

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для студентов по выполнению
практических работ
по учебной дисциплине

ОП.05 ТЕРМОДИНАМИКА, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И ГИДРАВЛИКА

Укрупненная группа: 20.00.00 Техносферная безопасность и
природообустройство
Специальность: 20.02.04 Пожарная безопасность
(базовый уровень подготовки)

Квалификация: техник
Форма обучения: очная

г. Южно-Сахалинск
2025г.

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по НМР

 Е.Н. Ермоласва

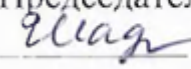
« 19 » 05 2025 г.

Составитель: Кривошеков П.Н., преподаватель ПТК СахГУ

Одобрено на заседании ПЦК
общетехнических дисциплин

Протокол № 8 от «16» 04 2025г.

Председатель ПЦК

 О.И. Шадрина

Содержание

Образовательный маршрут практических занятий по ОП.05. Термодинамика, теплопередача и гидравлика

Разделы и темы практических работ	Норма времени	Формы и методы контроля
Раздел 1. Техническая термодинамика		
Тема 1.1. Основные понятия, определения, законы		
Практическое занятие 1. Решение задач по теме Законы идеальных газов	2	Письменный отчет
Практическое занятие 2. Решение задач по теме Законы термодинамики	2	Фронтальный опрос Письменный отчет
Тема 1.2. Основы термодинамических процессов		
Практическая работа 3-4. Решение задач по теме Термодинамические процессы и циклы	4	Письменный отчет
Практическая работа 5. Контрольная работа	2	
Раздел 2. Основы теплопередачи		
Тема 2.1. Теория теплообмена		
Практическая работа 6-7 Решение задач по теме Теплопроводность при стационарном режиме.	4	Письменный отчет
Практическое занятие 8. Решение задач по теме Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	2	Письменный отчет
Практическое занятие 9. Решение задач по теме Теплоотдача при свободном движении жидкостей около горизонтальных труб	2	Письменный отчет
Практическое занятие 10. Составление конспекта по теме Законы теплового излучения	2	Письменный отчет
Тема 2.2. Теплопередача в пожарном деле		
Практическое занятие 11. Решение задач по теме Теплообменные аппараты	2	Письменный отчет
Практическое занятие 12. Семинарское занятие	2	Индивидуальный отчет, выступление
Раздел 3. Основы гидравлики		
Тема 3.1. Теоретические основы гидростатики		
Практическое занятие 13. Решение задач по гидростатике	2	Письменный отчет
Тема 3.2. Теоретические основы гидродинамики		
Практическое занятие 14 Контрольная работа	2	Письменный отчет
Практическое занятие 15. Зачетное занятие	2	Письменный отчет
Итого	30	

2. Тематика и содержание практических занятий

Раздел 1. Техническая термодинамика

Тема 1.1. Основные понятия, определения, законы

Практическое занятие 1. Идеальный и реальный газы. Газовые законы

Количество часов – 2 ч.

Любая полностью изолированная система с течением времени приходит в состояние термодинамического равновесия. Такое состояние можно охарактеризовать набором термодинамических параметров: объем, температура, давление, масса или количество вещества. Эти параметры называют макропараметрами.

Макропараметры термодинамической системы, находящейся в состоянии термодинамического равновесия, не могут принимать произвольные значения. Они связаны между собой определенными соотношениями. Эти соотношения называют уравнением состояния вещества.

В экспериментах использовались переходы газа из одного состояния в другое.

Переход термодинамической системы из одного состояния в другое называют процессом

При условиях, близких к нормальным, простейшей термодинамической системой можно считать газ. Это связано с тем, что молекулы газа практически не взаимодействуют на расстоянии, среднее расстояние между ними много больше размеров самих молекул, соударения молекул не приводят к изменению их суммарной кинетической энергии и хаотического движения.

Идеальный газ - это газ, молекулы которого не взаимодействуют на расстоянии, имеют достаточно малые размеры по сравнению со средним расстоянием между ними (суммарный объем всех молекул много меньше объема занимаемого газом), молекулы соударяются как упругие шарики.

Ни один термодинамический параметр нельзя изменить, не затронув один, а то и два других параметра. Бывает так, что газ данной массы переходит из одного состояния в другое, изменяя только два параметра, оставляя третий неизменным. Такой переход называется *изопроцессом*, а уравнение его закономерности - *газовым законом*.

Изопроцесс – процесс, при котором масса газа и один из его термодинамических параметров остаются неизменными.

Газовый закон – количественная зависимость между двумя термодинамическими параметрами газа при фиксированном значении третьего.

1. Закон **Бойля-Мариотта (изотермический процесс)** устанавливает зависимость давления газа p от его объема V при постоянной температуре T .

Для данного количества идеального газа произведение давления газа на его объем постоянно, если температура газа не меняется

$$pV = \text{const} \text{ при } T = \text{const}$$

2. Закон **Гей-Люссака. (изобарный процесс)** – процесс изменения состояния термодинамической системы, протекающий при постоянном давлении.

Для данного количества идеального газа отношение объема газа к его абсолютной температуре постоянно если давление газа не меняется

$$V/T = \text{const при } p = \text{const}$$

3. Закон Шарля (изохорный процесс) – процесс изменения состояния термодинамической системы, протекающий при постоянном объеме.

Для идеального газа изохорный процесс описывается законом Шарля.

(изохорный процесс,) Для данного количества идеального газа отношение давления газа к его абсолютной температуре постоянно , если объем газа не меняется

$$p/T = \text{const при } V = \text{const}$$

Графики изохорных процессов

Название процесса	Постоянный параметр	Формула газового закона	Название газового закона	Графическое представление газового закона
Изотермический	T температура	$p \cdot V = \text{const}$ $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = \dots$	Бойля – Мариотта	
Изобарный	p давление	$\frac{V}{T} = \text{const}$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots$	Гей-Люссака	
Изохорный	V объём	$\frac{p}{T} = \text{const}$ $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \dots$	Шарля	

Порядок выполнения практической работы:

Задание 1. Записать основные теоретические положения

Задание 2. При температуре 27°C давление газа в закрытом сосуде было 75кПа. Каким будет давление этого газа при температуре – 13°C?

Задание 3. Газ сжат изотермически от объема 8л до 6л. Давление при этом возросло на 4кПа. Каким было первоначальное давление?

Задание 4. Давление воздуха в шинах велосипеда при температуре 12°C равно 1,5*10⁵Па. Каким станет давление при 42°C? Объем воздуха в шинах считать неизменным.

Задание 5. Заполните таблицу.

	P ₁ , Па	V ₁ , м ³	T ₁ , К	P ₂ , Па	V ₂ , м ³	T ₂ , К
	const	2*10 ⁻³	?	const	4*10 ⁻³	300
	10 ⁵	const	300	5*10 ⁴	const	?
	2*10 ⁵	10 ⁻³	const	?	2*10 ⁻³	const

Практическое занятие 2. Первый и второй законы термодинамики

Количество часов – 2 ч.

Внутреннюю энергию системы можно изменить двумя способами: совершить над системой работу и/или передать системе некоторое количество теплоты. Это утверждение, только выраженное в строгой математической формуле, и получило название первого закона термодинамики. Иногда встречаются определения «первое начало термодинамики».

