



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УРОПСИ

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе модуля)
«ТЕПЛОТЕХНИКА»

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата
по направлению подготовки
**19.03.04 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКЦИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО
ПИТАНИЯ**

ИНСТИТУТ
РАЗРАБОТЧИК

агроинженерии и пищевых систем
кафедра энергетики

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплины	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
<p>ОПК-3: Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов</p>	<p>ОПК-3.5: Применяет знания о тепловой энергии при решении профессиональных задач</p>	<p>Теплотехника</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты в технологическом оборудовании пищевых предприятий; - теплофизические свойства вещества применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям; - термодинамические процессы и циклы преобразования энергии в технологическом оборудовании пищевых предприятий; - законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к тепловым системам; - технику измерений, виды, методы и средства теплотехнических измерений; - основные понятия о планировании анализе и обработке результатов исследований в теплотехническом эксперименте. <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить термодинамический анализ циклов тепловых установок с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД; - рассчитывать температурные поля в потоках теплоносителей и в элементах конструкций тепловых установок с целью интенсификации процессов теплообмена и обеспечения нормального температурного режима работы оборудования; - рассчитывать передаваемые тепловые потоки; - проводить минимизацию потерь теплоты. <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - методами термодинамического рас-

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплины	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотношенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			<p>чета тепловых установок и технологического оборудования;</p> <ul style="list-style-type: none"> - основами анализа рабочих процессов и циклов тепловых установок и технологического оборудования; - навыками определения параметров работы и тепловой эффективности тепловых установок; - основами расчета процессов теплообмена в элементах технологического оборудования. - пользоваться техническими средствами для проведения теплотехнических измерений; - навыками анализа информации о теплотехнических параметрах технологического оборудования и применяемой измерительной техники для использования в исследованиях; - терминологией в области методов проведения теплотехнических исследований.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам;
- задания по темам практических занятий;
- задания для контрольной работы (для студентов заочной формы обучения);

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме зачета, относятся:

- промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1 Тестовые задания используются для оценки освоения тем дисциплины студентами. Тестирование обучающихся проводится на занятиях после изучения на лекциях соответствующих разделов. В приложении № 1 приведены типовые тестовые задания.

По итогам выполнения тестовых заданий оценка выставляется по пятибалльной шкале в следующем порядке при правильных ответах на:

- 85–100 % заданий – оценка «5» (отлично);
- 70–84 % заданий – оценка «4» (хорошо);
- 51–69 % заданий – оценка «3» (удовлетворительно);
- менее 50 % – оценка «2» (неудовлетворительно).

3.2 В приложении № 2 приведены типовые задания и контрольные вопросы по лабораторным работам, предусмотренным рабочей программой дисциплины.

Целью лабораторного практикума является формирование способностей организовать, осуществлять и техническими средствами контролировать технологический процесс производства блюд на предприятиях общественного питания, разрабатывать мероприятия по совершенствованию технологии производства продукции общественного питания.

Оценка результатов выполнения заданий по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета по лабораторной работе, демонстрации преподавателю исполнения задания и на основании ответов студента на вопросы по тематике лабораторной работы. Студент, самостоятельно выполнивший задание и продемонстрировавший знание использованных им средств и приемов обработки продуктов получает по лабораторной работе оценку «зачтено».

3.3 В приложении № 3 приведены задания по темам практических занятий.

3.4 В приложении № 4 приведены задания по контрольной работе (для обучающихся по заочной форме обучения). В процессе работы над контрольной работой студент закрепляет навыки, полученные в ходе изучения дисциплины.

Руководство контрольной работой осуществляется преподавателем кафедры энергетики, читающим соответствующую дисциплину, и заключается в консультациях, контроле качества и хода поэтапного выполнения работы студентом.

Выполнение контрольной работы является самостоятельным видом учебного процесса. Студент несет полную ответственность за полученные результаты, принятые решения и окончание работы в назначенный срок.

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. Допуск студентов к зачету осуществляется при условии выполнения всех практических заданий с учетом результатов текущего контроля успеваемости.

Таблица 2 – Критерии выставления отметки

Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Теплотехника» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022 г.)

Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры технологии продуктов питания 13.04.2022 г. (протокол № 10).

Заведующая кафедрой



И.М. Титова

ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

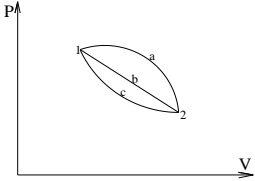
Вариант №1

<i>Вопрос 1. Термодинамическая система представляет собой</i>	
1. Совокупность тел, находящихся в тепловом взаимодействии друг с другом	3. Совокупность тел, обменивающихся энергией как друг с другом, так и с окружающей средой
2. Совокупность макроскопических тел, являющихся объектом изучения и обменивающихся энергией, как друг другу, так и с окружающей средой	4. Представляет собой тела, находящиеся в равновесном состоянии

