

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

Кафедра **A8 Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов**  
(наименование)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной  
деятельности и цифровизации  
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова  
А.Е. Шашурин  
«10» 04 2024 г.



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ,  
СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

**2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов**

Санкт-Петербург  
2024 г.

## 1. Форма вступительного испытания

1.1 Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится устно в соответствии с перечнем тем и вопросов, установленных данной программой.

1.2 Вступительное испытание проводится комиссией, действующей на основании приказа ректора.

1.3 Вступительное испытание проводится на русском языке.

1.4 Продолжительность проведения устного экзамена — не более 60 минут.

## 2. Структура вступительного испытания

2.1 Во время проведения вступительных испытаний их участникам и лицам, привлекаемым к их проведению, запрещается иметь при себе и использовать средства связи. Участники вступительных испытаний могут иметь при себе и использовать справочные материалы и электронно-вычислительную технику.

2.2 При нарушении поступающим во время проведения вступительных испытаний правил приема, уполномоченные должностные лица организации вправе удалить его с места проведения вступительного испытания с составлением акта об удалении.

2.3 Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, на каждого поступающего ведется отдельный протокол. Протокол приема вступительного испытания подписывается членами комиссии, которые присутствовали при проведении испытания, с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и утверждается председателем комиссии. Протоколы приема вступительных испытаний после утверждения хранятся в личном деле поступающего.

## 3. Порядок приема и критерии оценивания вступительного экзамена

3.1 Билет содержит три вопроса из перечня тем, установленных данной программой. Вопросы для билета выбираются на усмотрение членов комиссии. Вступительное испытание оценивается экзаменационной комиссией по 100-балльной шкале. В целях обеспечения объективности и единообразия в оценке знаний при приеме вступительных экзаменов в аспирантуру ФГБОУ ВО «БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» предлагается использовать следующие критерии оценки знаний:

Баллы	Критерии выставления оценки	Детализация баллов	Критерии выставления оценки
90-100	Ставится при полных, исчерпывающих, аргументированных ответах на все экзаменационные вопросы, в том числе на все дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Ответы демонстрируют системность знаний в соответствующей сфере,	6-10	При раскрытии темы поступающий строит рассуждение на основе не менее одного примера по собственному выбору, определяя свой путь использования научного материала, показывает разный уровень его осмысления.

	<p>владение понятийно-категориальным аппаратом, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, в том числе с предполагаемой тематикой научных исследований в аспирантуре, знание фундаментальных и прикладных аспектов рассматриваемых вопросов. Поступающий при ответе на вопросы проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении практической задачи. Ответы структурированы, отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, изложены литературным языком с использованием современной научной терминологии по направлению и профилю подготовки в аспирантуре.</p>	0-5	<p>Ответ отличается композиционной цельностью, его части логически связаны между собой, но есть нарушения последовательности и/или мысль повторяется и не развивается.</p>
80-89	<p>Ставится при достаточно полных и развернутых ответах на все экзаменационные вопросы и неполных ответах на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Ответы демонстрируют владение понятийно-категориальным аппаратом, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, знание фундаментальных и прикладных аспектов рассматриваемых вопросов. Поступающий при ответе на вопросы дает определение некоторых основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении практической задачи может допустить принципиальные ошибки.</p>	0-5	<p>Поступающий строит рассуждение с опорой на научный материал, но ограничивается общими высказываниями.</p>
		6-9	<p>Поступающий рассуждает на предложенную тему, выбрав убедительный путь её раскрытия, коммуникативный замысел выражен ясно.</p>
60-79	<p>Ставится при неполных и слабо аргументированных ответах, демонстрирующих общее</p>	0-5	<p>Грубые логические нарушения мешают пониманию смысла</p>

	представление и элементарное понимание предметной области. Ответы показывают слабое владение понятийно-категориальным аппаратом и научной терминологией по направлению и профилю подготовки в аспирантуре и построены с нарушением логической последовательности изложения. Поступающий при ответе на вопросы не дает определение некоторых основных понятий, при решении практической задачи делает принципиальные ошибки.		сказанного или аргументация не убедительна.
		6-10	Допущены две и более фактических ошибок в материале.
		11-15	Допущена одна фактическая ошибка в материале.
		15-19	Фактические ошибки отсутствуют.
40-59	Ставится при фрагментарных знаниях, существенных пробелах в области и непонимании сущности экзаменационных вопросов. Поступающий не может решить практическую задачу.	0-10	Неполный ответ на два из трех заданных теоретических вопросов.
		11-19	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов.
20-39	Отсутствуют ответы на два заданных вопроса, фрагментарный ответ на третий вопрос.		
1-19	Ответ построен без привлечения научного материала.		
0	Нет ответа ни на один из трех заданных вопросов, либо отказ от ответа.		

