

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета энергетики и систем управления



/Тикун А.В./

202_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Инженерно-системные аспекты ядерной энергетики»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электромеханика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы

А.В. Сергеев

Заведующий
кафедрой

А.В. Тикун

Руководитель ОПОП

А.В. Тикун

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у будущих инженеров-энергетиков системного мышления для анализа, проектирования и принятия решений в области ядерной энергетики на основе принципов абсолютного приоритета безопасности, технико-экономической эффективности и соблюдения нормативных требований.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Сформировать целостное представление о ядерной энергетике как о сложной технико-технологической и социально-экологической системе, включая ее стратегические цели, структуру, жизненный цикл объектов и взаимосвязь видов профессиональной деятельности.

Развить практические навыки применения системного подхода и методологии выбора инженерных решений для задач отрасли с учетом критериев безопасности, надежности, экономики и экологии в рамках действующей нормативной базы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Инженерно-системные аспекты ядерной энергетики» относится к дисциплинам блока ФТД.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Инженерно-системные аспекты ядерной энергетики» направлен на формирование следующей компетенции:

УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-2	знать стратегические цели отрасли, действующую нормативно-правовую базу в области безопасности ядерной энергетики, а также систему критериев (безопасность, надежность, экономичность, экологичность) для оценки инженерных решений
	уметь применять принципы системного подхода для декомпозиции комплексной инженерной цели на составляющие задачи;

	анализировать и ранжировать возможные способы их решения на основе заданных критериев, нормативных требований и ресурсных ограничений
	владеть методологией определения круга задач и выбора оптимального решения для типовых проблемных ситуаций в ядерной энергетике, включая навык составления структурированного обоснования принятого решения

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Инженерно-системные аспекты ядерной энергетики» составляет 2 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	18	18
В том числе:		
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	72	72
зач.ед.	2	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в ядерную энергетику: исторический контекст, современное состояние и стратегические цели отрасли	История, место в энергобалансе России и мира, ключевые игроки (Росатом, МАГАТЭ), стратегические цели и вызовы отрасли.	2	8	10
2	Атомная станция как сложный инженерно-технологический и социально-экологический объект: принципы системного подхода	Принцип работы АЭС, основные системы (реакторная, тепломеханическая, безопасности), жизненный цикл, системный подход к анализу.	2	8	10
3	Виды профессиональной деятельности: специфика и взаимосвязь задач проектирования, эксплуатации и инжиниринга.	Специфика, взаимосвязь и примеры задач для проектировщика, эксплуатационника и инжиниринга.	2	8	10
4	Безопасность как абсолютный приоритет: культура безопасности, принцип глубоководной защиты и нормативная база.	Культура безопасности, принцип глубоководной защиты, нормативная база (ФНП, МАГАТЭ).	4	10	14

5	Методология анализа и критерии выбора решений в ядерной энергетике (технико-экономические, надежность, экологические)	Постановка целей и задач; критерии оценки решений (безопасность, надежность, экономика, экология); ранжирование приоритетов.	4	10	14
6	Современные вызовы и перспективные задачи отрасли: от вывода из эксплуатации и обращения с РАО до новых технологий	Обращение с ОЯТ и РАО, вывод из эксплуатации, перспективные технологии (быстрые реакторы, ММР)	4	10	14
Итого			18	54	72

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
УК-2	знать стратегические цели отрасли, действующую нормативно-правовую базу в области безопасности ядерной энергетики, а также систему критериев (безопасность, надежность, экономичность, экологичность) для оценки инженерных решений	Тестирование	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение теста менее 70%
	уметь применять принципы системного подхода для декомпозиции комплексной инженерной цели на составляющие задачи; анализировать и ранжировать возможные способы их решения на основе заданных	Решение стандартных практических задач	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение теста менее 70%

	критериев, нормативных требований и ресурсных ограничений			
	владеть методологией определения круга задач и выбора оптимального решения для типовых проблемных ситуаций в ядерной энергетике, включая навык составления структурированного обоснования принятого решения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение теста менее 70%

