

Министерство образования и науки Российской Федерации

БАЛТИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. УСТИНОВА

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор -
проректор по образовательной
деятельности

Бородавкин В.А.

201

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕРМОДИНАМИКА

(указывается шифр и наименование дисциплины в соответствии с ФГОС и учебным планом)

Направление подготовки

24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов; 24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники

(указывается индекс и наименование направления специальности)

Квалификация (степень) выпускника

(бакалавр, магистр, специалист)

специалист

Специализация

Все специализации

(указывается наименование программы)

Форма обучения

(очная, очно-заочная и др.)

Очная

Факультет

«А» – Ракетно-космической техники

(указывается индекс и полное наименование факультета Университета, заказавшего программу)

Выпускающая кафедра

«А1»- Ракетостроения; «А3»- Космические аппараты и двигатели;
«А4»- Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов; «А5»- Процессы управления

(указывается индекс и полное наименование выпускающей кафедры)

Кафедра-разработчик
рабочей программы

«А8»- Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

(указывается индекс и полное наименование кафедры, составившей и реализующей программу)

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (ПО НАЛИЧИЮ ВИДОВ ЗАНЯТИЙ)											Вид ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ (ЭКЗАМЕН, ЗАЧЁТ, ДИФФ. ЗАЧЕТ)		
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ					САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА							
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	АУДИТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ		ДРУГИЕ ВИДЫ ЗАНЯТИЙ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	РАСЧЁТНО - ГРАФ. РАБОТА		РЕФЕРАТ	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ
							ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	СЕМИНАРЫ								
2	4	3	108	51	34	17	0	-	-	57	-	-	-	-	57	ЭКЗ

Начальник отдела основных
образовательных программ
/Русина А.А./

« » 201

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;

24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники

(указывается индекс и наименование направления специальности)

Программу составили:

Кафедра А8 «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Старший преподаватель Савченко Г.Б.

Ассистент Кравченко Д.Г.

Эксперт(ы):

Старший преподаватель кафедры конструкции Ракет-космонавтов и ракетных двигателей Военно-космической Академии им. Д.Ф. Можайского
к.т.н.

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы А8 Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

(индекс и наименование кафедры-разработчика рабочей программы)

«__» _____ 201 г. Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. /

(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание)

(подпись)

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры А1 Ракетостроения

(индекс и наименование выпускающей кафедры)

«__» _____ 201 г. Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф. /

(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание)

(подпись)

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры А3 Космические аппараты и двигатели

(индекс и наименование выпускающей кафедры)

«__» _____ 201 г. Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф. /

(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание)

(подпись)

Программа рассмотрена на заседании выпускающей кафедры А4 Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов

(индекс и наименование выпускающей кафедры)

«__» _____ 201 г. Заведующий кафедрой Долбенков В.Г. к.т.н. /

(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание)

(подпись)

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры А5 Процессы управления

(индекс и наименование выпускающей кафедры)

«__» _____ 201 г. Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф. /

(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание)

(подпись)

Рабочая программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии по укрупненной группе направлений и специальностей подготовки (УМК по УГНиСП), 24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника, протокол №

(полное наименование направления) (№ протокола)

«__» ____ 201 г. Председатель УМК по УГНиСП Бородавкин В.А., д.т.н, проф. /

(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание)

 /
(подпись)

Учебная дисциплина обеспечена основной литературой

«__» ____ 201 г. Директор библиотеки БГТУ Сесина Н.В. /

(Ф.И.О., уч. степень, уч. звание)

 /
(подпись)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕРМОДИНАМИКА

(указывается номер и наименование дисциплины в соответствии с ФГОС и учебным планом)

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО	7
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	10
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	11
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	11

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы преподавания
- Приложение 3. Технологии и формы обучения
- Приложение 4. Перечень тем заданий (по видам СРС)
- Приложение 5. Оценочные средства и методики их применения
- Приложение 6. Справка о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова учебной литературы
- Приложение 7. Лист регистрации изменений, вносимых в рабочую программу

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций на уровнях:

Общекультурных:		
Направление подготовки: 24.05.01 Специализации: Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем; Пилотируемые и автоматические космические аппараты; Пусковые устройства транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов	ОК-2 – способностью использовать базовые понятия математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач	Пороговый уровень
Направление подготовки: 24.05.04 Специализация: Проектная баллистика ракет и космических систем	ОК-09 – способность к логическому мышлению, обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их решения	Пороговый уровень
	ОК-10 – способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных с основной сферой деятельности, развивать социальные и профессиональные компетенции, изменять вид, характер своей профессиональной деятельности	Пороговый уровень
Общепрофессиональных:		
Направление подготовки: 24.05.01 Специализации: Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем; Пилотируемые и автоматические космические аппараты; Пусковые устройства транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов	ОПК-2– пониманием роли математических и естественнонаучных знаний, с использованием современных образовательных и информационных технологий, способностью использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин	Пороговый уровень

Направление подготовки: 24.05.04 Специализация: Проектная баллистика ракет и космических систем	ОПК-02 – способностью применять инженерно-технический и научно-исследовательский подходы к решению профессиональных задач	Пороговый уровень
	ОПК-03 – способность к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний, освоению новых образцов объектов профессиональной деятельности с использованием современных образовательных и информационных технологий	Пороговый уровень

Формированию указанных компетенций служит достижение следующих результатов образования:

знания:

на уровне представлений:

основные законы термодинамики применительно к тепловым машинам (ОК-2);

на уровне воспроизведения:

- методы анализа эффективности работы тепловых машин и установок (ОК-2, ОК-9);

на уровне понимания:

- понимание взаимосвязи основных термодинамических параметров в различных процессах (ОК-2, ОК-9);

- понимание особенностей термодинамических процессов, протекающих в тепловых машинах (ОПК-2);

умения:

теоретические:

- методы и алгоритмы анализа термодинамического тепловых машин (ОК-2, ПК-8);

практические:

- проводить анализ работы тепловых машин и установок (ОПК-2, ОК-10);

- проводить экспериментальные исследования термодинамических процессов рабочих тел тепловых машин (ОПК-2, ПК-8);

навыки:

- расчет основных термодинамических характеристик тепловых машин (ОПК-2).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина **Термодинамика** является дисциплиной базовой части Блока 1 программы.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин, связанных с Математикой, Физикой, Химией и служит основой для освоения дисциплин, связанных с процессами энергопреобразования, теплопереноса, тепловыми процессами двигателей летательных аппаратов.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

Направление подготовки: 24.05.01		
Специализации: Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем; Пилотируемые и автоматические космические аппараты; Пусковые устройства транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов	Общекультурные	ОК-14 – способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников, используя самые современные информационные технологии, способностью критически осмысливать полученную информацию, выделять в ней главное, создавать на ее основе новые знания
Направление подготовки: 24.05.04 Специализация: Проектная баллистика ракет и космических систем	Общепрофессиональные	ОПК-1 – способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующих аппарат математических и естественных наук для их формализации, анализа выработки и анализа решения

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

(с распределением общего бюджета времени в часах)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	НОМЕРА РАЗДЕЛОВ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ	ВСЕГО	АУДИТОРНЫЕ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ	ФОРМИРУЕМАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ, СМ. НИЖЕ	%
					ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	АУДИТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ			
2	4	1	Раздел 1. Общая термодинамика. Первый закон термодинамики. Введение, краткая история и перспективы развития термодинамики. Основные равновесные термодинамические процессы. Соотношения между параметрами. Теплоемкость рабочего тела, изменение внутренней энергии и энтальпии в процессах. Работа расширения и располагаемая работа, количество тепла процессов. Тепловая диаграмма процессов, изменения энтропии.	34	18	8	-	10	16		
2	4	2	Раздел 2. Термодинамика потока. Основные понятия и уравнения. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Течение в соплах и диффузорах. Скорость истечения из сопла. Массовый расход через сопло. Критический режим истечения. Характерные случаи истечения.	29	17	10	-	7	12		
2	4	3	Раздел 3. Второй закон термодинамики. Техническая термодинамика. Прямые и обратные циклы. Циклы Карно. Математическая формулировка второго закона. Второй закон и условия термодинамического равновесия для простых и сложных термодинамических систем. Термодинамический анализ циклов газовых тепловых машин. Циклы компрессоров. Циклы двигателей.	16	6	6	-	-	10		
2	4	4	Раздел 4. Свойства реальных газов. Пары и водяной пар. Основные понятия и определения. Процесс парообразования. Тройная точка. Влажный пар и его параметры. Тепловая и энтальпийная диаграммы водяного пара. Термодинамические процессы изменения состояния водяного пара. Дросселирование газов.	13	4	4	-	-	9		
2	4	5	Раздел 5. Термодинамические циклы тепловых машин. Теплофикационные циклы. Циклы бинарных парогазовых установок. Обратные термодинамические циклы тепловых машин. Разновидности обратных циклов. Газовые холодильные машины и их циклы. Получение сжиженных газов. Термодинамика безмашинного преобразования энергии. Плазма в природе и технике.	16	6	6	-	-	10		
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ				108	51	34	-	17	57		

