

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Левихин А.А.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Пилотируемые и автоматические космические аппараты и системы
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Кафедра-разработчик рабочей программы	АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	4	144	51	17	34	0	93	0	0	93	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Дидковский Дмитрий Алексеевич, ассистент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 — Способен проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-1

знания:

состав и назначение ядерной энергетической установки в составе космического аппарата

подходы к обоснованию оптимальных параметров и конструкции ядерных энергетических установок, выполняющих конкретные задачи

общие модели и расчетные зависимости для определения характеристик ядерной энергетической установки;;

умения:

использовать расчетные модели для проектирования элементов ядерной энергетической установки

выбирать и обосновывать конструктивную схему ядерной энергетической установки;;

навыки:

расчет основных параметров, проектирование и конструирование элементов ядерной энергетической установки;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, УСТРОЙСТВО АГРЕГАТОВ СИСТЕМ КА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **АГРЕГАТЫ И УСТРОЙСТВА СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА, СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПК-1 — Способен проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-1
4	7	Раздел 1. Основные определения. Требования к ядерным энергоустановкам. Основные определения, относящиеся к ЯЭУ. Механизм энерговыделения. Основные требования, предъявляемые к ядерным реакторам.	18	6	2	4	12	12
4	7	Раздел 2. Конструкция ядерной энергоустановки. Конструкции и схемы ЯЭУ. Классификационные признаки реакторов. Устойчивость работы реактора. Системы управления реактора. Системы обеспечения тепловых режимов ядерных энергетических установок.	42	16	6	10	26	26
4	7	Раздел 3. Преобразователи энергии ядерных энергоустановок. Газотурбинные ЯЭУ. Паротурбинные ЯЭУ. Термоэлектрические преобразователи. Термоэмиссионные преобразователи.	48	16	6	10	32	32
4	7	Раздел 4. Радиационная безопасность. Обеспечение ядерной и радиационной безопасности. Конструкция радиационной защиты КА. Радиационная защита обитаемых КА. Особенности радиационной защиты обитаемых КА.	36	13	3	10	23	30
Всего за 7 семестр			144	51	17	34	93	100
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные определения. Требования к ядерным энергоустановкам.	Изучение схем ЯЭУ	4
2	Раздел 2. Конструкция ядерной энергоустановки.	Изучение конструкций и состава ядерного реактора	10
3	Раздел 3. Преобразователи энергии ядерных энергоустановок.	Оптимизация параметров и расчет ЯЭУ	6
4		Расчет конструкций ядерных реакторов космического назначения на прочность	2
5		Расчет прочности и колебаний элементов турбогенераторных преобразователей	2
6		Расчет размеров радиационной защиты	5
7	Раздел 4. Радиационная безопасность.	Расчет прочности корпуса блока защиты	5
Всего за 7 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные определения. Требования к ядерным энергоустановкам.	Подготовка к лабораторным занятиям	6
2		Подготовка к устному опросу	6
3	Раздел 2. Конструкция ядерной энергоустановки.	Подготовка к коллоквиуму	10
4		Подготовка к лабораторным занятиям	16
5	Раздел 3. Преобразователи энергии ядерных энергоустановок.	Выполнение домашнего задания	10
6		Подготовка к коллоквиуму	6
7		Подготовка к лабораторным занятиям	16
8	Раздел 4. Радиационная безопасность.	Подготовка к коллоквиуму	5

9		Подготовка к лабораторным занятиям	10
10		Выполнение домашнего задания	8
Всего за 7 семестр			93

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7					ОС	ДР			ДЗ	ДР					ДЗ	ДР	ОС, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ОС – устный опрос студентов;
- ДЗ – домашнее задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- устный опрос студентов;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов. СПб.: Профессионал, 2014, 60 экз.
2. А. Г. Мильковский, В. Д. Атамасов, В. А. Бабук. . Ядерные орбитальные комплексы. СПб.: Профессионал, 2016, 10 экз.
3. Л. А. Квасников, Л. А. Латышев, Н. Н. Пономарёв-Степной. . Теория и расчёт энергосиловых установок космических летательных аппаратов. М.: Изд-во МАИ, 2001, 19 экз.
4. М. К. Сапего, Н. А. Тестоедов, В. Д. Атамасов. . Теория проектирования сложных технических систем космического базирования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, 49 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Лабораторные занятия:

1. Проектор;
2. Макеты и элементы КА «Плазма-А», «Зенит», «Спускаемая капсула», «Универсальная малогабаритная спускаемая капсула».