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
УК-2	знать стратегические цели отрасли, действующую нормативно-правовую базу в области безопасности ядерной энергетики, а также систему критериев (безопасность, надежность, экономичность, экологичность) для оценки инженерных решений	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять принципы системного подхода для декомпозиции комплексной инженерной цели на составляющие задачи; анализировать и ранжировать возможные способы их решения на основе заданных критериев, нормативных требований и ресурсных ограничений	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методологией определения круга задач и выбора оптимального решения для типовых проблемных ситуаций в ядерной энергетике, включая навык составления структурированного обоснования принятого решения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к

тестированию

1. Ключевым стратегическим документом, определяющим долгосрочные цели развития атомной энергетики в России, является:

- а) Устав ООН;
- б) Энергетическая стратегия Российской Федерации;
- в) *Государственная программа Российской Федерации «Развитие атомного энергопромышленного комплекса»;*
- г) Устав РАН.

2. Принцип, лежащий в основе обеспечения безопасности АЭС и предусматривающий создание ряда последовательных физических и административных барьеров на пути распространения радиоактивных веществ, называется:

- а) Принцип единичного критерия;
- б) *Принцип глубокоэшелонированной защиты;*
- в) Принцип резервирования;
- г) Принцип «as low as reasonably achievable» (ALARA).

3. Какой вид профессиональной деятельности на АЭС в первую очередь связан с задачами оптимизации сроков, стоимости и качества строительства или модернизации энергоблока?

- а) Научно-исследовательская работа.
- б) Эксплуатация.
- в) *Инжиниринг.*
- г) Радиационный контроль.

4. При анализе двух вариантов модернизации системы важно сопоставить их по нескольким параметрам. Какой из перечисленных критериев НЕ является обязательным для первоочередного рассмотрения в ядерной энергетике?

- а) Повышение надежности.
- б) Снижение капитальных затрат.
- в) *Упрощение эстетического вида конструкции.*
- г) Повышение уровня безопасности.

5. Основным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по нормативно-правовому регулированию и надзору в области безопасности при использовании атомной энергии в России, является:

- а) Министерство энергетики РФ;
- б) *Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор);*
- в) Государственная корпорация «Росатом»;
- г) Федеральное медико-биологическое агентство.

6. Приоритеты при решении любой инженерной задачи на АЭС выстраиваются в следующей иерархии (от наиболее к наименее важному):

- а) Экономическая эффективность – Сроки реализации – Техническая новизна – Безопасность.

б) Техническая реализуемость – Безопасность – Экономическая эффективность – Экология.

в) *Безопасность – Надежность – Выполнение производственной программы (выработка энергии) – Экономическая эффективность.*

г) Решение производственной задачи – Соблюдение сроков – Безопасность – Удобство для персонала.

7. Формулировка «Снизить количество эксплуатационных отходов 3-го класса на энергоблоке №1 на 15% за 5 лет за счет внедрения новой технологии переработки» является примером:

а) Критерия оценки.

б) *Конкретной, измеримой и ограниченной по времени цели.*

в) Описания текущего состояния.

г) Принципа безопасности.

8. При выборе основного оборудования для проекта новой АЭС в первую очередь будут сравнивать варианты по:

а) Цвету и габаритам.

б) *Соответствию строгим нормам безопасности и техническим требованиям проекта.*

в) Стране-производителю.

г) Стоимости без учета сроков службы.

9. К современным вызовам атомной энергетики, определяющим актуальные задачи для инжиниринга, НЕ относится:

а) Вывод из эксплуатации отработавших свой ресурс энергоблоков.

б) Обращение с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО).

в) Разработка реакторов на быстрых нейтронах для замыкания топливного цикла.

г) *Массовый переход на угольную генерацию.*

10. Укажите правильную последовательность этапов системного подхода при анализе задачи:

а) Выбор критериев – Формулировка цели – Анализ результатов – Постановка задач.

б) *Определение и формулировка цели – Выявление и структурирование задач – Подбор критериев для оценки решений – Выбор оптимального решения.*

в) Поиск готового решения – Подбор под него критериев – Формулировка цели.

г) Запуск пилотного проекта – Формулировка цели – Анализ ошибок.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. В рамках проекта по повышению экологической безопасности АЭС рассматривается задача снижения объёмов жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Какую из следующих формулировок можно считать корректной и измеримой целью для данной задачи?

