

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Одобрено

Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 25.08.2025 № 25.8

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине

**АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

*название дисциплины*

**14.05.02 Атомные станции:**

**проектирование, эксплуатация и инжиниринг**

направление/профиль

**Радиационная безопасность атомных станций**

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

## Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Атомные электростанции» и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

## Цели и задачи фонда оценочных средств

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Атомные электростанции» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. В результате освоения ОП специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| Коды компетенций | Наименование компетенции                                                                                                                                                   | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3             | Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации               | З-ПК-3 Знать методы проведения исследований физических процессов;<br>У-ПК-3 Уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок;<br>В-ПК-3 Владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке;                                                                      |
| ПК-9             | Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы | З-ПК-9 Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ;<br>У-ПК-9 Уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ;<br>В-ПК-9 Владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ; |
| ПК-11            | Способен анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации                  | З-ПК-11 Знать правила техники безопасности при проведении монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ;<br>У-ПК-11 Уметь проводить монтаж, ремонт и демонтаж оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС;<br>В-ПК-11 Владеть навыками монтажных и      |

|  |                  |                                                    |
|--|------------------|----------------------------------------------------|
|  | энергоблоков АЭС | демонтажных работ на технологическом оборудовании. |
|--|------------------|----------------------------------------------------|

### 1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП специалитета

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

### 1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

| № п/п                                      | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Индикатор достижения компетенции                                                                           | Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Текущая аттестация, 9 семестр</b>       |                                          |                                                                                                            |                                                                     |
| 1.                                         | Разделы 1, 2                             | 3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1;<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9;<br>3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10 | Контрольная работа<br>Лабораторные работы                           |
| 2.                                         | Разделы 2,3                              | 3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1;<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9;<br>3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10 | Решение задач<br>Лабораторные работы                                |
| <b>Промежуточная аттестация, 9 семестр</b> |                                          |                                                                                                            |                                                                     |
|                                            | Экзамен                                  | 3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1;<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9;<br>3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10 | Экзаменационный билет                                               |

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

| Уровни                                                                                                                             | Содержательное описание уровня                                                                                                                                 | Основные признаки выделения уровня                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | БРС, % освоения | ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------|
| <b>Высокий</b><br><i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>         | Творческая деятельность                                                                                                                                        | <i>Включает низжестоящий уровень.</i><br>Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий                 | 90-100          | A/<br>Отлично/<br>Зачтено                          |
| <b>Продвинутый</b><br><i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i> | Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы | <i>Включает низжестоящий уровень.</i><br>Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения. | 85-89           | B/<br>Очень хорошо/<br>Зачтено                     |
|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 75-84           | C/<br>Хорошо/<br>Зачтено                           |
| <b>Пороговый</b><br><i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>                                                   | Репродуктивная деятельность                                                                                                                                    | Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.                                                                                                                                                                               | 65-74           | D/Удовлетворительно/<br>Зачтено                    |
|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 60-64           | E/Посредственно<br>/Зачтено                        |
| <b>Ниже порогового</b>                                                                                                             | Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0-59            | Неудовлетворительно/<br>Зачтено                    |

|  |                        |  |  |
|--|------------------------|--|--|
|  | стандартных ситуациях. |  |  |
|--|------------------------|--|--|

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

| <b>Уровень сформированности компетенции</b> | <b>Текущий контроль</b> | <b>Промежуточная аттестация</b> |
|---------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| <b>высокий</b>                              | <b>высокий</b>          | <b>высокий</b>                  |
|                                             | <i>продвинутый</i>      | <i>высокий</i>                  |
|                                             | <i>высокий</i>          | <i>продвинутый</i>              |
| <b>продвинутый</b>                          | <i>пороговый</i>        | <i>высокий</i>                  |
|                                             | <i>высокий</i>          | <i>пороговый</i>                |
|                                             | <b>продвинутый</b>      | <b>продвинутый</b>              |
|                                             | <i>продвинутый</i>      | <i>пороговый</i>                |
|                                             | <i>пороговый</i>        | <i>продвинутый</i>              |
| <b>пороговый</b>                            | <b>пороговый</b>        | <b>пороговый</b>                |
| <b>ниже порогового</b>                      | <b>пороговый</b>        | <b>ниже порогового</b>          |
|                                             | <b>ниже порогового</b>  | -                               |