Изменение внутренней энергии системы равно разности между количеством теплоты, подведенным к системе, и работой, совершенной системой:

$$\Delta U = Q - A$$

A – работа, совершенная системой,

Q – количество теплоты, переданной системе от внешних тел,

ΔU – это изменение внутренней энергии.

Первое начало термодинамики было сформулировано задолго до того, как в науке укрепились понятие молекул, т. е. еще не была известна молекулярно-кинетическая теория. По большому счету можно сказать, что первый закон термодинамики является расширением и уточнением закона сохранения энергии.

Как же он может быть полезен для нас?

Начнем с внутренней энергии. В дальнейшем, если это особо не оговорено, в качестве термодинамической системы будем рассматривать идеальный газ в каком-либо сосуде. Внутренняя энергия системы зависит от величин давления, объема и температуры:

$$U = U(P, V, T)$$

ΔU изменение внутренней энергии будет определяться только начальным и конечным состоянием и не будет зависеть от того, каким образом система перешла из одного состояния в другое:

$$\Delta U \text{ зависит от } P_1, V_1, T_1 \text{ и } P_2, V_2, T_2$$

Вспоминаем, что в идеальном газе мы пренебрегаем взаимодействием между молекулами, т. е. внутренняя энергия определяется только суммой кинетических энергий каждой из молекул. Давайте вспомним, что средняя кинетическая энергия движения молекул определяется только температурой. Тогда можем смело записать выражение для внутренней энергии:

$$U = \frac{i}{2} \nu RT$$

где ν – количество вещества,

R – универсальная газовая постоянная,

T – температура,

i – число степеней свободы молекул газа.

Таким образом, мы можем сказать, что внутренняя энергия идеального газа зависит только от температуры.

Работа, как и количество теплоты, входящее в левую часть уравнения для первого закона термодинамики, не являются характеристиками состояния системы, а зависят от процесса перехода, это логично. Например, переход системы из одного состояния в другое может осуществляться разными способами. При этом изменение внутренней энергии будет одним и тем же для обоих процессов, а вот работа и количество теплоты будут различаться:

В изохорном процессе газ работы не совершает, и $\Delta U = Q$.

В изобарном процессе $A = p\Delta V = p(V_2 - V_1)$.

В изотермическом процессе $\Delta U = 0$, и $A = Q$; вся теплота, переданная телу, идет на работу над внешними телами.

Адиабатным называется процесс, при котором системе не передается тепло из окружающей среды: $Q = 0$. В адиабатном процессе вся работа совершается за счет внутренней энергии газа.

Рассмотрим процессы теплообмена между телами в замкнутой системе.

$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$ – уравнение теплового баланса.

Каждое слагаемое уравнения может быть как положительным, так и отрицательным.

Если тело получило какое-то количество теплоты, то теплоту, принято считать положительной, а если отдало, то теплота – отрицательная величина.

Все макроскопические процессы в природе протекают только в одном направлении. В обратном направлении они самопроизвольно протекать не могут.

Необратимыми называются такие процессы, которые могут самопроизвольно протекать только в одном определенном направлении.

Второй закон термодинамики указывает направление возможных энергетических превращений. Немецкий ученый Р. Клаузиус (1822-1888) сформулировал этот закон так: **невозможно передать энергию (теплоту) от менее нагретой системы к более нагретой без одновременного изменения этих двух систем или окружающих тел.**

То есть можно говорить о необратимости тепловых процессов – нельзя обратить их вспять от их естественного протекания (кроме тех случаев, когда обратимый процесс является частью более сложного процесса).

Порядок выполнения практической работы:

Задание 1. Записать основные теоретические положения

Задание 2. В цилиндре под поршнем находится 1,25 кг воздуха. Для его нагревания на 4⁰С при постоянном давлении было затрачено 5 кДж теплоты. Определите изменение внутренней энергии воздуха, молярная масса которого 0,029 кг/ моль.

Задание 3. 0,2 кг азота нагревают при постоянном давлении от 20 до 80⁰С. Какое количество теплоты поглощается при этом? Какую работу производит газ?

Удельная теплоемкость азота $C = 10^8$ Дж/кг ·⁰К

Задание 4. Во время изобарного нагревания объем гелия увеличился в 3 раза. Какую работу осуществил газ? Какое количество теплоты было ему передано? Масса гелия – 24 г, начальная температура 273 К.

Задание 5. Во время расширения газа в цилиндре во время нагревания газ получил 150 кДж теплоты. Давление газа остается неизменным и равняется 20 МПа. На сколько изменилась внутренняя энергия газа, если поршень площадью 200 см² переместился на 30 см?

Форма контроля: Письменный отчет

Тема 1.2. Основы термодинамических процессов

Практическое занятие 3-4. Решение задач по теме Термодинамические процессы и циклы

Количество часов – 4 ч.

Необходимо за счет энергии уметь приводить в действие *устройства, способные совершать работу.*

Существуют различные типы машин, которые реализуют в своей работе превращение одного вида энергии в другой.

Большая часть двигателей, используемых людьми, - это тепловые двигатели.

Устройства, превращающие энергию топлива в механическую энергию, называются тепловыми двигателями.

Основная классификация тепловых двигателей по способу подвода теплоты к рабочему телу:

1. Двигатели внутреннего сгорания
2. Двигатели внешнего сгорания

Двигатели внутреннего сгорания. В этих двигателях основные процессы — сжигание топлива и выделение теплоты с преобразованием в механическую работу — происходят непосредственно внутри двигателя.

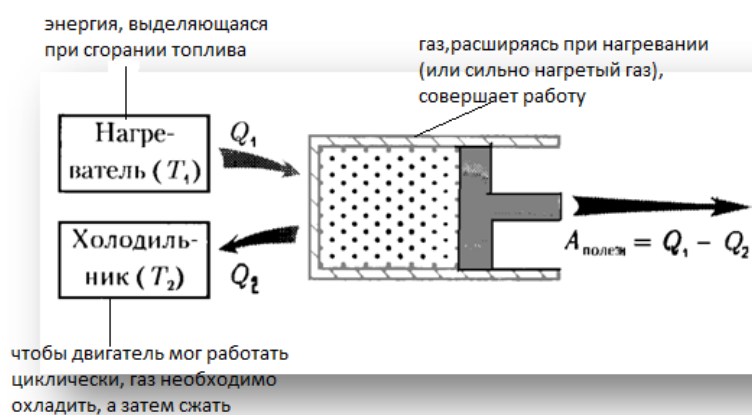
Двигатели внешнего сгорания – класс двигателей, где источник тепла или процесс сгорания топлива отделены от рабочего тела. Это, например, паровая турбина, газовая турбина, паровая машина

Любая тепловая машина состоит из **нагревателя, рабочего тела и холодильника**.

Нагревателем в ТД является процесс сгорания топлива. Именно в этот процесс включается образование газа. Нагреватель характеризуется температурой нагревателя $T_н$, т.е. температура того, газа, который образовался. И конечно количеством теплоты, который передается этому газу.