а) «Сделать нашу станцию самой чистой в мире».

- б) «Изучить современные технологии очистки».
- в) *«Снизить ежегодный объём образующихся ЖРО низкого уровня активности на 20% к 2030 году за счет внедрения системы глубокого выпаривания».*
- г) «Закупить новое оборудование для переработки отходов».

2. При сравнении двух вариантов конструкционных материалов для трубопровода системы важного для безопасности необходимо выбрать оптимальный. Какой набор критериев является наиболее полным и обоснованным для данной задачи?

- а) Стоимость материала, цвет, страна-производитель.
- б) *Стойкость к коррозии в рабочей среде, радиационная стойкость, механическая прочность, стоимость жизненного цикла.*
- в) Срок поставки, известность бренда, мнение монтажников.
- г) Температура плавления, электропроводность, доступность на складе.

3. На плановом совещании обсуждается план работ на очередной планово-предупредительный ремонт (ППР). Ресурсы ограничены. Какая последовательность приоритетов в выполнении работ является верной с точки зрения культуры безопасности?

- а) В первую очередь выполнить работы, которые улучшат экономические показатели, так как это главная цель предприятия.
- б) *В первую очередь выполнить работы, связанные с восстановлением и проверкой систем безопасности, затем – работы для поддержания надежности основного оборудования, и в последнюю очередь – работы по улучшающему инжинирингу.*
- в) Начать с самых простых и дешевых работ, чтобы быстро показать прогресс.
- г) Выполнять работы в порядке поступления заявок от цехов.

4. При анализе инцидента, связанного с незначительным превышением технологических параметров, выявлены две возможные первопричины: усталость металла узла и ошибка оператора. Для определения приоритетной задачи по предотвращению повторения инцидента необходимо:

- а) Считать инцидент случайностью и не тратить ресурсы на анализ.
- б) Немедленно уволить оператора.
- в) *Провести углубленный анализ обеих причин, но в первую очередь проверить состояние аналогичных узлов на других энергоблоках, так как это представляет потенциально более широкий риск.*
- г) Закупить более дорогое сырье для улучшения качества металла.

5. Для обоснования выбора между строительством новой АЭС с реактором ВВЭР-1200 или модернизацией старой угольной ТЭЦ под газовое топливо необходимо рассчитать и сравнить критерии. Какой показатель будет иметь НАИМЕНЬШЕЕ значение для принятия решения в долгосрочной перспективе?

- а) *Себестоимость электроэнергии в первый год эксплуатации.*
- б) Удельные капитальные вложения на 1 кВт установленной мощности.
- в) Выбросы CO₂ за весь жизненный цикл.

г) Обеспечение базовой нагрузкой энергосистемы на 60 лет.

6. При проектировании новой АЭС рассматривается вопрос о расположении вспомогательного здания. Вариант А дешевле, но увеличивает длину коммуникаций. Вариант Б дороже, но сокращает длину трубопроводов и повышает оперативность обслуживания. Какой метод позволит принять обоснованное решение?

а) Выбрать вариант, предложенный главным инженером.

б) *Провести сравнительный анализ по критериям «приведенные затраты за жизненный цикл», «надежность системы» и «время реагирования персонала», присвоив им весовые коэффициенты.*

в) Бросить жребий.

г) Выбрать самый дешевый вариант.

7. Перед исследовательской группой поставлена цель: «Повысить коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) энергоблока». Какая из следующих задач логически из нее вытекает и является конкретной?

а) «Построить новую АЭС».

б) *«Сократить среднюю продолжительность плановых ремонтов на 10% за счет оптимизации графика и методов работ к 2026 году».*

в) «Изучить мировой опыт».

г) «Купить более качественное топливо».

8. При возникновении нештатной ситуации оперативный персонал должен следовать установленным процедурам. Приоритет их действий определяется:

а) Стремлением как можно дольше сохранить выработку электроэнергии.

б) *Последовательностью, направленной на приведение и удержание реакторной установки в безопасном состоянии, даже если это приведет к ее останову.*

в) Необходимостью сначала получить одобрение руководства.

г) Желанием избежать бумажной отчетности.

9. Для оценки эффективности внедренной системы мониторинга оборудования необходимо выбрать критерии. Какой из перечисленных парных показателей будет наиболее релевантным?

