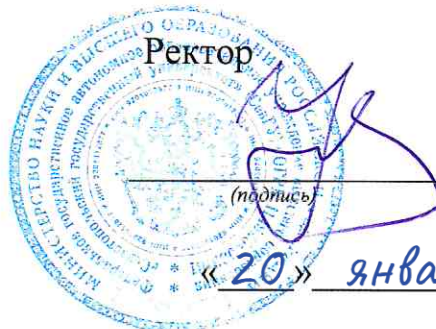


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Председатель приемной комиссии



В.Д.Нечаев
(Ф.И.О)

«**20**» **января** 2026 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание по специальной дисциплине

(название вступительного испытания)

научная специальность

**2.4.9. Ядерные энергетические установки,
топливный цикл, радиационная безопасность**

(шифр и название научных специальностей)

уровень высшего образования

подготовка кадров высшей квалификации

(название уровня ВО)

Севастополь
2026

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине при приеме на обучение по научной специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность:

1. Разработана на кафедре «Ядерные энергетические установки» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» в соответствии со следующими нормативными документами:

– Порядок приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.08.2021 № 721;

– Правила приема в федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет» на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в 2026 году;

– Положение о приемной комиссии федерального государственного автономного учреждения «Севастопольский государственный университет»;

– Положение о экзаменационных комиссиях федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет»;

– Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 года №154;

– Основная образовательная программа высшего образования по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (специализация Проектирование и эксплуатация атомных станций), утвержденная ректором ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

2. Разработчики программы: Руководитель рабочей группы – Матузаев К.Б., кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Ядерные энергетические установки», Губин В.Е., кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Электроэнергетика», Губарев Ф.А., доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетика».

3. **Утверждена** на заседании кафедры «Ядерные энергетические установки» от «12» декабря 2025 г., протокол №6.

Председатель профессиональной
экзаменационной комиссии,
профессор кафедры
«Электроэнергетика»

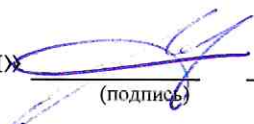


(подпись)

_____ (дата)

Ф.А. Губарев

Заведующий кафедрой
«Ядерные энергетические установки»



(подпись)

_____ (дата)

К.Б. Матузаев

Заведующий кафедрой
«Электроэнергетика»



(подпись)

_____ (дата)

В.Е. Губин

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Общие положения и порядок проведения вступительного испытания...	5
2. Основное содержание программы вступительного испытания.....	7
3. Шкала оценивания и минимальное количество баллов, подтверждающее успешность прохождения вступительного испытания...	20
4. Список рекомендуемой литературы для подготовки к вступительному испытанию.....	22

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Программа вступительных испытаний предназначена для поступающих на образовательную программу высшего образования - программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Вступительный экзамен для зачисления на программу подготовки кадров высшей квалификации по направлению 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность проводится в соответствии с Порядком приема на обучение по программам подготовки аспирантов.

Программа вступительного экзамена составлена в соответствии с основной образовательной программой подготовки по специальности «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

Цель вступительного испытания – выявление среди поступающих в аспирантуру наиболее способных и подготовленных к освоению образовательных программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Задачами вступительного испытания является оценка уровня теоретической подготовки экзаменуемого.

К сдаче вступительного экзамена допускаются лица, окончившие ВУЗы по программам базового высшего образования, имеющие дипломы магистров или специалистов.

Вступительный экзамен предполагает письменный ответ кандидата на вопросы билета. Билет содержит 4 теоретических вопроса и 1 практическая задача по теории ядерных реакторов. Время подготовки составляет 2 часа.

Ответы на вопросы излагаются студентами на бланках установленной формы, заверенных штампом Приемной комиссии.

Условием подготовки к вступительному испытанию в аспирантуру является предварительное ознакомление поступающего с содержанием тем и вопросов, выносимых на экзамен, а также с требованиями, предъявляемыми к экзамену.

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать знания в области ядерной энергетики, соответствующие предшествующему уровню подготовки.

Конкурсный вступительный экзамен проводится аттестационной комиссией, персональный состав которой утверждается приказом ректора СевГУ.

Для допуска к вступительным испытаниям поступающие в аспирантуру представляют в приемную комиссию университета документ государственного образца о высшем образовании и другие документы, предусмотренные правилами приема.

В основу настоящей программы вступительного испытания положены следующие темы:

- Основы теории ядерных реакторов;
- Проектирование ядерных энергетических установок;
- Системы и оборудование реакторного и турбинного цеха;

— Эксплуатация АЭС.