### Вопросы, выносимые на экзамен:

#### 1. Общие вопросы теории ракетных двигателей

1.1 Типы ракетных двигателей (РД). Классификация РД. Ракетные двигатели на химических топливах: ЖРД, РДТТ, ГРД. Ядерные ракетные двигатели. Особенности применения различных типов РД.

1.2 Ракетный двигатель, как тепловой двигатель и как движитель.

1.2.1 Уравнение тяги РД. Основные составляющие тяги камеры, место их приложения. Коэффициенты полезного действия РД (термический, тяговый, общий).

1.2.2 Характеристические параметры РД: удельный импульс тяги, характеристическая скорость, коэффициент тяги сопла, удельная масса.

1.2.3 Оценка потерь удельного импульса тяги РД. Расчёт тяги и удельного импульса тяги РД с использованием газодинамических функций.

1.3 Течение в соплах РД

1.3.1 Общие сведения об устройстве и оценке совершенства сопел. Режимы недорасширения и перерасширения. Тяга камеры при обрыве потока от стенок сопла. Анализ и оценка потерь в соплах. Методы профилирования сопел. Кольцевые сопла и их разновидности.

1.3.2 Течение двухфазных потоков в соплах РД. Расчёт потерь удельного импульса тяги при расчёте двухфазных потоков на ЭВМ. Методы оптимизации контура сопел при течении двухфазных потоков: постановка задачи, допущения, алгоритмы расчётов.

1.4 Характеристики РД. Высотная характеристика. Регулирование высотности сопла. Дроссельная характеристика РД.

## 2. **Топлива и процессы горения**

2.1 Основные сведения о жидких, твердых и гибридных ракетных топливах их физико-химических характеристиках. Энергетические характеристики топлив.

2.2 Термодинамический расчёт процессов в РД.

2.2.1 Основы расчётов термохимических свойств топлив. Задача расчёта сгорания и истечения газов, алгоритмы расчётов. Особенности термодинамических расчётов при наличии конденсированной фазы в продуктах сгорания.

2.2.2 Анализ результатов термодинамических расчётов. Влияние коэффициента избытка окислителя, давления в камере сгорания, степени расширения и других факторов на удельный импульс тяги.

2.3 Теоретические представления о процессах горения.

2.3.1 Турбулентное горение газовых смесей. Диффузионное горение. Горение капельно-газовых сред. Процессы воспламенения и погасания. Теория детонационного горения. Механизмы горения в ЖРД. Горение твёрдых ракетных топлив: баллистических и смесевых.

2.4 Основы теории теплообмена в РД.

2.4.1 Особенности конвективного теплообмена в камере сгорания и сопле. Методы расчёта конвективных тепловых потоков на основе решения уравнений пограничного слоя. Расчётные соотношения, получаемые по методу В.М.Иевлева. Расчёты конвективного теплообмена на основе теории подобия.

2.4.2 Лучистый теплообмен в условиях камеры сгорания и сопла РД. Расчёт лучистых тепловых потоков. Теплозащитные покрытия и механизмы их разрушения.

## 3. **Жидкостные РД**

3.1 Теоретические основы выбора схемы и параметров. Вытеснительные схемы и их особенности. Турбонасосные схемы без дожигания и с дожиганием, их особенности, области применения.

3.2 Процессы в камере сгорания и их моделирование

3.2.1 Основные требования к организации процессов смесеобразования в двигателях схем “Жидкость-жидкость”, “газ-жидкость”, “газ-газ”.

3.2.2 Теория и расчёт струйных и центробежных жидкостных форсунок. Особенности расчёта двухкомпонентных газожидкостных форсунок.

3.2.3 Особенности расчёта двухкомпонентных жидкостных центробежных форсунок. Спектр распыла форсунок.

3.2.4 Движение капель в потоке и их дробление. Прогрев и испарение капель. Теоретический метод расчёта рабочего процесса на начальном участке. Турбулентное перемешивание газов при их движении в камере сгорания.

3.2.5 Выбор и определение основных параметров камеры сгорания. Особенность процессов в газогенераторах (однокомпонентных и двухкомпонентных, окислительных и восстановительных).

3.3 Охлаждение и теплозащита в ЖРД

3.3.1 Особенности и схемы теплозащиты стенок камеры ЖРД. Охлаждающие свойства различных компонентов топлив. Физические основы и методы расчёта наружного и внутреннего охлаждения. Способы интенсификации наружного охлаждения. Особенности расчёты тепловых потоков в стенку при известном охлаждении. Специфика расчёта лучистого потока в камере ЖРД.

3.3.2 Расчёты радиационного охлаждения. Применение теплозащитных покрытий.

3.4 Неустойчивость рабочего процесса в ЖРД

3.4.1 Общие сведения о неустойчивости горения и классификация типов неустойчивости. Теория низкочастотных колебаний, методы их подавления.