а) Количество датчиков и их цвет.

б) *Количество обнаруженных дефектов на ранней стадии (до развития отказа) и снижение частоты внеплановых остановов.*

в) Стоимость системы и имя производителя.

г) Сложность программного интерфейса и количество обучающих часов для персонала.

10. Инжиниринговая компания готовит коммерческое предложение на услуги по продлению срока эксплуатации энергоблока. В задаче по составлению предложения ключевым приоритетом при формировании плана работ является:

а) Минимизация стоимости предложения любой ценой.

б) *Доказательное обоснование безопасности и надежности всех*

предлагаемых мероприятий в соответствии с требованиями Ростехнадзора.

- в) Упаковка предложения в самый красивый презентационный буклет.
- г) Обещание самых коротких сроков, даже если они нереалистичны.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Проектная группа рассматривает два варианта системы пассивного отвода тепла для нового проекта АЭС. Вариант «А» имеет более высокую начальную стоимость, но требует минимального обслуживания. Вариант «Б» дешевле, но нуждается в регулярных проверках и замене компонентов. Какой главный критерий, помимо стоимости, должен быть решающим при выборе варианта для атомной станции?

- а) Цвет и габариты системы.
- б) *Способность системы выполнять свою функцию безопасности в любых условиях, включая полное обесточивание станции.*
- в) Популярность производителя системы у других АЭС.
- г) Сложность монтажа.

2. При анализе инцидента с ложным срабатыванием аварийной защиты выявлены три возможные причины: сбой в ПО, неисправность датчика, ошибка при проведении предыдущих ремонтных работ. Какова должна быть первоочередная задача для предотвращения повторения?

- а) *Немедленно провести выборочную проверку аналогичных датчиков и участков программного кода на всех энергоблоках, начиная с наиболее критичных.*
- б) Составить красивый отчет для руководства, чтобы закрыть инцидент.
- в) Винить оператора, находившегося на смене, и усилить его обучение.
- г) Отложить анализ до следующего планового совещания.

3. Для обоснования необходимости модернизации системы очистки технологической воды требуется подготовить технико-экономическое обоснование (ТЭО). Какая формулировка цели модернизации будет наиболее корректной для ТЭО?

- а) «Сделать очистку воды лучше».
- б) **«Достичь снижения содержания борной кислоты в сбрасываемой воде на 40% для соответствия новым санитарным нормативам НРБ-99/2009 и снизить ежегодные экологические платежи на 15%».**
- в) «Купить современное импортное оборудование».
- г) «Улучшить экологический имидж станции».

4. При планировании вывода энергоблока из эксплуатации возникает конфликт интересов: необходимо выбрать стратегию – немедленный демонтаж или длительное содержание под наблюдением («отсроченный демонтаж»). Какой ключевой фактор будет иметь наибольший вес при выборе приоритетов на первом этапе?

- а) Желание местных властей быстрее освободить площадку.
- б) *Уровень остаточного тепловыделения и радиоактивности оборудования,*

- определяющий необходимые меры радиационной защиты и сроки выдержки.*
- в) Наличие свободных денежных средств в текущем году.
 - г) Опыт соседней страны, уже выполнившей демонтаж.

5. Исследователь получает задачу: «Оценить влияние нового типа топливной таблетки на ресурс тепловыделяющей сборки (ТВС)». Какой первый шаг в формулировке плана исследования будет верным?

- а) *Определить контрольные параметры для сравнения: например, изменение механической прочности, газовыделения или коробления оболочек ТВЭЛов в зависимости от времени и интенсивности работы.*
- б) Немедленно заказать партию нового топлива для загрузки в реактор.
- в) Начать с поиска самого дешевого поставщика материалов для таблеток.
- г) Написать научную статью с предполагаемыми результатами.

6. При возникновении нештатной ситуации, связанной с утечкой из вспомогательного трубопровода, старший смены должен быстро определить приоритеты действий. Какая последовательность будет правильной?