<i>Вопрос 2. Размерность универсальной газовой постоянной</i>	
1. $\frac{Дж}{\text{моль} \cdot К}$	3. $\frac{Дж}{К}$
2. $\frac{Дж}{кг \cdot К}$	4. $\frac{\text{моль} \cdot К}{Дж}$

<i>Вопрос 3. Не характерно для термодинамического процесса</i>	
1. Над системой совершается работа внешних сил	3. Энтропия системы остаётся постоянной
2. Значения параметров не изменяются в ходе процесса	4. Остаётся постоянной температура

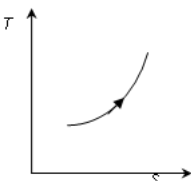
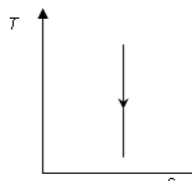
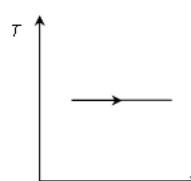
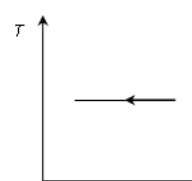
<i>Вопрос 4. Передача энергии между телами на молекулярном уровне без видимого движения тел называется</i>	
1. Теплотой	3. Внутренней энергией
2. Работой	4. Энтальпией

<i>Вопрос 5. Верное соотношение изменения внутренней энергии в процессах a, b и c</i>	
	
1. $\Delta U_a < \Delta U_b < \Delta U_c$	3. $\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c$
2. $\Delta U_a > \Delta U_b > \Delta U_c$	4. $\Delta U_a < \Delta U_b > \Delta U_c$

Вопрос 6. Если в некотором процессе газ совершил работу за счет убыли его внутрен-

<i>ней энергии, т.е. $L=-\Delta U$, то такой процесс является</i>	
1. изотермическим	3. изохорным
2. адиабатным	4. изобарным

<i>Вопрос 7. Уравнение характерное для изобарного процесса</i>	
1. $\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2}{T_1}$;	3. $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$;
2. $\frac{Pv}{T} = const$;	4. $\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_1}{T_2}$;

<i>Вопрос 8. На диаграмме показан адиабатный процесс, при котором над системой совершается работа внешних сил</i>	
1. 	3. 
2. 	4. 

<i>Вопрос 9. Работа идеального газа в изотермическом процессе</i>	
1. $L=0$;	3. $L=P(V_2-V_1)$
2. $L = mRT$;	$4 l = RT \ln \frac{v_1}{v_2}$;

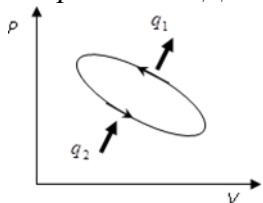
<i>Вопрос 10. При проверке чувствительности защит расчетным является</i>	
1. Аварийный	3. Ремонтный
2. Послеаварийный	4. Минимальный режим работы системы электроснабжения

<i>Вопрос 11. Показатель политропы n при адиабатном процессе</i>	
1. $n=0$	3. $n=k = 1,4$
2. $n=1$	4. $n=\pm \infty$

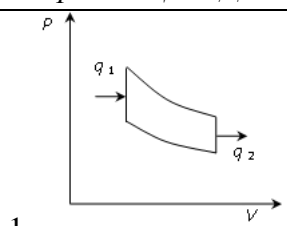
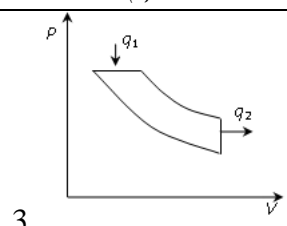
<i>Вопрос 12. Не входит в условие работы тепловой машины</i>	
1. Необходимо иметь рабочее тело	3. Необходимо иметь холодильник
2. Необходимо иметь нагреватель	4. Рабочее тело совершая ряд процессов должно возвращаться в исходное состояние

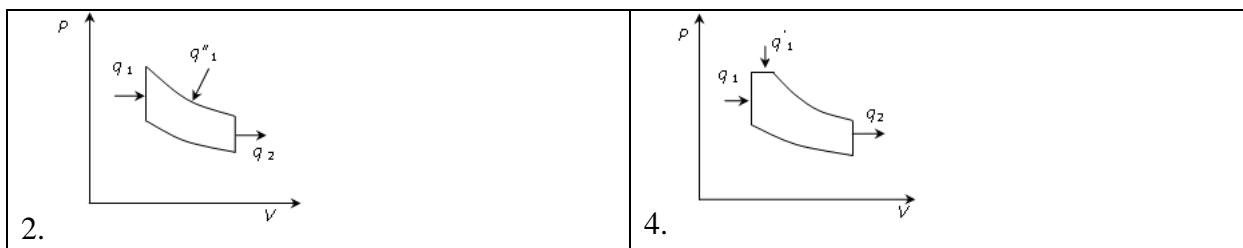
<i>Вопрос 13 Для получения максимального значения холодильного коэффициента необходимы процессы в цикле холодильной машины</i>	
1. Изотермический и адиабатный	3. Изобарный и изохорный
2. Изотермический и изобарный	4. Адиабатный и изохорный

