

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Нововоронежский политехнический институт** –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(НВПИ НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДЕН:

Педагогическим советом

«17» марта 2023г., протокол № 550

**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**«Ядерные энергетические реакторы»**

**Направление подготовки:** 14.03.01. Ядерная энергетика и теплофизика

**Наименование образовательной программы:** Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт оборудования АЭС

**Уровень образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

Нововоронеж 2023 г.

# 1. Паспорт фонда оценочных средств

## 1.1. Модели контролируемых компетенций:

Оценочные средства для контроля по дисциплине «Ядерные энергетические реакторы» направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся компетенций:

ПК-13, Способен к участию в планировании монтажно-наладочных работ по вводу в эксплуатацию оборудования и проведении приемосдаточных испытаний оборудования

Согласно Рабочему учебному плану направления, в формировании данной компетенции участвуют дисциплины и виды практик:

### ПК-13

Теоретическая механика

Общая энергетика

Атомные электростанции

Материаловедение и технология конструкционных материалов

Ядерные энергетические реакторы

Монтаж и ремонт энергетического оборудования

Экспериментальные методы исследований на АЭС

Учебная практика (ознакомительная)

Учебная практика (технологическая)

Производственная практика (эксплуатационная)

Производственная практика (преддипломная)

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

**З.1.** методы планирования монтажно-наладочных работы по вводу в эксплуатацию оборудования и проведения приемосдаточных испытаний оборудования;

### **Уметь объяснить:**

**У.1.** - планировать монтажно-наладочные работы по вводу в эксплуатацию оборудования и проводить приемосдаточные испытания оборудования;

### **Владеть:**

**В.1.** навыками планирования монтажно-наладочных работ по вводу в эксплуатацию оборудования и проведения приемосдаточных испытаний оборудования.

Форма аттестации по дисциплине: **экзамен.**

Освоение данных компетенций проверяется в итоговой аттестации при выполнении и защиты выпускной квалификационной работы

### 1.2. Программа оценивания контролируемой компетенции по этапам их формирования:

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			текущий	рубежный
1	Процессы в ядерных реакторах	ПК-13	УО 4	ПР 7
2	Конструкции и эксплуатация ядерных реакторов	ПК-13	Т 15	ПР 16

### 1.3. Основные показатели оценивания компетенций:

Соотнесение формируемых компетенций со знаниями, умениями и навыками приведено в следующей таблице:

Индекс компетенции	Проектируемые результаты освоения дисциплины «Ядерные энергетические реакторы (общая часть)» и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знания (З)	Умения (У)	Навыки (В)	
ПК-5	З1	У1	В1	Т1-Т4, УО, КР

Основные показатели оценивания знаний, умений и навыков, необходимые для формирования компетенций, представлены в таблице:

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Основные показатели оценки результатов	Формируемые компетенции
<b>З.1.</b> методы планирования монтажно-наладочных работ по вводу в эксплуатацию оборудования и проведения приемосдаточных испытаний оборудования	Студент способен перечислить и объяснить назначение основных элементов реакторных установок ВВЭР (РWR), РБМК, БН; способен отнести реакторную установку к определенным классам по набору признаков	ПК-13
<b>У.1.</b> планировать монтажно-наладочные работы по вводу в эксплуатацию оборудования и	Студент способен вычислить профиль температуры теплоносителя по высоте реактора, профиль температур по ТВЭЛУ	ПК-13

проводить приемосдаточные испытания оборудования		
<b>В.1.</b> навыками планирования монтажно-наладочных работы по вводу в эксплуатацию оборудования и проведения приемосдаточных испытаний оборудования	Студент свободно ориентируется в федеральных нормах и правилах, касающихся конструирования реакторов и проектирования реакторных установок и их систем	ПК-13

#### 1.4. Перечень оценочных средств

Характеристика оценочных средств по дисциплине представлена в таблице:

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	2	3	4
1	Тесты	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. Тесты содержат 5 вопросов в открытой, закрытой форме или на соответствие. Тематика вопросов соответствует разделу	Комплекты тестов по каждому разделу для текущей успеваемости
2	Контроль практических работ	Средство проверки выполнения индивидуальных заданий на практические занятия. Позволяет оценить умения обучающихся конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Варианты индивидуального задания на практические занятия и график выполнения заданий (из КТП)
3	Устный опрос	Средство контроля усвоения лекционного материала и оценки способности решать практические задачи по теме или разделу	Комплект вопросов по разделам дисциплины

## 2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ для оценки знаний, умений, навыков по дисциплине

Типовые контрольные задания представлены в соответствии с перечнем оценочных средств по дисциплине в следующей структуре:

- оценочные средства с выделением правильных ответов (для тестов);
- критерии и шкалы оценивания.

### 2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ

#### Тест № 1

##### 1. Термодинамический параметр – это:

1. Температура,  $^{\circ}\text{C}$ . 2. Избыточное давление. 3. Энтальпия. 4. Абсолютное давление.

##### 2. Термодинамический параметр – это:

1. Температура,  $^{\circ}\text{C}$ . 2. Избыточное давление. 3. Энтальпия. 4. Абсолютная температура  $^{\circ}\text{K}$ .

##### 3. Термодинамический параметр – это:

1. Температура,  $^{\circ}\text{C}$ . 2. Избыточное давление. 3. Энтальпия. 4. Удельный объем.