- а) Сообщить начальству -> Локализовать утечку -> Обеспечить безопасность персонала.
- б) *Обеспечить безопасность персонала (эвакуация из зоны, СИЗ) -> Локализовать утечку (если это безопасно) -> Доложить по команде согласно регламенту.*
- в) Сначала заполнить журнал учета инцидентов -> Попытаться устранить утечку своими силами -> Сообщить в конце смены.
- г) Дождаться прибытия ремонтной бригады, не предпринимая действий.

7. Для оптимизации графика планово-предупредительного ремонта (ППР) необходимо расставить приоритеты по объему работ. Какое утверждение верно отражает основной принцип?

- а) Работы выполняются в порядке увеличения их стоимости.
- б) Работы выполняются в алфавитном порядке названия систем.
- в) *В первую очередь выполняются работы, влияющие на безопасность и надежность, затем – на выполнение производственной программы, и в последнюю очередь – улучшающие.*
- г) Первыми выполняются самые быстрые работы, чтобы улучшить статистику.

8. При выборе между двумя поставщиками комплектующих для системы управления и защиты (СУЗ) основными критериями являются надежность и срок поставки. Поставщик «Х» предлагает более надежный продукт, но с долгим сроком. Поставщик «У» поставяет быстрее, но с чуть худшими статистическими показателями. Как принять взвешенное решение?

- а) *Провести количественный анализ рисков: смоделировать, как увеличение срока поставки или небольшое снижение надежности повлияет на вероятность незапланированного останова и экономику энергоблока.*
- б) Всегда выбирать самого надежного поставщика, независимо от сроков.
- в) Выбрать того, кто даст больше подарков к празднику.

г) Разделить заказ пополам между поставщиками.

9. Перед запуском новой цифровой системы контроля необходимо сформулировать задачи для этапа опытной эксплуатации. Какая из перечисленных задач является прикладной и измеримой?

а) «Убедиться, что система хорошая».

б) «В течение 6 месяцев параллельной работы со старой системой зафиксировать и проанализировать расхождения в показаниях по 20 ключевым параметрам, добившись сходимости в 99,5% случаев».

в) «Научить персонал в общих чертах».

г) «Подготовить красивые графики для отчетности».

10. При разработке программы обращения с радиоактивными отходами (РАО) низкого и среднего уровня для нового объекта ключевым приоритетом на этапе проектирования должно быть:

а) Минимизация первоначальных затрат на строительство хранилища.

б) Принцип минимизации образования отходов (на основе ALARA) и выбор технологии переработки, обеспечивающей их стабильность и пригодность для окончательного захоронения.

в) Выбор места для захоронения, наиболее близкого к станции, чтобы снизить транспортные расходы.

г) Закупка максимального количества контейнеров для хранения.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Какой из перечисленных вызовов ядерной энергетики непосредственно связан с решением инженерной задачи создания реакторов на быстрых нейтронах?

A. Обеспечение режима нераспространения ядерных материалов.

B. Замыкание ядерного топливного цикла и расширение топливной базы.

C. Повышение общественного принятия атомной энергетики.

D. Гармонизация национальных и международных норм безопасности.

2. При системной декомпозиции цели «Обеспечение надежной работы АЭС» необходимо учитывать взаимодействие основных подсистем. Выберите из списка подсистемы, которые относятся непосредственно к технологической части АЭС (процесс выработки электроэнергии):

A. Система физической защиты периметра.

B. Реакторная установка (активная зона, корпус).

C. Система аварийного охлаждения зоны (САОЗ).

D. Турбогенератор с системой пароснабжения.

E. Административно-бытовой корпус.

F. Система перегрузки топлива.

3. Установите соответствие между видом профессиональной деятельности в ядерной энергетике и типичной задачей, которая стоит

перед специалистом.

Специалист	Задача
1. Проектировщик	А. Соблюдение регламента эксплуатации и контроль параметров
2. Эксплуатационник	Б. Выбор площадки и обоснование инвестиций (ТЭО)
3. Инжиниринговая компания	В. Разработка компоновки оборудования и систем безопасности

Варианты ответов:

А. 1-В, 2-А, 3-Б

В. 1-А, 2-В, 3-Б

С. 1-Б, 2-А, 3-В

Д. 1-В, 2-Б, 3-А

4. Принцип глубоководной защиты на АЭС реализуется с помощью последовательных физических барьеров. Что относится к третьему (внешнему) барьеру безопасности?