<i>Вопрос 14. Параметрами состояния термодинамической системы являются</i>	
1. температура, давление, удельный объем, внутренняя энергия	3. температура, давление, удельный объем, теплота
2. работа, теплота, температура	4. работа, теплоемкость, внутренняя энергия

<i>Вопрос 15. КПД теплового насоса</i>	
	
1. $\eta_t = \frac{q_1}{q_1 - q_2}$	3. $\eta_t = \frac{l_u}{q_1}$;
2. $\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$	4. $\eta_t = \frac{q_2 - q_1}{q_1}$;

Вариант № 2

<i>Вопрос 1. Цикл ДВС с изохорным подводом теплоты (цикл Отто)</i>	
1. 	3. 



Вопрос 2. Холодильный коэффициент – это...

1. Отношение взятой от холодного источника теплоты к затраченной работе цикла	3. Отношение работы расширения в цикле, ко всей подведенной в цикле теплоте от горячего источника
2. Отношение всей подведенной в цикле теплоты от горячего источника к работе цикла	4. Отношение теплоты отведённой к горячему источнику к теплоте, отведённой от холодного источника

Вопрос 3. Ошибочное утверждение: теплоёмкость идеального газа зависит от

1. Давления	3. От характера процесса
2. Температуры	4. Физической природы газа

Вопрос 4. Объёмная теплоёмкость смеси газов это

1. $\sum r_i c'_i$	3. $\sum g_i c'_i$
2. $\sum r_i c_i$	4. $\sum g_i C_{\mu i}$

Вопрос 5. Формула теплоты в изохорном процессе

1. $Q = c_v m (T_2 - T_1)$	3. $Q_v = Q_p / k$
2. $Q = c_n m (T_2 - T_1)$	4. $Q = c_p m (T_2 - T_1)$

Вопрос 6. Уравнение первого закона термодинамики для рабочего тела в цилиндре

1. $\delta q = \delta q^e + \delta q_{тр} = du + p dv$	3. $\delta q = \delta q^e + \delta q_{тр} = dh - v dp$
2. $gdz + dc^2/2 + du = \delta q^e - d(pv) - \delta w_{тех}$	4. $gdz + dc^2/2 = -v dp - \delta w_{тр} - \delta w_{тех}$

Вопрос 7. Площадь соответствует теплоте в процессе 1-2

--

1. 12781	3. 123681
2. 23672	4. 245632

Вопрос 8. КПД цикла Карно, работающего в интервале температур изображённого произвольного цикла

1. 0,9	3. 0,7
2. 0,8	4. 0,45

Вопрос 9. Правильное утверждение: в процессе 1-2

1. Теплота отводится	3. Энтропия растёт
2. Теплота подводится	4. Теплота не подводится и не отводится

Вопрос 10. Ошибочное утверждение: второй закон термодинамики

1. Устанавливает количественное соотношение между теплотой, работой и внутренней энергией	3. Определяет максимальное значение работы, которая может быть произведена тепловым двигателем
2. Указывает направление протекания процессов в изолированной системе	4. Показывает невозможность создания вечного двигателя второго рода

Вопрос 11. Эксергетический метод используется для

1. Для анализа степени термодинамического совершенства тепловых машин и аппаратов	3. Для анализа степени термодинамического несовершенства газовых машин и аппаратов
2. Для анализа степени термодинамического совершенства газовых и гидравлических машин	4. Для анализа степени термодинамического совершенства вакуумных машин и аппаратов

Вопрос 12. Механическое взаимодействие термодинамической системы с окружающей средой происходит в следствие рабочего тела

1. Изменения объема	3. Изменения температуры
2. Изменения внутренней энергии	4. Изменения давления

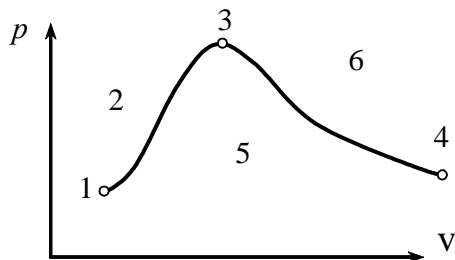
Вопрос 13. При переходе системы из неравновесного состояния в равновесное, максимальная работа будет получена в том случае, если процесс идет.....

