теплоносителя (трубка Фильда). Температурное поле в твэлах при неоднородных граничных условиях. Особенности теплогидравлического расчета кипящих канальных и корпусных реакторов.

*Тип лекции: информационная лекция.*

**Практические занятия - 9 часа.**

### **Занятие 12.**

Основы конструирования и теплогидравлических расчетов ядерных реакторов.

Выбор геометрических характеристик активной зоны.

### **Занятие 13.**

Определение коэффициентов неравномерности энерговыделения.

### **Занятие 14.**

Определение расхода теплоносителя и его скорости в каналах активной зон. Определение запаса до критического теплового потока.

### **Занятие 15.**

Расчет распределения температуры теплоносителя, наружной и внутренней температуры оболочки и топлива по высоте твэла. Учет радиальной неравномерности энерговыделения

## **Раздел 6. Теплогидравлические процессы в переходных и аварийных режимах легководных реакторов.**

Теоретические занятия (лекции) - 4 час.

### **Лекция 16.**

Основы нестационарного теплообмена в реакторе. Основные параметры, определяющие безопасность реакторов. Взаимосвязь нейтронно- физических и теплогидравлических характеристик реактора.

### **Лекция 17.**

Переходные режимы на ректорах типа ВК и ВВЭР. Аварийные режимы с выбросом теплоносителя

*Тип лекции: информационная лекция.*

**Практические занятия - 4 часа.**

### **Занятие 16.**

Основы нестационарного теплообмена в реакторе. Основные параметры, определяющие безопасность реакторов. Взаимосвязь нейтронно- физических и теплогидравлических характеристик реактора.

### **Занятие 17.**

Переходные режимы на ректорах типа ВК и ВВЭР. Аварийные режимы с выбросом теплоносителя