3.4.2 Высокочастотные колебания: акустические свойства камеры сгорания, механизмы обратной связи. Методы оценки устойчивости рабочего процесса при испытаниях ЖРД. Подавление высокочастотных колебаний изменением характеристик смесеобразования и применение акустических демпферов.

3.5 Системы подачи топлива.

3.5.1 Типы систем подачи в ЖРД и области их применения. Расчёт и выбор оптимальной системы подачи в зависимости от назначения двигателя.

3.5.2 Принципиальные схемы турбонасосных агрегатов (ТНА). Расчёт основных параметров турбин и насосов ТНА. Совместная работа насосов с турбиной.

3.5.3 Факторы, определяющие экономичность систем ТНА. Потери в насосах, турбинах и магистралях. Основные пути повышения экономичности ТНА. Выбор оптимальных параметров ТНА.

3.6 Особенности и расчёт ЖРД с дожиганием

3.6.1 Расчётные схемы и основные уравнения. Определение потребных давлений на выходе из насосов. Располагаемая и потребная мощность. Уравнение энергетического баланса и совмещённая характеристика системы. Регулирование тяги ЖРД с дожиганием. Расчёт и выбор оптимальных параметров ЖРД.

3.7 Динамика и регулирование ЖРД

3.7.1 Требования к двигателю как объекту регулирования. Двигатель как исполнительный орган системы управления летальным аппаратом.

3.7.2 Взаимосвязь процессов в двигателе и динамические характеристики двигателя. Особенности процессов в элементах двигателя при запуске. Переходные процессы при выключении ЖРД.

3.8 Основные тенденции и перспективы развития ЖРД

3.8.1 Повышение удельного импульса путём увеличения давления в камере сгорания и степени расширения газов в сопле, а также применения более эффективных компонентов. Перспективы применения легких металлов в качестве горючих.

3.8.2 Повышение надёжности, ресурсы, многократности применения ЖРД, создание двигателей с глубоким регулированием тяги.

#### 4. **Твердотопливные РД (РДТТ)**

4.1 Особенности рабочего процесса в РДТТ.

4.1.1 Скорость горения ТРТ, как определяющий параметр внутрибаллистических расчётов. Основные сведения о законах горения баллистических и смесевых ТРТ. Зависимости скорости горения ТРТ от давления и начальной температуры. Понятие о стационарной и нестационарной скоростях горения ТРТ. Горение твердых ракетных топлив в условиях обдува горячей поверхности газовым потоком.

4.1.2 Общие законы изменения формы заряда в процессе горения. типы зарядов трт. Плотность заряжения камеры сгорания, основные ограничения плотности заряжения. Расчёт геометрических размеров основных типов зарядов ТРТ.

4.2 газодинамический расчет РДТТ.

4.2.1 дифференциальное уравнение движения продуктов сгорания ТРТ вдоль горячей поверхности заряда в общем случае неустановившееся течение и в случае квазистационарного режима точка расчет течения газов при различных формах заряда ТРТ.

4.2.2 процесс воспламенения заряда трт. Выбор типа и массы заряда в исполнительного устройства. Приблизённо расчёт изменения давления в камере при запуске двигателя. Система уравнений для определения изменения давления и температуры газа в камере РДТТ (0-мерная м одномерная постановки). изменение давления в камере после полного выгорания заряда ТРТ. влияние уноса массы в районе критического сечения сопла на рабочий процесс РДТТ.

#### 4.3 тепловой расчёт РДТТ

4.3.1 принципы расчета параметров тепловой защиты в камере сгорания сопловом блоке. Определение параметров тепловой защиты критического сечения соплового блока.

#### 4.4. Прочностной расчет РДТТ.

4.4.1 Причины отклонения параметров РДТТ от номинальной величины и их анализ. Способы просто баллистических параметров РДТТ. Определение разброса баллистических параметров РДТТ по результатам испытаний двигателей и методами математического моделирования на ЭВМ.

#### 4.5. Проектирование РДТТ.

4.5.1 системный подход к проектированию РДТТ. Определение основных проектных параметров двигателя. Выбор оптимальных значений давления в камере сгорания на срезе сопла.

#### 4.6. Регулирование тяги РДТТ по величине и направлению.

4.6.1 Способы регулирования тяги РДТТ по величине: предстартовая регулирование и регулирования в паллетных условиях. Виды устройств для изменения направления вектора тяги и их сравнительная оценка. Способы отсечки тяги. Пути создания РДТТ с многократным включением.

#### 4.7. Неустойчивость рабочего процесса в РДТТ.

4.7.1 низкочастотные колебания: влияние давления и геометрических размеров камера. Особенности высокочастотной неустойчивости в РДТТ влияние частиц конденсированной фазы продуктов сгорания на высокочастотные колебания.

