

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СХЕМЫ И КОМПОНОВКИ ВРД

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
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	
4	7	4	144	85	51	0	34	59	0	18	41	ЭКЗ.

*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: 2025

Программу составил:

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

Юнаков Леонид Павлович, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

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

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СХЕМЫ И КОМПОНОВКИ ВРД**

### **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:

ПСК-1.1 — Способен разрабатывать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей и стендового оборудования

ПСК-1.8 — Способен разрабатывать эскизный (технический) проект (аванпроект) по созданию (модернизации) воздушно-реактивных двигателей и их составных элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-1.1**

*знания:*

конструкторской документации на детали и узлы двигателей и стендового оборудования;

*умения:*

разрабатывать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей и стендового оборудования;

*навыки:*

разработки конструкторской документации на детали и узлы двигателей и стендового оборудования.

### **ПСК-1.8**

*знания:*

эскизного (технического) проектирования по созданию и модернизации ВРД и их составных элементов;

*умения:*

разрабатывать эскизный (технический) проект по созданию и модернизации ВРД и их составных элементов;

*навыки:*

разработки эскизного (технического) проекта по созданию и модернизации ВРД и их составных элементов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СХЕМЫ И КОМПОНОВКИ ВРД** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ВРД**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПСК-1.7 — Способен производить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующих двигателей летательных аппаратов и их элементов

### 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	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.8
4	7	Раздел 1. Принцип работы и схемы ТРД, ТРДФ, ТРДД, ТРДДФ, ТВД. Одновальный одноконтурный ТРД без форсажной камеры. Многовальные двухконтурные ТРД с форсажной камерой. Турбо-винтовые двигатели.	12	6	4	2	6	10	10
4	7	Раздел 2. Конструктивно-силовая схема ГТД. Силовые системы ГТД. Силовые схемы роторов по радиальным связям. Двухпорные, трехпорные, четырехпорные силовые схемы роторов. Силовые схемы по окружным связям. Силовая схема статора. Схема с внутренней одинарной связью. Схема с внешней одинарной связью. Силовая схема с двойной разомкнутой связью. Силовая схема с двойной замкнутой связью.	22	12	8	4	10	20	20
4	7	Раздел 3. Компрессоры. Классификация компрессоров. Требования, предъявляемые к компрессорам. Осевые компрессоры (ОК). Конструктивные компоновки ОК. Схемы конструктивных решений для повышения запасов устойчивости ОК. Роторы ОК. Требования, предъявляемые к роторам. Типы и схемы роторов. Схемы и конструкции роторов барабанного, дискового, диско-барабанных роторов. Лопатки компрессора. Требования к лопаткам ОК. Основные элементы лопатки. Соединение лопаток с диском. Соединение лопаток с диском типа ласточкин хвост, елочный замок, проушина (штифтовый замок). Blisk –технология. Направляющие аппараты. Типы и схемы НА. Способы закрепления лопаток в НА. Опоры роторов компрессоров. Уплотнения компрессоров.	30	19	11	8	11	20	20
4	7	Раздел 4. Турбины. Классификация турбин. Требования, предъявляемые к турбинам. Принцип и схема работы ступени газовой турбины. Конструктивные схемы и типы турбин. Конструктивные компоновки турбин. Лопатки рабочие: Требования, конструкция, соединение с диском. Конструктивные схемы крепления лопаток в сопловых аппаратах. Схемы соединения дисков и валов. Опоры роторов турбин. Схемы охлаждения лопаток турбин.Уплотнения турбин.	28	18	10	8	10	20	20
4	7	Раздел 5. Корпус и опоры. Типы и схемы корпусов. Фланцевые соединения. Опоры ротора, подшипники, уплотнения опор роторов, Соединительные муфты.	24	14	8	6	10	10	10
4	7	Раздел 6. Камеры сгорания. Требования, принцип работы и основные конструктивные элементы КС. Основные схемы и компоновка КС. Конструктивные схемы корпусов КС. Схемы и компоновка форсажных камер сгорания.	16	10	6	4	6	10	10
4	7	Раздел 7. Сопла и выходные устройства ГТД. Схемы и конструкции сопел и ВУ. Регулируемые ВУ ГТД. Схема устройства реверса тяги. Сопла для самолетов вертикального взлета и посадки.	12	6	4	2	6	10	10
Всего за 7 семестр			144	85	51	34	59	100	100
Всего по дисциплине			144	85	51	34	59	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Принцип работы и схемы ТРД, ТРДФ, ТРДД, ТРДДФ, ТВД.	Сравнительный анализ основных зависимостей рабочего процесса ТРД и ТРДДФ	2
2	Раздел 2. Конструктивно-силовая схема ГТД.	Сравнительный анализ различных силовых схем ГТД	4
3	Раздел 3. Компрессоры.	Сравнительный анализ формы и профилей лопаток компрессоров	4
4		Сравнительный анализ конструкций роторов различных типов	4
5	Раздел 4. Турбины.	Сравнительный анализ формы и профилей рабочих лопаток турбин	4
6		Сравнительный анализ конструктивно-компоновочных схем турбин различных типов. Графическое изображение схемы монтажных и рабочих зазоров.	4
7	Раздел 5. Корпус и опоры.	Сравнительный анализ различных типов уплотнений. Графическое изображение схемы зазоров динамических	6