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

| <b>Этап рейтинговой системы /<br/>Оценочное средство</b> | <b>Неделя</b> | <b>Балл</b>     |                 |
|----------------------------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|
|                                                          |               | <b>Минимум*</b> | <b>Максимум</b> |
| <b>Текущая аттестация</b>                                | <b>1-16</b>   | <b>36</b>       | <b>60</b>       |
| <b>Контрольная точка № 1</b>                             | <b>7-8</b>    | <b>18</b>       | <b>30</b>       |

|                                 |              |           |            |
|---------------------------------|--------------|-----------|------------|
| <i>Контрольная работа</i>       | 7            | 18        | 30         |
| <b>Контрольная точка № 2</b>    | <b>15-16</b> | <b>18</b> | <b>30</b>  |
| <i>Семинарские занятия</i>      | 15           | 18        | 30         |
| <b>Промежуточная аттестация</b> | <b>-</b>     | <b>24</b> | <b>40</b>  |
| Экзамен                         | -            |           |            |
| <i>Экзаменационный билет</i>    | -            | 24        | 40         |
| <b>ИТОГО по дисциплине</b>      |              | <b>60</b> | <b>100</b> |

\* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

#### **4.Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

|                           |                                                                            |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Направление               | <b>14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг</b> |
| Образовательная программа | <b>Радиационная безопасность атомных станций</b>                           |
| Дисциплина                | <b>Атомные электростанции</b>                                              |

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Выбор и обоснование начальных и конечных параметров рабочего цикла для АЭС с разными типами реакторов.
2. Спринклерная система ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.

Составитель \_\_\_\_\_ В.И. Слободчук  
(подпись)

Руководитель ООП \_\_\_\_\_ А.А. Удалова  
(подпись)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

|                           |                                                                            |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Направление               | <b>14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг</b> |
| Образовательная программа | <b>Радиационная безопасность атомных станций</b>                           |
| Дисциплина                | <b>Атомные электростанции</b>                                              |

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Выбор и обоснование начальных и конечных параметров рабочего цикла для АЭС с разными типами реакторов.
2. Обоснование необходимости использования регенеративного подогрева в схемах АЭС. Влияние степени регенерации и числа регенеративных подогревателей на к.п.д. цикла с регенерацией.
3. Оптимальное число регенеративных подогревателей в схемах ЯЭУ. Оптимальные параметры регенеративного подогрева при произвольном числе подогревателей в тепловой схеме.
4. Реакторная установка ВВЭР-1000. Состав, основные технические 5. характеристики.
5. Система компенсации давления блока с реактором типа ВВЭР-1000; назначение, состав, принцип работы.
6. Система подпитки-продувки блока ВВЭР-1000; назначение, состав, принцип работы.
7. Система аварийного охлаждения активной зоны ВВЭР-1000 – пассивная часть. Назначение, состав, принцип работы.
8. Система аварийного и планового расхолаживания ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.
9. Система аварийного ввода бора ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.
10. Спринклерная система ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.
11. Система аварийной питательной воды парогенераторов блока ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.
12. Система продувки и дренажей парогенератора ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.
13. Паропроводы острого пара двухконтурной ЯЭУ и защита ПГ и второго контура от превышения давления.
14. Реакторная установка РБМК-1000. Состав, основные технические характеристики. Схема КМПЦ.
15. Схема металлоконструкций реактора типа РБМК-1000.
16. Газовый контур РБМК-1000. Назначение, состав, принцип работы.

17. Система продувки и расхолаживания РБМК-1000. Назначение, состав, принцип работы.
18. Система аварийного охлаждения реактора РБМК-1000. Назначение, состав, принцип работы.
19. Система локализации аварий РБМК-1000. Назначение, состав, принцип работы.
20. Конденсационная установка. Назначение, состав и принципиальная схема.
21. Необходимость отсоса неконденсирующихся газов из конденсатора.
22. Схема включения основных эжекторов.
23. Система технического водоснабжения. Типы систем технического водоснабжения. Основные потребители технической воды.
24. Влияние температуры охлаждающей воды и кратности охлаждения на давление в конденсаторе.
25. Включение конденсатных насосов и БОУ в схему ЯЭУ.
26. Система основного конденсата. Схемы слива конденсата греющего пара, их сравнение между собой.
27. Деаэратор, назначение, типы деаэраторов, принцип термической деаэрации. Схема обвязки деаэратора.
28. Система питательной воды.
29. Испарители в схемах АЭС.
30. Вентиляционные установки. Основы проектирования вентиляции.
31. Теплофикационная установка АЭС.
32. Обращение с твердыми радиоактивными отходами на АЭС.
33. Обращение с жидкими радиоактивными отходами на АЭС.
34. Обращение с газообразными радиоактивными отходами на АЭС.