Газ, образовавшийся в результате, того что сгорело топливо, называется рабочим телом. Рабочее тело и совершает работу. И оставшееся, некоторое количество теплоты будет передано холодильнику.

Холодильником, как правило, является окружающая среда



Тепловая машина работает циклично. Газ, которому передается энергия, нагрет до высокой температуры и соответственно внутренняя энергия такого газа достаточно большая. Расширяясь, газ совершает работу, соответственно охлаждается, его внутренняя энергия уменьшается и совершается полезная работа. В дальнейшем, чтобы все повторилось нам надо перевести наш тепловой двигатель в первоначальное состояние, таким образом, чтобы работа вновь повторилась. Для этого нам необходимо газ охлаждать. Для рассмотрения всех процессов, происходящих в ТД, удобно рассматривать газ, находящийся в цилиндре под поршнем. В этом случае мы говорим, что газ совершает работу по перемещению поршня. Работа этого поршня и будет считаться полезной.

КПД теплового двигателя – важнейшая его характеристика. ТД подчиняется первому закону термодинамики и конечно же второму закону термодинамики (передача тепла происходит от более нагретого тела к менее нагретому).

Коэффициентом полезного действия называют отношение полезной работы, совершенной данным двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя. КПД выражают в процентах. $\eta = \frac{A}{Q_н} \cdot 100\%$ $\eta = \frac{Q_н - Q_х}{Q_н} \cdot 100\%$

$Q_н$ – теплота, полученная от нагревателя, Дж

$Q_х$ – теплота, отданная холодильнику, Дж

В современной стационарной теплоэнергетике в основном используются паровые теплосиловые установки. Теплосиловые установки, в которых в качестве рабочего тела применяется пар, имеют некоторые особенности и преимущества, существенно отличающие их от теплосиловых установок с газообразным рабочим телом. Наиболее

распространенным рабочим телом теплосиловых паровых циклов является вода — самое доступное и дешевое рабочее тело.

Использование рабочего тела, изменяющего в течение цикла свое агрегатное состояние, позволяет осуществить на практике **цикл Карно**.

Французский инженер Сади Карно предложил такой способ для определения КПД (через термодинамическую температуру):

$$\eta = \frac{T_n - T_x}{T_n} \cdot 100\% \quad T_n - \text{термодинамическая температура нагревателя, К}$$

T_x - термодинамическая температура холодильника, К.

И этот коэффициент полезного действия получил название максимального

Цикл Карно состоит из двух адиабат и двух изотерм. Практически осуществление адиабатных процессов не представляет особых трудностей.

Практическое осуществление изотермических процессов подвода и отвода теплоты в газовых теплосиловых установках сопряжено с непреодолимыми трудностями.

Для того чтобы по возможности приблизить реальные процессы к изотермическим, применяют многоступенчатое сжатие воздуха с промежуточным охлаждением (в компрессорах) и ступенчатый подвод теплоты (в газотурбинных установках).

Совершенно иначе обстоит дело в паросиловых циклах. В случае потока вещества технически наиболее просто осуществимым процессом подвода или отвода теплоты является изобарный процесс.

Порядок выполнения практической работы:

Задание 1. Записать основные теоретические положения.

Задание 2. Найти КПД теплового двигателя, если газ получает от нагревателя 200 Дж теплоты и отдает холодильнику 135 Дж.

Задание 3. Чему равен КПД теплового двигателя, если температура нагревателя 800°C, а температура холодильника 25°C?

Задание 4. Оцените максимальное значение КПД, которое может иметь тепловая машина с температурой нагревателя 727 °C и температурой холодильника 27 °C.

Задание 6. Каков КПД теплового двигателя, если рабочее тело, получив от нагревателя количество теплоты 1,6 МДж, совершило работу 400 кДж? Какое количество теплоты передано холодильнику?

Задание 7. Тест для закрепления материала:

1. Какие устройства относятся к тепловым двигателям:

- а) превращающие тепловую энергию в механическую;
- б) электрическую энергию в тепловую;
- в) внутреннюю энергию в тепловую

2. Какой элемент теплового двигателя совершает работу:

- а) холодильник;
- б) газ или пар;
- в) нагреватель;

3. Какие условия необходимы для циклического получения механической работы в тепловом двигателе:

- а) наличие нагревателя и холодильника;
- б) наличие рабочего тела и холодильника;
- в) наличие нагревателя и рабочего тела

4. Коэффициент полезного действия теплового двигателя:

- а) отношение времени полезной работы ко времени, затраченному на техническое обслуживание и ремонт;
- б) отношение механической работы, совершаемой двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя;
- в) отношение температуры нагревателя к температуре охладителя.

5. КПД теплового двигателя всегда:

- а) больше 1;
- б) равен 1;
- в) меньше 1.

6. Для приближения КПД теплового двигателя, работающего по циклу Карно, к единице, необходимо:

- а) повышать температуру нагревателя и понижать температуру холодильника;
- б) повышать температуру холодильника и понижать температуру нагревателя;
- в) повышать температуру холодильника и нагревателя;
- г) понижать температуру холодильника и нагревателя;
- д) стремиться сделать равной температуру холодильника.

7. Термодинамика позволяет при известной температуре T_1 источника тепла (нагревателя) и температуре T_2 приемника тепла (холодильника) ...

- а) ...рассчитать КПД любого теплового двигателя.
- б) ...оценить максимальный КПД любого теплового двигателя.
- в) ...оценить минимальный КПД любого теплового двигателя...
- г) ...определить конструкцию двигателя с КПД 100%.

Практическое занятие 5. Контрольная работа

Количество часов – 2 ч.

Вариант 1:

1. Какая масса кислорода содержится в объеме равном 6 м^3 при избыточном давлении 120 кПа и температуре 40°C ? Атмосферное давление составляет 10^5 Па . Определить плотность кислорода.
2. В резервуаре находится 7 кг воздуха при температуре 50°C . Сколько нужно теплоты подвести к воздуху, чтобы нагреть его до температуры 400°C при постоянном объеме?
3. Газ совершил работу и увеличился в объеме на 3 м^3 при постоянном давлении, равном $8 \cdot 10^5 \text{ Па}$. В процессе расширения газу сообщено $5 \cdot 10^7 \text{ Дж}$ теплоты. Рассчитать изменение внутренней энергии этого газа и определить что произошло с газом – нагревание или охлаждение.
4. Может ли КПД тепловой машины быть равным единице, или 100%?

Вариант 2:

1. Какая масса кислорода содержится в объеме равном 4 м^3 при избыточном давлении 100 кПа и температуре 60°C ? Атмосферное давление составляет 10^5 Па . Определить плотность кислорода.
2. Воздух при абсолютном давлении 400 кПа и температуре 30°C находится в закрытом резервуаре, объем которого составляет 2 м^3 . Нужно найти абсолютное давление и температуру газа в резервуаре после подвода к нему 320 кДж теплоты.
3. Водород, массой 15 кг, охлаждается от температуры 440°C до температуры 280°C при постоянном давлении 90 кПа. Какое количество теплоты при этом отводится и какая работа совершается?
4. Повышается, понижается или остается неизменным КПД двигателя ракеты в космическом пространстве по сравнению с его работой в атмосфере Земли? Почему?