1. Обратимо	3. По замкнутому циклу
2. Необратимо	4. Адиабатно

Вопрос 14. . Уравнение Клапейрона-Клаузиуса

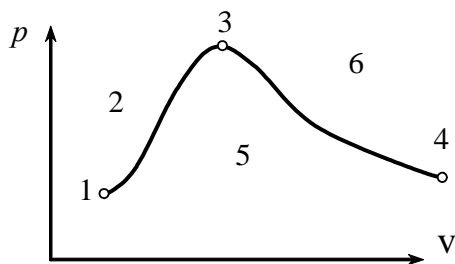
1. $\frac{dp}{dT_H} = \frac{r}{T_H(v''-v')} = \frac{s''-s'}{v''-v'}$	3. $T_H \frac{dp}{dT_H} = \frac{r}{u''-u'}$
2. $\frac{dp}{dT_H} = \frac{q}{T_H(v - v')}$	4. $\frac{dp}{dT_H} = \frac{r}{T_H(h''-h')} = \frac{s''-s'}{h''-h'}$

Вопрос 15. Состояние влажного насыщенного пара характеризует область:



1. Область 5	3. Кривая 1-3
2. Область 2	4. Кривая 3-4

Вопрос 1. Состояние сухого насыщенного пара характеризует область



1. Кривая 3-4

3. Область 6

2. Область 2

4. Кривая 1-3

Вопрос 2. В технике водяной пар получают испарением воды при постоянстве в результате непрерывного подвода тепла.

1. Давления

3. Разрежения

2. Температуры

4. Влажности

Вопрос 3. Уравнение Ван-дер-Ваальса для реального газа

1. $(p + a/v^2)(v - b) = RT$

3. $pv = RT \left(1 - \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k}{k+1} \frac{\beta_k}{v^k} \right)$

2. $(p + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT \left(1 - \frac{C}{vT^{\frac{3+2m}{2}}} \right)$

4. $z = pv/(RT) = 1 + B/v + C/v^2 + D/v^3 + \dots$

Вопрос 4. Каналы называют диффузорами

1. Каналы, предназначенные для торможения потока и повышения его давления

3. Каналы, предназначенные для торможения потока и понижения его давления

2. Каналы, предназначенные для разгона потока

4. Каналы, предназначенные для разгона потока и понижения его давления

Вопрос 5. Соплом (дозвуковым) называется канал, в котором

1. Скорость растёт, а давление падает

3. Скорость и давление растут

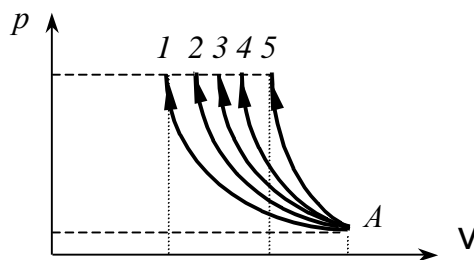
2. Скорость падает и давление падает

4. Скорость растёт, а давление не изменяется

Вопрос 6. Уравнение постоянства расхода по длине сопла любого профиля имеет вид

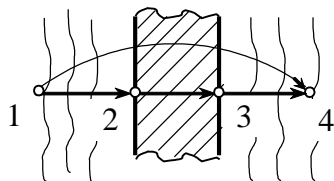
1. $\rho cA = \text{const}$	3. $p^* = p + \rho c^2/2 = \text{const}$
2. $cA/v = \text{const}$	4. $h^* = h + c^2/2 = \text{const}$

Вопрос 7. Процесс сжатия рабочего тела в компрессоре, при котором работа на привод компрессора будет наименьшей



1. A-1	3. A-3
2. A-2	4. A-4,5

Вопрос 8. Области пространства, где рассматривается только процесс теплопроводности:



1. 2-3	3. 3-4
2. 1-2 и 2-3	4. 1-2 и 3-4

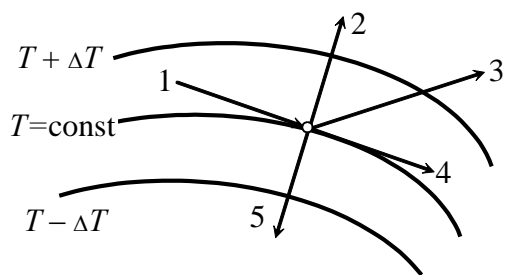
Вопрос 9. . Расположите металлы в порядке убыви их теплопроводности

1. Серебро, медь, золото, алюминий, платина	3. Платина, медь, серебро, золото, алюминий
2. Серебро, платина, золото, алюминий, медь	4. Медь, серебро, золото, платина, алюминий

Вопрос 10. Уравнение теплопроводности для плоской стенки

1. $\Phi = \frac{\lambda}{\delta} (T_{c1} - T_{c2}) A$	3. $\Phi = \alpha (T_{ж} - T_c) A$
2. $\Phi = \alpha (T_c - T_{ж}) A$	4. $\Phi = k (T_{ж1} - T_{ж2}) A$

Вопрос 11. Вектор, изображающий градиент температуры:



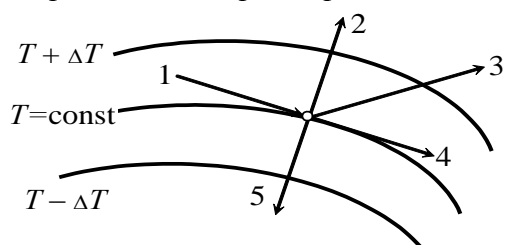
1. 2

3. 3

2. 1

4. 4

Вопрос 12. Вектор поверхностной плотности теплового потока:



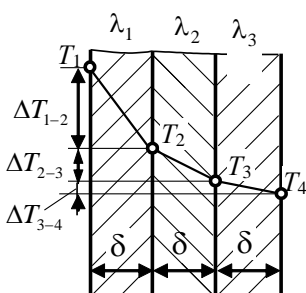
1. 5

3. 3

2. 2

4. 4

Вопрос 13. Правильное соотношение между теплопроводностями слоёв стенки:



1. $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$

3. $\lambda_2 < \lambda_1 > \lambda_3$

2. $\lambda_1 < \lambda_2 > \lambda_3$

4. $\lambda_2 > \lambda_1 > \lambda_3$

Вопрос 14. Формулу для расчёта термического сопротивления плоской стенки

1. δ / λ

3. $w d / v$

2. λ / δ

4. $p v / T$

<i>Вопрос 15 Уравнение Стефана-Больцмана для излучения чёрного тела</i>	
1. $\Phi = C_0 (T_1 / 100)^4$	3. $\Phi = \varepsilon'_{\text{пр}} C_0 [(T_1 / 100)^4 - (T_2 / 100)^4] A_1$
2. $\Phi = \alpha (T_{\text{ж}} - T_{\text{с}})$	4. $\Phi = \varepsilon_{\text{пр}} C_0 [(T_1 / 100)^4 - (T_2 / 100)^4] A$

Приложение № 2

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Задания по лабораторным работам выдаются в лаборатории. Перед началом выполнения работы студент изучает задание и после краткой беседы с преподавателем приступает к её выполнению. По окончании работы студент предварительно знакомит преподавателя с полученными результатами и получает его согласие на оформление отчета, которое осуществляется во внеаудиторное время.

Типовые задания и контрольные вопросы по лабораторным работам

Лабораторная работа № 1. Определение удельной газовой постоянной воздуха

Задание:

1. Рассмотреть методику экспериментального определения удельной газовой постоянной воздуха.
2. Под руководством преподавателя или лаборанта определить массу сосуда при открытом кране с помощью весов, определить путём взвешивания массу сосуда без воздуха.
3. Рассчитать массу воздуха в сосуде при атмосферном давлении.
4. Произвести расчёты удельной газовой постоянной воздуха.
5. Опытные и расчётные значения величин занести в таблицу.
6. Выполнить расчёт погрешности измерений.
7. Сделать вывод по выполненной работе.

Контрольные вопросы:

1. Перечислить термические параметры воздуха, объяснить уравнение состояния идеального газа.
2. Выполнить графическую связь между видами давления, на рисунке показать способы их измерения.
3. Объяснить физический смысл универсальной газовой постоянной.
4. Привести уравнение состояния для полного и удельного объёмов газа.
5. Пояснить методику экспериментального и расчётного определения удельной газовой постоянной воздуха.
6. Рассчитать плотность воздуха при нормальных условиях, плотность воздуха на улице, массу воздуха в комнате.
7. Выразить давление 5 ат в паскалях, барах, мм рт. ст. и мм вод. ст.

Лабораторная работа № 2. Определение показателя адиабаты для воздуха

Задание:

1. Ознакомиться с методом взвешивания стеклянного сосуда с воздухом при переменном давлении. Сравнить с табличными значениями.
2. Экспериментально определить величину газовой постоянной воздуха и показатель адиабаты.
3. Изучить принцип работы приборов для измерения давления.
4. Выполнить расчёты показателя адиабаты, заполнить таблицу вычислений.
5. Произвести расчёт погрешности измерений.
6. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы:

1. Привести сравнительные характеристики идеального газа и реального газа.
2. Охарактеризовать термодинамические процессы.
3. Сформулировать определение адиабатного процесса, представить его графическую характеристику..
4. Записать уравнение первого закона термодинамики.
5. Понятие теплоёмкости. Связь между видами теплоёмкостей.
6. Уравнение Майера.

Лабораторная работа № 3. Исследование кривой насыщения для воды и пара

Задание

1. Изучить параметры состояния влажного воздуха.
2. Процессы насыщения влажного воздуха изобразить графически.
3. Построить зависимость температуры насыщения водяного пара от давления и сравнить с действительной кривой насыщения.
4. Ознакомиться с фазовой диаграммой p - T и линиями фазовых переходов.
5. Выполнить под руководством преподавателя лабораторную работу, заполнить таблицу измерений.
6. Произвести расчёты, перенести значения на dh -диаграмму влажного воздуха
7. Сделайте выводы по работе

Контрольные вопросы:

1. Физический смысл процессов парообразования, испарения, кипения, конденсации, сублимации, десублимации.
2. Дайте определение температуре насыщения, давлению насыщения, температурной депрессии.
3. Приведите определение критической точке, тройной точке.
4. Приведите пример и сформулируйте определение понятия сухого насыщенного, влажного насыщенного, перегретого пара.
5. Определение степени сухости и степени влажности воздуха.
6. Теплота парообразования.