4/8 особенности рабочего процесса в гибридных ракетных двигателях. Принципиальные схемы гибридных ракетных двигателей. Расчёт основных параметров рабочего процесса РД.

#### 4.9 Перспективы развития РДТТ.

4.9.1 Применение высокоэффективных компонентов ТРТ. разработка двигателя с регулированием тяги по величине.

### 5 Электрореактивные двигатели ЛА

#### 5.1 общая теория электрических ракетных двигателей.

5.1.1 Классификация и основные разновидности электрических ракетных двигателей (ЭРД). рабочие характеристики ЭРД. принципы ускорения рабочего вещества в электромагнитном поле. Параметрический анализ режимов ускорения. Предельные режимы ускорения.

5.1.2 Газокинетическое ускорение. Интегральные электромагнитные силы. Бездиссипативные и диссипативные режимы ускорения. Электромагнитное приближение.

#### 5.2. электрические ракетные двигатели с тепловым ускорением рабочего тела.

5.2.1 Физические основы ЭРДУ с тепловым ускорением рабочего тела. теплофизические и термодинамические свойства газов при высоких температурах. Проблемы преобразования электрической энергии в энергию теплового движения газа. Элементы физики газового разряда и газовой дуги.

5.2.2 элементы теории электрической дуги в условиях вынужденного теплообмена.

5.2.3 термодинамический расчет параметров низкотемпературной плазмы капрыз электрической дуги. Теплообмен потока высокотемпературного газа с окружающей средой. Оценка интегральных характеристик ЭРД.

5.3 электрические ракетные двигатели с электромагнитным ускорением рабочего тела.

5.3.1 физические основы ЭРДУ с электромагнитным ускорением рабочего тела. Электрофизические и теплофизические свойства плазмы. Взаимодействие плазмы с магнитным полем. Критерии силового воздействия. Конфигурация электромагнитных полей ускорителей различного типа. Линейный холловский ускоритель. Торцевой холловский ускоритель. Параметры потока в электромагнитном поле ускорителя. Оценка

интегральных характеристик ускорителя. Воздействие электромагнитных полей и потока плазмы на окружающую среду. Использование принципа электромагнитного ускорения в производственных технологиях.

5.4 Электрические ракетные двигатели с электростатическим ускорением рабочего тела.

5.4.1 общие сведения об электростатических РД. Физические основы ЭРДУ с электростатическим ускорением рабочего тела. динамика заряженной частицы в электростатическом поле. Ускоряющий тракт. Замедляющий тракт. Общие требования к ускоряющезамедляющим трактам и их устройство. Параметры потока в электростатическом поле ускорителя.

5.4.2 электростатическое поле заряженных частиц. Ограничения плотности потока. Геометрический параметр. Интегральные характеристики ускорителя. Принципы нейтрализации потока.

5.4.3. Оценка интегральных характеристик ускорителя. Общие требования к рабочему телу. Характеристики рабочих тел. Система подачи.

5.4.4. Источники ионов. Контактный источник с поверхностной ионизацией. Ионный источник осциллирующими электронами. Источник ионов магнетронного типа. использование принципа электростатического ускорения заряженных частиц в народнохозяйственных технологиях.

## **6. Ядерные ракетные двигатели.**

6. 1. Основные схемы и параметры ЯРД. Области применения. Основные показатели ЯРД с твердофазным реактором. Основные элементы и схемы, требования к ним. Характеристики рабочих тел. Методы преобразования энергии. Понятие о характеристиках рабочего процесса и основные показатели ЯРД с газовым реактором.

## **7. Энергоустановки**

7.1. Космоэнергетические установки.

7.1.1 точка общая характеристика проблемы получения энергии в космосе. Космоэнергоустановка (КЭУ). внешние энергетические ресурсы околоземного и космического пространства. Возможности и направления их использования. Особенности и способы использования энергии излучения.

7.1.2. Бортовые источники массы и энергии. Энерго преобразователи. Использование машинных преобразователей тепловой энергии в электрическую в составе КЭУ. Немашинные преобразователи. Общие особенности использования химической энергии в составе энергопреобразователей. Топливные элементы.

7.1.2 Термоэлектронные преобразователи. термоэмиссионные преобразователи. Фотоэлектрические преобразователи. Специфические особенности использования ядерной энергии. Радиоизотопные преобразователи. Преобразователи с реактором деления. Перспективные разработки в области КЭУ.

7.2. энергетические ядерные установки.

7.2.1 энергетические ядерные установки. Ядерное топливо. Ядерные реакторы на медленных и быстрых нейтронах, изотопные источники с различными способами конверсии энергии излучений, термоядерные установки. Основные технико-экономические характеристики ядерных установок (ЯЭУ) различных типов.