А. Матрица топливной таблетки и оболочка ТВЭЛ.

В. Корпус реактора и трубопроводы первого контура.

С. Герметичное ограждение (контейнмент, защитная оболочка).

Д. Система аварийной сигнализации и блокировок.

5. Расставьте в правильном порядке этапы методологии выбора инженерного решения при проектировании системы АЭС (от первого к последнему):

1-Сравнение вариантов по выбранным критериям.

2-Формулировка цели и постановка задачи.

3-Ранжирование критериев (безопасность, экономика, надежность).

4-Выбор оптимального решения и его обоснование.

5-Определение перечня критериев оценки.

Варианты ответов:

А. 2 → 5 → 3 → 1 → 4

В. 5 → 2 → 3 → 1 → 4

С. 2 → 3 → 5 → 1 → 4

Д. 3 → 2 → 5 → 1 → 4

6. При выборе способа вывода из эксплуатации блока АЭС (немедленный демонтаж, отложенный демонтаж, захоронение) инженер должен учитывать следующие группы ограничений:

А. Наличие свободных площадей на складе ГСМ.

- В. Нормативные требования (ФНП, санитарные правила).*
- С. Технологическую готовность (наличие оборудования для резки и дезактивации).*
- Д. Объемы образующихся радиоактивных отходов (РАО) и возможность их захоронения.*
- Е. Цвет окраски зданий и сооружений блока.*
- Ф. Наличие финансирования (целевых фондов).*

7. Авария на АЭС «Фукусима-дайичи» (2011 г.) показала недостаточность учета некоторых внешних воздействий. Какое инженерно-техническое решение в проекте АЭС могло бы снизить риск развития запроектной аварии в условиях полной потери энергоснабжения (станционного блэкаута)?

- А. Увеличение количества оперативного персонала в смене.*
- В. Установка мобильных дизель-генераторов и насосов с герметичными разъемами на высокой отметке.*
- С. Использование более толстых трубопроводов на всех линиях.*
- Д. Внедрение дополнительной бумажной документации на случай отказа АСУ ТП.*

8. Какова главная стратегическая цель развития технологий «быстрых реакторов» и ЗЯТЦ (замкнутого ядерного топливного цикла) с точки зрения ресурсной базы?

- А. Снижение капитальных затрат на строительство АЭС.*
- В. Упрощение конструкции реактора и повышение его мощности.*
- С. Вовлечение в топливный цикл обедненного урана и плутония, минимизация РАО.*
- Д. Полный отказ от использования природного урана в ближайшие 10 лет.*

9. Сравнивая два перспективных направления — реакторы на быстрых нейтронах (БН) и модульные реакторы малой мощности (ММР) — можно утверждать, что:

- А. БН решают задачу воспроизводства топлива, ММР — задачу энергоснабжения удаленных территорий.*
- В. Оба направления имеют одинаковые технические ограничения по теплоносителю.*
- С. Основное ограничение для БН — сложность и стоимость натриевых/свинцовых технологий.*
- Д. ММР сталкиваются с ограничениями по экономической эффективности из-за эффекта масштаба.*
- Е. ММР невозможно транспортировать, они строятся только на месте.*

10. Сформулируйте стратегические цели развития атомной энергетики в Российской Федерации на долгосрочную перспективу. Назовите ключевые технологические тренды, направленные на их достижение.

11. Объясните принцип глубокоэшелонированной защиты (ГЭЗ). Приведите примеры физических и административных барьеров на разных этапах ГЭЗ для типовой системы АЭС.

12. Проанализируйте различия в постановке целей и задач для инженера-проектировщика нового энергоблока и для инженера-эксплуатационника действующего блока. Какие критерии оценки их работы будут приоритетными в каждом случае?

13. В чем заключается сущность «культуры безопасности» на атомной станции? Как ее принципы влияют на расстановку приоритетов при решении повседневных производственных задач?

14. Опишите жизненный цикл атомной станции. Назовите основные задачи и возникающие проблемы на каждом из его этапов (от выбора площадки до вывода из эксплуатации).

15. Каковы основные функции и роль Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) в регулировании деятельности АЭС?