### **Критерии оценивания компетенций (результатов):**

В критерии оценки знаний по зачету входят:

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

### **Описание шкалы оценивания:**

| Оценка        | Критерии оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отлично 36-40 | Студент должен:<br>продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала;<br>исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;<br>правильно формулировать определения;<br>продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;<br>уметь сделать выводы по излагаемому материалу. |
| Хорошо 30-35  | Студент должен:<br>продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;<br>продемонстрировать знание основных теоретических понятий;                                                                                                                                                                                                           |

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | <p>достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;</p> <p>продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.</p>                                                                                                                        |
| <p>Удовлетворительно<br/>25-29</p>         | <p>Студент должен:</p> <p>продемонстрировать общее знание изучаемого материала;</p> <p>показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;</p> <p>уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</p> <p>знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.</p>                                               |
| <p>Неудовлетворительно<br/>24 и меньше</p> | <p>Студент демонстрирует:</p> <p>незнание значительной части программного материала;</p> <p>не владение понятийным аппаратом дисциплины;</p> <p>существенные ошибки при изложении учебного материала;</p> <p>неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</p> <p>неумение делать выводы по излагаемому материалу.</p> |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

|                           |                                                                            |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Направление               | <b>14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг</b> |
| Образовательная программа | <b>Радиационная безопасность атомных станций</b>                           |
| Дисциплина                | <b>Атомные электростанции</b>                                              |

**КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

1. Ядерные энергетические установки (ЯЭУ). Типы ЯЭУ. Требования, предъявляемые к основному оборудованию ЯЭУ разных типов.
2. Какие типы теплоносителей используются в ЯЭУ? Основные характеристики водного теплоносителя.
3. Основные требования, предъявляемые к теплоносителям ЯЭУ. Основные характеристики газовых теплоносителей.
4. Что такое термический к.п.д. цикла? В каких случаях можно записать его выражение через начальную и конечную температуры цикла? Какие параметры влияют на величину к.п.д.
  - а. цикла?
5. Что такое регенерация теплоты в рабочих циклах? Как она осуществляется технически?
6. До какой температуры можно нагреть питательную воду за счет регенеративного подогрева? Как выбирают ее оптимальную величину?
7. Что такое степень регенерации? Что такое энергетический коэффициент? Приведите необходимые пояснения.
8. Запишите выражение термического к.п.д. цикла с регенерацией через термический к.п.д. цикла без регенерации. Условие повышения термического к.п.д. цикла с регенерацией. Дайте необходимые пояснения.
9. Выбор и обоснование начальных параметров рабочего цикла для ЯЭУ с реактором типа РБМК.
10. Выбор и обоснование начальных параметров рабочего цикла для ЯЭУ с реактором типа ВВЭР.
11. Выбор и обоснование начальных параметров рабочего цикла для ЯЭУ с реактором БН-600.
12. Выбор конечных параметров рабочих циклов. Дать необходимые комментарии и пояснения.
13. Показатели тепловой экономичности: коэффициенты полезного действия, удельные расходы теплоты и пара.
14. Графики электрических и тепловых нагрузок. Коэффициенты наполнения графиков.

15. Графики электрических нагрузок. Энергосистемы. Место АЭС в покрытии графиков электрических нагрузок.
16. Обоснование необходимости использования регенеративного подогрева в циклах ЯЭУ.
17. Оптимальные параметры регенеративного подогрева при произвольном числе регенеративных подогревателей в технологической схеме ЯЭУ.
18. Особенности водно-химического режима 1 контура ВВЭР.

Контрольная работа предполагает рассмотрение одного/двух вопросов по контролируемым темам и представляется, как правило, в письменной форме.