Форма контроля: Письменный отчет

Раздел 2. Основы теплопередачи

Тема 2.1. Теория теплообмена

Практическое занятие 6-7. Решение задач по теме Теплопроводность при стационарном режиме.

Количество часов – 4 ч.

1. Найти плотность теплового потока через плоскую стенку с термическим сопротивлением $R_t = 1,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$. Температуры на внутренней и наружной поверхностях стенки поддерживаются равными: $T_{w1} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ и $T_{w2} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Ответ: $q = 40 \text{ Вт/м}^2$.

2. Определить плотность теплового потока через оконное стекло толщиной $\delta = 4 \text{ мм}$, если температуры на внутренней и наружной поверхностях стекла соответственно равны: $T_{w1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ и $T_{w2} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. 22 Указание. Коэффициент теплопроводности стекла найти в справочных таблицах при средней температуре стекла

Ответ: $q = 3750 \text{ Вт/м}^2$.

3. Температура на внутренней поверхности стенки двигателя внутреннего сгорания $T_{w1} = 210 \text{ }^\circ\text{C}$, а на наружной поверхности стенки двигателя $T_{w2} = 190 \text{ }^\circ\text{C}$. Площадь поверхности двигателя $F = 0,5 \text{ м}^2$. Найти тепловой поток, проходящий через стенку двигателя внутреннего сгорания толщиной $\delta = 5 \text{ мм}$, если материал двигателя внутреннего сгорания – алюминий. Указание. Коэффициент теплопроводности алюминия найти в справочных таблицах при средней температуре поверхности стенки двигателя (см. Приложение).

Ответ: $Q = 458 \text{ кВт}$.

4. Определить тепловой поток через стену жилого дома площадью $F = 50 \text{ м}^2$, если перепад температур на внутренней и наружной поверхностях стенки $\Delta T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$. Термическое сопротивление стены $R_t = 2,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$.

Ответ: $Q = 500 \text{ Вт}$.

5. Стена высотой $H = 5 \text{ м}$ и шириной $B = 10 \text{ м}$ выполнена из красного кирпича толщиной $\delta = 510 \text{ мм}$. На внутренней поверхности стены температура $T_{w1} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$, на наружной поверхности стены температура $T_{w2} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$. Коэффициент теплопроводности красного кирпича $\lambda = 0,67 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$. Найти тепловой поток через стену.

Ответ: $Q = 1510,8 \text{ Вт}$.

6. Температуры на внутренней и наружной поверхностях картера двигателя соответственно равны: $T_{w1} = 250 \text{ }^\circ\text{C}$ и $T_{w2} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, коэффициент теплопроводности материала стенки $\lambda = 45 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, средняя толщина стенки $\delta = 5 \text{ мм}$. Рассчитать термическое сопротивление и тепловой поток, проходящий через стенку картера двигателя площадью $F = 0,6 \text{ м}^2$, считая её плоской.

Ответ: $R_t = 1,111 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$; $Q = 1,08 \text{ МВт}$.

Форма контроля: Письменный отчет

Практическое занятие 8. Решение задач по теме Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности

Количество часов – 4 ч.

Плоская пластина $l, \text{м}$ обтекается продольным потоком жидкости (газа) со скоростью $w_0, \text{м/с}$. Температура набегающего потока t_{∞} . Задана температура поверхности пластины $t_s = \text{const}$. Найти:

1. Критическую координату $x_{кр}$ точки перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный;
2. Толщины динамического δ и теплового δ_t пограничных слоёв на различных расстояниях от передней кромки поверхности;
3. Значения местных коэффициентов теплоотдачи α_x на различных расстояниях от передней кромки пластины;
4. Средние коэффициенты теплоотдачи α для участков с различными режимами течения;
5. Построить графики $\delta = \delta(x)$, $\delta_t = \delta_t(x)$, $\alpha = \alpha(x)$.

Жидкость: трансформаторное масло

$$w_0 = 1.4 \text{ м/с}$$

$$l = 2.2 \text{ м}$$

$$t_{\infty} = 40^\circ \text{C}$$

$$t_s = 80^\circ \text{C}$$

1. Вычисление критической координаты точки перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный

Определим теплофизические параметры ТМ при температуре $t_{\infty} = 40^\circ \text{C}$:

$$\nu = 10.3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$\lambda = 10.09 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\text{Pr}_\infty = 146$$

$$\text{Pr}_s = 59.3 \text{ при } t_s = 80^\circ \text{C}$$

Вычислим число Рейнольдса:

$$\text{Re}_{x_i} = \frac{w_0 \cdot l}{\nu} = \frac{1.4 \cdot 2.2}{10.3 \cdot 10^{-6}} = 3 \cdot 10^5$$

Критическое число Рейнольдса:

$$\text{Re}_{кр} = 10^5$$

Т.к. $\text{Re}_{x_i} > 10^5$, то режим течения в пограничном слое на конце пластины - турбулентный.

Вычислим координату $x_{кр}$ точки перехода ламинарного течения в пограничном слое в турбулентное:

$$x_{кр} = \frac{\text{Re}_{кр} \cdot \nu}{w_0} = \frac{10^5 \cdot 10.3 \cdot 10^{-6}}{1.4} = 0.74 \text{ м}$$

2. Вычисление толщин динамического и теплового пограничных слоёв на различных расстояниях от передней кромки поверхности

2.1. Расчёт ламинарного режима течения

2.1.1. Вычисление толщин динамического и теплового пограничных слоёв, а также коэффициентов теплоотдачи для различных точек

Для точки $x = 0.2 \text{ м}$, вычислим:

$$\text{Re}_{x,x} = \frac{w_0 \cdot x}{\nu} = \frac{1.4 \cdot 0.2}{10.3 \cdot 10^{-6}} = 2.72 \cdot 10^4$$

$$\delta_{\lambda} = \frac{4.64 \cdot x}{Re_{\lambda, x}^{0.5}} = \frac{4.64 \cdot 0.2}{(2.72 \cdot 10^4)^{0.5}} = 0.0056 \text{ м.}$$

$$k = \frac{4.64 \cdot x}{Re_{\lambda, x}^{0.5} \cdot Pr_{\lambda}^{0.33}} = \frac{4.64 \cdot 0.2}{(2.72 \cdot 10^4)^{0.5} \cdot 146^{0.33}} = 0.0011 \text{ м.}$$

$$Nu_x = 0.332 \cdot Re_{\lambda, x}^{0.5} \cdot Pr_{\lambda}^{0.33} \cdot \left(\frac{Pr_{\lambda}}{Pr_f}\right)^{0.25} = 0.332 \cdot (2.72 \cdot 10^4)^{0.5} \cdot 146^{0.33} \cdot \left(\frac{146}{59.3}\right)^{0.25} = 355.11$$

$$Nu_x = \frac{\alpha_x \cdot x}{\lambda} \Rightarrow \alpha_x = \frac{Nu_x \cdot \lambda}{x} = \frac{355.11 \cdot 10.09 \cdot 10^{-2}}{0.2} = 179.15 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Для других точек ламинарного режима течения вычисления производим по этим же формулам, результаты записываем в таблицу.