В случае если абитуриент не согласен с оценкой, выставленной аттестационной комиссией, он имеет право подать апелляцию в порядке, определенном Положением о приемной комиссии СевГУ.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Для составления теоретических экзаменационных вопросов на вступительном экзамене используются следующие дисциплины, изучаемые согласно учебному плану по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

2.1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

1. Критичность ядерного реактора. Определение. Понятие поколения нейтронов в реакторе. Количественные меры критичности и отклонения реактора от критичности, их взаимосвязь. Две основные единицы реактивности ЯР.
2. Нейтронный цикл в тепловом реакторе. Определение. Формула из шести сомножителей, определения и смысл их.
3. Характеристики замедляющих свойств веществ. Факторы и параметры, определяющие их величины.
4. Анизотропия рассеяния замедляющихся нейтронов. Определение, количественная мера анизотропии рассеяния в гомогенной среде, транспортное смещение нейтронов и транспортное макросечение среды.
5. Возраст нейтронов по Ферми. Плотность замедления нейтронов в непоглощающих и поглощающих эпитепловые нейтроны средах. Понятие возраста нейтронов. Формула возраста нейтронов. Зависимость возраста тепловых нейтронов от температуры и давления среды.
6. Уравнение возраста Ферми. Вид УВФ, определения величин, из которых оно составлено. Назначение УВФ. Понятие параметра критического ЯР.
7. Темп генерации тепловых нейтронов в гомогенном реакторе. Как получается его выражения? Факторы, определяющие его величину.
8. Вероятность избежания утечки замедляющихся нейтронов. Анализ двух главных факторов, определяющих её величину.
9. Энергетический спектр замедляющихся нейтронов в гомогенном ЯР. Вид спектра по плотности потока и плотности нейтронов. Время замедления нейтронов в реакторах. Понятие об «энергии сшивки».
10. Закон диффузии в среде. Понятие диффузии ТН в ЯР. Нейтронный газ и температура тепловых нейтронов. Закон Фика: вид выражения и смысл входящих в него величин. Коэффициент диффузии. Время диффузии в средах и в тепловом реакторе.
11. Длина диффузии ТН в средах. Понятие квадрата длины диффузии и смысл длины диффузии. Взаимосвязь длины диффузии с макросечениями среды. Зависимость длины диффузии от температуры и давления в среде.
12. Темп утечки ТН из единичного объёма а.з. Выражение для темпа утечки ТН. Факторы, определяющие его величину в реакторе.
13. Эффективный выход нейтронов деления. Выход нейтронов деления. Общее определение эффективного выхода. Формулы для однокомпонентных и

- двухкомпонентных топлив. Зависимость эффективного выхода от температуры. Изменчивость η в процессе кампании.
14. Коэффициент использования тепловых нейтронов. Определение. Величина θ в однородной размножающей среде.
 15. Коэффициент использования ТН в гетерогенных двухзонных ячейках. Распределение Φ по радиусу цилиндрической двухзонной ячейки. Коэффициент проигрыша. Внешний и внутренний блок-эффекты и их количественные меры.
 16. Основные факторы, определяющие величину θ в энергетических реакторах. Обогащение топлива, Уран-водное отношение. Температура. Изменчивость в процессе кампании.
 17. Коэффициент размножения на быстрых нейтронах. Определение. ϵ в цилиндрическом блоке из природного металлического урана в воде. Теоретический предел ϵ в урансодержащих средах. Величина ϵ в «редких» решётках твэлов в ВВЭР. Пористость топлива.
 18. Величина ϵ в «тесных» решётках твэлов ВВЭР. Формула Батя - Цыганкова, её анализ. Факторы, определяющие величину ϵ в ВВЭР.
 19. Вероятность избежания резонансного захвата. Определение. Общая картина резонансного захвата ядрами ^{238}U . Характеристики резонансных уровней ^{238}U . Величина ϕ в однородных размножающих средах. Эффективный резонансный интеграл.
 20. Особенности физики резонансного захвата в гетерогенных решётках твэлов ВВЭР. Блокированный и неблокированный резонансный захват. Формула Гуревича – Померанчука, её анализ.
 21. Эффект Доплера. Теоретическое представление об эффекте Доплера в ЭЯР. Доплеровская температурная поправка (по Егiazарову). Факторы, определяющие величину ϕ в ВВЭР.
 22. Отражатель реактора. Его свойства и физический механизм работы. Эффективная добавка, зависимость её величины от толщины отражателя. Эффективная толщина отражателя. Особенности конструкции отражателей в ЭЯР.
 23. Поле ТН в однородном цилиндрическом ЯР. Вид волнового уравнения Гельмгольца. Граничные условия для получения решения ВУГ. Вид решения ВУГ для однородного цилиндрического ЯР без отражателя и с отражателем.
 24. Поле ТН в гетерогенном цилиндрическом реакторе. Особенности поля ТН сравнительно с полем в однородном ЯР. Коэффициенты неравномерности поля ТН. Аксиальный офсет.
 25. Методы и средства измерения плотности потока ТН в ВВЭР.
 26. Закономерности перехода ЯР из одного критического состояния в другое. Выражение общего принципа. Случай температурно-мощностных изменений реактивности в переходных процессах. Расчёт параметров критических состояний.
 27. Элементарное уравнение кинетики реактора: вид, решение и его анализ.
 28. Источники появления в реакторе запаздывающих нейтронов, эффективная доля ЗН в реакторе, факторы, определяющие её величину.

