

ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.А. БУНИНА

«УТВЕРЖДАЮ»



Врио директора института ФКСИБЖ

/А.С. Артемов /

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.04.09 Теплофизика

Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность

Направленность (профиль): Безопасность жизнедеятельности в техносфере

Квалификация (степень): бакалавр

Форма обучения: очная

Институт: физической культуры, спорта и БЖ

Кафедра: физики, радиотехники и электроники

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	2		-
Семестр/триместр	4		-
Лекции	18		-
Лабораторные занятия			-
Практические (семинарские) занятия	18		-
в т.ч. практическая подготовка	-		
Консультации	-		-
Форма(ы) промежуточной аттестации	Зачет		-
Контроль			-
Иные формы работы	-		-
Самостоятельная работа	36		-

Всего часов: 72

Трудоемкость: 3 зачетных единиц.

Разработчик(и) рабочей программы:

кандидат физико-математических, доцент _____ Сидоров А.В.

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель изучения дисциплины: Целью изучения дисциплины “Теплофизика” является формирование глубоких знаний и практических навыков в области основных начал термодинамики, принципов превращения теплоты в механическую работу, соответствующих устройств, теории тепло и массообмена.

Задачи изучения дисциплины:

- Задачей изучения дисциплины является усвоение студентами
- - основных понятий и терминологии термодинамики;
- - методики расчета основных термодинамических параметров идеальных и реальных газов и их смесей с помощью уравнения состояния;
- - методов начал термодинамики при анализе процессов с идеальными и реальными газами;
- - концепции термодинамических потенциалов
- - принципов действия и энергетической эффективности различного рода теплоэнергетических установок, а также компрессоров, вентиляторов, холодильных и криогенных установок, тепловых насосов теплообменных и тепломассообменных аппаратов
- - закономерностей переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией, излучением; - ознакомиться с понятием сложного теплообмена.

Место дисциплины в структуре ОПОП: Дисциплина Б1.О.04.09 Теплофизика реализуется в рамках модуля 4 «Предметно-содержательный» обязательной части ОПОП.

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-2	Знать: вопросы безопасности и сохранения окружающей среды и рассматривать их в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности	Знает: вопросы безопасности и сохранения окружающей среды в рамках теплофизики и рассматривать их в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности
	Уметь: критически воспринимать, анализировать и оценивать информацию в области безопасности и сохранения окружающей среды	Умеет: критически воспринимать, анализировать и оценивать информацию в области безопасности и сохранения окружающей среды на основе теплофизики
	Владеть:	Владеет:

	культурой безопасности и рискориентированным мышлением, с приоритетным рассмотрением вопросов безопасности и сохранения окружающей среды в жизни и деятельности	культурой безопасности и рискориентированным мышлением, с приоритетным рассмотрением вопросов безопасности и сохранения окружающей среды в жизни и деятельности на основе теплофизики
УУ-8	Знать: факторы вредного влияния на жизнедеятельность элементов среды обитания; алгоритмы действий при возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов; правила техники безопасности на рабочем месте;.	Знает: факторы вредного влияния на жизнедеятельность элементов среды обитания; правила техники безопасности на рабочем месте;
	Уметь: идентифицировать опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности, создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности;	Умеет: идентифицировать опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности,
	Владеть: действиями по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций (природного и техногенного происхождения) на рабочем месте и осуществлению спасательных и неотложных аварийно-восстановительных мероприятий в случае возникновения чрезвычайных ситуаций	Владеет: действиями по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций (природного и техногенного происхождения) на рабочем месте и в лаборатории

II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
1	Модуль 1. Предмет и задачи теплофизики, основные определения понятия, и законы теплофизики идеальные	31	8	8		15

	и реальные газы и процессы с ними.					
2.	Тема 1. Предмет и задачи теплофизики, основные понятия, уравнение состояния идеальных газов.	4,5	1	1		2,5
3.	Тема 2 Смеси идеальных газов, реальные газы, уравнения состояния реальных газов.	4,5	1	1		2,5
4.	Тема 3 Первый закон термодинамики, обратимые и необратимые процессы, энтальпия.	4,5	1	1		2,5
5.	Тема 4. Теплоемкость газов, энтропия, истинная и средняя теплоемкости, теплоемкость смесей идеальных газов, вычисление энтропии идеальных газов для обратимых и необратимых процессов.	4,5	1	1		2,5
6	Тема 5. Термодинамические процессы с идеальными газами.	4,5	1	1		2,5
7	Тема 6. Второй закон термодинамики, круговые процессы и циклы, цикл Карно, абсолютная работа, эксергия, абсолютная термодинамическая температура.	4,5	1	1		2,5
8	Модуль 2. Метод характеристических функций и термодинамических потенциалов в термодинамике, свойства водяного пара, истечение и дросселирование газов и паров, компрессоры.	27	7	7		13