##### 4. Термодинамическая функция – это:

1. Температура,  $^{\circ}\text{C}$ . 2. Избыточное давление. 3. Энтальпия. 4. Удельный объем.

##### 5. Согласно закону Бернулли при внезапном расширении трубопровода:

1. Статическое давление потока жидкости уменьшается, а динамическое – увеличивается.
2. Статическое и динамическое давление увеличиваются.
3. Статическое давление увеличивается, а динамическое снижается.
4. Оба давления уменьшаются.

##### 6. Согласно закону Бернулли при внезапном сужении трубопровода полное давление (сумма статического и динамического):

1. Увеличивается. 2. Уменьшается. 3. Не изменяется.

##### 7. Закон Эйнштейна об эквивалентности энергии и массы:

1.  $E = mW^2/2$ . 2.  $E = m_0C^2$ . 3.  $E = mH$ . 4.  $E = mW^2/2 + mH$ .

##### 8. Формула эффективного коэффициента размножения нейтронов в однокрупном приближении:

1.  $k_{эф} = k_{\infty}/(1+B^2 \cdot L^2)$ . 2.  $k_{эф} = k_{\infty} \cdot \exp(-B^2 \cdot \tau) / (1+B^2 \cdot M^2)$ . 3.  $k_{эф} = \theta \cdot \mu \cdot \varepsilon \cdot \phi \cdot P$ .

4.  $k_{эф} = \theta \cdot \mu \cdot \varepsilon \cdot \phi \cdot P_3 \cdot P_d$ .

##### 9. Формула эффективного коэффициента размножения нейтронов в двухкрупном приближении:

1.  $k_{эф} = k_{\infty}/(1+B^2 \cdot L^2)$ . 2.  $k_{эф} = k_{\infty} \cdot \exp(-B^2 \cdot \tau) / (1+B^2 \cdot M^2)$ . 3.  $k_{эф} = \theta \cdot \mu \cdot \varepsilon \cdot \phi \cdot P$ .

4.  $k_{эф} = \theta \cdot \mu \cdot \varepsilon \cdot \phi \cdot P_3 \cdot P_d$ .

**10. При течении жидкости в трубопроводе при постоянном диаметре не изменяется:**

1. Полное давление.
2. Статическое давление.
3. Динамический напор.
4. Абсолютное давление.

### Тест № 2

**1. В идеальной жидкости:**

1. Режим течения ламинарный.
2. Режим течения турбулентный.
3. Отсутствует сила трения.
4. Температура равна абсолютному нулю.

**2. Основной закон гидростатики:**

1.  $P = P_{\text{стат}} + P_{\text{дин.}}$
2.  $P = \rho \cdot g \cdot h$
3.  $\Delta P_M = \xi_M \cdot \rho w^2 / 2$
4.  $P = F/S$

**3. При  $t = 20^\circ\text{C}$ :**

1.  $T = 120^\circ\text{K}$
2.  $T = 80^\circ\text{K}$
3.  $T = 273^\circ\text{K}$
4.  $293^\circ\text{K}$

**4. При  $t = -273^\circ\text{C}$ :**

1.  $T = 20^\circ\text{K}$
2.  $T = 0^\circ\text{K}$
3.  $T = -20^\circ\text{K}$
4.  $T = -173^\circ\text{K}$

**5. Закон теплопроводности Фурье:**

1.  $q = \alpha \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{ж}})$
2.  $q = -\lambda \cdot \text{grad}t$
3.  $\alpha = \text{Nu} \cdot \lambda / d$
4.  $\text{Re} = w \cdot d / \nu$

**6. Закон теплоотдачи Ньютона – Рихмана:**

1.  $q = \alpha \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{ж}})$
2.  $q = -\lambda \cdot \text{grad}t$
3.  $\alpha = \text{Nu} \cdot \lambda / d$
4.  $\text{Re} = w \cdot d / \nu$

**7. Коэффициент замедления нейтронов равен:**

1.  $D / \sum_a$
2.  $\xi \cdot \sum_s / \sum_a$
3.  $\text{Ln}(E_1 / E_2) / S$
4.  $\exp(-B^2 \cdot \tau)$

**8. Закон Ферми:**

1.  $L^2 = D / \sum_a$
2.  $k_3 = \xi \cdot \sum_s / \sum_a$
3.  $\xi = \text{Ln}(E_1 / E_2) / S$
4.  $P_3 = \exp(-B^2 \cdot \tau)$

**9. Формула параметра замедления нейтронов:**

1.  $L^2 = D / \sum_a$
2.  $k_3 = \xi \cdot \sum_s / \sum_a$
3.  $\xi = \text{Ln}(E_1 / E_2) / S$
4.  $P_3 = \exp(-B^2 \cdot \tau)$

**10. Формула макроскопического сечения реакции:**

1.  $\Sigma = \sigma / \rho$
2.  $\Sigma = \sigma \cdot \rho$
3.  $\Sigma = \sigma^2 \cdot \rho$
4.  $\Sigma = \sigma \cdot \rho^2$

## 2.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

### Тест № 1

**1. Основной материал корпуса ВВЭР-1000:**

08X18H10T; 16ГН2МФА; 08X14МФ; 15X2НМФА.

**2. Материал оболочки твэла:**

08X18H10T; Сплав Э110; 15X2НМФА; 12X1МФ.