2.1.2. Вычисление среднего коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока

$$\bar{Nu}_{x_{\text{ср}}} = 0.664 \cdot Re_{\lambda, x_{\text{ср}}}^{0.5} \cdot Pr_{\lambda}^{0.33} \cdot \left(\frac{Pr_{\lambda}}{Pr_f}\right)^{0.25} = 0.664 \cdot (10^5)^{0.5} \cdot 146^{0.33} \cdot \left(\frac{146}{59.3}\right)^{0.25} = 1392.04$$

$$\bar{\alpha}_{x_{\text{ср}}} = \frac{\bar{Nu}_{x_{\text{ср}}} \cdot \lambda}{x_{\text{ср}}} = \frac{1392.04 \cdot 10.09 \cdot 10^{-2}}{0.74} = 189.81 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$q_z = \bar{\alpha}_{\lambda} \cdot |t_z - t_{\lambda_0}| = 189.81 \cdot |80 - 40| = 7592.4 \text{ Вт/м}^2$$

2.2. Расчёт турбулентного режима течения

2.2.1. Вычисление толщины динамического пограничного слоя, а также коэффициентов теплоотдачи для различных точек

Для точки $x = 1.0 \text{ м.}$ вычислим:

$$Re_{\lambda, x} = \frac{\omega_{\lambda} \cdot x}{\nu} = \frac{1.4 \cdot 1.0}{10.3 \cdot 10^{-6}} = 13.60 \cdot 10^4$$

$$\delta_{\lambda} = \frac{0.37 \cdot x}{Re_{\lambda, x}^{0.4}} = \frac{0.37 \cdot 1.0}{(13.60 \cdot 10^4)^{0.4}} = 0.0348 \text{ м.}$$

$$Nu_x = 0.0296 \cdot Re_{\lambda, x}^{0.8} \cdot Pr_{\lambda}^{0.43} \cdot \left(\frac{Pr_{\lambda}}{Pr_f}\right)^{0.25} = 0.0296 \cdot (13.60 \cdot 10^4)^{0.8} \cdot 146^{0.43} \cdot \left(\frac{146}{59.3}\right)^{0.25} = 4062.82$$

$$Nu_x = \frac{\alpha_x \cdot x}{\lambda} \Rightarrow \alpha_x = \frac{Nu_x \cdot \lambda}{x} = \frac{4062.82 \cdot 10.09 \cdot 10^{-2}}{1.0} = 409.94 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Для других точек турбулентного режима течения вычисления производим по этим же формулам, результаты записываем в таблицу

2.2.2. Вычисление среднего коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока

$$\bar{Nu}_L = 0.037 \cdot Re_{\lambda, L}^{0.8} \cdot Pr_{\lambda}^{0.43} \cdot \left(\frac{Pr_{\lambda}}{Pr_f}\right)^{0.25} = 0.037 \cdot (29.90 \cdot 10^4)^{0.8} \cdot 146^{0.43} \cdot \left(\frac{146}{59.3}\right)^{0.25} = 9537.69$$

$$\bar{\alpha}_m = \frac{\bar{Nu}_L \cdot \lambda}{L} = \frac{9537.69 \cdot 10.09 \cdot 10^{-2}}{2.2} = 437.43 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$q_z = \bar{\alpha}_{\lambda} \cdot |t_z - t_{\lambda_0}| = 437.43 \cdot |80 - 40| = 17497.33 \text{ Вт/м}^2$$

Форма контроля: Письменный отчет

Практическое занятие 9. Решение задач по теме Теплоотдача при свободном движении жидкостей около горизонтальных труб

Количество часов – 2 ч.

Большую роль как в технике, так и в быту играют процессы теплообмена при естественной конвекции, возникающей из-за разности плотностей нагретых и холодных частиц.

Для горизонтальных труб, если $10^3 < (Gr_{ж\delta} \cdot Pr_{ж}) \leq 10^9$, для расчета средних коэффициентов теплоотдачи рекомендуется следующее уравнение:

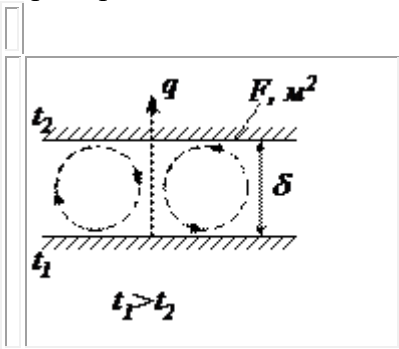
$$\overline{Nu}_{ж\delta} = 0,5 (Gr_{ж\delta} Pr_{ж})^{0,25} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_{\epsilon}} \right)^{0,25},$$

определяющий размер – наружный диаметр трубы (d).

Рассмотренная картина движения жидкости относится к случаям, когда расположение и размеры поверхностей, замыкающих среду, на развитие свободного движения не влияют. Такое движение называется свободной конвекцией в большом объеме.

Естественная конвекция в **ограниченном объеме** характеризуется наличием восходящих и нисходящих потоков, когда условия свободного движения жидкости значительно отличаются от ее движения в неограниченном пространстве.

Примеры естественной конвекции жидкости в ограниченном объеме представлены на рис



Через **газовые** прослойки передача теплоты между поверхностями осуществляется тремя способами: теплопроводностью, конвекцией и излучением, через прослойки **капельной жидкости** – двумя: теплопроводностью и конвекцией. Во всех случаях передачу теплоты рассчитывают по формулам теплопроводности, но коэффициент теплопроводности среды заменяют эквивалентным, учитывающим перенос теплоты другими способами.

Для плоских прослоек тепловой поток рассчитывают по уравнению

$$Q = \frac{\lambda_{экв}}{\delta} (t_1 - t_2) F, \quad \text{Вт,}$$

для цилиндрических

$$Q = \frac{2\pi \ell \lambda_{экв} (t_1 - t_2)}{\ln \frac{d_2}{d_1}}.$$

Для прослоек капельной жидкости

$$\lambda_{экв} = \lambda \cdot \epsilon_{\kappa},$$

где λ – коэффициент теплопроводности жидкости; ϵ_{κ} – коэффициент, учитывающий перенос тепла конвекцией.

Для прослоек любой формы при $(Gr_{ж\delta} \cdot Pr_{ж}) > 10^3$ коэффициент конвекции рассчитывается по формуле

$$\epsilon_{\kappa} = 0,18 (Gr_{ж\delta} \cdot Pr_{ж})^{0,25},$$

$$Gr_{жз} = \frac{g \beta (t_1 - t_2) \delta^3}{\nu^2}, \quad t_{жз} = \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

где определяющая температура

При $(Gr_{жз} \cdot Pr_{жз}) < 10^3$ принимают $\epsilon_k = 1$.

Для газовых плоских прослоек

$$\lambda_{жз} = \lambda \cdot \epsilon_k + \frac{q_{л} \delta}{t_1 - t_2},$$

где $q_{л}$, Вт/м² – плотность теплового потока, передаваемого излучением через газовую прослойку.

Для газовых цилиндрических прослоек

$$\lambda_{жз} = \lambda \cdot \epsilon_k + \frac{Q_{л} \ln \frac{d_2}{d_1}}{2 \pi l (t_1 - t_2)}.$$

Задача 1.