9	Тема 7. Характеристические функции и термодинамические потенциалы, уравнение Клапейрона-Клаузиуса, теорема Нернста.	4,5	1	1		2,5
10.	Тема 8. Дифференциальные уравнения термодинамики, и их применение к решению некоторых задач.	4,5	1	1		2,5
11	Тема 9. Водяной пар и его свойства, основные термодинамические процессы с водяным паром.	7	2	2		3
12	Тема 10. Истечение газов и паров, работа проталкивания, располагаемая работа при истечении газов, основные условия течения идеального газа по каналам переменного сечения	4,5	1	1		2,5
13	Тема 11. Дросселирование газов и паров, смешение газов, эффект Джоуля-Томпсона. Компрессоры	4,5	1	1		2,5
14	Модуль 3. Циклы ДВС, газо и паротурбинных, холодильных установок.	14	4	4		8
15	Тема 12. Циклы ДВС. Циклы газотурбинных и паротурбинных установок, их КПД и методы его повышения, циклы холодильных установок.	7	2	2		3
16.	Тема 13. Основные положения теории теплопроводности, уравнение теплопроводности,	4,5	1	1		2,5

	теплопроводность при стационарном режиме. Конвективный теплообмен, конвективный теплообмен в вынужденном и свободном течении жидкости.					
17.	Тема 14. Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества, теплообмен излучением. Теплообменные аппараты, тепло и массообмен во влажных средах.	4,5	1	1		2,5
18	<i>зачет</i>					
19	<i>Итого за 4 семестр</i>	72	18	18		36
20	ИТОГО:	72	18	18		36

Очно-заочная форма обучения (не реализуется)

Заочная форма обучения (не реализуется)

III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Текущая аттестация проводится в форме контрольной работы.

Типовой вариант контрольной работы

Вариант А:

1. В резервуаре емкостью 12 м^3 , содержащем в себе воздух для пневматических работ, давление равно 8 ат по манометру при температуре воздуха 25°C . После использования части воздуха для работ давление его упало до 3 ат, а температура – до 17°C . Определить, сколько кг воздуха израсходовано, если $P_{\text{бар}} = 755 \text{ мм рт. ст.}$
2. Массовый состав смеси следующий: $\text{CO}_2 = 18 \%$; $\text{O}_2 = 10 \%$; $\text{N}_2 = 72 \%$. До какого давления нужно сжать эту смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы при $t = 180^\circ\text{C}$ 8 кг ее занимали объем 40 л?
3. Воздух в количестве 5 м^3 при абсолютном давлении $P_1 = 0,3 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 25^\circ\text{C}$ нагревается при постоянном давлении до $t_2 = 160^\circ\text{C}$. Определить количество теплоты, подведенной к воздуху, считая $C = \text{const}$.

4. Найти изменение внутренней энергии 1 кг воздуха при охлаждении его от $t_1 = 350^\circ\text{C}$ до $t_2 = 50^\circ\text{C}$. Учесть зависимость теплоемкости от температуры.
5. В сосуде А находится 108 л водорода при давлении 1,5 МПа и температуре 1200°C , а в сосуде В – 58 л азота при давлении 3 МПа и температуре 200°C . Найти давление и температуру, которые установятся после соединения сосудов при условии отсутствия теплообмена с окружающей средой. Учесть зависимость теплоемкости от температуры.
6. Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть 2.5 м^3 воздуха при постоянном избыточном давлении $p = 2\text{ ат}$ от $t_1 = 120^\circ\text{C}$ до $t_2 = 500^\circ\text{C}$? Какую работу при этом совершит воздух? Атмосферное давление принять равным 750 мм рт. ст., учесть зависимость теплоемкости от температуры.

Вариант Б:

1. Поршневой компрессор всасывает в минуту 3 м^3 воздуха при $t = 17^\circ\text{C}$ и барометрическом давлении $P_{\text{бар}} = 750\text{ мм рт. ст.}$ и нагнетает его в резервуар, объем которого равен $8,5\text{ м}^3$. За какое время (в мин) компрессор поднимет давление в резервуаре до значения $P = 6\text{ ат}$, если температура в резервуаре будет оставаться постоянной? Начальное давление в резервуаре было 750 мм рт. ст., а температура равнялась 17°C .
2. В резервуаре объемом 10 м^3 находится газовая смесь, состоящая из 10 кг кислорода и 30 кг азота. Температура смеси равна 27°C . Определить парциальные давления компонентов смеси.
3. Газовая смесь имеет следующий состав по объему; $\text{CO}_2 = 12\%$, $\text{O}_2 = 8\%$, $\text{H}_2\text{O} = 5\%$, $\text{N}_2 = 75\%$. Определить для данной смеси среднюю массовую теплоемкость $C_{\text{рм}}$ в интервале от t_1 до t_2 , если смесь нагревается от $t_1 = 100^\circ\text{C}$ до $t_2 = 300^\circ\text{C}$.
4. В котельной электростанции за 10 ч работы сожжено 150 т каменного угля с теплотой сгорания $Q = 7000\text{ ккал/кг}$. Найти количество выработанной электроэнергии и среднюю мощность станции за указанный период работы, если КПД процесса преобразования тепловой энергии в электрическую составляет 22 %.
5. В газоходе котельной смешиваются уходящие газы трех котлов, имеющие атмосферное давление. Будем считать, что эти газы имеют одинаковый состав (массовый): $\text{CO}_2 = 12\%$, $\text{O}_2 = 8\%$, $\text{H}_2\text{O} = 8\%$, $\text{N}_2 = 72\%$. Часовые расходы газов составляют $V_1 = 7100\text{ м}^3/\text{ч}$; $V_2 = 2600\text{ м}^3/\text{ч}$; $V_3 = 11200\text{ м}^3/\text{ч}$, а температура газов соответственно равна $t_1 = 170^\circ\text{C}$; $t_2 = 220^\circ\text{C}$; $t_3 = 120^\circ\text{C}$. Определить температуру газов после смешения и их объемный расход через дымовую трубу при этой температуре. Теплообменом в окружающую среду и зависимостью теплоемкости от температуры пренебречь.
6. В закрытом сосуде емкостью $V = 0,6\text{ м}^3$ содержится азот при давлении (абсолютном) $p_1 = 0,5\text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$. В результате охлаждения сосуда азот, содержащийся в нем, теряет 125 кДж. Принимая теплоемкость азота постоянной, определить, какие давление и температура устанавливаются в сосуде после охлаждения.

Вариант А (2-я контрольная работа):

1. В сосуде находится влажный насыщенный пар. Его масса $M = 120\text{ кг}$ и параметры $t_1 = 220^\circ\text{C}$, $x_1 = 0,64$. В сосуде отсепарировано и удалено 20 кг воды, причем

давление все время поддерживалось постоянным. Определить параметры p , v , h , s оставшегося в сосуде пара, использовать для решения таблицы водяного пара.

2. Определить количество теплоты, сообщаемое пару, изменение внутренней энергии и работу расширения, если пар с температурой $t = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ расширяется по изотерме от давления $p_1 = 50$ бар до $p_2 = 6$ бар. Задачу решить для 1 кг пара с помощью таблиц водяного пара. Изобразить процесс в диаграммах h,s и T,s .

3. Из резервуара, в котором находится кислород с постоянным давлением $p_1 = 5.5$ МПа, газ вытекает через сужающееся сопло в среду с давлением $p_2 = 4.5$ МПа. Температура кислорода в резервуаре равна $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить теоретическую скорость истечения и расход, если площадь выходного сечения сопла $f_2 = 20$ мм². Найти также скорость истечения кислорода и его расход, если истечение будет происходить в атмосферу. В обоих случаях считать истечение адиабатным. Атмосферное давление принять равным 0,1 МПа.

4. Определить термический КПД цикла Ренкина с учетом работы питательного насоса, если параметры пара на входе в турбину: $p_1 = 26$ бар и $t_1 = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Давление пара на выходе из турбины $p_2 = 0,05$ бар. Для сравнения определить также термический КПД без учета работы насоса и оценить получаемую при этом погрешность δ в %. Исследовать зависимость $\delta = f(p_1)$ при $t_1 = \text{const}$ и $p_2 = \text{const}$.

Вариант Б (2-я контрольная работа):

1. На паропроводе насыщенного пара установлен термометр, показывающий $t = (170 + 2n)\text{ }^{\circ}\text{C}$. С помощью таблиц водяного пара определить, каково было бы показание манометра на этом паропроводе. Атмосферное давление принять равным 1 ат.

2. Определить с помощью таблиц водяного пара конечное давление, степень сухости и количество отведенной теплоты, если в закрытом сосуде объемом 3 м³ сухой насыщенный водяной пар охлаждается от начальной температуры $t_1 = 210\text{ }^{\circ}\text{C}$ до конечной $t_2 = 67\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. Воздух из резервуара с постоянным давлением $p_1 = 1.4$ МПа и температурой $t_1 = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ вытекает в атмосферу через трубку с внутренним диаметром 15 мм. Найти скорость истечения воздуха и его секундный массовый расход. Атмосферное давление принять равным 0,1 МПа. Процесс расширения считать адиабатным.