Номера разделов	Направление подготовки: 24.05.01		Направление подготовки: 24.05.04			
	Специализации: Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем; Пилотируемые и автоматические космические аппараты; Пусковые устройства транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов		Специализация: Проектная баллистика ракет и космических систем			
	ФОРМИРУЕМАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ, %					
	ОК-2	ОПК-2	ОК-9	ОК-10	ОПК-2	ОПК-3
	1	20	30	20	-	30
2	20	30	20	30	40	20
3	20	-	20	20	-	20
4	20	-	20	20	-	20
5	20	40	20	30	30	20
Итого:	100%	100%	100%	100%	100%	100%

3.2. Аудиторный практикум

Не предусмотрен

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Наименование лаборатории	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Общая термодинамика. Первый закон термодинамики.	Определение газовой постоянной и соотношения теплоемкостей воздуха	ТМП	5
2		Исследование термодинамических параметров и характеристик при сжатии рабочего тела	ТМП	5
3	Раздел 2. Термодинамика потока.	Исследование массового расхода при истечении газа из суживающегося сопла	ТМП	7
Итого:				17

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

Номер и наименование раздела дисциплины	СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ЗАДАНИЯ	время (час)
		СРС
Раздел 1. Общая термодинамика. Первый закон термодинамики.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	10
	Оформление отчета по лабораторной работе	6
Раздел 2. Термодинамика потока.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	8
	Оформление отчета по лабораторной работе	4
Раздел 3. Второй закон термодинамики.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	10
Раздел 4. Свойства реальных газов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	9
Раздел 5. Термодинамические циклы тепловых машин.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	10
ВСЕГО:		57

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ГРАФИК КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4				ЛР				ЛР					ЛР				

Условные обозначения:

- ЛР – защита одной лабораторной работы.

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором в следующих формах:

- защиты выполненных лабораторных работ;
- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, работа на лекциях.

Рубежная аттестация студентов производится по итогам половины семестра по результатам защиты одной лабораторной работы.

Промежуточный контроль по результатам семестра по дисциплине проходит в форме экзамена, включает в себя ответы на теоретические вопросы.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные работы, экзаменационные вопросы, позволяющие оценить результаты образования по данной дисциплине, включены в состав УМК дисциплины и перечислены в Приложении 5.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература:

1. Сахин В. В., Термодинамика энергетических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие [для вузов: в 2 кн.] / В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ". - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб.: [б. и.], 2014 ;
2. В.А. Кудинов Э.М. Карташов. Техническая термодинамика. М., Альянс, 2011, 560 с.;
3. Ю.А. Душин. Термодинамика и тепло-массопередача [Электронный ресурс]. БГТУ «ВОЕНМЕХ». С-Пб. 2008.
4. Анискевич, Ю.В. Термодинамика: лабораторный практикум / Ю.В. Анискевич, А.М. Горбачева, Д.Г. Кравченко; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. – 46 с., 100 экз.;
5. Анискевич, Ю.В. Термодинамика: лабораторный практикум [Электронный ресурс] / Ю.В. Анискевич, А.М. Горбачева, Д.Г. Кравченко; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. – 46 с.