29. Система дифференциальных уравнений кинетики реактора с 6 группами запаздывающих нейтронов: вид, смысл величин и комплексов в них.
30. Установившийся и мгновенный периоды реактора в нестационарном процессе. Период реактора, период удвоения мощности, их взаимосвязь.
31. Уравнение «обратных часов»: вид, назначение, смысл входящих в него величин и практические задачи, решаемые с его помощью.
32. Мгновенная критичность реактора и условия её возникновения в реакторе.
33. Характер изменения мощности ВВЭР на МКУМ и в энергетическом режиме при вводе отрицательной реактивности: вид и объяснения.
34. Характер изменения мощности ВВЭР на МКУМ и в энергетическом режиме при вводе умеренной положительной реактивности: вид и объяснения.
35. Устанавливаемая в подкритическом реакторе плотность нейтронов и основные факторы, определяющие её величину.
36. Выгорание ядерного топлива, меры его оценки; характер роста потерь реактивности реактора от выгорания в процессе кампании.
37. Энерговыработка реактора: определение, вычисление, единицы измерения.
38. Шлакование ядерного топлива: определение, характер роста потерь ЗР от шлакования в процессе кампании.
39. Выгорающие поглотители: назначение, основные типы ВП, применяемые на АЭС, характер выгорания ВП в процессе кампании.
40. Схема путей образования и убыли ^{135}I и ^{135}Xe в ядерном реакторе
41. Система дифференциальных уравнений отравления реактора ксеноном: вид и смысл слагаемых их правых частей.
42. Стационарное отравление реактора ксеноном и факторы, определяющие его величину в энергетическом реакторе.
43. Объяснить характер переотравления ксеноном изначально разотравленного ЯР при работе на постоянном уровне мощности.
44. Объяснить характер переотравления ксеноном после перевода реактора с низкого на более высокий уровень стационарной мощности.
45. Объяснить характер переотравления ксеноном после разгрузки реактора с высокого на более низкий уровень стационарной мощности.
46. Объяснить характер переотравления стационарно отравленного ксеноном реактора после его останова.
47. Упрощённая схема образования и убыли в реакторе ^{149}Pm и ^{149}Sm и дифференциальные уравнения отравления реактора самарием.
48. Стационарное отравление реактора самарием, определяющие его факторы.
49. Характер нестационарного отравления реактора самарием после останова, основные факторы, определяющие его величину.
50. Меры по выравниванию поля ТН в энергетических ЯР.
51. Температурный эффект и коэффициент реактивности реактора. Определения ТЭР и ТКР. Их размерности. Типы кривых ТЭР в ЭЯР, их особенности. Понятие об устойчивости работы ЭЯР на мощности и условие устойчивости.
52. Плотностная и ядерная составляющие температурного эффекта (коэффициента) реактивности ЭЯР. Определения ПТЭР и ЯТЭР. Ситуации, в которых они проявляются в эксплуатационной практике.

53. Мощностной эффект (коэффициент) реактивности ЯР. Причины и предпосылки деления ТЭР на МЭР и ТЭР-Т. Определения МЭР (МКР). Размерности. Формулы для расчёта мощностных изменений реактивности ЭЯР. Изменчивость величины МКР в процессе кампании.
54. Температурный эффект (коэффициент) реактивности реактора по средней температуре теплоносителя. Определения ТЭР-Т (ТКР-Т). Размерности их. Среднеэффективная температура теплоносителя. Формулы для расчёта изменений реактивности ЭЯР вследствие изменений средней температуры теплоносителя. Изменчивость величины ТКР-Т в процессе кампании.
55. Характеристики эффективности органов регулирования СУЗ: определения, взаимосвязи и факторы, их определяющие.
56. Факторы, определяющие величину «физического веса» одиночного стержня поглотителя.
57. Градуировка ОР СУЗ методом разгона мощности реактора: физические основы, условия выполнения и последовательность действий.
58. Градуировка ОР СУЗ методом компенсации: физические основы, условия проведения и последовательность действий.
59. Дифференциальная эффективность борной кислоты: определение, определяющие факторы и формула для расчёта $\Delta\rho_C$. Пути ввода и вывода борной кислоты из теплоносителя 1 контура.
60. Характер изменения концентрации борной кислоты при подпитке первого контура дистиллятом; факторы, определяющие темп изменения.
61. Характер изменения концентрации борной кислоты при подпитке первого контура борным концентратом; факторы, определяющие темп изменения.
62. Физические основы опытного определения первой критической загрузки активной зоны при физпуске.

2.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

1. Принцип действия и упрощенная функциональная схема 2-х контурной АЭУ.
2. T-s, i-s диаграммы воды и водяного пара.
3. Идеальный цикл Карно. Идеальный цикл Ренкина на перегретом паре. Схема, КПД, сравнение цикла Ренкина с циклом Карно.
4. Факторы, ограничивающие снижение давления в конденсаторе.
5. Простейший цикл АЭУ с промсепарацией (схема, КПД). Способы осушки пара в реальных установках
6. Учет потерь тепловой энергии в реальном цикле АЭУ. Метод КПД. Реальный цикл Ренкина.
7. Процессы расширения рабочего тела в идеальном и реальном циклах Ренкина.
8. Коэффициент полезного действия АЭУ (брутто, нетто).
9. Физический смысл регенерации тепла в цикле теплового двигателя.
10. Регенеративный цикл Ренкина на насыщенном паре. Способы осуществления регенерации тепла в цикле ПТУ.
11. Типы регенеративных подогревателей. Принцип действия, достоинства, недостатки.