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1 Способен проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок, пригодных для использования в космических аппаратах различного назначения.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- устный опрос студентов;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Основные определения. Требования к ядерным энергоустановкам.		
Подготовка к лабораторным занятиям	А. Г. Мильковский, В. Д. Атамасов, В. А. Бабук. . Ядерные орбитальные комплексы: СПб.: Профессионал, 2016 (1-2) М. К. Сапего, Н. А. Тестоедов, В. Д. Атамасов. . Теория проектирования сложных технических систем космического базирования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1-2)	6
Подготовка к устному опросу		6
Итого по разделу 1		12
Раздел 2. Конструкция ядерной энергоустановки.		
Подготовка к коллоквиуму	А. Г. Мильковский, В. Д. Атамасов, В. А. Бабук. . Ядерные орбитальные комплексы: СПб.: Профессионал, 2016 (3-4) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (2)	10
Подготовка к лабораторным занятиям		16
Итого по разделу 2		26
Раздел 3. Преобразователи энергии ядерных энергоустановок.		
Выполнение домашнего задания	Л. А. Квасников, Л. А. Латышев, Н. Н. Пономарёв-Степной. . Теория и расчёт энергосиловых установок космических летательных аппаратов: М.: Изд-во МАИ, 2001 (1-10) А. Г. Мильковский, В. Д. Атамасов, В. А. Бабук. . Ядерные орбитальные комплексы: СПб.: Профессионал, 2016 (5-9)	10
Подготовка к коллоквиуму		6
Подготовка к лабораторным занятиям		16
Итого по разделу 3		32
Раздел 4. Радиационная безопасность.		
Подготовка к коллоквиуму	А. Г. Мильковский, В. Д. Атамасов, В. А. Бабук. . Ядерные орбитальные комплексы: СПб.: Профессионал, 2016 (21)	5
Подготовка к лабораторным занятиям		10
Выполнение домашнего задания		8
Итого по разделу 4		23

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- устный опрос студентов;
- домашнее задание;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Устный опрос студентов

Примеры вопросов входят в состав УМК дисциплины.

Оценка выставляется по результатам ответов.

При правильном, полном ответе на оба вопроса - оценка: отлично.

При неполном ответе на один из вопросов - хорошо

При неполном ответе на оба вопроса - "удовлетворительно".

При отсутствии правильного ответа - не зачтено.

Домашнее задание

Рабочей программой предусмотрено выполнение домашнего задания по разделам дисциплины.

Комплект домашних заданий входит в состав УМК дисциплины.

Критерии оценивания:

Отлично: студент правильно выполнил расчёты в домашнем задании, отчет оформил в соответствии с ГОСТ 7.32 -2017 и правильно ответил на вопрос преподавателя

Хорошо: студент правильно выполнил расчёты в домашнем задании, в отчёте имеются не значительные отклонения от ГОСТ 7.32-2017 и/или частично верно ответил на вопрос преподавателя

Удовлетворительно: в расчетах имеются большие погрешности вычисления, в отчете содержатся ошибки по оформлению, ответы на вопросы преподавателя частично верные.

Неудовлетворительно: не представлено домашнее задание.

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет оформляется по результатам выполнения всех предусмотренных рабочей программой контрольных мероприятий. Оценка за дифференцированный зачет определяется на основе среднего арифметического оценок, полученных при сдаче заданий текущей аттестации (устный опрос, коллоквиум, домашнее задание).