**3. Головки кассет подпружинены с целью:**

- равномерного распределения веса БЗТ;
- выравнивания расхода теплоносителя по кассетам;
- профилирования энерговыделения;
- снижения гидравлического сопротивления.

**4. Материал БЗТ:**

08X18H10T; 16ГН2МФА; 08X14МФ; 15X2НМФА.

**5. Материал выгородки:**

08X18H10T; 16ГН2МФА; 08X14МФ; 15X2НМФА.

**6.БЗТ защищает пэлы от:**

Всплытия; поперечного обтекания; коррозии; охрупчивания.

**7.Температура теплоносителя на входе/выходе**

550/370; 320/290; 330/270; 280/220.

**8. Для уплотнения главного разъема и удерживания внутрикорпусной шахты от всплытия используются:**

никелевые прутковые прокладки; шпонки; упругие элементы; опорные стаканы.

**9.Действующий топливный цикл:**

12-ти месячный; 18-ти месячный; 24-х месячный; 6-ти месячный.

**10. Силовой элемент кассеты – это:**

головка, твэлы, хвостовик, направляющие трубки.

**Тест №2**

**1.Количество кассет в активной зоне ВВЭР-1000:**

205; 150; 163, 153.

**2.Буква «А» в обозначении стали корпуса 15X2НМФА указывает на:**

коррозионную стойкость; повышенный предел прочности; высококачественности; повышенный предел текучести.

**3. Количество твэл в кассете ВВЭР-1000:** 230; 312; 212; 452.

**4.Расположить узлы реактора в последовательности циркуляции теплоносителя:**

1. Перфорация опорной решетки БЗТ.

2.Перфорация днища шахты реактора.

3.Опорные стаканы шахты.

4.Кассеты.

5.Защитные трубы БЗТ.

6.Верхние патрубки Ду850 мм.

7.Нижние патрубки Ду850 мм.

8.Опускной участок.

9.Перфорация цилиндрической части шахты.

10.Перфорация БЗТ.

Правильный ответ: 7-8-2-3-4-1-5-10-9-6

**5. Цель заменыТВС-2 на ТВС-2М:**

Профилирование энерговыделения. Гидравлическое профилирование.

Уменьшениегидравлического сопротивления. Повышение мощности реактора до 104%.

**6. Цель замены ТВС-2 на ТВС-2М:**

1. Профилирование энерговыделения.
2. Гидравлическое профилирование.
3. Уменьшение гидравлического сопротивления.
4. Переход на 18-ти месячный цикл.

**7. Давление теплоносителя в ВВЭР-1000 равно 16 МПа выбрано с целью:**

1. Увеличить мощность реактора.
2. Увеличить расход теплоносителя.
3. Уменьшить толщину стенки корпуса.
4. Исключить закипание теплоносителя.

**8. В проекте В-392 применение 121-го ОР СУЗ обеспечивает подкритику реактора без ввода борной кислоты до температуры, °С:**

1. 200.
2. 100.
3. 20.
4. 50.

**9. Реактор ВВЭР больше подвержен колебательной неустойчивости к концу кампании потому что:**

1. Меньше  $\Phi$  и  $\rho_{0Xe}$ .
2. Больше  $\Phi$  и  $\rho_{0Xe}$ .
3. Меньше запас реактивности.
4. Больше шлакование.

**10. При подкритичности 0,25  $k_{эф}$  равен:**

1. 0,25.
2. 1,0.
3. 0,75.
4. 0,5.

**Тест №3**

**1. При подкритичности 0,25 подкритический коэффициент размножения нейтронов равен:**

1. 0,25.
2. 0,75.
3. 4,0.
4. 0,5.

**2. При подкритичности 0,01 и плотности нейтронного потока источника  $5 \times 10^{-2}$  н/см<sup>2</sup>с установившаяся плотность потока равна, н/см<sup>2</sup>с :**

1.  $10^{-2}$ .
2. 2,5.
3. 5,0.
4.  $10^{12}$ .

**3. Для обеспечения ядерной безопасности мощностной коэффициент реактивности должен быть равным:**

1.  $a_N = 0$ .
2.  $a_N > 0$ .
3.  $a_N < 0$ .

**4. Для обеспечения саморегулируемости реактора температурный коэффициент реактивности должен быть равным:**

1.  $a_t > 0$ .
2.  $a_t < 0$ .
3.  $a_t = 0$ .

**5. Для исключения состояния критичности реактора на мгновенных нейтронах физический вес стержней одного привода должен быть равным:**

1. Больше  $b_{эф}$ .
2. Меньше  $b_{эф}$ .
3. Равен  $b_{эф}$ .

**6. Условие допустимой скорости высвобождения реактивности в области ожидаемого перехода через критическое состояние:**

1.  $dp/d\tau = 0,07b_{эф}/c$ .
2.  $dp/d\tau > 0,07b_{эф}/c$ .
3.  $dp/d\tau < 0,07b_{эф}/c$ .

**7. Расположить этапы пуска блока в порядке очередности:**

А – подготовка РУ к пуску реактора.

Б – Пуск турбогенератора.

В – Подготовка РУ к пуску турбогенератора.

Г – Пуск реактора.



Д – Подготовка блока к пуску ( парогенератора, систем контроля, автоматики и др.)

Е – Подъем мощности блока до заданного уровня.

Ответ: Д-А-Г-В-Б- Е.