### Критерии и шкала оценивания

| Оценка от 30 баллов     | Критерии оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отлично 90-100          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– материал рассматриваемого вопроса раскрыт полностью;</li> <li>– материал представлен грамотно, в ясной логической последовательности;</li> <li>– точно и профессионально используется терминология;</li> <li>– продемонстрировано умение описать работу основных технологических систем на примере энергоблоков с разными типами реакторов;</li> <li>– продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих материалов;</li> <li>– работа подготовлена в отведенное время, с необходимыми пояснениями;</li> <li>– продемонстрировано знание современной учебной и научной литературы;</li> <li>– допущены одна – две неточности, не искажающие сути ответа на рассматриваемые вопросы.</li> </ul>                                                                       |
| Хорошо 75-89            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– материал рассматриваемого вопроса изложен систематизированно и последовательно;</li> <li>- продемонстрировано умение в целом правильно описать работу основных технологических систем на примере энергоблоков с разными типами реакторов;</li> <li>– продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; – продемонстрировано усвоение основной литературы;</li> <li>– работа удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5», но при этом имеет место один из недостатков: <ul style="list-style-type: none"> <li>- в изложении допущены небольшие пробелы, не искавшие содержание работы;</li> <li>- допущены один – два недочета при освещении основного материала вопроса</li> </ul> </li> </ul> |
| Удовлетворительно 60-74 | <ul style="list-style-type: none"> <li>–неполно или непоследовательно изложено содержание материала рассматриваемого вопроса, но продемонстрировано общее понимание вопросов, продемонстрированы навыки и умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;</li> <li>–допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии;</li> <li>- выявлены пробелы в знаниях по основным системам и оборудованию АЭС;</li> <li>– продемонстрировано усвоение основной литературы.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Неудовлетворительно<br/>Менее 60</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– ответ представлен неполно или не по сути рассматриваемого вопроса;</li> <li>– обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала, требуемого при формировании контролируемой компетенции учебного курса;</li> <li>– допущены грубые ошибки в описании работы основных технологических систем, или работа систем и оборудования АЭС описана неверно;</li> <li>– лекционный материал и материалы основной литературы по курсу не усвоены.</li> </ul> |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
 филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

|                           |                                                                            |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Направление               | <b>14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг</b> |
| Образовательная программа | <b>Радиационная безопасность атомных станций</b>                           |
| Дисциплина                | <b>Атомные электростанции</b>                                              |

### ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ РАССМОТРЕНИЯ НА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЯХ

#### Задача №1.

В результате изменения условий эксплуатации реактора типа ВВЭР-1000 средняя температура теплоносителя на выходе из реактора уменьшилась на  $5^{\circ}\text{C}$  при неизменной тепловой мощности. Как изменится термический К.П.Д. цикла, если: а) расход теплоносителя не изменился; б) расход теплоносителя увеличился в 1,5 раза. Принять, что в исходном состоянии средний подогрев теплоносителя по а.з. составлял  $30^{\circ}\text{C}$ .

#### Задача №2.

Оцените изменение расхода пара на турбоустановку энергоблока с реактором ВВЭР-1000 при уменьшении степени регенерации на 29%. Тепловая мощность не меняется.

Принять: давление в деаэраторе  $P_d = 0,7 \text{ МПа} = \text{const}$ , давление в ПГ  $P_0 = 6,5 \text{ МПа} = \text{const}$ , давление в конденсаторе  $P_k = 0,004 \text{ МПа} = \text{const}$ , температура конденсата после конденсатора  $t_k = 30^{\circ}\text{C}$  продувка ПГ  $p = 0,01$ , температура питательной воды в номинальном режиме  $T_{пв} = 220^{\circ}\text{C}$ , температура острого пара  $t_0 = 280^{\circ}\text{C}$ .

#### Задача №3.

Оценить качественно изменение паропроизводительности энергоблока с реактором типа РБМК1000 при изменении давления в барабан-сепараторах  $DD_0 = f(P_{БС})$ .

Принять постоянными: расход циркуляции  $D_{ц}$  в контуре многократной принудительной циркуляции (КМПЦ), относительный расход продувки КМПЦ в системе продувки и расхолаживания (СПИР)  $p = D_{СПИР}/D$ , Тепловую мощность реактора  $Q_m$ . Считать также постоянными энтальпии питательной воды  $h_{пв}$  и возвращаемой в КМПЦ воды продувки  $h_{пр}$ . Считать любой рассматриваемый режим с измененным давлением стационарным.