Лабораторная работа № 4. Исследование процессов во влажном воздухе

Задание:

1. Изучение изменений состояния влажного воздуха в процессах, протекающих в сушильной установке.
2. Рассмотреть графическую зависимость основных параметров влажного воздуха при атмосферном давлении $P = 745 \text{ мм рт. ст.} = 99,33 \text{ кПа}$.
3. На экспериментальном стенде произвести снятие измерений температуры, давления, перепада диафрагмы.
4. На диаграмме dh для влажного воздуха по найденным температурам построить, процессы во влажном воздухе и определить относительную влажность φ , влагосодержание d (г/кг), парциальное давление пара $P_{\text{п1}}$ энтальпию h (кДж/кг) в заданных точках.
5. При обработке результатов опыта вычислить:
 - а) парциальную плотность сухого воздуха на входе в калорифер, кг/м³
 - б) массовый расход сухого воздуха ;
 - в) массовый расход влаги, испаряемой в сушильной камере, кг/с ;
 - г) тепловой поток к воздуху в калорифере
 - д) тепловые потери в калорифере ;
 - в) действительный расход теплоты на испарение 1 кг воды
6. Результаты опытов и расчётов занести в таблицу вычислений.
7. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение влажного воздуха.
2. Приведите примеры влажного воздуха не насыщенным и насыщенным влагой.

3. Объясните явление точки росы.
4. Абсолютная влажность и относительная влажность.
5. Основные понятия графической зависимости основных параметров влажного воздуха h-d диаграммы влажного воздуха.
6. Назовите основные процессы сушки в h-d диаграмме.
7. Определите «точку росы» с помощью h-d диаграммы.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Задание 1

Газовая смесь состоит из m_{N_2} кг, азота, m_{CO_2} кг углекислого газа и m_{CO} кг окиси углерода. Начальные параметры смеси p_1 МПа и t_1 °С. В процессе $T = \text{const}$ смесь расширяется до давления p_2 МПа. Определить работу расширения смеси L , количество подведенной теплоты Q , объем в конце расширения V_2 и парциальные давления газов в начальном состоянии. Определить также изменение внутренней энергии ΔU и энтальпии ΔH смеси. Построить процесс в p - v и T - s диаграммах.

Задание 2

Сосуд вместимостью V_1 л содержит газ при абсолютном давлении $p_1 = 1$ МПа и температуре t_1 °С. Определить массу газа, конечную температуру, изменение энтропии и количество теплоты, которое необходимо подвести, чтобы повысить давление в процессе при постоянном объеме до $p_2 = 2$ МПа. Определить также изменение внутренней энергии и энтальпии газа. Удельную теплоемкость принять переменной. Построить процесс в p - v и T - s диаграммах.

Задание 3.

В цилиндре двигателя объемом V_1 л находится газ со свойствами воздуха при абсолютном давлении p_1 МПа и температуре $t_1 = 1500$ °С. От воздуха отводится теплота при постоянном давлении до температуры t_2 °С. Определить массу воздуха, конечный объем, изменение внутренней энергии, количество отнятой теплоты, изменение энтальпии, работу сжатия и изменение энтропии. Теплоемкость считать переменной. Построить процесс в p - v и T - s диаграммах.

Задание 4.

В компрессор ГТУ входит m кг воздуха с начальными параметрами p_1 МПа и $t_1 = 27$ °С. Воздух сжимается адиабатно до p_2 МПа. Определить начальный и конечный объемы, конечную температуру, работу сжатия, располагаемую работу сжатия, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии. Теплоемкость принять постоянной. Построить процесс в p - v и T - s диаграммах.

Задание 5.

Определить теоретическую работу на привод одноступенчатого и z -ступенчатого с промежуточным охлаждением компрессоров при сжатии воздуха от давления p_1 МПа до p_2 МПа, если начальная температура t_1 °С. Показатель политропы для всех ступеней принять

равным n . Начальный объем газа $V_1 = 1000 \text{ м}^3$. Сравнить величину работы одно- и z -ступенчатого сжатия. Определить температуры в конце сжатия. Построить процесс в p - v и T - s диаграммах.

Исходные данные: Табл.1

Но- мера задач	Обозначе- ние величины	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	m_{N_2}	2	2	3	1	4	5	6	7	8	2
	m_{CO_2}	4	3	1	2	3	4	1	2	1	6
	m_{CO}	4	5	6	7	3	1	3	1	1	2
	p_1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	t_1	7	17	27	37	47	57	67	7	17	27
	p_2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
2	V_1	100	150	250	300	350	400	100	150	250	300
	Газ	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂
	t_1	27	27	27	27	27	37	37	37	37	37
3	V_1	100	150	200	250	300	350	400	450	100	150
	p_1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	t_2	100	150	250	300	350	400	450	500	600	650
4	m	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
	p_1	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12
	p_2	0,5	0,6	0,7	0,4	1,0	1,2	1,4	0,8	1,5	1,8
5	p_1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	p_2	0,4	0,8	1,6	0,9	2,7	8,1	1,6	6,4	25,6	0,8
	t_1	17	17	17	17	17	17	17	17	17	27
	z	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2
	n	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,12	1,14	1,16	1,18