12. Регенеративная схема рабочего контура со смешивающими водоподогревателями .
13. Регенеративная схема рабочего контура с поверхностными водоподогревателями (ВП). Способы возврата дренажа в РК.
14. Цикл с одноступенчатой регенеративным подогревом питательной воды в смешивающем водоподогревателе (схема). Балансы расходов сред.
15. Энергетический коэффициент, коэффициент регенерации.
16. КПД цикла с многоступенчатым регенеративным подогревом питательной воды.
17. Выбор параметров теплоносителя.
18. Общая характеристика выбора параметров рабочего тела.
19. Выбор разделительного давления .
20. Компоновка и расчет рабочего контура.
21. Учет потерь тепла. Коэффициент удержания тепла.
22. УТБ для смешивающих подогревателей.
23. УТБ для поверхностных подогревателей.
24. Определение энтальпии рабочей среды (воды, пара) при различных состояниях (однофазное, насыщенное, двухфазное).
25. Определение требуемого напора насосов КН-1.
26. Определение требуемого напора насосов КН-2.
27. Определение требуемого напора питательных насосов.
28. Построение диаграммы изменения температуры нагреваемой среды вдоль конденсатно-питательного тракта.
29. Система УТБ и способы ее разрешения.
30. Определение расхода пара на турбопривод ПН.
31. Определение расхода пара на турбину.
32. Определение суммарной паропроизводительности ПП.
33. Определение тепловой мощности ЯР и КПД АЭУ брутто.
34. Перечень и краткая характеристика основных насосов АЭУ.
35. Параметры, характеризующие насосную установку.
36. Определение номинальной подачи насоса.
37. Определение частоты вращения насоса.
38. Регулирование подачи насоса клапаном системы.
39. Потребление электроэнергии на привод насоса.
40. Определение расхода электроэнергии на собственные нужды. КПД АЭУ нетто.
41. Определение топливной загрузки ядерного реактора.
42. Геометрические размеры активной зоны и массогабаритные показатели ЯР.
43. Принцип действия и параметры парогенератора.
44. Параметры последней ступени ЦНД. Скорость пара на выходе из ЦНД.
45. Схема и варианты расположения поверхностного конденсатора.
46. Определение поверхности теплопередачи конденсатора.
47. $t-q$ диаграмма конденсатора.
48. Температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора.
49. Общие положения по регулированию ЭБ АЭС. Энергетический баланс установки.
50. Особенности регулирования энергоблока АЭС

51. Тепловая мощность ЯР и способы ее определения по тепловым параметрам теплоносителя и рабочего тела.
52. Измерение тепловой мощности ЯР с помощью ИК.
53. Способы изменения мощности ЯР. Оперативное управление реактивностью ЯР. Компенсация запаса реактивности на кампанию.
54. Регулирование мощности турбоагрегата.
55. Центробежный механический измеритель частоты вращения ТА. Схема, принцип действия. Другие возможные способы измерения частоты вращения ТА.
56. Факторы, влияющие на расход пара на турбину.
57. Дроссельное регулирование подачи пара на ТА. Принцип, i-s диаграмма процесса. Достоинства и недостатки метода.
58. Сопловое регулирование подачи пара на ТА. Принцип, i-s диаграмма процесса. Достоинства и недостатки метода.
59. Смещение статической характеристики регулирования частоты вращения (диаграмма, способы изменения настройки регулятора).
60. Схема регулирования ТА по величине мощности электрогенератора. Статическая характеристика ТА, управляемого регулятором мощности.
61. Схема регулирования автономного ТА по сигналу частоты вращения. Статическая характеристика ТА, управляемого регулятором частоты вращения.
62. Распределение нагрузки при параллельной работе двух агрегатов (статические характеристики). Характеристики изменения мощности ТГ при первичном регулировании частоты тока в сети.
63. Статические характеристики параллельно работающих ТА при первичном и вторичном регулировании частоты тока в сети.
64. Программа регулирования АЭУ при постоянной средней температуре теплоносителя. Достоинства, недостатки программы.
65. Программа регулирования АЭУ при постоянном давлении пара в паропроводе. Достоинства, недостатки программы.
66. Компромиссные программы регулирования АЭУ. Сравнение с основными программами.
67. Комбинированные программы регулирования АЭУ. Сравнение с основными программами.

2.3. СИСТЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ РЕАКТОРНОГО И ТУРБИННОГО ЦЕХА

1. Главный корпус АЭС с ВВЭР-1000.
2. Система первого контура ЯЭУ с ВВЭР-1000. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
3. Система компенсации давления ЯЭУ с ВВЭР-1000. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и автоматические регуляторы системы.
4. Система подпитки-продувки первого контура ЯЭУ с ВВЭР-1000. Назначение, состав, описание схемы.
5. Система подпитки-продувки первого контура ЯЭУ с ВВЭР-1000. Основное оборудование и автоматические регуляторы системы.