7.2.2 ядерные реакции. Деление ядер. Цепная реакция. Коэффициент размножения. Утечка нейтронов. Критическая масса. Управление ядерными реакциями.

7.2.3. Гомогенные и гетерогенные ядерные реакторы на медленных нейтронах. Регулирование цепного процесса в реакторах, роль запаздывающих нейтронов.

7.2.4. энергетический ядерные реакторы на быстрых нейтронах. Устройство и особенности.

7.2.5 Топливный цикл. Термоядерные энергетические установки.

7.2.6. Различные типы изотопных энергетических установок. Особенности характеристик. Физико-химические процессы, протекающие в ядерных энергетических установках различных типов. Радиационностимулированная коррозия материалов и конструкций. Проблемы обеспечения безопасности работ, экологической безопасности и уничтожение утилизации отходов. Защита персонала от ионизирующего излучения.

7.2.7. Состояние и перспективы развития ядерной космоэнергетики.

7.3. Энергетические установки с газотурбинными и газопоршневыми преобразователями.

7.3.1. Современная схема газотурбинных и газопоршневых энергопреобразователей. Балансовые энергетические расчёты.

7.3.2. Потери в преобразователях, структура потерь, методики оценок потерь, эксергетический КПД.

7.3.3. Газодинамические расчёты сопловых аппаратов, рабочего венца и газоотборных устройств турбин. Выбор и обоснование параметров рабочего процесса.

7.3.4 термодинамические циклы преобразователи. Оптимизация циклов.

7.3.5 газораспределительное устройство поршневых преобразователей. Рабочие циклы.

7.3.6 конструкция базовых узлов преобразователей. Оценка оптимальности конструктивных решений. Прочность. Испытательные стенды и установки.

## Рекомендуемая литература

### Основная литература:

1 Абраменко, Геннадий Викторович. Применение системного анализа при исследовании сложных технических систем [Текст] / Г. В. Абраменко, Д. В. Васильков, А. И. Григорьев ; ред. И. Н. Торгун ; Центр. науч.-исслед. ин-т химии и механики. - М. : Изд-во ГНЦ ФГУП "ЦНИИХМ", 2010. - 255 с. : граф., схемы, табл., фото. - Библиогр.: с. 246-250. - Список сокращ.: с. 251. - ISBN 978-5-904586-02-7

2 Александров, Антон Аскольдович. Моделирование систем [Текст] : лабораторный практикум [для вузов] / А. А. Александров, В. Ю. Емельянов, А. Г. Юрескул ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2013. - 79 с. : граф., обр., схемы, табл. - Библиогр.: с. 69. - Прил.: с. 70-78. - ISBN 978-5-85546-739-0 (150 экз.)

Александров, Антон Аскольдович. Моделирование систем [Электронный ресурс] : лабораторный практикум [для вузов] / А. А. Александров, В. Ю. Емельянов, А. Г. Юрескул ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2013. - 1 эл. жестк. диск : граф., обр., схемы, табл. - (ЭБС ВОЕНМЕХ). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr01910.pdf. - Библиогр.: с. 69. - Прил.: с. 70-78. - ISBN 978-5-85546-739-0

3 Алемасов, Вячеслав Евгеньевич. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках [Текст] : Учебное пособие для вузов / В. Е. Алемасов, А. Ф. Дергалин, А. С. Черенков ; Федер. целевая программа Гос. поддержка интеграции высш. образ. и фундамент. науки. - М. : Химия, 2000. - 520 с. : ил. - Библиогр.: с. 515 - 517. - Предметный указ. : с. 517 - 520. - ISBN 5-7245-1167-3 (47 экз.)

4 Ассовский, Игорь Георгиевич. Физика горения и внутренняя баллистика [Текст] : учебное пособие для вузов / И. Г. Ассовский ; Рос. акад. наук, Ин-т химич. физики. - М. : Наука, 2005. - 358 с. : ил., граф. - Об авторе: на обл. - Библиогр. в конце глав. - Указатель обознач.: с. 17-19. - Приложение: с. 348-349. - Выводы в конце глав. - Анн., огл. парал. рус., англ. - Дополнит. титульн. лист на англ. яз. - ISBN 5-02-006395-9 (11 экз.)

5 Аттетков, Александр Владимирович. Методы оптимизации [Текст] : учебное пособие [для вузов] / А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. - М. : Инфра-М :

РИОР, 2013. - 269 с. : граф., табл. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 260-265. - Указ. обознач.: с. 7-8. - Вопросы в конце глав. - Предмет. указ.: с. 266-269. - ISBN 978-5-369-01037-5 (10 экз);

6 Параметры продуктов сгорания в камере и на срезе сопла ракетного двигателя [Текст] : методические указания к лабораторной работе / БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова ; сост. В. А. Бабук. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - СПб. : [б. и.], 2007. - 18 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 17 (139 экз)

7 Бабук, Валерий Александрович. Измерение температуры с помощью термопар [Электронный ресурс] : методическое руководство по курсу "Физические основы получения информации" / В. А. Бабук ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2007. - 1 эл. жестк. диск : цв. : граф., схемы. - (ЭБС ВОЕНМЕХ). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr00793.pdf.

