

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	
5	10	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Ценёва София Николаевна, старший преподаватель

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н. \_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ТВЕРДОМ**  
**ТОПЛИВЕ**

**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:

УК-8 — Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

**УК-8**

*знания:*

на уровне представлений:

экологические аспекты энергетических установок, классификация энергетических установок и типов используемого топлива, их экологические характеристики и параметры;

на уровне воспроизведения:

- методы анализа состава компонентов топлива;
- расчет условной формулы топлива;
- методы снижения опасности риска и управления риском.

на уровне понимания:

- определения и сущность понятий "безопасность" и "риск", их взаимосвязь и соотношение;

*умения:*

теоретические:

- методы и процедуры управления уровнем безопасности жизни на промышленных территориях (ОК-18);

практические:

- определение количественные оценки степени риска на производстве.
- способность использовать нормативно правовые документы;

*навыки:*

применение процедур анализа надежности высокого уровня производственного риска.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ, ХИМИЯ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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	Практические занятия		УК-в
5	10	Раздел 1. Введение в дисциплину. Распоряжение правительства РФ. Энергетическая стратегия России на период 2025, 2030, 2035.	3	3	3	0	0	20
5	10	Раздел 2. Типы ЭУ. Типы энергетических установок. Двигатели внутреннего сгорания. Поршневые компрессоры. Паровые турбины. Преобразование энергии в турбине. Многоступенчатые турбины. Паротурбинные установки.	3	3	3	0	0	20
5	10	Раздел 3. Окружающая среда. Приоритетные контролируемые параметры окружающей среды. Основные контролируемые параметры. Нормативы качества среды. Экологическое нормирование.	33	8	3	5	25	20
5	10	Раздел 4. Мониторинг. Приборы и системы мониторинга окружающей среды.	36	11	4	7	25	20
5	10	Раздел 5. Экспертиза. Экологическая экспертиза и сертификация. Понятие «экологическая экспертиза».	33	9	4	5	24	20
Всего за 10 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Окружающая среда.	Тепловой баланс теплогенератора	5
2	Раздел 4. Мониторинг.	Разработка пневмогидравлической схемы	7
3	Раздел 5. Экспертиза.	Оптимизация экологических параметров	5
Всего за 10 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 3. Окружающая среда.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию. Закрепление материала.	25
2	Раздел 4. Мониторинг.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию. Закрепление материала.	25
3	Раздел 5. Экспертиза.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию. Закрепление материала.	24
Всего за 10 семестр			74

### 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
10						ДР				ДР				Реф		ДР	Вопр. Зач, зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Реф – реферат;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- реферат;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Экологическое право. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
2. Г. Ф. Быстрицкий, Г. Г. Гасангаджиев, В. С. Кожиченков. . Общая энергетика. Основное оборудование. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. Н. И. Хлуднева, М. В. Пономарёв, Н. В. Кичигин. . Экологическое право. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
4. С. С. Борцова. . Экологический надзор и экологический контроль. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
5. Т. Б. Сурикова. . Экологический мониторинг. Старый Оскол: ТНТ, 2020, эл. рес.

### 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://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp;>

### 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](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. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска.

### **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 **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с экологией, химией, химической термодинамикой и теорией горения, служит основой для освоения дисциплин курсового проектирования и выпускной квалификационной работы.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- реферат;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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.
<b>Раздел 3. Окружающая среда.</b>		
Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию. Закрепление материала.	Н. И. Хлуднева, М. В. Пономарёв, Н. В. Кичигин. . Экологическое право: Москва: Юрайт, 2020 (-)	25
Итого по разделу 3		25
<b>Раздел 4. Мониторинг.</b>		
Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию. Закрепление материала.	Т. Б. Сурикова. . Экологический мониторинг: Старый Оскол: ТНТ, 2020 (-) С. С. Борцова. . Экологический надзор и экологический контроль: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (-)	25
Итого по разделу 4		25
<b>Раздел 5. Экспертиза.</b>		
Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию. Закрепление материала.	Н. И. Хлуднева, М. В. Пономарёв, Н. В. Кичигин. . Экологическое право: Москва: Юрайт, 2020 (7)	24
Итого по разделу 5		24

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к зачету;
- реферат;
- 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.

#### Вопросы к зачету

Набор вопросов состоит из теоретических тестовых вопросов по дисциплине и тестовых задач на определение показателей надежности. Оценивается выбор правильного варианта ответа.

#### Реферат

Реферат представляется в электронном и бумажном виде в формате, предусмотренном шаблоном. Прием реферата проходит в форме проверки реферата преподавателем по следующим критериям:  
10 баллов - выполнение реферата в форме отчета на заданную тему;  
20 баллов – выполнение реферата в форме отчета с презентацией на заданную тему.  
40 баллов – выполнение реферата в форме отчета на заданную тему, а также его защита с презентацией.  
Перечень тем и шаблон отчета входит в состав УМК дисциплины.