**8.Какая концентрация борной кислоты в ВВЭР наибольшая и равна 16 г/кг:**

1. Стояночная. 2. Текущая. 3.Перегрузочная. 4. Критическая.

**9. Статическая характеристика регулирования мощности ВВЭР – 1000 проекта В – 320:**

1. Средняя температура теплоносителя = const.

2. Постоянное давление пара.

3. Комбинированная.

4.Параметры пара скользящие.

**10. Привод ОР СУЗ ВВЭР – 1000:**

1. Линейный с преобразователем движения. 2. Линейный без

преобразователя движения. 3. Шаговый с преобразователем движения. 4.

Шаговый без преобразователя движения.

## Тест №4

### 1. Привод ОР СУЗ РБМК – 1000:

1. Линейный с преобразователем движения. 2. Линейный без преобразователя движения. 3. Шаговый с преобразователем движения. 4. Шаговый без преобразователя движения.

2. **Какие из поглощающих стержней РБМК – 1000 вводятся в активную зону в течение двух секунд:**

1. Стержни УКП. 2. Стержни РР. 3. Стержни БАЗ. 4. Стержни АР.

3. **Оперативный запас реактивности в РБМК – 1000 равен:**

1. 15 поглощающих стержней. 2. 45 стержней. 3. 5 стержней. 4. 100 стержней.

4. **При «слепом» пуске реактора реактивность вводится со скоростью:**

1.  $b_{эф}/с.$  2.  $0,5b_{эф}/с.$  3.  $0,07b_{эф}/с.$  4.  $2,73b_{эф}/с.$

5. **При подаче сигнала АЗ в любом режиме подача дистиллята от деаэратора борного регулирования на всасоподпиточного насоса:**

1. Уменьшается. 2. Увеличивается. 3. Не изменяется. 4. Прекращается.

6. **Указать последовательность включения – отключения**

**электромагнитов ШЭМ ВВЭР – 1000 при перемещении штанги на один шаг вверх:**

А – Вкл. тянущий электромагнит.

Б – Откл. фиксирующий электромагнит.

В – Вкл. фиксирующий электромагнит.

Г – Вкл. удерживающий электромагнит.

Д – Откл. удерживающий и тянущий электромагниты.

Ответ: Г-Б-А-В- Д.

7. **При пуске реактор выводится на номинальную мощность вводом положительной реактивности:**

1. До критического состояния. 2. До подкритичности равной 0,01. 3. До надкритичности с допустимым периодом разгона.

8. **Уравнение кинетики для подкритического реактора:**

1.  $n(t) = n_0 \cdot \exp(\Delta k \cdot t/l)$ . 2.  $n_{уст} = (1 - k_{эф}) \cdot n_{ист}$ . 3.  $k_{эф} = k_{\infty} \cdot P$ . 4.  $\Delta E = \Delta m_0 \cdot C^2$ .

9. **К пассивным средствам защиты реактора относится:**

1. ОР СУЗ. 2. Компенсатор давления. 3. Ловушка расплава активной зоны.

4. Автоматический регулятор мощности.

10. **При пуске реактора критическое состояние проходят при мощности равной:**

1.  $N_{ном}$ . 2.  $0,5N_{ном}$ . 3.  $10^{-5} \%$  от  $N_{ном}$ . 4.  $10\%$  от  $N_{ном}$ .

## 2.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ РУБЕЖНОЙ АТТЕСТАЦИИ (вопросы для проведения устных опросов)

### Раздел 1.

1. **Какими закономерностями объясняется механизм выделения теплоты в реакторе.**

Ответ: 1. Закон эквивалентности энергии и массы Эйнштейна.

2. Дефект массы покоя. 3. Закон сохранения массы.

**2. Физический смысл микроскопического сечения ядерных реакций.**

Ответ: Это вероятность протекания данной реакции.

**3. Единицы измерения микро и макроскопического сечений реакций.**

Ответ: Микросечение:  $\text{см}^2$ ,  $\text{м}^2$ , барн. Макросечение – обратная единица длины.

**4. На каких реакциях замедляются нейтроны.**

Ответ: Упругого и неупругого рассеяния.

**5. Почему ядерным горючим служит уран – 235.**

Ответ: Потому, что энергия связи нейтрона в ядре (6,8 МэВ) больше энергии активации ядра (6,5 МэВ).

**6. Источник нейтронов при  $\beta^-$ -минус распаде ядер.**

Ответ: распад нейтрона на электрон и протон.

**7. Какие вещества используются для замедления нейтронов в ядерных реакторах.**

Ответ: Вещества из легких ядер: тяжелая и легкая вода, графит и др.

**8. Почему в РБН коэффициент воспроизводства больше, чем в ТР.**

Ответ: Меньше паразитическое поглощение и больше выход нейтронов на деление и на поглощение.

**9. Почему в ТР нейтроны замедляют до энергии менее 1 эВ.**

Ответ: В тепловом диапазоне сечение деления урана-235 примерно в 200 раз больше сечения поглощения нейтронов ураном-238, вследствие чего реактор может работать при низких обогащениях топлива.

**10. Почему в РБН плотность нейтронного потока на два порядка больше, чем в тепловых.**

Ответ: Из-за малого  $\sigma_f$  урана-235.

**11. Почему в РБН обогащение урана значительно больше, чем в ТР.**

Ответ: Из-за малого  $\sigma_f$  урана-235.