5.2.Дополнительная литература:

1. Нащокин В.В. «Техническая термодинамика и теплопередача» М., ВШ, 1975.

5.3. Электронные ресурсы, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:

- <https://www.biblio-online.ru> – Электронная-библиотечная система «Юрайт»;
<https://e.lanbook.com> – Электронная-библиотечная система «Лань».

5.4. Программное обеспечение.

MS Excel, MS Office, MS PowerPoint

5.5. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса.

Предполагаются методы обучения с использованием информационных технологий: проведение занятий с использованием слайд-презентаций.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:

- 1) комплект электронных презентаций/слайдов,
- 2) аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Лабораторные занятия:

- 1) Лабораторная установка «Определение газовой постоянной и соотношения теплоемкостей воздуха»;
- 2) Лабораторная установка «Определение показателя политропы»
- 3) Лабораторная установка «Исследование истечения газа из суживающегося сопла»

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **Термодинамика** является дисциплиной Блока 1 программы подготовки студентов по специальности подготовки **24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов; 24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники.**

Дисциплина реализуется на факультете «А» Ракетно-космической техники Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова кафедрой А8 Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций:

Общекультурных:		
Направление подготовки: 24.05.01 Специализации: Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем; Пилотируемые и автоматические космические аппараты; Пусковые устройства транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов	ОК-2 – способностью использовать базовые понятия математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач	Пороговый уровень
Направление подготовки: 24.05.04 Специализация: Проектная баллистика ракет и космических систем	ОК-09 – способность к логическому мышлению, обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их решения	Пороговый уровень
	ОК-10 – способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных с основной сферой деятельности, развивать социальные и профессиональные компетенции, изменять вид, характер своей профессиональной деятельности	Пороговый уровень
Общепрофессиональных:		
Направление подготовки: 24.05.01 Специализации: Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем; Пилотируемые и	ОПК-2– пониманием роли математических и естественнонаучных знаний, с использованием современных образовательных и информационных технологий, способностью использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин	Пороговый уровень

автоматические космические аппараты; Пусковые устройства транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов		
Направление подготовки: 24.05.04 Специализация: Проектная баллистика ракет и космических систем	ОПК-02 – способностью применять инженерно-технический и научно-исследовательский подходы к решению профессиональных задач	Пороговый уровень
	ОПК-03 – способность к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний, освоению новых образцов объектов профессиональной деятельности с использованием современных образовательных и информационных технологий	Пороговый уровень

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией и анализом термодинамических процессов преобразования энергии, теплоты и работы в рабочих телах тепловых машин, а также термодинамическим анализом тепловых машин, включая как машины – двигатели, так и машины – холодильники.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента, лабораторный практикум, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: рубежный контроль по результатам защиты лабораторных работ и промежуточный контроль успеваемости в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (34 часов), лабораторные (17 часов) и 57 часов самостоятельной работы студента.

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ

Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя

I. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Лекции – передача учебной информации от преподавателя к студентам, направленная в основном на приобретение студентами новых теоретических и фактических знаний.

Лабораторный практикум – передача учебной информации от преподавателя к студентам направленная на приобретение студентами практических знаний и контроль усвоения материала.

Самостоятельная работа – изучение студентами теоретического материала, подготовка к лекциям, оформление конспектов лекций и др. для приобретения новых теоретических и фактических знаний, теоретических и практических умений.

II. Виды и содержание учебных занятий

Раздел 1. Общая термодинамика. Первый закон термодинамики

Теоретические занятия (лекции) – 8 час.

Лекция 1. Тип – информационная.

Введение, краткая история и перспективы развития термодинамики. Предмет термодинамики. Основные понятия и определения. Уравнение состояния идеального газа. Законы термодинамики. Газовая постоянная и масса моля смеси. Теплоемкость газов и смесей.

Лекция 2. Тип – информационная.

Первый закон термодинамики как форма закона сохранения и превращения энергии. Работа, теплота, их свойства как формы обмена энергией. Рабочая и тепловая диаграммы. Внутренняя энергия. Энтальпия, свободная энергия, свободная энтальпия, их свойства. Аналитические выражения первого закона. Энтропия; тепловые свойства рабочих тел; рабочие процессы

Лекция 3. Тип – информационная.