4. В паротурбинной установке с начальными параметрами пара $p_1 = 14$ МПа, $t_1 = 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлением в конденсаторе $p_2 = 5$ кПа был введен промежуточный перегрев пара при давлении $p_{пп}$ до температуры $t_{пп}$. $p_{пп} = 1$ МПа, $t_{пп} = (380 + 10n)\text{ }^{\circ}\text{C}$; Найти $\eta_{тпп}$ цикла с промежуточным перегревом и сравнить его с η_t цикла Ренкина до введения промежуточного перегрева пара.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме экзамена с использованием следующих оценочных материалов:

Вопросы к зачету 4 семестр, очная форма обучения

1. Предмет теплофизики, ее цель и задачи, основные понятия термодинамики.

2. Уравнения состояния Клапейрона и Менделеева, газовая постоянная и ее смысл.
3. Смеси идеальных газов, способы задания их состава, выражение газовой постоянной, молекулярной массы и парциальных давлений через состав смеси.
4. Свойства реальных газов, уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ.
5. Первый закон термодинамики, внутренняя энергия, работа, энтальпия.
6. Теплоемкость газов, виды теплоемкостей, истинная и средние теплоемкости, теплоемкости смесей идеальных газов.
7. Энтропия, вычисление изменения энтропии идеального газа для обратимых и необратимых процессов. Тепловая Ts - диаграмма.
8. Схема исследования изохорного и изобарного процесса идеального газа.
9. Схема исследования изотермного и адиабатного процесса идеального газа.
10. Политропные процессы.
11. Основные положения второго закона термодинамики, циклические процессы, термический КПД и холодильный коэффициент циклов.
12. Прямой и обратный обратимые циклы Карно, теорема Карно.
13. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Обобщенный цикл Карно.
14. Абсолютная термодинамическая и среднеинтегральная температура.
15. Физический смысл изохорно-изотермного потенциала и изобарно-изотермного потенциала. Химический потенциал.
16. Термодинамическое учение о равновесии условия равновесия.
17. Термодинамические диаграммы, уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
18. Основные параметры жидкости и сухого насыщенного водяного пара, теплота парообразования pV – диаграмма водяного пара.
19. Основные параметры влажного насыщенного и перегретого пара.
20. Основные термодинамические процессы водяного пара.
21. Истечение газов, работа проталкивания, располагаемая работа, адиабатный процесс истечения газа.
22. Скорость истечения и секундный расход идеального газа из суживающегося сопла.
23. Процесс дроселирования газа, уравнение дроселирования, эффект Джоуля-Томпсона.
24. Смешение газов, изменение энтропии идеальных газов при смешении.
25. Одноступенчатый компрессор.
26. Многоступенчатый компрессор.
27. Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме.
28. Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении.
29. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
30. Циклы ГТУ с подводом теплоты при постоянном объеме.
31. Циклы ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении.
32. Циклы Карно и Ренкина для водяного пара.
33. Регенеративный и бинарный циклы паротурбинной установки.
34. КПД паротурбинной установки.

35. Циклы воздушных, парожеткорных и абсорбционных паротурбинных установок.
36. Основные положения теории теплопроводности, уравнение теплопроводности.
37. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях первого рода.
38. Основы теории конвективного теплообмена.
39. Основы теории подобия, теоремы подобия.
40. Конвективный теплообмен в вынужденном и свободном течении жидкости.
41. Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества.
42. Теплообмен излучением.
43. Теплообменные аппараты.
44. Тепло и массоперенос во влажных средах.

IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Основная литература

1. Дмитренко, А. В. Теплофизика в примерах и задачах : учебное пособие для бакалавров направления подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность», 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» : [16+] / А. В. Дмитренко ; Российский университет транспорта, Кафедра «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта». – Москва : Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), 2021. – 77 с. : ил., таб. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=702974> (дата обращения: 28.04.2023). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

2. Лабораторный практикум по теплофизике : учебное пособие / А. Г. Четверикова, О. С. Кравцова, И. Н. Анисина, Е. В. Волков ; Оренбургский государственный университет. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2014. – 109 с. : табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=492634> (дата обращения: 28.04.2023). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

4.2. Дополнительная литература

1. Физические основы технологических процессов : учебное пособие : [16+] / В. С. Кушнер, О. Ю. Бургонова, А. А. Крутько, А. М. Ласица ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2020. – 133 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682979> (дата обращения: 28.04.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8149-3142-9. – Текст : электронный.

V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	http://edu.ru/	Российское образование: Федеральный портал. Включает ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений; государственные образовательные стандарты; нормативные документы; каталог экскурсий и обучающих программ.	Свободный доступ
2.			

VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1.	http://www.biblioclub.ru	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	www.elibrary.ru	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ

VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).