8 Белов, Сергей Викторович. Ноксология [Электронный ресурс] : учебник и практикум для вузов / С. В. Белов, Е. Н. Симакова ; ред. С. В. Белов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Юрайт, 2020. - 451 с. - (ЭБС Юрайт) (Высшее образование). - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://www.ura.it.ru/bcode/449888> (дата обращения: 16.09.2020)

9 Гельфанд, Борис Ефимович. Взрывобезопасность [Текст] : учебник [для вузов] / Б. Е. Гельфанд, М. В. Сильников ; ред. В. С. Артамонов ; Мин-во РФ по чрезвычайным ситуациям, СПб ун-т ГПС МЧС России. - СПб. : Астерион, 2006. - 389 с. : граф., схемы, табл., фото. - (Вузовский учебник). - Об авторах: с. 389, послед. с. облож. - Библиогр.: с. 381-382. - Приложения: с. 335-382. - ISBN 5-94856-203-4 (4 экз.)

10 Моделирование систем [Текст] : учебник для вузов / С. И. Дворецкий [и др.]. - М. : Академия, 2009. - 316 с. : граф., схемы, табл. - (Высшее профессиональное образование. Машиностроение). - Авторы указ. на обороте тит. листа. - Библиогр.: с. 313-314. - Библиогр. в подстроч. прим. - Контр. вопросы: в конце глав. - ISBN 978-5-7695-4737-9 (8 экз.)

11 Теория и расчёт энергосиловых установок космических летательных аппаратов [Текст] : учебное пособие для вузов / Л. А. Квасников [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МАИ, 2001. - 479 с. : граф., ил, табл. - Авторы указаны на обороте титульного листа. - Библиогр.: с. 474 - 475. - ISBN 5-7035-2489-X (19 экз.)

12 Добровольский, Мстислав Владимирович. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования [Текст] : учебник для вузов / М. В. Добровольский ; ред. Д. А. Ягодников. - 3-е изд., доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. - 460 с. : граф., схемы, табл., фот. - (Техническая физика и энергомашиностроение). - Об авторе: послед. с. обл. - Библиогр.: с. 447-449. - Предмет. указ.: с. 450-454. - Прил.: с. 455-458. - ISBN 978-5-7038-4145-7 (100 экз.)

13 Добровольский, Мстислав Владимирович. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования [Электронный ресурс] : учебник для вузов / М. В. Добровольский ; ред. Д. А. Ягодников. - 3-е изд., доп. - Электрон. текстовые дан. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. - 1 с. - (ЭБС Айбукс). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/363907/reading> (дата обращения: 09.12.2020). - Текст: электронный

14 Коробкин, Владимир Иванович. Экология [Текст] : учебник для вузов / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. - Изд. 9-е, доп. и перераб. - Ростов н/Д : Феникс, 2005. - 571 с. : граф., схем., табл., планы. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 569-571. - Контр.

вопросы: в конце глав. - Осн. понятия и опред.: с. 559-562. - Предмет. указ.: с. 563-568. - ISBN 5-222-06264-3 (99 экз.)

15 Мелик-Гайказян, Ирина Вигеновна. Методология моделирования нелинейной динамики сложных систем [Текст] : монография / И. В. Мелик-Гайказян, М. В. Мелик-Гайказян, В. Ф. Тарасенко. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 272 с. : ил, граф. - Библиогр. в подстрочн. прим. - ISBN 5-9221-0087-4 (2 экз.)

16 Внутренняя баллистика РДТТ [Текст] : [справочник] / А. В. Алиев [и др.] ; ред.: А. М. Липанов, Ю. М. Милёхин ; Рос. акад. ракет. и артиллер. наук. - М. : Машиностроение, 2007. - 501 с. : граф., схемы, табл. - (Справочная библиотека разработчика-исследователя) (Вооружение и военная техника ; [Т.] 4). - Авторы указ. на обороте тит. листа. - Библиогр.: с. 485-493. - Дополнит. титульн. лист на англ. яз. - Список осн. сокращ. и обознач.: с. 494-495. - ISBN 978-5-217-03397-3 (4 экз.)

17 Морозов, Алексей Иванович. Введение в плазмодинамику [Текст] / А. И. Морозов. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 571 с. : граф., схемы, табл. - Об авторе: послед. с. облож. - Библиогр.: с. 562-571. - Приложения: с. 555-561. - ISBN 5-9221-0681-3 (2 экз.)