Основные равновесные термодинамические процессы. Уравнения и графики изобарного, изохорного и изотермического процессов. Соотношения между параметрами. Теплоемкость рабочего тела изменение внутренней энергии и энтальпии в процессах.

Лекция 4. Тип – информационная.

Работа расширения и располагаемая работа, количество тепла процессов. Тепловая диаграмма процессов, изменения энтропии. Особенности преобразования энергии. Уравнения Клайперона-Клаузиуса и Ван-дер-Ваальса. Основные равновесные термодинамические процессы. Уравнения и графики изобарного, адиабатного и политропного процессов. Соотношения между параметрами. Теплоемкость рабочего тела изменение внутренней энергии и энтальпии в процессах. Работа расширения и располагаемая работа, количество тепла процессов. Тепловая диаграмма процессов, изменения энтропии. Особенности преобразования энергии. Уравнения Клайперона-Клаузиуса и Ван-дер-Ваальса.

Лабораторный практикум – 10 час.

Лабораторная работа 1. Определение газовой постоянной и соотношения теплоемкостей воздуха.

Лабораторная работа 2. Определение показателя политропы.

Управление самостоятельной работой студента – 1,6 час. Консультации.

Раздел 2. Термодинамика потока

Теоретические занятия (лекции) – 10 час.

Лекция 1. Тип – информационная.

Термодинамика потока. Основные понятия и уравнения. Уравнение первого закона термодинамики для потока.

Лекция 2. Тип – информационная.

Течение в соплах и диффузорах. Скорость истечения из сопла. Массовый расход через сопло. Критический режим истечения. Характерные случаи истечения.

Лабораторный практикум – 7 час.

Лабораторная работа 1. Исследование массового расхода при истечении газа из суживающегося сопла.

Управление самостоятельной работой студента – 1 час. Консультации.

Раздел 3. Второй закон термодинамики

Теоретические занятия (лекции) – 6 час.

Лекция 1. Тип – информационная.

Второй закон термодинамики. Прямые и обратные циклы. Циклы Карно. Математическая формулировка второго закона.

Лекция 2. Тип – информационная.

Второй закон и условия термодинамического равновесия для простых и сложных термодинамических систем. Термодинамический анализ циклов газовых тепловых машин. Циклы компрессоров.

Лекция 3. Тип – информационная.

Циклы двигателей. ДВС, ЖРД, ГТУ, ВРД.

Управление самостоятельной работой студента – 1 час. Консультации.

Раздел 4. Свойства реальных газов

Теоретические занятия (лекции) – 4 час.

Лекция 1. Тип – информационная.

Свойства реальных газов. Пары и водяной пар. Основные понятия и определения. Процесс парообразования. Тройная точка.

Лекция 2. Тип – информационная.

Влажный пар и его параметры. Тепловая и энтальпийная диаграммы водяного пара. Термодинамические процессы изменения состояния водяного пара. Дросселирование газов.

Управление самостоятельной работой студента – 1 час. Консультации.

Раздел 5. Термодинамические циклы тепловых машин

Теоретические занятия (лекции) – 6 час.

Лекция 1. Тип – информационная.

Циклы паросиловых установок. Теплофикационные циклы. Циклы бинарных парогазовых установок.

Лекция 2. Тип – информационная.

Обратные термодинамические циклы тепловых машин. Разновидности обратных циклов.

Лекция 3. Тип – информационная.

Газовые холодильные машины и их циклы. Получение сжиженных газов.

Лекция 4. Тип – информационная.

Термодинамика безмашинного преобразования энергии. Плазма в природе и технике. Общие свойства плазмы. Термодинамические основы магнитогидродинамических генераторов.

Управление самостоятельной работой студента – 1 час. Консультации.

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 108 часов, из них 51 часа аудиторных занятий и 57 часов, отведенных на самостоятельную работу студента. Формы контроля и критерии оценивания приведены в п.4 Рабочей программы и в Приложении 5 к Рабочей программе.