#### Задача №4.

Оцените изменение температуры воды во всасывающем коллекторе ГЦН контура МПЦ АЭС с реактором типа РБМК, а также давления в основном конденсаторе турбоустановки:

а) при скачкообразном изменении влажности окружающего воздуха от 60% до 80%. Относительный предел испарительного охлаждения воды считать равным  $7^{\circ}\text{C}$ . Считать справедливой зависимость температуры смоченного термометра от влажности воздуха  $\phi$ :

$$t_{\text{см}} = t_{\text{возд}} - 100 \frac{t_{\text{возд}} - t^*}{t_{\text{возд}} + 10}, 0^{\circ}\text{C}$$

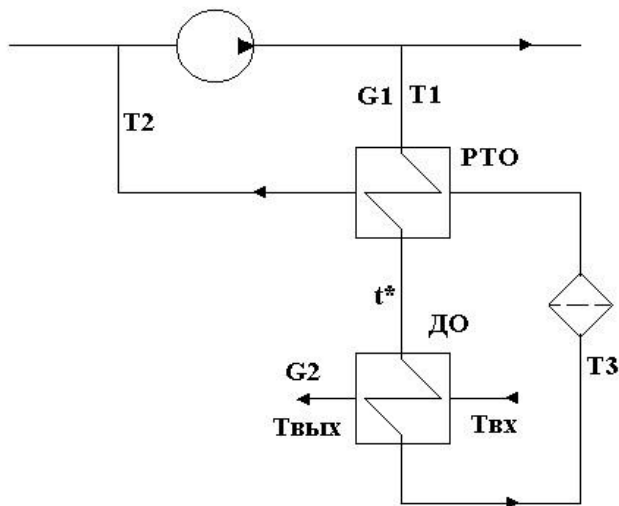
240

Принять температуру окружающего воздуха  $t_{\text{возд}} = 15^{\circ}\text{C}$ .

б) при повышении давления в деаэраторе на  $0,1 \text{ МПа}$ . Считать, что автоматика АСУ ТП перерегулировку параметров не производит.

Принять: Исходное давление в деаэраторе равно  $0,7 \text{ МПа}$ , среднее паросодержание на выходе ТК равно 14,5%.

#### Задача №5.



Для изображенной схемы байпасной очистки теплоносителя найти в общем случае значение температуры  $T2$ , а также отношение расходов  $G_1 G_2$ , считая заданными величины  $G_1$ ,  $t_1$ ,  $t_3$ . Принять, что площади теплообмена РТО и ДО отличаются в « $m$ » раз ( $F_{\text{РТО}} F_{\text{ДО}} = m$ ); осредненные коэффициенты теплопередачи при противоточном движении теплоносителя в этих теплообменниках равны между собой:  $k_{\text{РТО}} = k_{\text{ДО}}$ , а температурные напоры в доохладителе ДО равны:

- ☐ на входе по охлаждающей воде  $20^{\circ}\text{C}$ ;
- ☐ на выходе  $30^{\circ}\text{C}$ .

#### Задача №6.

Определить качественно потерю  $\Delta N_{\text{эл}}$  выработки электроэнергии на АЭС при отключении одного циркуляционного насоса (ЦН) технической воды, идущей на охлаждение конденсаторов турбин.

Считать, что на конденсаторы каждой турбины работает по 2 ЦН; всего турбин на АЭС –  $n$  шт.

Рассмотреть варианты:

- а) перераспределение расходов тех. воды по конденсаторам не производится;

б) производится перераспределение тех. воды с обеспечением одинаковых ее расходов по всем конденсаторам АЭС.

Рассчитать количественно отношение  $\Delta N_{эл}^a / \Delta N_{эл}^б$  для  $n=2$ ;  $n=4$ ;  $n=6$ . Считать потерю расхода на блоке из 2-х ЦН при останове одного насоса 50%. Расход пара на турбину считать постоянным.

#### Задача №7.

Оцените изменение термического КПД цикла на АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 при переходе к активной зоне без гидравлического профилирования (при прочих равных условиях, в частности при сохранении запаса  $\Delta t_z$  до кипения во всех кассетах и общего расхода теплоносителя па а.з.). Гидравлическое профилирование осуществляется по критерию одинакового подогрева во всех кассетах активной зоны. Необходимые параметры взять как для серийного блока В-320.

#### Задача №8.

Оцените изменение термического КПД цикла на АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 в предположении затрат на собственные нужды энергоблока при замене циркониевых оболочек твэлов  $\lambda_{Zr} = 20, 5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{гр)}$ , на оболочки с  $\lambda = 10 \text{ Вт/(м} \cdot \text{гр)}$  (при прочих равных условиях и сохранении критичности зоны). Считать при этом, что лимитирующим мощность реактора параметром является температура топлива. Температуру внутренней поверхности циркониевой оболочки на уровне середины активной зоны принять равной  $t_1 = 370^\circ\text{C}$ , коэффициент теплоотдачи равен  $2 \cdot 10^4 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ , Температура теплоносителя на входе в а.з.  $290^\circ\text{C}$ .