16. Дайте определение понятиям «цель» и «задача» применительно к инженерно-техническому исследованию. Сформулируйте пример цели и три конкретные задачи для проекта по снижению объемов твердых радиоактивных отходов (РАО).

17. При сравнении вариантов технических решений в ядерной энергетике используются различные критерии. Перечислите основные группы критериев (не менее четырех) и обоснуйте, почему ни один из них не может рассматриваться изолированно от других.

18. Что такое «нормативно-техническая документация» в области использования атомной энергии? Приведите примеры документов разного уровня (Федеральные нормы и правила, стандарты, регламенты) и их назначение.

19. Объясните, почему безопасность является абсолютным и безусловным приоритетом при решении любых задач на АЭС. Как этот приоритет соотносится с требованиями экономической эффективности?

20. Раскройте содержание и приведите примеры деятельности в сфере инжиниринга на атомных станциях. Чем инжиниринг отличается от непосредственной эксплуатации?

21. Опишите структуру и назначение ключевых систем атомной станции: реакторной установки, теплоэнергетического оборудования, систем безопасности. Как сбой в одной из них влияет на функционирование других с точки зрения системного подхода?

22. Каковы основные современные вызовы в области обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО)? Сформулируйте возможную цель национальной программы по решению этой проблемы.

23. Проанализируйте, как исторический опыт аварий на атомных объектах (Чернобыль, Фукусима) повлиял на современные приоритеты в проектировании, нормировании и эксплуатации АЭС.

24. В чем заключаются преимущества и перспективы реакторов на быстрых нейтронах (БН) в контексте устойчивого развития атомной энергетики и обеспечения топливной независимости?

25. Сформулируйте гипотетическую цель для отраслевого научно-исследовательского института, например: «Разработка нового антикоррозионного покрытия для оборудования первого контура». Какие задачи необходимо решить для ее достижения и по каким критериям будет оцениваться успешность проекта?

26. Объясните значение Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) в формировании глобальных стандартов безопасности. Как рекомендации МАГАТЭ учитываются в российской нормативной базе?

27. Какие компетенции, помимо глубоких технических знаний, являются критически важными для современного инженера, работающего в области атомной энергетики (рассмотрите *soft skills*, экологическое мышление, правовую грамотность)?

28. Представьте, что вы участвуете в рабочей группе по повышению эффективности использования топлива. Предложите последовательность действий: от формулировки общей цели до выбора критериев оценки успеха инициатив.

29. Спрогнозируйте, какие новые профессиональные задачи могут возникнуть перед специалистами в области атомных станций в связи с развитием технологий цифровизации (цифровые двойники, большие данные, ИИ)

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал 15 и более баллов.
2. «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 15 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в ядерную энергетику: исторический контекст, современное состояние и стратегические цели отрасли	УК-2	Тест
2	Атомная станция как сложный инженерно-технологический и	УК-2	Тест

	социально-экологический объект: принципы системного подхода		
3	Виды профессиональной деятельности: специфика и взаимосвязь задач проектирования, эксплуатации и инжиниринга.	УК-2	Тест
4	Безопасность как абсолютный приоритет: культура безопасности, принцип глубокоэшелонированной защиты и нормативная база.	УК-2	Тест
5	Методология анализа и критерии выбора решений в ядерной энергетике (технико-экономические, надежность, экологические)	УК-2	Тест
6	Современные вызовы и перспективные задачи отрасли: от вывода из эксплуатации и обращения с РАО до новых технологий	УК-2	Тест

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Системы турбинного цеха АЭС-1200 : учебное пособие / составители

Е. В. Глушкова [и др.]. – Севастополь : СевГУ, 2023. – 80 с. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/332216> (дата обращения: 1.11.2025). – Режим доступа: для авториз. Пользователей.

Ларин, А. Б. Системы обеспечения ВХР АЭС : учебно-методическое пособие / А. Б. Ларин, Е. Н. Бушуев. – Иваново : ИГЭУ, 2022. – 68 с. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/296120> (дата обращения: 1.11.2025). – Режим доступа: для авториз. Пользователей

Сукрушев, А. В. Производственно-экономические основы функционирования топливно-энергетического комплекса : учебное пособие / А. В. Сукрушев. – Севастополь : СевГУ, 2021. – 171 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/221549> (дата обращения: 1.11.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Тепловые схемы и циклы атомных электростанций : учебное пособие / В. Н. Новиков, И. С. Радовский, Ю. Е. Литвинцова [и др.]. – 2-е изд., доп. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2021. – 40 с. – ISBN 978-5-7262-2828-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/284384> (дата обращения: 1.11.2025). – Режим доступа: для авториз. Пользователей.