18 Норенков, Игорь Петрович. Основы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] : учебник для вузов / И. П. Норенков. - 4-е изд., перераб. и доп. - Электрон. текстовые дан. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - 430 с. : цв. - (ЭБС Айбукс). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/364105/reading> (дата обращения: 08.12.2020). - Текст: электронный.

19 Пинчук, Владимир Афанасьевич. Электрофизические отображения процессов в камерах тепловых энергопреобразователей [Электронный ресурс] / В. А. Пинчук ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2008. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы. - (ЭБС ВОЕНМЕХ). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr01258.pdf. - Библиогр. в конце разд. - Принятые обознач.: с. 5. - Приложение: с. 87-121. - ISBN 978-5-85546-410-8

20 Рогов, Николай Григорьевич. Смесевые ракетные твёрдые топлива. Компоненты. Требования. Свойства [Текст] : учебное пособие для вузов / Н. Г. Рогов, М. А. Ищенко ; СПб гос. технологич. ин-т (Технич. ун-т). Каф. химии и технологии высокомолекулярных соединений. - СПб. : СПбГТИ (ТУ), 2005. - 196 с. : ил., табл. - Об авторах: в конце кн. - Библиогр.: с. 193. - ISBN 5-98408-037-0 (35 экз.)

21 Рогов, Николай Григорьевич. Физико-химические свойства порохов и твёрдых ракетных топлив [Текст] : учебное пособие для вузов / Н. Г. Рогов, Ю. А. Груздев ; СПб гос. технологич. ин-т (Технич. ун-т). Каф. химии и технологии высокомолекулярных соединений. - СПб. : СПбГТИ (ТУ), 2005. - 200 с. : ил., табл. - Об авторах: в конце кн. - Библиогр.: с. 197. - ISBN 5-98408-036-2 (35 экз.)

22 Русак, Олег Николаевич. Безопасность жизнедеятельности [Текст] : учебное пособие для вузов / О. Н. Русак, К. Р. Малаян, Н. Г. Занько. - Изд. 11, стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань : Омега-Л, 2007. - 448 с. : табл. - Библиогр.: с. 439-445. - ISBN 5-370-00175-8. - ISBN 5-370-00175-8. - ISBN 978-5-370-00175-8 (600 экз.)

23 Разработка РДТТ с оптимальными параметрами [Текст] : методические указания к курсовому проектированию [для вузов] / БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова ; сост. А. Я. Соляр. - СПб. : [б. и.], 2013. - 15 с. : схемы, табл. - Библиогр.: с. 14. (44 экз.)

24 Экология [Текст] : учебник для вузов / В. Н. Большаков [и др.] ; ред. Г. В. Тягунов, ред. Ю. Г. Ярошенко. - Изд. 2-е., перераб. и доп. - М. : Логос, 2005. - 504 с. : ил., табл. - (Новая университетская библиотека). - Авторы указаны на обороте титул. листа. - Библиогр.: с. 484-494. - В конце глав контрольные вопросы. - Терминологический словарь: с. 495-503. - ISBN 5-94010-364-2 (3 экз.)

25 Фадин, Игорь Михайлович. Экология космоса [Текст] : учебное пособие [для вузов] / И. М. Фадин, Б. И. Полетаев, В. Н. Сидоров ; ред. И. М. Фадин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2005. - 279 с. : граф., схем., табл., фото. - Библиогр.: с. 275-276. - ISBN 5-85546-173-4 (100 экз.)

Фадин, Игорь Михайлович. Экология космоса [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] / И. М. Фадин, Б. И. Полетаев, В. Н. Сидоров ; ред. И. М. Фадин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2005. - 1 эл. жестк. диск : граф., схем., табл., фото. - (ЭБС ВОЕНМЕХ). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr00329.pdf. - Библиогр.: с. 275-276. - ISBN 5-85546-173-4

### Дополнительная литература:

1 Зверев, Игорь Николаевич. Газодинамика горения [Текст] / И. Н. Зверев, Н. Н. Смирнов. - М. : Изд-во МГУ, 1987. - 307 с. : граф., рис., табл. - Библиогр.: с. 298-307

2 Алемасов, Вячеслав Евгеньевич. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках [Текст] : Учебное пособие для вузов / В. Е. Алемасов, А. Ф. Дергалин, А. С. Черенков ; Федер. целевая программа Гос. поддержка интеграции высш. образ. и фундамент. науки. - М. : Химия, 2000. - 520 с. : ил. - Библиогр.: с. 515 - 517. - Предметный указ. : с. 517 - 520. - ISBN 5-7245-1167-3 (47 экз.)