По горизонтально расположенной стальной трубе ($\lambda = 20$ Вт/(м*К)) со скоростью $w = 2,7$ м/с течёт вода, имеющая температуру $t_B = 2200$ С.

Снаружи труба охлаждается окружающим воздухом, температура которого $t_{возд} = 160$ С, давление 0,1 МПа.

Определить коэффициенты теплоотдачи и соответственно от воды к стенке трубы и от стенки трубы к воздуху; коэффициент теплопередачи и тепловой поток, отнесённый к 1 м длины трубы, если внутренний диаметр трубы равен $d_1 = 180$ мм, внешний – $d_2 = 200$ мм.

Форма контроля: Письменный отчет

Практическое занятие 10. Составление конспекта по теме Законы теплового излучения

Количество часов – 2 ч.

Подготовить в соответствии с планом:

1. Тепловое излучение
2. Основными количественными характеристиками теплового излучения
3. Законы теплового излучения
 - 3.1. Закон Кирхгофа Следствия из закона Кирхгофа:
 - 3.2. Закон Стефана-Больцмана.
 - 3.3. Закон Вина.
 - 3.4. Теория Планка.

Форма контроля: Письменный отчет

Тема 2.2. Теплопередача в пожарном деле

Практическое занятие 11. Решение задач по теме Теплообменные аппараты

Количество часов – 2 ч.

Теплообменным аппаратом называется устройство, предназначенное для передачи теплоты от горячей среды к холодной.

Кроме аппаратов, в которых передача теплоты является единственной производственной задачей (как для всевозможных нагревателей, охладителей, конденсаторов, испарителей), к теплообменникам можно отнести и разнообразные технологические установки и устройства, например, двигатели внутреннего сгорания, печи для термической обработки материалов, электрические машины, химические реакторы и пр. Общим для них является то, что для рациональной их эксплуатации необходим подвод или отвод определенного количества теплоты. В электрических

машинах и аппаратах это будет охлаждение токоведущих частей с целью недопущения перегрева проводника и изоляции.

Порядок выполнения практической работы:

Задание 1. Составить классификация теплообменных аппаратов с кратким описанием

а) по назначению:

- подогреватели,
- конденсаторы,
- охладители,
- испарители,
- паропреобразователи

б) по принципу действия:

- рекуперативные,
- регенеративные,
- смешивающие
- с электрическим обогревом.

Задание 2. Определить требуемую поверхность рекуперативного теплообменника, в котором вода нагревается горячими газами. Расход воды $G=9500$ кг/час.

Расчет произвести для прямоточной и противоточной схем. Если известны значения температур газа $t_1' = 370^\circ\text{C}$, $t_1'' = 160^\circ\text{C}$ и воды $t_2' = 33^\circ\text{C}$, $t_2'' = 120^\circ\text{C}$, коэффициент теплопередачи $k=15$ Вт/(м²·°C). Привести график изменения температур для обеих схем движения.

1 Определим среднюю температуру воды

$$t_{2cp} = (t_2' + t_2'')/2 = (33 + 120)/2 = 76,5^\circ\text{C}$$

2 Определим физические характеристики воды при температуре t_{2cp} , см. [1], стр. 299:

$$\text{теплоемкость воды } C_{p2} = 4,192 \text{ КДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$$

3 Определим количество теплоты, переданное воде

$$Q_2 = G \cdot C_{p2} \cdot (t_2'' - t_2')/3600 = 9500 \cdot 4,192 \cdot (120 - 33)/3600 = 962,4 \text{ КДж/с}$$

4 Определим температурный напор при прямоточном теплообменнике

$$\Delta t = ((t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2''))/\ln((t_1' - t_2')/(t_1'' - t_2'')) = \\ = ((370 - 33) - (160 - 120))/\ln((370 - 33)/(160 - 120)) = 139,36^\circ\text{C}$$

5 Определим необходимую площадь прямоточного теплообменника

$$F = Q_2/(K \cdot \Delta t) = 962,4 \cdot 10^3/(15 \cdot 139,36) = 460,4 \text{ м}^2$$

6 Определим температурный напор при противоточном теплообменнике

$$\Delta t' = ((t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2'))/\ln((t_1' - t_2'')/(t_1'' - t_2')) = 169,80^\circ\text{C} \\ = ((370 - 120) - (160 - 33))/\ln((370 - 120)/(160 - 33)) = 181,61^\circ\text{C}$$

7 Определим необходимую площадь противоточного теплообменника

$$F' = Q_2/(K \cdot \Delta t') = 962,4 \cdot 10^3/(15 \cdot 181,61) = 353,3 \text{ м}^2$$

Форма контроля: Письменный отчет

Практическое занятие 12. Семинарское занятие:

Количество часов – 2 ч.

Вопросы для обсуждения

1. Понятие теплопередачи.
2. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициент теплопроводности.
3. Передача теплоты через плоскую стенку (граничные условия I рода).
4. Передача теплоты через плоскую стенку (граничные условия III рода).
5. Передача теплоты через однослойную цилиндрическую стенку (граничные условия I рода).

6. Передача теплоты через однослойную цилиндрическую стенку (граничные условия III рода).
7. Критический диаметр цилиндрической стенки.
8. Конвективный теплообмен. Основные положения.
9. Подobie процессов конвективного теплообмена.
10. Теплоотдача при свободном движении жидкости.
11. Теплопередача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности.
12. Теплопередача при вынужденном течении жидкости в трубах.
13. Лучистый теплообмен. Виды лучистых потоков.
14. Законы теплового излучения.
15. Лучистый теплообмен при наличии экранов.
16. Лучистый теплообмен между телом и его оболочкой.
17. Лучистый теплообмен между телами произвольно ориентированными в пространстве.
18. Излучение газов и паров.
19. Теплообменные аппараты.

Форма контроля: Индивидуальный отчет, выступление

Раздел 3. Основы гидравлики

Тема 3.2. Теоретические основы гидродинамики

Практическое занятие 14. Контрольная работа по разделу Гидравлика

Количество часов – 2 ч.

Вопросы для контрольной работы

1. Основные понятия и определения. Физические свойства жидкостей.
2. Рабочие жидкости гидроприводов.
3. Основные параметры рабочей жидкости.
4. Понятия гидростатического давления.
5. Закон Паскаля.
6. Давление жидкости на плоскую стенку.
7. Закон Архимеда.
8. Приборы для измерения давления. Пьезометр.
9. Приборы для измерения давления. Ртутный манометр.
10. Приборы для измерения давления. Пружинный манометр.
11. Приборы для измерения давления. Мембранный манометр.
12. Гидростатические машины. Гидравлический пресс.
13. Гидростатические машины. Гидравлический мультипликатор.
14. Основные задачи и понятия гидродинамики.
15. Режимы движения жидкости.
16. Уравнение Бернулли.
17. Применение уравнения Бернулли. Карбюратор.
18. Применение уравнения Бернулли. Струйный насос.
19. Характеристика трубопроводов.