Вид работы	Содержание (перечень вопросов)	Трудоёмкость, час.	Рекомендации
Раздел 1. Общая термодинамика. Первый закон термодинамики			
Подготовка к лекциям	Проработка теоретического материала по теме:	10	См. конспект лекций, учебные пособия [1] разд.1,2, [2] глава. 2,4,5 Методические указания [4]
Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета	Уравнение состояния идеального газа. Законы термодинамики. Газовая постоянная и масса моля смеси. Теплоёмкость газов и смесей. Работа расширения и располагаемая работа, количество тепла процессов. Тепловая диаграмма процессов, изменения энтропии. Особенности преобразования энергии. Уравнения и графики изобарного, адиабатного и политропного процессов.	6	
Итого по разделу 1		16 час	
Раздел 2. Термодинамика потока			
Подготовка к лекциям	Проработка теоретического материала по теме:	8	См. конспект лекций, учебные пособия [1] разд.5, [2] глава. 7 Методические указания [4]
Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета	Уравнение первого закона термодинамики для потока. Течение в соплах и диффузорах. Скорость истечения из сопла. Массовый расход через сопло. Критический режим истечения. Характерные случаи истечения.	4	
Итого по разделу 2		12 час	
Раздел 3. Второй закон термодинамики			
Подготовка к лекциям	Проработка теоретического материала по теме лекций	10	См. конспект лекций, учебные пособия [1] разд. 3, [2] глава 3
Итого по разделу 3		10 час	
Раздел 4. Свойства реальных газов			
Подготовка к лекциям	Проработка теоретического материала по теме лекций	9	См. конспект лекций, учебные пособия [1] разд. 8, [2] глава 6
Итого по разделу 4		9 час	
Раздел 5. Термодинамические циклы тепловых машин			
Подготовка к лекциям	Проработка теоретического материала по теме лекций	10	См. конспект лекций, учебные пособия [1] разд.3, [2] глава 8-12
Итого по разделу 5		10 час	
Всего по дисциплине		57	

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации.
Лабораторные занятия	Подготовка, выполнение, оформление и защита лабораторных работ в соответствии с методическими рекомендациями.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЗАДАНИЙ

Самостоятельная работа студентов (СРС) состоит изучения студентами теоретического материала, подготовки к лекциям и лабораторным работам, оформления конспектов лекций, отчетов по лабораторным работам и др. для приобретения новых теоретических и фактических знаний, теоретических и практических умений.

Вопросы к экзамену:

1. Предмет термодинамики. Основные понятия и определения. Уравнение состояния. Газовая постоянная и масса моля идеального газа.
2. Смеси газов. Способы задания состава смеси, расчет газовой постоянной и массы моля смеси
3. Первый закон термодинамики как форма закона сохранения и превращения энергии. Работа, рабочая диаграмма.
4. Теплота, тепловая диаграмма. Внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, свободная энтальпия.
5. Аналитические выражения I закона термодинамики с использованием параметров: внутренняя энергия и энтальпия.
6. Аналитические выражения I закона термодинамики с использованием параметров: свободная энергия и свободная энтальпия.
7. Теплоемкость рабочего тела и смесей.
8. Изохорный процесс.
9. Изобарный процесс.
10. Изотермический процесс.
11. Адиабатный процесс.
12. Политропный процесс. Характерные группы политропных процессов.
13. Термодинамика потока. Основные допущения и уравнения.
14. Течение в соплах и диффузорах. Анализ формы канала.
15. Скорость течения в канале. Скорость истечения из сопла.
16. Массовый расход через сопло.
17. Характерные случаи истечения из сопла.
18. Критический режим истечения. Критический перепад давлений, критическая скорость, максимальный расход.
19. II закона термодинамики. Основные определения и математические выражения.
20. Объединенные уравнения I и II законов термодинамики для простых систем. Условия термодинамического равновесия.
21. Объединенные уравнения I и II законов термодинамики для сложных систем.
22. Прямой и обратный циклы. Циклы Карно.