		уплотнений.	
8	Раздел 6. Камеры сгорания.	Сравнительный анализ рабочего процесса в камерах сгорания различных типов	4
9	Раздел 7. Сопла и выходные устройства ГТД.	Сравнительный анализ течения в соплах различных схем	2
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>34</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Принцип работы и схемы ТРД, ТРДФ, ТРДД, ТРДДФ, ТВД.	Проработка теоретического материала	6
2	Раздел 2. Конструктивно-силовая схема ГТД.	Проработка теоретического материала	10
3	Раздел 3. Компрессоры.	Проработка теоретического материала	11
4	Раздел 4. Турбины.	Оформление отчета по практическому занятию.	6
5		Проработка теоретического материала	4
6	Раздел 5. Корпус и опоры.	Оформление отчета по практическому занятию.	6
7		Проработка теоретического материала	4
8	Раздел 6. Камеры сгорания.	Проработка теоретического материала	6
9	Раздел 7. Сопла и выходные устройства ГТД.	Проработка теоретического материала	6
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>59</b>

### 3.4. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Определение г/д схемы. Проведение термодинамического расчета проточной части ГТД	1 - 5	6
Этап 2. Расчет и проектирование компрессора и турбины	6 - 12	6
Этап 3. Выбор силовой схемы ГТД, разработка компоновочной схемы	13 - 17	6
<b>Всего за 7 семестр</b>		<b>18</b>

## 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					ВПЗ	ДР			ВПЗ	ДР					ВПЗ, КР	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- КР – курсовая работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- отчет по практическому заданию;
- курсовая работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 1 Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
2. А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
3. В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Москва: Машиностроение, 2020, эл. рес.
4. Л. П. Юнаков. . Термодинамический расчёт ТРД и ТРДФ. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 30 экз.
5. Л. П. Юнаков, А. И. Мустейкис, А. А. Левихин. . Термодинамический расчёт ТРДД и ТРДДФ. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 44 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. <http://www.biblio-online.ru/> — Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — 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](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.

### **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 **СХЕМЫ И КОМПОНОВКИ ВРД** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.1 Способен разрабатывать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей и стендового оборудования;

ПСК-1.8 Способен разрабатывать эскизный (технический) проект (аванпроект) по созданию (модернизации) воздушно-реактивных двигателей и их составных элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением различных типов газодинамических и конструктивно-силовых схем воздушно-реактивных двигателей (ВРД), особенностям конструкции и функционирования основных элементов ВРД.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- отчет по практическому заданию;
- курсовая работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**59 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 85 ч. аудиторных занятий, и 59 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. Принцип работы и схемы ТРД, ТРДФ, ТРДД, ТРДДФ, ТВД.			
Проработка теоретического материала	Л. П. Юнаков, А. И. Мустейкис, А. А. Левихин. . Термодинамический расчёт ТРДД и ТРДДФ: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1) В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Москва: Машиностроение, 2020 (1) Л. П. Юнаков. . Термодинамический расчёт ТРД и ТРДФ: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1) А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 1 Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)	6	
	Итого по разделу 1		6
	Раздел 2. Конструктивно-силовая схема ГТД.		
	Проработка теоретического материала	А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 1 Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)	10
Итого по разделу 2		10	
Раздел 3. Компрессоры.			
Проработка теоретического материала	А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (5)	11	
Итого по разделу 3		11	
Раздел 4. Турбины.			
Оформление отчета по практическому занятию.	А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (8)	6	
Проработка теоретического материала		4	
Итого по разделу 4		10	
Раздел 5. Корпус и опоры.			
Оформление отчета по	А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок.	6	