Форма контроля: Письменный отчет

Практическое занятие 15. Зачетное занятие

Тестовые задания по ОП.05. Термодинамика, теплопередача, гидравлика

1. Изотермический процесс утверждает что:

- а) при $p = const$; $p_i/V_i = const$

- б) при $T = const$,; $p_i V_i = const$
- в) при $V = const$, $p_i / T_i = const$
- г) $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$

2. Изобарный процесс утверждает что:

- а) при $p = const$,; $V_i / T_i = const$
- б) при $T = const$,; $p_i V_i = const$
- в) при $V = const$, $p_i / T_i = const$
- г) $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$

3. Изохорный процесс утверждает что:

- а) при $p = const$,; $V_i / T_i = const$
- б) при $T = const$,; $p_i V_i = const$
- в) при $V = const$, $p_i / T_i = const$
- г) $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$

4. Термодинамическая система, не обменивающаяся теплотой с окружающей средой, называется:

- а) открытой;
- б) закрытой;
- в) изолированной;
- г) адиабатной.

5. Термодинамическая система, не обменивающаяся с окружающей средой веществом, называется:

- а) закрытой;
- б) замкнутой;
- в) теплоизолированной;
- г) изолированной.

6. Процесс получения водяного пара за счет молекул, вылетающих с поверхности воды, называется:

- а) кипением;
- б) испарением;
- в) конденсацией;
- г) дистилляцией.

7. Единицы измерения температуры в системе СИ

- а) $^{\circ}\text{C}$;
- б) К;
- в) $^{\circ}\text{F}$

8. Параметры состояния газа

- а) давление, объем, температура;
- б) давление, плотность, температура;
- в) масса, объем, температура;
- г) внутренняя энергия, объем, температура.

9. Ламинарный режим движения жидкости это - ...

- а) режим, при котором частицы жидкости перемещаются бессистемно только у стенок трубопровода;
- б) режим, при котором частицы жидкости в трубопроводе перемещаются бессистемно;
- в) режим, при котором жидкость сохраняет определенный строй своих частиц;
- г) режим, при котором частицы жидкости двигаются послойно только у стенок трубопровода.

10. Турбулентный режим движения жидкости это - ...

- а) режим, при котором частицы жидкости сохраняют определенный строй;
- б) режим, при котором частицы жидкости перемещаются в трубопроводе бессистемно;
- в) режим, при котором частицы жидкости двигаются как послойно так и бессистемно;
- г) режим, при котором частицы жидкости двигаются послойно только в центре трубопровода.

11. Давление при нормальных условия

- а) 101,3 кПа;
- б) 760 мм.вод.ст;
- в) 780 мм.рт.ст;

12. Температура при нормальных условия

- а) 0 К;
- б) 273 °С;
- в) 0 °С;

13. Математическое выражение первого закона термодинамики для закрытых систем:

- а) $Q = U + A$;
- б) $Q = \Delta U + A$;
- в) $\delta Q = dU + dA$;
- г) $\delta Q = dU + \delta A$.

14. Термодинамический процесс, протекающий как в прямом, так и в обратном направлении называется:

- а) равновесным;
- б) обратимым;
- в) неравновесным;
- г) необратимым.

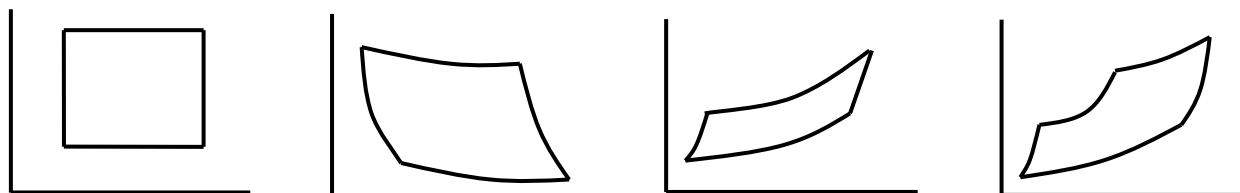
15. По прямому циклу Карно работают:

- а) тепловые двигатели;
- б) тепловые насосы;
- в) паровые турбины;
- г) холодильные установки.

16. По обратному циклу Карно работают:

- а) тепловые двигатели;
- б) паровые турбины;
- в) двигатели внутреннего сгорания;
- г) холодильные установки.

17. Цикл Карно в координатных осях P–V показан на диаграмме:



а) б) в) г)

18. Закон Архимеда читается следующим образом:

- а) на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила;
- б) на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх;
- в) на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх, равная весу жидкости, вытесненной телом.

19. Наибольший термический КПД будет у цикла:

- а) с изобарным подводом теплоты;
- б) Карно;
- в) с изохорным подводом теплоты;
- г) со смешанным подводом теплоты.

20. При работе ДВС автомобиля энергия, выделившаяся при сгорании топлива:

- а) полностью превращается в механическую энергию автомобиля;
- б) частично превращается в механическую энергию автомобиля;
- в) полностью превращается во внутреннюю энергию выхлопных газов;
- г) полностью превращается в кинетическую энергию выхлопных газов.

21. Процесс передачи тепла от одних материальных тел к другим в общем случае называется:

- а) тепловым излучением;
- б) теплоотдачей;
- в) теплопроводностью;
- г) теплопередачей.

22. На каком из способов теплопередачи основано нагревание твердого тела?

- а) теплопроводность;
- б) конвекция;
- в) излучение.

23. Какой вид теплопередачи сопровождается переносом вещества?

- а) теплопроводность;
- б) излучение;
- в) конвекция.

24. Назовите возможный способ теплопередачи между телами, разделенными безвоздушным пространством:

- а) теплопроводность;
- б) конвекция;
- в) излучение.

25. Гидростатическое давление - это давление присутствующее ...

- а) в движущейся жидкости;
- б) в покоящейся жидкости;

- в) в жидкости, находящейся под избыточным давлением;
- г) в жидкости, помещенной в резервуар.

26. "Давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, передается всем точкам этой жидкости по всем направлениям одинаково"

- а) это - закон Ньютона;
- б) это - закон Паскаля;
- в) это - закон Никурадзе;
- г) это - закон Жуковского.

27. Как называются разделы, на которые делится гидравлика?

- а) гидростатика и гидромеханика;
- б) гидромеханика и гидродинамика;
- в) гидростатика и гидродинамика;
- г) гидрология и гидромеханика.

28. Раздел гидравлики, в котором рассматриваются законы равновесия жидкости, называется ...

- а) гидростатика;
- б) гидродинамика;
- в) гидромеханика;
- г) гидравлическая теория равновесия.

29. Сжимаемость это свойство жидкости ...

- а) изменять свою форму под действием давления;
- б) изменять свой объем под действием давления;
- в) сопротивляться воздействию давления, не изменяя свою форму;
- г) изменять свой объем без воздействия давления.

30. Вязкость жидкости это -

- а) способность сопротивляться скольжению или сдвигу слоев жидкости;
- б) способность преодолевать внутреннее трение жидкости;
- в) способность преодолевать силу трения жидкости между твердыми стенками;
- г) способность перетекать по поверхности за минимальное время.

31. Вязкость жидкости при увеличении температуры ...

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) остается неизменной;
- г) сначала уменьшается, а затем остается постоянной.