6. Принципы, барьеры и уровни безопасности. Классификация систем безопасности.
7. Системы аварийного впрыска и ввода бора ЯЭУ с ВВЭР-1000. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
8. Система гидроаккумулирующих емкостей ЯЭУ с ВВЭР-1000. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
9. Система аварийного и планового расхолаживания ЯЭУ с ВВЭР-1000. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
10. Спринклерная система ЯЭУ с ВВЭР-1000. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
11. Начертить тепловую схему АЭС с ВВЭР-1000 и ПТУ К1000-60/3000 с марками насосов I и II контура.
12. Начертить тепловую схему АЭС с ВВЭР-1000 и ПТУ К1000-60/1500 с марками насосов I и II контура.
13. Начертить тепловую схему АЭС с ВВЭР-1200 и ПТУ К1200-68/3000 с марками насосов I и II контура.
14. Начертить тепловую схему АЭС с РБМК.
15. Начертить схему и написать назначение, состав, параметры пара и работа системы главного пара ПТУ К1000-60/3000.
16. Начертить схему и написать назначение, состав, параметры и работа системы СПП ПТУ К1000-60/3000.
17. Начертить схему и написать назначение, состав, параметры и работа системы отборов пара ПТУ К1000-60/3000.
18. Начертить схему и написать назначение, состав, параметры и работа КСН ПТУ К1000-60/3000.
19. Начертить схему и написать назначение, состав, параметры и работа системы основного конденсата ПТУ К1000-60/3000.
20. Назначение, состав и работа конденсационной установки ПТУ К1000-60/3000.
21. Начертить схему и написать назначение, состав, параметры и работа системы ПНД ПТУ К1000-60/3000.
22. Назначение, состав, параметры и работа системы деаэрации ПТУ К1000-60/3000.
23. Назначение, состав, параметры и работа системы ПТА ПТУ К1000-60/3000.
24. Назначение, состав, параметры и работа системы ПВД ПТУ К1000-60/3000.
25. Начертить на память схему и описать работу ИПУ ГПК.
26. Начертить на память схему и описать работу узла питания ПГ.
27. Системы аварийной питательной воды ПГ. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
28. Система аварийного парогазоудаления. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
29. Система химических реагентов. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.

30. Система боросодержащей воды. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
31. Система промконтура. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
32. Система технической воды ответственных потребителей. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
33. Система технической воды неответственных потребителей. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
34. Система расхолаживания бассейна выдержки. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
35. Система организованных протечек. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
36. Система спецканализации. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
37. Система дожигания водорода. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
38. Система спецгазоочистки. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
39. Система азота и газовых сдувок. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
40. Свойства масел ПТУ К1000-60/3000.
41. Назначение, конструкция и работа фильтра тонкой очистки системы смазки ПТУ К1000-60/3000.
42. Назначение, состав, параметры и работа системы СГПР ПТУ К1000-60/3000.
43. Назначение, конструкция и работа центрифуги-сепаратора системы смазки ПТУ К1000-60/3000.
44. Назначение, конструкция и работа аварийного маслонасоса системы смазки ПТУ К1000-60/3000.
45. Назначение, конструкция и работа маслоохладителя системы смазки ПТУ К1000-60/3000.
46. Назначение, состав, параметры и работа системы уплотнения вала генератора ПТУ К1000-60/3000.
47. Назначение, конструкция и работа РПДС системы смазки ПТУ К1000-60/3000.
48. Назначение, состав, параметры и работа системы смазки ПТУ К1000-60/3000.
49. Назначение, конструкция и работа главного маслонасоса системы смазки ПТУ К1000-60/3000.
50. Назначение, конструкция и работа аварийных бачков системы смазки ПТУ К1000-60/3000.
51. Назначение, конструкция и работа включающего устройства аварийного маслонасоса системы смазки ПТУ К1000-60/3000.
52. Система аварийного и планового расхолаживания 1-го контура и бассейна выдержки. Назначение, состав, описание схемы, основное
53. оборудование и режимы работы.

54. Система аварийного ввода бора. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
55. Система гидроемкостей 1-й ступени. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
56. Система гидроемкостей 2-й ступени. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
57. Система аварийного расхолаживания ПГ. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
58. Система пассивного отвода тепла. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
59. Спринклерная система. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
60. Система улавливания и охлаждения расплава. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
61. Система фильтрации межоболочечного пространства. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
62. Система контроля и аварийного удаления водорода под защитной оболочкой. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
63. Система промконтура охлаждения ответственных потребителей. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
64. Система охлаждения бассейна выдержки. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
65. Система подачи вод бассейна выдержки на очистку. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
66. Система подпитки-продувки 1-го контура. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
67. Система хранения теплоносителя эксплуатационного качества. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
68. Система сжигания водорода из радиоактивных технологических сдувок. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
69. Системы очистки сдувок из оборудования жидких радиоактивных сред и радиоактивных технологических сдувок. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
70. Система организованных протечек 1-го контура. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
71. Система снабжения азотом. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
72. Система продувки и дренажей ПГ. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.
73. Система промконтура охлаждения потребителей нормальной эксплуатации. Назначение, состав, описание схемы, основное оборудование и режимы работы.