практическому занятию.	Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (5-9)	
Проработка теоретического материала		4
Итого по разделу 5		10
<b>Раздел 6. Камеры сгорания.</b>		
Проработка теоретического материала	А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (6)	6
Итого по разделу 6		6
<b>Раздел 7. Сопла и выходные устройства ГТД.</b>		
Проработка теоретического материала	А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (9)	6
Итого по разделу 7		6

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к экзамену;
- курсовая работа;
- отчет по практическому заданию;
- экзамен.

### 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/задания по темам ПЗ

Проводится в форме опроса на практическом занятии. Для успешной сдачи необходим один правильный ответ с места.

Перечень вопросов по темам практических занятий входит в состав УМК дисциплины.

#### Вопросы к экзамену

Перечень вопросов к экзамену входит в состав УМК дисциплины.

#### Курсовая работа

Курсовая работа представляется в печатном виде в формате, соответствующим «Положению по содержанию, оформлению, организации выполнения и защиты курсовых проектов и курсовых работ БГТУ.

Защита курсовой работы проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы членов комиссии. В ходе защиты КР обучающиеся должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы.

В случае, если оформление КР и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает оценку:

- оценка «отлично» выставляется, при правильном выполнении КР, правильных ответов студента на вопросы преподавателя от 90 до 100%;
- оценка «хорошо» выставляется, при незначительных ошибках в содержании КР, правильных ответов студента на вопросы преподавателя от 75 до 90%;
- оценка «удовлетворительно» выставляется, при незначительных ошибках в содержании КР, правильных ответов студента на вопросы преподавателя от 50 до 75%.
- оценка «не защитил» выставляется, при значительных ошибках в содержании КР, при допущении принципиальных ошибок в ответах на вопросы преподавателя - правильных ответов менее 50%.

Варианты тем курсовых работ представлены в УМК дисциплины.

#### Отчет по практическому заданию

Отчет по практическому заданию представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практическому занятию.

Прием отчета проходит в форме доклада студента и ответов на вопросы преподавателя.

Критерии оценивания: отчет считается принятым при получении не менее двух правильных ответов.

Перечень вопросов входит в состав УМК дисциплины.

Отчет подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимого графического материала;
- отсутствия правильных результатов проведенного анализа;
- низкое качество графического материала.

Варианты заданий представлены в УМК дисциплины.

### **Экзамен**

К сдаче экзамена допускаются обучающиеся при условии выполнения и защиты всех практических заданий, предусмотренных программой дисциплины.

Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо пройти тестирование с результатами не менее 60% правильных ответов.

Для получения оценок «хорошо» и «отлично» студенту предлагается экзамен в форме ответов по билету. В экзаменационном билете два теоретических вопроса. Оценивается полнота и правильность ответа по билету.

Оценка «хорошо»: полнота ответа на вопросы билета: не менее 80% по каждому вопросу.

Оценка «отлично»: полнота ответа на вопросы билета: не менее 80% по каждому вопросу, ответы на 2-3 дополнительных вопроса из списка со степенью полноты ответа не менее 50% по каждому.

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		ПСК-1.1	ПСК-1.8	
4	7	Раздел 1. Принцип работы и схемы ТРД, ТРДФ, ТРДД, ТРДДФ, ТВД.	12	6	4	2	6	10	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 2. Конструктивно-силовая схема ГТД.	22	12	8	4	10	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 3. Компрессоры.	30	19	11	8	11	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Курсовая работа, Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 4. Турбины.	28	18	10	8	10	20	20	Отчет по практическому заданию, Курсовая работа, Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 5. Корпус и опоры.	24	14	8	6	10	10	10	Отчет по практическому заданию, Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 6. Камеры сгорания.	16	10	6	4	6	10	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Курсовая работа, Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 7. Сопла и выходные устройства ГТД.	12	6	4	2	6	10	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Курсовая работа, Вопросы к экзамену
Всего за 7 семестр			144	85	51	34	59	100	100	
Всего по дисциплине			144	85	51	34	59	100	100	