**12. Способы достижения критичности реактора.**

Ответ: 1. Увеличение размеров активной зоны. 2. Увеличение материального параметра активной зоны. 3. Изменение геометрии активной зоны или коэффициента уплотнения. 4. Применение отражателя нейтронов. 5. Изменение размеров и материального параметра активной зоны. 6. Применение внешних источников нейтронов.

**13. Почему критическая масса в РБН больше, чем в ТР.**

Ответ. Из-за малого  $\sigma_f$  урана-235.

**14. В чем состоит эффект Доплера.**

Ответ: В уширении резонансных пиков с ростом температуры урана, в результате чего  $\phi$  уменьшается.

**15. Чем объясняется увеличение сечения реакции при снижении энергии нейтронов.**

Ответ. Дуализмом в природе, то есть волновыми свойствами нейтрона.

**16. Расположите реакторы в порядке увеличения глубины выгорания:**

Ответ: 1. РБМК-1000. 2. ВВЭР-1000. 3. БН-600. 4. БН-800.

**17. Как изменяется плотность нейтронного потока к концу кампании ТР.**

Ответ: Увеличивается, так как из-за выгорания снижается ядерная концентрация делящегося изотопа.

**18. Основные способы выравнивания энерговыделения в активной зоне.**

Отвѣт: 1. Изменение обогащения по радиусу АЗ. 2. Использование отражателя нейтронов. 3. Изменение шага твэл в ТВС.

**19. Регламент на аксиальный офсет в ВВЭР-1000:**

Отвѣт:  $-2 \leq \Delta O \leq 15, \%$ .

**20. Как изменяется мощностной эффект реактивности к концу кампании реактора ВВЭР-1000.**

Отвѣт: Увеличивается, так как больше уширяются резонансные пики из-за увеличения амплитуды колебаний ядер урана – 238.

**21. Как изменяется равновесное отравление Хе – 135 к концу кампании реактора.**

Отвѣт: Растет, так как увеличивается плотность потока  $\Phi$ .

**22. Основные способы увеличения глубины выгорания топлива.**

Отвѣт: 1. Увеличение обогащения урана. 2. Профилирование энерговыделения. 3. Повышение прочности оболочки твэл. 4. Применение выгорающего поглотителя нейтронов.

**23. Перегрузочная и начальная рабочая концентрация борной кислоты в ВВЭР-1000.**

Отвѣт. Перегрузочная – 16 г/кг. Начальная рабочая – 7 г/кг.

**24. Основные эффекты отравления Хе – 135.**

Отвѣт: 1. Равновесное отравление. 2. Переотравление (иодная яма).

**25. Какие эффекты реактивности способствуют регулируемости реактора ВВЭР-1000.**

Отвѣт: Температурный и мощностной.

**26. С какой целью подпружинены головки кассет ВВЭР-1000.**

Отвѣт: Для равномерного распределения веса БЗТ по кассетам.

**27. Как уплотняется главный разъем в ВВЭР – 1000.**

Отвѣт: С помощью двух никелевых прутковых прокладок кольцевой формы и 54-х шпилек М 76х6 мм.

**28. С какой целью предусмотрены одна выпуклая, а вторая вогнутая шайбы под гайками главного разъема.**

Отвѣт: Для устранения изгибающего напряжения в шпильках главного разъема.

**29. Модернизация БН – 600.**

Отвѣт: 1. Материал чехловых труб 08Х16Н11М3 заменен на ЭП – 450. 2. Материал оболочки твэл ЭИ 847 заменен на ЧС – 68. 3. Высота активной зоны увеличена с 750 до 1030 мм. 4. Две зоны с обогащением 21 и 33 % заменены на три зоны: 17, 21 и 26 %. 5. Кампания реактора увеличилась со 100 до 165 суток. 6. Кампания ТВС возросла с 300 до 560 суток.

**30. Как обеспечивается введение в активную зону РБМК-1000 стержней БАЗ в течение 2 секунд.**

Ответ: 1. Стержни подпружинены. 2. Канал СУЗ охлаждается пленкой воды, стекающей по стенке, что значительно снижает гидравлическое сопротивление в сравнении со сплошным потоком воды.

### **31. Механизм энерговыделения в термоядерных реакторах.**

Ответ:

## **Раздел 2**

### **1. Основные способы выравнивания расхода ТН по кассетам.**

Ответ: 1. Уравнительное дросселирование потока ТН (ВВЭР-1000).

2. Индивидуальное дросселирование потока ТН (БН-600). 3. Сужение канала от периферии к центру перед кассетами (ВВЭР-1000).

### **2. Почему в БН-600 диаметр твэл меньше, чем в РБМК-1000 и ВВЭР-1000.**

Ответ: Из – за большего объемного энерговыделения и ограничения теплового потока.

### **4. Назначение выгорающих поглотителей.**

Ответ: Увеличение кампании реактора и профилирование энерговыделения.

### **5. За счет чего уменьшен положительный паровой эффект реактивности в результате модернизации РБМК-1000.**

Ответ: Увеличено количество поглощающих стержней со 179 до 210.

### **6. Режимы течения двухфазного потока.**

Ответ: 1. Пузырьковый. 2. Снарядный. 3. Эмульсионный. 4. Кольцевой. 5. Дисперсный.