#### Зачет

Зачет выставляется по количеству баллов, заработанными обучающимся в течении семестра. Суммарный балл выставляется по результатам написания диагностических работ, посещаемости аудиторных занятий и баллов за выполнение реферата:  
менее 60 баллов - не зачтено;  
60 и более баллов - зачтено.

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	Практические занятия		УК-8	
5	10	Раздел 1. Введение в дисциплину.	3	3	3	0	0	20	Вопросы к зачету
5	10	Раздел 2. Типы ЭУ.	3	3	3	0	0	20	Вопросы к зачету
5	10	Раздел 3. Окружающая среда.	33	8	3	5	25	20	Вопросы к зачету
5	10	Раздел 4. Мониторинг.	36	11	4	7	25	20	Вопросы к зачету
5	10	Раздел 5. Экспертиза.	33	9	4	5	24	20	Реферат
Всего за 10 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

**Оценочные материалы по дисциплине ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ**

**УК-8 - Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Требуется назвать 3 основных экологических проблемы от использования перхлората аммония в ракетных топливах и предложить методы их решения.
- № 2 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите правильную последовательность мероприятий по снижению экологического ущерба от энергоустановок на твердом топливе. Запишите последовательно названия мероприятий.
1. Мониторинг выбросов на испытательных стендах
  2. Корректировка технологий на основе полученных данных
  3. Внедрение систем фильтрации и каталитической очистки
  4. Разработка малоэмиссионных составов топлива
  5. Анализ воздействия на окружающую среду после пуска
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой компонент твердого ракетного топлива вносит наибольший вклад в образование кислотных дождей?
1. Оксид алюминия ( $Al_2O_3$ )
  2. Перхлорат аммония ( $NH_4ClO_4$ )
  3. Порошкообразный магний (Mg)
  4. Полибутадиеновый каучук (связующее)
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой метод наиболее эффективен для снижения выбросов твердых частиц ( $Al_2O_3$ ) из РДТТ?
1. замена алюминия на бериллий
  2. установка многоступенчатых фильтров-циклонов
  3. добавление каталитических присадок в топливо
  4. уменьшение калорийности топлива
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой экологический показатель является наиболее критичным при оценке воздействия РДТТ на атмосферу?
1. масса выброшенных твердых частиц
  2. концентрация  $CO_2$  в продуктах сгорания
  3. содержание хлора в соединениях
  4. уровень шума при старте
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из перечисленных компонентов твердого ракетного топлива являются основными

источниками экологических проблем?

1. Оксид алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
2. Перхлорат аммония ( $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ )
3. Железный порошок ( $\text{Fe}$ )
4. Полиуретановое связующее

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие методы снижения экологической опасности РДТТ являются наиболее эффективными?

1. Замена перхлората аммония на нитрат аммония
2. Использование наночастиц алюминия для уменьшения выбросов  $\text{Al}_2\text{O}_3$
3. Применение систем каталитической очистки выхлопных газов
4. Увеличение доли связующего в составе топлива

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие последствия для окружающей среды характерны для запусков РДТТ?

1. Локальное загрязнение почвы тяжелыми металлами
2. Увеличение концентрации озона в тропосфере
3. Образование устойчивых хлорорганических соединений
4. Радиоактивное заражение

№ 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Сравните экологическую опасность алюминия и бора как металлических добавок в твердых топливах. Какой вариант предпочтительнее и почему?

№ 10 Прочитайте текст и установите соответствие

Вам нужно установить соответствие между компонентами выбросов ракетных двигателей на твердом топливе и их воздействием на окружающую среду. К каждой позиции, данной в левом столбце подберите соответствующую позицию из правого столбца.

1. Оксид алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
  2. Хлористый водород ( $\text{HCl}$ )
  3. Углекислый газ ( $\text{CO}_2$ )
- А) Разрушение озонового слоя
- Б) Образование кислотных дождей
- В) Парниковый эффект
- Г) Загрязнение почвы и воды твердыми частицами

№ 11 Прочитайте текст и установите соответствие

Вам нужно установить соответствие между методами снижения экологической опасности энергетических установок на твердом топливе и их описанием. К каждой позиции, данной в левом столбце подберите соответствующую позицию из правого столбца.

1. Использование каталитических добавок
2. Применение малоэмиссионных топлив

### 3. Очистка газов фильтрацией

А) Замедление химических реакций, снижающее токсичность выбросов

Б) Образование кислотных дождей

В) Парниковый эффект

Г) Загрязнение почвы и воды твердыми частицами

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите этапы образования вредных выбросов при работе ракетного двигателя на твердом топливе в правильной последовательности

1. Выброс продуктов сгорания в атмосферу
2. Нагрев и испарение компонентов топлива
3. Осаждение твердых частиц и химическое взаимодействие с окружающей средой
4. Химические реакции в камере сгорания
5. Образование оксидов металлов и газообразных продуктов