74. Основные системы реакторного цеха ЯЭУ с РБМК-1000. Назначение, состав и основные характеристики оборудования.
75. Основные системы ЯЭУ с БН-600 и БН-800. Назначение, состав и основные характеристики оборудования.
76. Система основного конденсата ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
77. Система регенерации низкого давления ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
78. Система деаэрации основного конденсата ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
79. Система питательной воды ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
80. Система регенерации высокого давления ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
81. Система главных паропроводов ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
82. Система паропроводов собственных нужд ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
83. Система сепарации и перегрева пара ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
84. Система отборов пара и КОС ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
85. Система смазки ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
86. Система уплотнения вала генератора ТВВ-1000-4-УЗ, ТВВ-1200-2-УЗ.
87. Система гидростатического подъема роторов ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
88. Вакуумная система уплотнений и эжекторов ПТУ К-1000-60/1500-2(2м), К-1200-6,8/50. Назначение, состав, характеристики оборудования и работа системы.
89. Турбопитательный насос и обслуживающие его системы.

2.4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭС

1. Основные этапы ввода энергоблока АЭС в эксплуатацию.
2. Характеристика систем и оборудования ЭБ при перегрузке топлива.
3. Основные операции по переводу ЭБ в состояние «Останов для ремонта».
4. Характеристика систем и оборудования ЭБ при его нахождении в состоянии «Останов для ремонта».
5. Подготовка к заполнению 1-го контура и заполнение 1-го контура.
6. Гидравлические испытания 1-го контура на 5 и 35 кгс/см².
7. Подготовка к разогреву 1-го контура.
8. Разогрев 1-го контура до температуры гидроиспытаний.

9. Гидроиспытания контуров на плотность и прочность.
10. Разогрев 1-го контура до номинальных параметров.
11. Назначение, состав и режимы работы АРМ.
12. Назначение, принцип действия и режимы работы ЭГСР.
13. Назначение, состав, принцип действия и сигналы аварийной защиты реактора.
14. Назначение, состав, принцип действия и сигналы ПЗ-1, ПЗ-2 и УПЗ.
15. Назначение, состав, принцип действия и уставки РОМ.
16. Назначение, состав и диапазоны измерения АКНП.
17. Исходное состояние систем и оборудования перед выводом реактора на МКУ мощности.
18. Подъем органов регулирования СУЗ при выводе реактора на МКУ мощности.
19. Снижение концентрации борной кислоты в теплоносителе при выводе реактора на МКУ мощности.
20. Увеличение мощности реактора до 3...5 % от номинальной.
21. Увеличение мощности реактора до 35...40 % от номинальной.
22. Пуск турбины и включение генератора в сеть.
23. Увеличение мощности реактора до 75...80 % от номинальной и до номинальной.
24. Снижение мощности энергоблока при переводе его в «горячее состояние».
25. Останов турбины.
26. Достижение «горячего» состояния ЭБ.
27. Подготовка ЯЭУ к расхолаживанию.
28. Расхолаживание 1-го контура с помощью паросбросных устройств 2-го контура.
29. Расхолаживание 1-го контура с помощью системы аварийного и планового расхолаживания.
30. Дренаживание 1-го контура и консервация парогенераторов.
31. Подготовка энергоблока к ремонту и перегрузке топлива.
32. Срабатывание аварийной защиты реактора.
33. Закрытие стопорных клапанов турбины.
34. Отключение одного ГЦН из трех или четырех работающих.
35. Отключение двух ГЦН из четырех работающих.
36. Отключение одного ТПН из двух работающих.
37. Обесточивание энергоблока.
38. Неуправляемый впрыск в компенсатор давления.
39. Потеря расхода промежуточного контура охлаждения.
40. Ложное закрытие локализирующей арматуры.
41. Прекращение подачи питательной воды в парогенераторы.
42. Выброс органа регулирования СУЗ из активной зоны реактора.
43. Разрыв паропровода с отсечением всех парогенераторов от места разрыва.
44. Разрыв паропровода без отсечения одного парогенератора от места разрыва.
45. Течь теплоносителя первого контура, компенсируемая системой подпитки-продувки первого контура.

46. Течь теплоносителя первого контура, компенсируемая системой аварийного ввода бора высокого давления.
47. Некомпенсируемая течь первого контура.
48. Течь теплоносителя первого контура во второй.

Для составления практических вопросов на вступительном экзамене используются задачи дисциплин Теории ядерных реакторов, изучаемые согласно учебному плану по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