### **7. Какова структура двухфазного потока в закризисной области течения.**

Ответ: В закризисной области имеет место дисперсный режим течения, при котором стенка канала сухая, а в потоке пара присутствуют капли влаги.

Этот процесс происходит в зоне доупаривания прямоточных парогенераторов. А также в реакторах принципиально возможных будущих поколений – в кипящих корпусных реакторах, вырабатывающих пар сверхкритических параметров.

### **8. Граничные значения энтальпии воды для околоскритической области.**

Ответ:  $i_1 = 1600$  кДж/кг;  $i_2 = 3000$  кДж/кг.

### **9. Критериальное уравнение для расчета коэффициента теплоотдачи при вынужденном режиме движения воды или пара в круглых трубах или при продольно омываемых пучках стержней (труб).**

Ответ:  $Nu = A \cdot Re^m \cdot Pr^k \cdot (Pr_{ст} / Pr_{ж})^l \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$ .

### **10. Особенности расчета коэффициента теплоотдачи при развитии кипения.**

Ответ: Коэффициент  $\alpha_{р.к}$  определяется с помощью  $\alpha_k$  (для однофазного потока),  $\alpha_0$  (при кипении в большом объеме), средней скорости смеси, теплового потока,  $g$  и  $\rho$ .

### **11. Каково влияние выгорания урана на плотность и температуру плавления $UO_2$ .**

Ответ: Выгорание урана вызывает уплотнение топлива и понижает температуру плавления.

### **12. Как учитывается в тепловом расчете ТВС факторы, ухудшающие условия их работы.**

Ответ: Рассчитываются коэффициенты запаса, которые учитывают погрешности изготовления ТВС и твэлов, флуктуации мощности, неравномерность энерговыделения, определяется интегральный коэффициент, кратно которому уменьшается максимальный расчетный тепловой поток.

### **13. Источники теплоты в ядерных реакторах.**

Ответ: Основная доля энергии деления приходится на кинетическую энергию

осколков деления. Их энергия и энергия  $\beta$  – излучения превращается в тепло вблизи места деления ядер. То есть при тепловых расчетах можно считать, что эта энергия выделяется в твэлах и составляет 90%. Около 10% энергии деления превращается в тепло за пределами твэлов : энергия  $\gamma$  – излучения и энергия замедленных нейтронов.

### **14. Как распределяется плотность нейтронного потока по радиусу и высоте активной зоны.**

Ответ:  $\Phi(r,z) = \Phi(0,0) \cdot J_0(2,405 \cdot r/R_0) \cdot \cos(\pi \cdot z/H_0)$ .

### **15. Как распределяется температура элементов активной зоны по ее высоте.**

Ответ: Максимум температуры топливного сердечника, оболочки твэла и теплоносителя располагается выше центра АЗ. При этом наиболее смещен максимум температуры ТН. Это объясняется влиянием нагрева ТН.

## **Раздел 3**

### **1. Стационарные режимы, предусмотренные регламентом.**

Ответ: 1. Работа на мощности. 2. Работа на МКУ. 3. Горячее состояние (горячий останов). 4. Холодное состояние (холодный останов). 5. Останов для ремонта. 6. Останов для перегрузки.

### **2. Энергетический уровень мощности.**

Ответ: Уровень мощности достаточный для работы турбоустановки с выработкой электрической энергии:

- 3% от  $N_{ном}$  для ВВЭР-1000;
- 0,3% для РБМК-1000;
- 0,1% для БН-600.

### **3. Характеристика режима холодного останова.**

Ответ:

1. Первый контур уплотнен.
2. Реактор подкритичен, все ОР СУЗ на НКВ, концентрация борной кислоты не ниже стояночной.
3. Подкритичность контролируется АКНП.

4.Теплота от АЗ отводится естественной циркуляцией, а от первого контура - одним из каналов аварийного и планового расхолаживания. Второй канал готов к работе.

5.Температура теплоносителя  $20 - 70^{\circ}\text{C}$ .

6.Давление теплоносителя не более  $1,5 - 1,8$  МПа.

7.ПГ по второму контуру сдренированы (если ремонт) или заполнены консервационным раствором.

8.Электроснабжение собственных нужд блока осуществляется от не менее двух систем надежного питания второй категории (восстанавливает электроснабжение потребителей не позднее нескольких минут).

#### **4.Характеристика режима горячего останова.**

Ответ:

1.Первый контур уплотнен.

2.Реактор подкритичен, все ОР СУЗ на НКВ, концентрация борной кислоты не ниже стояночной.

3.Подкритичность контролируется АКНП.

4.Давление в первом контуре –  $15,7$  МПа.

5.Температура теплоносителя  $265 - 278^{\circ}\text{C}$ .

6.Работают 2 – 4 ГЦН и соответственно 2 – 4 ПГ в паровом режиме со сбросом пара в конденсатор турбины или в технологический конденсатор.

7.Давление в ПГ равно  $5 - 6,2$  МПа.

#### **5.Характеристика режима останова для перегрузки.**

Ответ:

1.Контур разуплотнен.

2.Реактор подкритичен. Все ОР СУЗ введены в АЗ и расцеплены с приводами.

3.Удалены верхний блок и блок защитных труб.

4.Шахта реактора и бассейны выдержки и перегрузки объединены и заполнены раствором борной кислоты с концентрацией  $16 - 20$  г/кг.

5.Температура теплоносителя на выходе ТВС менее  $70^{\circ}\text{C}$ .