32. Коэффициент излучения энергии с поверхности тела характеризует:

- а) интенсивность теплоотдачи;
- б) интенсивность нагрева тела;
- в) интенсивность поглощения энергии;
- г) интенсивность излучения энергии.

33. Если коэффициент пропускания тела равен 1, то тело называется:

- а) абсолютно белым;
- б) серым;
- в) абсолютно прозрачным;
- г) абсолютно черным.

34. Если коэффициент отражения равен 1, то тело является:

- а) абсолютно белым;
- б) абсолютно черным;
- в) абсолютно прозрачным;
- г) серым.

35. Если коэффициент поглощения равен 1, то тело является:

- а) абсолютно белым;
- б) абсолютно черным;
- в) абсолютно прозрачным;
- г) серым.

36. Характеристика эффективности механизма преобразующего энергию:

- а) работа, которая требуется от данного механизма;
- б) результативность механизма;
- в) коэффициент полезного действия;

37. В вакууме процесс переноса теплоты осуществляется:

- а) теплопроводностью;
- б) конвекцией;
- в) тепловым излучением;
- г) теплопередачей.

38. Что такое жидкость?

- а) физическое вещество, способное заполнять пустоты;
- б) физическое вещество, занимающее по своему молекулярному строению промежуточное положение между твердыми телами и газами;
- в) физическое вещество, способное изменять свой объем;
- г) физическое вещество, способное течь.

39. Идеальной жидкостью называется ...

- а) жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение;
- б) жидкость, подходящая для применения;
- в) жидкость, способная сжиматься;
- г) жидкость, существующая только в определенных условиях.

40. В каких единицах измеряется давление в системе измерения СИ?

- а) в паскалях;
- б) в джоулях;
- в) в барах;
- г) в стокахсах.

Форма контроля: Письменный отчет

Критерии оценки устного выступления:

Оценка «отлично» – ставится, если выступление длится не более 10 мин., студент демонстрирует глубокие знания в объеме вопроса, свободное владение терминологией, теоретическим материалом, ориентируется в основных дискуссионных проблемах темы, владеет навыком анализа и обобщения материала, свободно, грамотно и интересно излагает информацию, сделаны полные аргументированные выводы.

Оценка «хорошо» – ставится, если студент уверенно демонстрирует знания в объеме учебника, допуская незначительные фактические ошибки, владеет навыком

анализа и обобщения материала, свободно излагает информацию, допуская незначительные речевые ошибки.

Оценка «удовлетворительно» – ставится, если студент демонстрирует недостаточность знаний, допуская фактические ошибки, слабо владеет терминологией, затрудняется сделать вывод и ответить на вопросы, материал излагает с опорой на конспект, допуская речевые ошибки

Оценка «неудовлетворительно» – ставится, если студент демонстрирует непонимание сущности рассматриваемой проблемы, допускает грубые фактические и речевые ошибки, не в состоянии сделать вывод и ответить на вопросы.

Критерии оценки расчетного задания:

Критерии	Баллы
Верно записано краткое условие задачи	0,5
Составлен правильный алгоритм решения задачи, в логическом рассуждении, записаны уравнения и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи выбранным способом	2
Выполнены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому решению и представлен верный ответ	2,5
<i>5 баллов – отлично</i> <i>4 баллов – хорошо</i> <i>3 балла – удовлетворительно</i> <i>Менее 3 баллов – неудовлетворительно</i>	

Критерии оценки теста:

85 – 100 % правильных ответов	<i>отлично</i>
70 – 84 % правильных ответов	<i>хорошо</i>
55 – 69% правильных ответов	<i>удовлетворительно</i>
0 – 54 % правильных ответов	<i>неудовлетворительно</i>

Доклад с презентацией

Критерии	Оценка (в баллах)
Качество доклада	1 - докладчик зачитывает доклад; 2 - докладчик рассказывает, но не объяснена суть работы; 3 – доклад чётко выстроен и производит очень хорошее впечатление
Качество ответов на вопросы	1 - докладчик не может четко ответить на вопросы; 2 - докладчик не может ответить на большинство вопросов; 3 - докладчик отвечает на большинство вопросов
Использование презентации	1 – презентация практически не использовалась докладчиком; 2 – презентация использовалась не в полном объеме; 3 – докладчик хорошо ориентировался в содержании презентации
Оформление презентации	1 – оформление презентации не соответствует требованиям; 2 – есть незначительные нарушения в требованиях к оформлению; 3 – оформление презентации соответствует требованиям
Владение автором понятийным	1 - автор владеет базовым аппаратом; 2 - использованы педагогические термины;

аппаратом	3 - показано владение понятийным аппаратом
Четкость выводов, обобщающих доклад	1 - выводы имеются, но они не доказаны; 2 - выводы нечеткие; 3 - выводы полностью характеризуют работу
Итого баллов	

Критерии перевода баллов в оценку

- 16-18 баллов – отлично
11-15 баллов - хорошо
8-10 баллов - удовлетворительно
6-7 баллов – неудовлетворительно

Список литературы

Основные источники:

1. Белов Г. В. Термодинамика : учебник и практикум для вузов / Г. В. Белов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 524 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20064-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/557515>
2. Белов Г.В. Термодинамика в 2 Ч. Часть 2 3-е изд., испр. и доп. Учебник и практикум для академического бакалавриата, 2022. 248 с. М.: Юрайт.
3. Гусев А. А. Основы гидравлики : учебник для среднего профессионального образования / А. А. Гусев. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 218 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07761-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/560697>
4. Ерофеева В.Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена. Учебник для СПО, 2022. 308 с. М.: Юрайт.
5. Ерофеева В.Л. Теплотехника. Практикум. Учебное пособие для СПО. СПб.: Научная школа, 2023. 395 с.
6. Кудинов В.А. [Гидравлика 4-е изд., пер. и доп. Учебник и практикум для СПО.](#) М.: Юрайт, 2022. 386 с.
7. Кудинов В. А. Техническая термодинамика и теплопередача 4-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов. Высшее образование, 2022. 454 с.
8. Крайнов А.В. Термодинамика и теплопередача. Часть 1. Термодинамика. Учебное пособие. Томск: Томский политехнический университет, 2023. 160 с. «IPRbooks»
9. Скаков С.В. Термодинамика. Учебное пособие для СПО. Липецк, Саратов: Липецкий государственный технический университет, Профобразование, 2022. 122 с. «IPRbooks»
10. Смирнова М.В. Теоретические основы теплотехники 2-е изд. Учебное пособие для СПО. Профессиональное образование, 2024. 273 с.

Дополнительные источники:

1. Артемьева Т.В., Лысенко Т.М., Румянцева А.Н. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод – 4-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2022. 336 с.
2. Карминский В.Д. Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Маршрут, 2023. 224 с.

3. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. М.: Высшая школа, 2022, 326
4. Лакунин В.Н., Шатров М.Т. Теплотехника: учебник. М.: Высшая школа, 2022. 235 с.
5. Лапшев Н.Н. Гидравлика: учебник для студ. Учреждений высш. Проф. Образования – 4-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2018. 272 с.
6. Филин В.М. Гидравлика, пневматика и термодинамика. М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2024. 320 с.