2.5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

1. Определить удельную энергию связи ядра ${}^7_3\text{Li}$.
2. Найти концентрацию ядер ${}^{238}\text{U}$ топливной композиции UN плотностью $\gamma = 9.26 \text{ г/см}^3$ с обогащением по ${}^{235}\text{U}$ $x = 21\%$ ($A_N = 14.067 \text{ а.е.м.}$).
3. Какая часть от начального количества ядер ${}^{232}\text{Rn}^*$ ($T_{1/2} = 3.82 \text{ сут}$) останется нераспавшейся за время, равное 48 час?
4. Найти эффективное макросечение поглощения ${}^{10}\text{B}$ в H_3BO_3 с $\gamma = 2.54 \text{ г/см}^3$, содержащей 19% ${}^{10}\text{B}$, если эффективное микросечение поглощения $\sigma_a^{10} = 4010 \text{ барн}$.
5. Найти замедляющую способность бериллия-9 при $\Sigma_s^{\text{Be}} = 0.405 \text{ см}^{-1}$.
6. Найти значение молекулярной массы и ядерной концентрации компонентов в спечённом диоксиде UO_2 с $\gamma_{\text{тк}} = 10.85 \text{ г/см}^3$ обогащением по ${}^{235}\text{U}$ $x = 4\%$.
7. Во сколько раз возрастёт длина диффузии твёрдого вещества при повышении температуры нейтронов в нём в 2 раза?
8. Найти величину эффективного выхода нейтронов деления в «свежем» диоксидном топливе UO_2 при температуре ТН, равной $T_n = 600 \text{ К}$. ($\sigma_{f0}^5 = 582,3 \text{ барн}$, $\sigma_{a0}^5 = 680,9 \text{ барн}$.)
9. Стандартная длина диффузии оксида бериллия (BeO) $L_0 = 30 \text{ см}$. Вычислить длину диффузии в нём при $T_n = 600 \text{ К}$.
10. Найти замедляющую способность металлического бериллия, если $\Sigma_s^{\text{Be}} = 0.749 \text{ см}^{-1}$.
11. Чему равна вероятность избежания утечки ТН в а.з. с экстраполированными размерами $H' = 700 \text{ см}$ и $R' = 560 \text{ см}$, если $L_{\text{аз}} = 2,12 \text{ см}$?
12. Оценить величину возраста ТН для воды в условиях при $\Sigma_s = 0.495 \text{ см}^{-1}$, $\xi = 0.926$, а $E_c = 0.1 \text{ эВ}$.
12. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра ${}^{17}_8\text{O}$.
13. Найти концентрацию молекул урана и бериллия топливной композиции UBe_{13} плотностью $\gamma = 6.7 \text{ г/см}^3$ с обогащением по ${}^{235}\text{U}$ $x = 94\%$. ($A_{\text{Be}} = 9.012 \text{ а.е.м.}$).
14. Сколько р.а. ядер с постоянной распада $\lambda = 2.096 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ распадётся за 50 час, если начальное их количество было равно $N_0 = 1.24 \cdot 10^{17}$?
15. Найти среднеэффективное микросечение поглощения ${}^{238}\text{U}$ в ТК UO_2 при температуре $t_{\text{H}_2\text{O}} = 298,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\sigma_{a0}^8 = 2,71 \text{ барн}$).
16. Найти число рассеяний, потребное для замедления до $E_c = 0.1 \text{ эВ}$ на ядрах а) водорода; б) бериллия.

17. Найти значение молекулярной массы и ядерной концентрации компонентов в UBe_{13} с $\gamma_{\text{тк}} = 8.81 \text{ г/см}^3$ обогащением по ^{235}U $x = 96\%$.

Задача 2. Во сколько раз возрастёт длина диффузии твёрдого вещества при повышении температуры нейтронов в нём в 1,69 раза?

18. Найти величину эффективного выхода нейтронов деления топлива PuO_2 при температуре ТН, равной $T_n = 650 \text{ К}$. ($\sigma_{f0}^9 = 744 \text{ барн}$, $\sigma_{a0}^9 = 1011,2 \text{ барн}$.)

19. Стандартная длина диффузии оксида бериллия (BeO) $L_0 = 30 \text{ см}$. Вычислить длину диффузии в нём при $T_n = 650 \text{ К}$.

20. Найти величину коэффициента замедления воды в условиях, если $\xi = 0.926$, $\sigma_a = 0.66 \text{ барн}$, а $\sigma_s = 61.1 \text{ барн}$.

21. Чему равна вероятность избежания утечки ТН в а.з. с экстраполированными размерами $H' = 100 \text{ см}$ и $R' = 60 \text{ см}$, если $L_{az} = 1,32 \text{ см}$?

22. Найти величину логарифмического декремента энергии ядер ^{238}U .

3. ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ И МИНИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО БАЛЛОВ, ПОДТВЕРЖДАЮЩЕЕ УСПЕШНОСТЬ ПРОХОЖДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

При выставлении оценки комиссия руководствуется следующими критериями в соответствии с профилем подготовки:

Результаты сдачи вступительного экзамена определяются оценкой по сто балльной системе. Вступительный экзамен предполагает письменный ответ кандидата на вопросы билета. Билет содержит 4 вопроса. Правильный ответ на вопрос оценивается в 25 баллов ($25 \times 4 = 100$ баллов).