Продолжение таблицы 1

Но- мера задач	Обозначе- ние величины	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	m_{N_2}	3	2	4	6	2	5	3	10	2	9
	m_{CO_2}	2	4	3	2	7	5	8	2	11	5
	m_{CO}	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
	p_1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	t_1	37	47	57	67	7	17	27	37	47	57
	p_2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5

2	V_1	350	400	100	150	250	300	350	400	100	150
	Газ	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂
	t_1	17	17	17	17	17	57	57	57	57	57
3	V_1	200	250	300	350	400	450	100	150	200	250
	p_1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	t_2	500	550	450	400	350	300	250	150	100	150
4	m	3,0	2,5	2,0	1,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
	p_1	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08
	p_2	2,1	1,2	2,0	2,4	2,8	1,6	2,5	3,0	3,5	2,0
5	p_1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
	p_2	1,6	3,2	1,8	5,4	16,2	3,2	12,8	51,2	0,2	0,4
	t_1	27	27	27	27	27	27	27	27	37	37
	z	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3
	n	1,20	1,22	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,12	1,14

Продолжение табл.1

Но- мера задач	Обозначе- ние величины	Номера вариантов									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
11	m_{N_2}	1	1	1	2	2	5	10	3	2	4
	m_{CO_2}	2	3	1	2	2	5	3	2	10	5
	m_{CO}	2	1	3	1	1	5	2	10	3	6
	p_1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1
	t_1	67	7	17	27	37	47	57	67	57	37
	p_2	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,5
12	V_1	250	300	350	400	450	500	300	350	400	200
	Газ	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂	O ₂
	t_1	7	7	7	7	7	47	47	47	47	47
13	V_1	300	350	400	450	100	150	200	250	300	500
	p_1	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
	t_2	250	300	350	400	450	500	550	600	500	200
14	m	7,0	7,5	8,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	4,5	5,0
	p_1	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,10
	p_2	3,0	3,6	4,2	2,4	4,0	4,8	5,6	3,2	0,3	4,0
15	p_1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,3	0,3	0,1
	p_2	0,8	0,45	1,35	4,05	0,8	3,2	12,8	1,2	2,4	12,5
	t_1	37	37	37	37	37	37	37	37	27	27
	z	4	2	3	4	2	3	4	2	3	3
	n	1,16	1,18	1,20	1,22	1,17	1,14	1,16	1,18	1,22	1,2

Приложение № 4

ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Задание по контрольной работе, выполняемой студентами заочной формы обучения, предполагает выполнение заданий по основам термодинамики с подробным описанием решения. Подготовка работы осуществляется студентом самостоятельно с использованием лекционного материала и учебной литературы.

1. ЗАДАЧИ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКЕ

1.1. Параметры состояния

Задача 1.

В сосуде объемом V м³ находится m кг воздуха. Определить его удельный объём v и плотность ρ .

Задача 2.

Избыточное давление в паровом котле измеряется пружинным манометром и составляет $p_{и}$ кПа. Барометрическое давление по ртутному барометру составляет $p_{бар}$ мм рт. ст. при температуре 0 °С. Определить абсолютное давление пара в котле p в кПа, Па, МПа, барах.

Задача 3.

Избыточное давление в сосуде, измеряемое пружинным манометром $p_{и}$ МПа. Атмосферное давление по ртутному барометру при t °С составляет $p_{бар}$ мм рт. ст. Определить абсолютное давление в сосуде в МПа, Па, барах.

Задача 4.

Ртутный вакуумметр, присоединенный к конденсатору паровой турбины, показывает разрежение $p_{в}$ мм рт. ст. при температуре t_1 °С. Атмосферное давление по ртутному барометру $p_{бар}$ мм рт. ст. при t_2 °С. Определить абсолютное давление p в конденсаторе в мм рт. ст., Па, барах.

1.2. Закон сохранения энергии

Задача 5.

Сколько килограммов свинца m_c можно нагреть от температуры t_1 °С до температуры плавления $t_2 = 327$ °С посредством удара молотом массой m_m кг при падении его с высоты h_m м? Предполагается, что вся энергия падения молота превращается в теплоту, которая поглощается свинцом. Теплоемкость свинца $c_p = 0,1256$ кДж/(кг·К).

Задача 6.

Современная паротурбинная электростанция мощностью N МВт работает в году τ суток с КПД η . Теплота сгорания топлива Q_n^p кДж/кг. Определить суточный $V_{сут}$ и годовой V_g расходы топлива.

Задача 7.

Определить годовой расход ядерного горючего на АЭС той же мощности, что и в предыдущей задаче, если 1 кг урана при расщеплении выделяет $(Q_n^p)^y = 825 \cdot 10^8$ кДж/кг теплоты.

Задача 8.

При испытании двигателей для определения мощности необходимо их тормозить гидротормозом. При этом работа, произведенная двигателем, расходуется на преодоление сил трения и превращается в теплоту, часть которой (примерно 20 %) рассеивается в окружающей среде, а остальная часть отводится с охлаждающей тормоз водой.