23. Циклы ДВС. (Типы ДВС, индикаторная диаграмма, основные допущения и цели термодинамического анализа).
24. Циклы ДВС (Тринклера).
25. Циклы ДВС (Отто и Дизеля).
26. Циклы ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении.
27. Циклы ГТУ с подводом тепла при постоянном объеме.
28. Циклы реактивных двигателей. Цикл ПВРД.
29. Основные параметры пара.
30. Термодинамические процессы водяного пара.
31. Энтропия и энтальпия воды и водяного пара.
32. Энтропия и энтальпия воды и водяного пара. Изохорный процесс
33. Энтропия и энтальпия воды и водяного пара. Изобарный процесс
34. Энтропия и энтальпия воды и водяного пара. Изотермический процесс
35. Энтропия и энтальпия воды и водяного пара. Адиабатный процесс
36. Дросселирование газов и паров. Процесс дросселирования.
37. Физическая сущность эффекта Джоуля – Томпсона.
38. Расчет дросселирования водяного пара по i -s диаграмме.
39. Циклы паросиловых установок. Паровой цикл Карно
40. Теоретический паросиловой цикл Ренкина
41. Регенеративный цикл паросиловой установки
42. Теплофикационные циклы
43. Циклы парогазовых установок
44. Рабочие тела холодильных установок
45. Цикл воздушной холодильной установки
46. Цикл парокомпрессионной холодильной установки
47. Цикл абсорбционной холодильной установки
48. Цикл работы теплового насоса
49. Цикл Стирлинга
50. Цикл МГД генератора

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- комплект билетов к экзамену.

Паспорт фонда оценочных средств

Номера разделов	Направление подготовки: 24.05.01		Направление подготовки: 24.05.04				Наименование оценочного средства
	Специализации: Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем; Пилотируемые и автоматические космические аппараты; Пусковые устройства транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов		Специализация: Проектная баллистика ракет и космических систем				
	ФОРМИРУЕМАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ, %						
	ОК-2	ОПК-2	ОК-9	ОК-10	ОПК-2	ОПК-3	
	1	20	30	20	-	30	
2	20	30	20	30	40	20	Опрос по ЛР
3	20	-	20	20	-	20	Опрос по ЛР
4	20	-	20	20	-	20	Вопросы к экзамену
5	20	40	20	30	30	20	Вопросы к экзамену
Итого:	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Вопросы к экзамену

Критерии оценивания

Лабораторные работы

Допуск к ЛР

Допуск к выполнению ЛР происходит при условии наличия у студента протокола для выполнения лабораторной работы и письменных ответов на контрольные вопросы (указаны в методических указаниях).

Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме собеседования и решения задач.

Отчет подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов измерений,
- низкое качество графического материала.

Экзамен

В билете два вопроса из разных областей термодинамики. Оценивается полнота и правильность ответа по билету. В ответе подразумевается необходимость термодинамического анализа процесса, явления или тепловой машины, указанных в вопросе.

Ответ на «удовлетворительно»: ответ строго по билету, полнота ответа 60-80% по каждому вопросу.

Ответ на «хорошо»: ответ по билету не менее 80% по каждому вопросу.

Ответ на «отлично»: ответ по билету не менее 80% по каждому вопросу, ответы на 2-3 дополнительных вопроса из списка со степенью полноты ответа не менее 50% по каждому.

СПРАВКА

о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова учебной литературы

1. Наименование дисциплины: Термодинамика

2. Кафедра: А8 Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

3. Перечень основной учебной литературы (авторы, название, наличие грифа Минобразования, УМО, НМС, другого министерства или ведомства, выходные данные, количество экземпляров):

3.1. Основная литература:

1. Сахин В. В., Термодинамика энергетических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие [для вузов: в 2 кн.] / В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ". - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. : [б. и.], 2014

2. В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. Техническая термодинамика. М., Альянс, 2011, 560 с.;

3. Ю.А. Душин. Термодинамика и тепло-массопередача.[Электронный ресурс]. БГТУ «ВОЕНМЕХ». С-Пб. 2008.

3. Анискевич, Ю.В. Термодинамика: лабораторный практикум / Ю.В. Анискевич, А.М. Горбачева, Д.Г. Кравченко; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. – 46 с., 100 экз.;

3.2. Дополнительная литература:

1. В.В. Нащокин. «Техническая термодинамика и теплопередача» М., ВШ, 1975

Директор библиотеки



(Сессина Н.В.)

Дата