3 Блох, Аркадий Григорьевич. Теплообмен излучением [Текст] : справочник / А. Г. Блох, Ю. А. Журавлёв, Л. Н. Рыжков. - М. : Энергоатомиздат, 1991. - 431 с. : граф., табл. - Библиогр.: с. 422 - 427. - Основные обозначен. : с. 6 - 8. - Приложения : с. 331 - 421. - ISBN 5-283-00118-0

4 Линевер, Фритц. Измерение температур в технике [Текст] : справочник : пер. с нем. / Ф. Линевер, Г. Бройниг [и др.] ; ред. Ф. Линевер. - М. : Metallurgia, 1980. - 543 с. : граф., рис., табл., фото. - Библиогр. в конце глав. - Дополнит. титульн. лист на нем. яз. - Приложение: с. 520-528. - Предметный указ.: с. 529-533 (3 экз.)

5 Линевер, Фритц. Измерение температур в технике [Электронный ресурс] : справочник : пер. с нем. / Ф. Линевер, Г. Бройниг [и др.] ; ред. Ф. Линевер. - Электрон. текстовые дан. - М. : Metallurgia, 1980. - 1 эл. жестк. диск : граф., рис., табл., фото. - (ЭБС ВОЕНМЕХ). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr01054.djvu. - Библиогр. в конце глав. - Дополнит. титульн. лист на нем. яз. - Приложение: с. 520-528. - Предметный указ.: с. 529-533

6 Бахман, Николай Николаевич. Горение гетерогенных конденсированных систем [Текст] / Н. Н. Бахман, А. Ф. Беляев ; Акад. наук СССР, Ин-т химич. физики. - М. : Наука, 1967. - 226 с. : граф., рис., табл., фото. - Библиогр.: с. 210-221. - Предметный указ.: с. 222-223

7 Мальцев, Владимир Михайлович. Основные характеристики горения [Текст] / В. М. Мальцев, М. И. Мальцев, Л. Я. Кашпоров. - М. : Химия, 1977. - 320 с. : граф., рис., табл., фото. - Библиогр. в конце глав

8 Ивахненко, Алексей Григорьевич. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным [Текст] / А. Г. Ивахненко, Ю. П. Юрачковский. - М. : Радио и связь, 1987. - 119 с. : граф., рис., табл. - (Кибернетика). - Библиогр.: с. 117-118. - Библиогр. в подстроч. прим.

9 Пинчук, Антон Владимирович. Шаровая молния: физические основы, концепция представлений [Электронный ресурс] / А. В. Пинчук, В. А. Пинчук ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2011. - 1 эл. жестк. диск :

граф., схемы, табл. - (ЭБС ВОЕНМЕХ). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr01642.pdf. - Библиогр.: с. 69-70, 96. - Дополнит. титульн. лист, оборот титульн. листа на англ. яз. - Принят. обознач.: с. 9. - Приложение: с. 71-95. - ISBN 978-5-85546-591-4

Пинчук, Антон Владимирович. Шаровая молния: физические основы, концепция представлений [Текст] / А. В. Пинчук, В. А. Пинчук ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - АВТ. РЕД. - СПб. : [б. и.], 2011. - 98 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 69-70, 96. - Дополнит. титульн. лист, оборот титульн. листа на англ. яз. - Принят. обознач.: с. 9. - Прил.: с. 71-95. - ISBN 978-5-85546-591-4 (6 экз.)

10 Абрамович, Генрих Наумович. Прикладная газовая динамика [Текст] : в 2 ч. : Учебн. руководство для ВТУЗов / Г. Н. Абрамович. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. - ISBN 5-02-014961-6. Ч. 1. - 600 с. : граф., портр, рис., табл. - Библиогр.: с. 590 - 592. - Приложения : с. 566 - 589. - Резюме на англ. яз. - Именной указ. : с. 593 - 594. - Предметный указ. : с. 594 - 597. - ISBN 5-02-014015-5 (2 экз.)

11 Абрамович, Генрих Наумович. Прикладная газовая динамика [Текст] : в 2 ч. : Учебн. руководство для ВТУЗов / Г. Н. Абрамович. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. - ISBN 5-02-014961-6. Ч. 2. - 304 с. : граф., фото, рис., табл. - Библиогр.: с. 294 - 296. - Резюме на англ. яз. - Именной указ. : с. 297 - 298. - Предметный указ. : с. 298 - 301. - ISBN 5-02-014962-4 (2 экз.)

#### **Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:**

- фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова <http://library.voenmeh.ru>
- Сайт Бюро Наилучших доступных технологий (НДТ) <http://www.burondt.ru/index/its-ndt.html>
- Электронно-библиотечная система ЛАНЬ <https://e.lanbook.com/>;
- Электронно-библиотечная система Юрайт <https://www.biblio-online.ru/>;
- Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>.