6.Подкритичность контролируется АКНП и системой контроля перегрузки СКП.

7.Парогенераторы сдренированы по второму контуру или заполнены консервационным раствором.

#### **6. Характеристика останова для ремонта.**

Ответ:

1.Реактор подкритичен.

2.Концентрация борной кислоты в первом контуре не менее  $16$  г/кг.

3.Температура металла элементов первого контура выше температуры хладноломкости.

4.Давление в контурах равно атмосферному.

5.Уровень воды в реакторе на  $200 - 300$  мм ниже главного разъема реактора или снижен для выполнения ремонтных работ, но не ниже уровня оси холодных патрубков.

#### **7.Основные этапы пуска энергоблока.**

Ответ:

1. Подготовка блока к пуску.
2. Подготовка РУ к пуску реактора.
3. Пуск реактора.
4. Подготовка РУ к пуску турбогенератора.
5. Пуск турбогенератора.
6. Подъем мощности блока до заданного уровня.

Для сокращения общей продолжительности пуска, работы, выполняемые на разных этапах, частично совмещают по времени.

#### **8. Особенности останова реактора.**

Ответ:

1. Реактор может быть остановлен оперативным персоналом или действием аварийной защиты.
2. Допустимая скорость снижения мощности определяется термомеханическими напряжениями в оборудовании блока.
3. При не аварийном останове следует вводить стержни в АЗ приводами без останова, то есть не сбрасывать кластеры.
4. В случае ВВЭР глушение реактора производится вводом борной кислоты, а затем кластеры опускают приводами.

#### **9. Главные задачи персонала после перевода реактора в подкритику.**

Ответ:

1. Поддержание достаточной подкритичности активной зоны с учетом ввода положительной реактивности, связанной с температурным и мощностным эффектами и с разотравлением.
2. Организация надежного отвода остаточного тепловыделения и отвода тепла из первого и второго контуров.

#### **10. Основное содержание этапов пуска энергоблока с ВВЭР – 1000.**

Ответ:

1. Проверка завершения перегрузки или ремонтных работ.
2. Приведение систем и оборудования блока в предпусковое состояние, включая герметизацию первого контура и предварительную проверку на плотность.
3. Ввод в работу вспомогательных и обеспечивающих систем, систем и устройств безопасности.
4. Проверка и выставка уставок автоматики, защит, блокировок и др..
5. Разогрев реактора и первого контура до состояния горячего останова за счет работы ГЦН и остаточных тепловыделений в активной зоне.
6. Гидравлические испытания контура при температуре воды 90 – 120 °С.
7. Замена газовой подушки на паровую в КД.
8. Испытание предохранительных устройств КД и ПГ.
9. Вывод реактора из подкритики на мощность около 3% от номинальной.
10. Подъем мощности до значения, обеспечивающего включение турбины в работу.
11. Пуск турбогенератора с подъемом мощности реактора до уровня, обеспечивающего стабильный режим работы турбины (30%  $N_{ном}$ ).



12. Постепенный подъем мощности блока до заданной.

#### Раздел 4

##### **1. Барьеры безопасности ВВЭР – 1000.**

Ответ: 1. Топливные таблетки. 2. Оболочки твэл. 3. Трубопроводы ГЦТ и корпус реактора. 4. Гермооболочка. 5. Ловушка расплава активной зоны.

##### **2. Барьеры безопасности РБМК-1000.**

Ответ: 1. Топливные таблетки. 2. Оболочки твэл. 3. Трубопроводные коммуникации и корпуса технологических каналов реактора.

##### **3. Барьеры безопасности БН-600.**

Ответ: 1. Топливные таблетки. 2. Оболочки твэл. 3. Корпус реактора основной.

4. Корпус реактора страховочный. 5. Контейнмент основной. 6.

Вторичный контейнмент (защитная оболочка).

##### **4. Барьеры безопасности БН-800.**

Ответ: 1. Топливные таблетки. 2. Оболочки твэл. 3. Корпус реактора основной. 4. Корпус реактора страховочный. 5. Контейнмент основной. 6.

Вторичный контейнмент (защитная оболочка). 7. Поддон для расплава активной зоны, расположенный внутри корпуса, под напорной камерой.

##### **5. Сущность принципа глубокошелонированной защиты.**

Ответ: Это создание ряда последовательных уровней защиты от вероятных отказов технических средств и ошибок персонала, включая:

- установление последовательных физических барьеров на пути распространения радиоактивных продуктов в окружающую среду;
- предусмотрение технических и административных мероприятий по сохранению целостности и эффективности этих барьеров;
- предусмотрение мероприятий по защите населения и окружающей среды в случае разрушения барьеров.

##### **6. Почему при выводе реактора на МКУ ОР СУЗ извлекаются пошагово с временной выдержкой не менее 60с.**

Ответ: Это объясняется ограничением периода реактора.

##### **7. В чем опасность неконтролируемого аварийного расхолаживания реактора в конце кампании.**

Ответ: Возможен повторный выход в критическое состояние из-за отрицательного температурного коэффициента реактивности. При температуре активной зоны 220 °С высвобождается 5,5 % реактивности.

##### **8. Чему равна реактивность в состоянии мгновенной критичности. Каков характер этого состояния.**

Ответ:  $\rho = \beta_{эф}$ . Реактор критичен на мгновенных нейтронах, а поэтому неуправляем. Это состояние реактора противопоказано.