## Оценочные материалы по дисциплине СХЕМЫ И КОМПОНОВКИ ВРД

### **ПСК-1.1 - Способен разрабатывать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей и стендового оборудования**

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Основным признаком, определяющим схему силового корпуса ГТД, является:
- 1) способ соединения корпуса компрессора с корпусом турбины
  - 2) способ соединения корпуса камеры сгорания с корпусом компрессора
  - 3) способ соединения корпуса камеры сгорания с корпусом турбины
- № 2 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность расположения элементов ТРДДФ:
- 1) компрессор
  - 2) вентилятор
  - 3) турбина
  - 4) основная камера сгорания
  - 5) форсажная камера сгорания
  - 6) смеситель
  - 7) сопло
- № 3 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность расположения элементов двухроторного ТРД:
- 1) компрессор высокого давления
  - 2) компрессор низкого давления
  - 3) турбина низкого давления
  - 4) основная камера сгорания
  - 5) турбина высокого давления
  - 6) сопло
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие позиции по составу силовой системы ротора и корпуса
1. Силовая система ротора
  2. Силовая система корпуса
- А. корпуса компрессора, камеры сгорания, турбины, редуктора, подшипников, а в случае ТРДД с камерой смешения и общим реактивным соплом — корпус внешнего контура
- Б. силовые детали роторов компрессора и турбины, узлы их соединения, приводы агрегатов, а в случае ТВД — и вращающиеся детали редуктора
- В. силовые детали корпусов и роторов компрессора и турбины, узлы приводов
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Двойная разомкнутая связь между корпусами турбины и компрессора характеризуется:

- 1) соединение корпусов компрессора и турбины осуществляется внешней связью с помощью корпуса камеры сгорания,
  - 2) есть внутренняя связь между корпусами подшипника турбины и компрессора
  - 3) нагрузки от ротора турбины не действуют на внешнюю связь
  - 4) силовые элементы пересекают поток газов перед турбиной
- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Перечислите основные типы конструктивно-компоновочных схем ГТД
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Двойная замкнутая связь между корпусами турбины и компрессора характеризуется:
- 1) Корпусы компрессора и турбины соединены между собой двойной внешней и внутренней связями.
  - 2) Внешний и внутренний контуры связаны между собой посредством радиальных силовых связей в двух сечениях: за компрессором и перед турбиной.
  - 3) Замкнутая схема позволяет получить большую жесткость при сравнительно малой массе корпусов.
  - 4) детали, входящие во внешние и внутренние связи, имеют одинаковые температуры
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Недостатком силового корпуса с одинарной внутренней связью является:
- 1) сравнительно большая масса
  - 2) сравнительно большие габариты
  - 3) отсутствие элементов, пересекающих высокотемпературный поток
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Одинарная внешняя связь между корпусами турбины и компрессора осуществляется с помощью:
- 1) наружного корпуса камеры сгорания
  - 2) внутреннего корпуса камеры сгорания
  - 3) наружного и внутреннего корпусов камеры сгорания
- № 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что такое силовая схема ГТД
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Одинарная внешняя связь между корпусами турбины и компрессора характеризуется:
- 1) осуществляется с помощью наружного корпуса камеры сгорания
  - 2) корпус благодаря своему большому диаметру может быть изготовлен из листовой стали с малой толщиной стенок
  - 3) наличие силовых элементов, передающих усилие от опоры ротора турбины к внешнему контуру
  - 4) силовые элементы должны не пересекать поток горячих газов
- № 12 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие типов ТРД и применяемых на них конструкций и схем
1. Вспомогательные силовые установки

2. Турбореактивные двигатели с малой и средней тягой

3. Турбореактивные двигатели с большой тягой

А. осевые компрессоры, прямоточные кольцевые и трубчато - кольцевые камеры сгорания, осевые турбины, сложные системы смазки, запуска и топливопитания.

Б. центробежные и осевые компрессоры, прямоточные и обратноточные кольцевые камеры сгорания, осевые и радиальные центростремительные турбины, упрощенные системы смазки, запуска и топливопитания.

В. центробежные и диагональные компрессоры, прямоточные и обратноточные кольцевые камеры сгорания, осевые и радиальные центростремительные турбины, упрощенные системы смазки, запуска и топливопитания.