Теплотехнические основы производства электроэнергии и тепла на АЭС : учебное пособие / С. Т. Лескин, В. И. Слободчук, А. С. Шелегов, Д. Ю. Кашин. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2021. – 52 с. – ISBN 978-5-7262-2769-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/284414> (дата обращения: 1.11.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Акатов, А. А. Обеспечение радиационной безопасности персонала и населения, охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС : учебное пособие / А. А. Акатов, Ю. С. Коряковский. – Санкт-Петербург : СПбГТИ (ТУ), 2020. – 60 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/193035> (дата обращения: 1.11.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей

Зверков, В. В. Автоматизированная система управления технологическими процессами АЭС : монография / В. В. Зверков. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. – 560 с. – ISBN 978-5-7262-1918-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/103223> (дата обращения: 1.11.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Острейковский, В. А. Безопасность атомных станций : учебное пособие / В. А. Острейковский, Ю. В. Швыряев. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 352 с. – ISBN 978-5-9221-0998-. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/49086> (дата обращения: 1.11.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при

осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Microsoft Office (Word, Excel)

Internet Explorer

Adobe Acrobat Reader

<https://www.iprbookshop.ru>

<https://old.education.cchgeu.ru>

<https://bbb.cchgeu.ru>

<https://elibrary.ru>

<https://cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Технические средства обучения учебно-тренировочного пункта Нововоронежской атомной станции, расположенные по адресу: Коммунальная улица, 2, Нововоронеж, Воронежская область, 396073 (по Договору о практической подготовке обучающихся ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» №_____от _____ между Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Воронежский государственный технический университет» и Акционерным обществом «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях»):

- 1) Компьютерные обучающие системы для обучения персонала Нововоронежской АЭС-2;
- 2) Тренажер оборудования и систем программно-технический комплекс «Класс анализаторов режимов РУ энергоблоков №1,2 НВАЭС-2 (ТОС ПТК КАРРУ);
- 3) Тренажер оборудования и систем «Программно-технический комплекс «Релейная защита и автоматика» (ТОС ПТК РЗА);
- 4) КОС для подготовки оперативного персонала ОРБ;
- 5) Тренажер оборудования и систем «Программно-технический комплекс контроля и управления нормальной эксплуатации низовой автоматики, системы управления и защиты реактора и управляющей системы безопасности по технологическим параметрам и системы верхнего блочного уровня автоматизированной системы управления технологическим процессом» (ТОС ПТК АСУТП);
- 6) Тренажер оборудования и систем «Системы контроля и управления реакторной установки аппаратуры контроля нейтронного потока» (ТОС СКУ РУ АКНП);
- 7) Тренажер оборудования и систем «Системы контроля и управления реакторной установки. Системы контроля

- управления и диагностики (ТОС СКУ РУ.СКУД);
- 8) Тренажер местного щита управления «Оборудование технологических систем» (ТМЩ ОТС);
 - 9) Полномасштабный тренажер энергоблока №1 НВАЭС-2 (ПМТ-1);
 - 10) Тренажер оборудования и систем «Главная электрическая схема (ТОС ГЭС);
 - 11) Тренажер оборудования и систем «Программно-технический комплекс виртуальной реальности НВ АЭС-2 (ТОС ПТК ВР);
 - 12) Установки контроля радиоактивного загрязнения персонала атомных станций РЗС-02А и РЗБ-01А;
 - 13) Макеты оборудования химического цеха 4 очереди;
 - 14) Демонстрационные экспонаты оборудования ТЦ-6, РЦ-6, ЭЦ;
 - 15) Демонстрационные экспонаты оборудования ТЦ, РЦ, ЦТАИ.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Инженерно-системные аспекты ядерной энергетики» проводятся практические занятия.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков по инженерно-системным аспектам ядерной энергетики. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные

	перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.
--	---

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--