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-1	
4	7	Раздел 1. Основные определения. Требования к ядерным энергоустановкам.	18	6	2	4	12	12	Устный опрос студентов
4	7	Раздел 2. Конструкция ядерной энергоустановки.	42	16	6	10	26	26	Домашнее задание
4	7	Раздел 3. Преобразователи энергии ядерных энергоустановок.	48	16	6	10	32	32	Домашнее задание
4	7	Раздел 4. Радиационная безопасность.	36	13	3	10	23	30	Домашнее задание, Устный опрос студентов
Всего за 7 семестр			144	51	17	34	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	

Оценочные материалы по дисциплине ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

ПК-1 - Способен проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между фундаментальным взаимодействием и его описанием

1. Взаимодействие существует между кварками и глюонами и составленными из них частицами, например, протонами и нейтронами ядра.
 2. Фундаментальное взаимодействие, ответственное в частности за процессы бета-распада атомных ядер и слабые распады элементарных частиц.
 3. Взаимодействие между всеми материальными телами, обладающими массой.
 4. Взаимодействие существует между частицами, обладающими электрическим зарядом.
- а. Гравитационное
- б. Электромагнитное
- в. Сильное
- г. Слабое
- д. Кварковое

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой тип радиации наиболее опасен для живого организма?

1. α - излучение
2. β - излучение
3. γ - излучение
4. n - излучение

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какое топливо используется в ядерном реакторе?

1. U-235
2. U-238
3. Криптон-92
4. Хе-136

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Выберите верные утверждения относительно запаздывающих нейтронов в цепных реакциях деления:

1. Наличие запаздывающих нейтронов увеличивает среднее время жизни поколения нейтронов
2. Запаздывающие нейтроны позволяют сделать реактор управляемым
3. Запаздывающие нейтроны замедляют процесс деления ядер, что в существенной мере ограничивает мощность реактора
4. Запаздывающий нейтрон с меньшей вероятностью продолжит цепную реакцию деления по сравнению с мгновенным

- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Для того, чтобы обеспечить работу ЯЭУ в течении продолжительного периода в его АЗ необходимо:
1. Чтобы масса ядерного топлива была выше критической, при которой возможна цепная реакция деления.
 2. Чтобы масса ядерного топлива была равна критической, при которой возможна цепная реакция деления.
 3. Чтобы управляющие органы имели время реакции больше чем характерное время жизни среднего поколения нейтронов
 4. Чтобы управляющие органы имели время реакции меньше чем характерное время жизни среднего поколения нейтронов
- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Как с точки зрения физики процессов в ядерном реакторе обеспечивается его функционирование?
- № 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Для чего предназначены ядерные реакторы?
- № 8 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие между элементами для обеспечения ядерной безопасности.
1. С помощью САУ ядерная безопасность обеспечивается за счет ...
 2. Для обеспечения ядерной безопасности скорость введения реактивности САУ должна быть ...
- а. Постоянного контроля нейтронной мощности
 - б. Периодического контроля нейтронной мощности
 - в. Максимальной
 - г. Минимальной
 - д. Допустимой
- № 9 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите типы нейтронов в порядке возрастания их энергий
1. Быстрые
 2. Медленные
 3. Промежуточные
 4. Покоящиеся
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Благодаря каким факторам возможно управление ядерной цепной реакцией в энергетической установке в радиоактивным топливом:
1. Наличие самоподдерживающейся цепной реакции деления ядерного топлива.
 2. Наличие отражателя, который возвращает нейтроны в активную зону, уменьшая тем самым перерасход нейтронов.
 3. Наличие органов управления, которые позволяют управлять интенсивностью деления.
 4. Наличие внутри активной зоны тепловых труб, которые забирают тепло от активной зоны
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор

ответов

Возможно ли запустить ядерный реактор повторно после его вынужденной остановки?

1. Да, возможно, если при этом будет выдержано определенное время. для того, чтобы реактор не оказался в йодной яме.
2. Да, возможно, при этом надо удалить вставки, состоящие из карбида бора, которые поглощают нейтроны из активной зоны или около нее.
3. Нет, невозможно, так как для повторного запуска нужно иметь слишком мощный источник нейтронного излучения.
4. Нет, невозможно, так как при этом происходят необратимые процессы.

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите в порядке возрастания степень неблагоприятных биологических последствий ионизирующего излучения на организм человека при **равных** дозах.

1. α
2. ρ
3. β
4. γ