Г. осевые компрессоры, обратноточные трубчатые камеры сгорания, радиальные центростремительные турбины, сложные системы смазки, запуска и топливопитания.

**ПСК-1.8 - Способен разрабатывать эскизный (технический) проект (аванпроект) по созданию (модернизации) воздушно-реактивных двигателей и их составных элементов**

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

Конструктивно-компоновочная схема ТРДДФ с малой степенью двухконтурности, устанавливаемого на сверхзвуковом самолете

1) воздух после вентилятора поступает в наружный и внутренний контуры.

2) КНД и КВД приводятся во вращение своими одноступенчатыми турбинами.

3) форсажная камера расположена за камерой смешения

4) на двигателе установлено регулируемое реактивное сопло.

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между типами ГТД и их описанием

1. Турбовинтовые двигатели

2. Турбореактивные двигатели

3. Двухконтурные турбореактивные двигатели

А. тепловые машины, в которых большая часть полезной тепловой энергии преобразуется в кинетическую энергию потока истекающего из сопла

Б. тепловые машины, в которых большая часть полезной тепловой энергии преобразуется в турбине в механическую работу и отводится на привод самолетного винта.

В. тепловые машины, в которых часть полезной тепловой энергии преобразуется в турбине в механическую работу и отводится на привод вентилятора и преобразуется в кинетическую энергию истекающего из сопла потока

Г. тепловые машины, в которых полезная часть тепловой энергии преобразуется в турбине в механическую работу и отводится на привод генератора электрического тока

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность расположения элементов трехроторного ТРДД:

1) вентилятор

2) компрессор высокого давления

3) турбина низкого давления

4) основная камера сгорания

- 5) турбина высокого давления
  - 6) сопло
  - 7) турбина среднего давления
  - 8) компрессор среднего давления
- № 4 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность расположения элементов двухроторного ТРД:
- 1) компрессор высокого давления
  - 2) компрессор низкого давления
  - 3) турбина низкого давления
  - 4) основная камера сгорания
  - 5) турбина высокого давления
  - 6) сопло
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Конструктивные компоновки ТВД сопоставляют по следующим наиболее существенным признакам:
- 1) число роторов двигателя, расположение редуктора и винта, числе воздушных винтов.
  - 2) способ соединения корпусов
  - 3) число и взаимное расположение опор валов
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Простейшей конструктивной компоновкой ТВД является:
- 1) компоновка однороторного одновинтового ТВД с соосным встроенным редуктором
  - 2) компоновка двухроторного ТВД с силовой турбиной
  - 3) компоновка трехроторного ТВД с силовой турбиной
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Достоинством однороторной схемы является:
- 1) относительная простота конструкции
  - 2) малый вес
  - 3) небольшие габариты
- № 8 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какие типы конструктивно-компоновочных схем ГТД существуют:
- № 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Дать описание особенностей и конструктивной компоновке одновального ТРДФ с осевым компрессором и многовального ТРДФ с осевым компрессором
- № 10 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие между узлами ГТД и их назначением
- 1. компрессор
  - 2. камера сгорания

3. турбина

А. Подогрев рабочего тела за счет химической энергии горения топлива

Б. Преобразование потенциальной и тепловой энергии газов в механическую работу

В. Преобразование потенциальной и тепловой энергии газов в кинетическую энергию газов

Г. Преобразование механической работы в потенциальную и тепловую энергии воздуха

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

Конструктивно-компоновочная схема ТРДД с большой степенью двухконтурности

1) имеет одноступенчатый вентилятор, который приводится во вращение многоступенчатой турбиной

2) воздух после вентилятора поступает в наружный и внутренний контуры.

3) КНД и КВД приводятся во вращение своими одноступенчатыми турбинами.

4) воздух из наружного контура и газ из внутреннего контура отводятся через регулируемое суживающиеся сопла.

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

Типичная конструктивно-компоновочная схема ТРДД с небольшой степенью двухконтурности и со смешением потоков первого и второго контуров

1) выполнена по двухроторной схеме

2) имеет роторы низкого и высокого давления, вращающиеся с различными окружными скоростями и приводимыми во вращение своими турбинами. Вал РНД проходит внутри вала РВД

3) Воздух из второго контура и горячий газ из первого контура поступают в камеру смешения, расположенную за турбиной.

4) После смешения газ выходит через разные реактивные сопла