##### **9. Почему ограничивается содержание борной кислоты в теплоносителе на уровне 7 г/кг при работе реактора на мощности в начале кампании.**

Ответ. Кислота снижает саморегулируемость реактора, так как уменьшается температурный коэффициент по теплоносителю.

**10. Как контролируется подкритичность активной зоны при перегрузке реактора.**

Ответ: Измеряется концентрация борной кислоты. Автономной системой контроля перегрузки СКП.

**11. Какие нейтроны относят к запаздывающим. Механизм их образования.**

Ответ: Это нейтроны, испускаемые продуктами деления урана. Основной вклад вносят изотопы иода и брома. Механизм образования на примере брома: Br-87 подвергается  $\beta^-$  распаду, образуется Kr-87, который испускает нейтрон и превращается в Kr – 86.

**12. При какой мощности реактор выводится в критическое состояние.**

Ответ: Подкритическая мощность увеличивается с примерно  $10^{-8} - 10^{-7}$  до  $10^{-6} - 10^{-5}$  % от номинальной.

**13. В каком состоянии реактор выводится на номинальную мощность.**

Ответ: В надкритическом с заданным периодом разгона (не менее 60 – 120 с). При этом важно, чтобы надкритичность была значительно меньше доли запаздывающих нейтронов.

**14. В каком положении находятся стержни АЗ при пуске реактора ВВЭР-1000.**

Ответ. Стержни извлечены из активной зоны.

**15. Какие параметры и процессы следует учитывать при увеличении мощности реактора при пуске из холодного состояния.**

Ответ. 1. Допустимую скорость роста температуры толстостенных конструкций ( корпус реактора, фланцевый разъем и др.). ТВС и твэлы скорость не ограничивают. 2. Ксеноновое отравление. 3. Механическое воздействие топливного сердечника на оболочку твэла.

**16. Примеры условий срабатывания аварийных защит РУ В-320.**

Ответ:

1. При уменьшении периода разгона в пусковом (ДП) или рабочем (ДР) до 10с, определенного в двух каналах из трех одного комплекта АКНП.
2. При повышении уровня нейтронного потока в ДП или ДР до аварийной уставки в двух каналах из трех одного комплекта АКНП.
3. При повышении уровня нейтронного потока в ДР до 107%  $N_{ном}$  в двух каналах из трех одного комплекта АКНП.

**17. Примеры условий срабатывания аварийных защит РУ В-320.**

Ответ:

1. При снижении разности  $t_s - t_{гн}$  до  $10^0$ С в любой из 4-х горячих ниток ГЦТ.
2. При снижении уровня воды в КД до 4600 мм от днища.
3. При снижении давления в паропроводе до 50 кгс/см<sup>2</sup>.

**18. Примеры условий срабатывания аварийных защит РУ В-320.**

Ответ:

1. При снижении уровня котловой воды в любом из 4-х парогенераторов на 650 мм от номинального и работающем ГЦН этой петли. Сигнал шунтируется при отключении ГЦН.

2. При повышении давления под оболочкой более  $0,3 \text{ кгс/см}^2$  (избыточное).
3. При повышении температуры теплоносителя в любой из горячих ниток ГЦТ до  $328 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 19. Примеры условий срабатывания предупредительных защит ПЗ-1.

Ответ:

1. При уменьшении периода разгона реактора в ДП или ДР до 20 секунд в двух каналах из трех одного комплекта АКНП.
2. При повышении давления над активной зоной более  $172 \text{ кгс/см}^2$ .
3. При повышении температуры теплоносителя в любой из горячих ниток ГЦТ до  $323 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 20. Примеры условий срабатывания предупредительных защит ПЗ-2.

Ответ:

1. При повышении давления над активной зоной более  $165 \text{ кгс/см}^2$ .
2. При падении ОР СУЗ.

### 3. Критерии оценки:

1. Полнота знаний теоретического контролируемого материала.
2. Количество правильных ответов.

**Шкала оценивания (максимальное количество баллов – 20 б.):**

**18 - 20 б.** - процент правильных ответов 80-100%;

**17 - 13 б.** - процент правильных ответов 65-79,9%;

**10 - 12 б.** - процент правильных ответов 50-64,9%;

### 4. Практические работы

Практические работы выполняются по индивидуальным заданиям по всем темам рабочей программы.

#### Критерии и шкалы оценивания

При выполнении практических работ оцениваются:

- знания теоретического материала по темам практических занятий;
- умение самостоятельно пользоваться справочной и методической литературой, лекционными материалами при решении конструкторских и расчетных задач.

Объем выполненных заданий	баллы
90 – 100 %	18-20
75 – 89 %	15-17
60 – 74 %	12-14
0 – 59 %	0-11

**Критерии оценки знаний по дисциплине:**

Итоговая сумма баллов	Оценка по 4-бальной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS	Градация
90-100	отлично	зачтено	A	отлично
85-89	хорошо		B	очень хорошо
75-84			C	хорошо
70-74			D	удовлетворительно
65-69	удовлетворительно		E	посредственно
60-64			F	неудовлетворительно
ниже 60	неудовлетворительно	не зачтено		

Зачтено «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Зачтено «Очень хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.

Зачтено «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Зачтено «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Зачтено «Посредственно» - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.

Не зачтено «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.