Минимальное количество баллов, подтверждающих успешное прохождение вступительного испытания, составляет 60 баллов. Шкала оценивания вступительного испытания приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Шкала оценивания вступительного испытания

Критерии оценивания	Уровень компетентности	Оценка по национальной шкале	Сумма баллов по 100-балльной шкале
		экзамен	
Поступающий показывает в ответах на вопросы билета всесторонние, систематические и глубокие знания, проявляет способности свободно применять знания, умения и навыки в решении конкретных задач, при этом количество неправильных ответов на вопросы составляет не более 2 из 20-ти возможных.	Высокий	Отлично	90-100
Поступающий показывает в ответах на вопросы билета систематические знания, проявляет способности применять умения и навыки в решении конкретных задач, однако ответы на вопросы билета могут иметь незначительные упущения или неточности, при этом количество неправильных ответов на вопросы составляет от 3 до 6 из 20-ти возможных.	Достаточный	Хорошо	74-89
Поступающий показывает в ответах на вопросы билета знания и умения, характеризующие общие представления и элементарное понимание существа поставленных вопросов, обозначивший подходы и приёмы решения практического задания, при этом количество неправильных ответов на	Средний	Удовлетворительно	60-73

вопросы составляет от 6 до 7 из 20-ти возможных.			
Поступающий показывает в ответах на вопросы билета существенные пробелы в подготовке, допускает принципиальные ошибки в решении или невозможность самостоятельно выполнить практическое задание, при этом количество неправильных ответов на вопросы составляет от 8 до 20 из 20-ти возможных.	Низкий	Неудовлетворительно	0-59

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ

Основная литература:

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс] : учебник / К.Н. Мухин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 432 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/280> — Загл. с экрана.
2. Мерзликин Г. Я. Основы теории ядерных реакторов [Текст] : учеб. пособие / Г.Я. Мерзликин. - Севастополь : СИЯЭиП, 2002. - 452 с.
3. Солонин В.И. Ядерные энергетические установки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Солонин. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 88 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52206>. — Загл. с экрана.
4. Кирияченко В.А. Основы теории и проектирования ядерных энергетических установок атомных электрических станций [Текст] : учебник для вузов / В. А. Кирияченко [и др.] ; рук. авт. кол. С. Б. Тулуб, Рекоменд. МОН Украины. - Севастополь : СКУЯЭиП, 2011. - 480 с. : ил. - Библиогр.: с. 477 - 479. - ISBN 966-7717-01-1.
5. Браславский Ю. В. Основное оборудование и технологические системы реакторного отделения АЭС с ВВЭР-1000 (модификация В-320) [Текст] : учеб.пособие / Ю. В. Браславский, В. ф. Дудаков. - Севастополь :СКУЯЭиП, 2012. - 200 с.
6. Браславский Ю. В. Альбом технологических схем реакторного отделения АЭС с ВВЭР-1000 (В-320) [Текст] : учебное пособие / Ю. В. Браславский, В. Ф. Дудаков. - Севастополь :СКУЯЭиП, 2010. - 78 с.
7. Чупрынин С. А. Альбом технологических схем турбинного отделения ПТУ АЭС с турбиной К-1000-60/1500-2 [Текст] : учеб.пособие / С. А. Чупрынин, Ю. В. Браславский. - Севастополь :СКУЯЭиП, 2011. - 69 с.
8. Браславский Ю.В. Эксплуатация АЭС [Текст] : учебное пособие. Ч. 1. Режимы нормальной эксплуатации / Ю. В. Браславский, В. Н. Петрыкин. - Севастополь :СКУЯЭиП, 2013. - 120 с.
9. Браславский Ю.В. Эксплуатация АЭС [Текст] : учебное пособие. Ч. 2. Режимы нарушения нормальной эксплуатации. Аварийные режимы / Ю. В. Браславский, В. Н. Петрыкин. - Севастополь :СКУЯЭиП, 2014. - 92 с.

Дополнительная литература:

1. Шмелёв А.Н. Физика ядерных реакторов: потенциал гибридных наработчиков топлива : учеб. пособие для вузов / А.Н. Шмелёв, Г.Г. Куликов, Е.Г. Куликов, В. А. Апсэ. — 2-е изд. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 116 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-10991-7. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/book/fizika-yadernyh-reaktorov-potencial-gibridnyh-narabotchikov-topliva-438020>
2. Лебедев В.А. Ядерные энергетические установки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Лебедев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань,

2015. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/67466>. — Загл. с экрана.

3. Матузаев К.Б. Ядерная энергетическая установка АЭС с ВВЭР-1000: оборудование, системы и элементы [Текст] / К. Б. Матузаев, Г. Я. Мерзликин, В. В. Шаповаленко. - Севастополь : Издательство Севастопольского государственного университета, 2015. Ч. 1 : Основные компоненты реакторной установки. - 2015. - 152 с. : ил.

4. Матузаев К.Б. Ядерная энергетическая установка АЭС с ВВЭР-1000: оборудование, системы и элементы [Текст] / К. Б. Матузаев, Г. Я. Мерзликин, В. В. Шаповаленко. - Севастополь : Издательство Севастопольского государственного университета, 2015. Ч. 3: Системы контроля, автоматики, защит и блокировок реакторной установки. - 2015. - 132 с. : ил.

5. Острейковский, В. А. Эксплуатация атомных станций [Текст] : учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Ядерные энергетические установки" / В.А. Острейковский . - М. :Энергоатомиздат, 1999. - 928 с : рис., табл. - ISBN5-283-03628-6