Сколько воды необходимо подводить к тормозу G_v за 1 час, если крутящий момент на валу $M_{кр}$ Дж, частота вращения n об/мин, а допустимое повышение температуры воды ΔT К. Теплоемкость воды $c_p = 4,19$ кДж/(кг·К).

1.3. Идеальный газ и его свойства

Задача 9.

Определить среднюю теплоемкость газа c_x в интервале температур t_1 °С и t_2 °С, пользуясь таблицами средних теплоемкостей.

Задача 10.

Определить теплоту, подведенную к газу при $p = \text{const}$, если его температура изменяется от t_1 °С до t_2 °С.

а) Масса газа m кг.

б) Объем газа при температуре t_1 равен V_1 м³.

1.4. Термодинамические процессы для идеального газа

Задача 11.

Газовая смесь состоит из m_{N_2} кг, азота, m_{CO_2} кг углекислого газа и m_{CO} кг окиси углерода. Начальные параметры смеси p_1 МПа и t_1 °С. В процессе $T = \text{const}$ смесь расширяется до давления p_2 МПа. Определить работу расширения смеси L , количество подведенной теплоты Q , объем в конце расширения V_2 и парциальные давления газов в начальном состоянии. Определить также изменение внутренней энергии ΔU и энтальпии ΔH смеси. Построить процесс в p - v и T - s диаграммах.

Задача 12.

Сосуд вместимостью V_1 л содержит газ при абсолютном давлении $p_1 = 1$ МПа и температуре t_1 °С. Определить массу газа, конечную температуру, изменение энтропии и количество теплоты, которое необходимо подвести, чтобы повысить давление в процессе при постоянном объеме до $p_2 = 2$ МПа. Определить также изменение внутренней энергии и энтальпии газа. Удельную теплоемкость принять переменной. Построить процесс в p - v и T - s диаграммах.

Задача 13.

В цилиндре двигателя объемом V_1 л находится газ со свойствами воздуха при абсолютном давлении p_1 МПа и температуре $t_1 = 1500$ °С. От воздуха отводится теплота при постоянном давлении до температуры t_2 °С. Определить массу воздуха, конечный объем, изменение внутренней энергии, количество отнятой теплоты, изменение энтальпии, работу сжатия и изменение энтропии. Теплоемкость считать переменной. Построить процесс в p - v и T - s диаграммах.

Задача 14.

В компрессор ГТУ входит m кг воздуха с начальными параметрами p_1 МПа и $t_1 = 27$ °С. Воздух сжимается адиабатно до p_2 МПа. Определить начальный и конечный объемы, конечную температуру, работу сжатия, располагаемую работу сжатия, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии. Теплоемкость принять постоянной. Построить процесс в $p-v$ и $T-s$ диаграммах.

Задача 15.

Определить теоретическую работу на привод одноступенчатого и z -ступенчатого с промежуточным охлаждением компрессоров при сжатии воздуха от давления p_1 МПа до p_2 МПа, если начальная температура t_1 °С. Показатель политропы для всех ступеней принять равным n . Начальный объем газа $V_1 = 1000$ м³. Сравнить величину работы одно- и z -ступенчатого сжатия. Определить температуры в конце сжатия. Построить процесс в $p-v$ и $T-s$ диаграммах.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ

Таблица 1

Но- мера задач	Обозначе- ние величины	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	V	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	m	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
2	$p_{и} \cdot 10^{-2}$	90	90	96	96	98	98	75	75	75	75
	$p_{бар}^0$	745	750	755	760	765	770	745	750	755	760
3	$p_{и}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
	t	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
	$p_{бар}^t$	765	770	745	750	755	760	765	770	745	750
4	$p_{в}^{t_1}$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
	t_1	15	20	25	30	35	40	45	15	20	25
	$p_{бар}^{t_2}$	755	760	765	770	745	750	755	760	765	770
	t_2	25	30	35	40	45	20	15	20	25	30
5	t_1	5	10	15	20	25	30	35	5	10	15
	$m_{м}$	200	250	150	300	200	250	150	300	200	250
	$h_{м}$	1	2	3	1	2	3	4	2	1	1

6	$N \cdot 10^{-2}$	6	12	24	36	48	6	12	24	36	48
	τ	330	330	330	330	330	320	320	320	320	320
	η	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42
	$Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot 10^{-3}$	27	26	25	24	28	29	24	25	26	27
8	$M_{\text{кр}}$	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
	$n \cdot 10^{-2}$	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
	Δt	20	25	30	35	40	45	20	25	30	35
9	Газ	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Воздух	O ₂	N ₂	CO
	c_x	c_v	c_v	c_v	c_v	c_v	c_v	c_v	c_p	c_p	c_p
	t_1	150	150	150	150	150	150	150	50	50	50
	$t_2 \cdot 10^{-2}$	5	6	7	8	11	9	12	4	5	6
10	Газ	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Воздух	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂
	t_1	100	200	300	400	500	600	700	100	200	300
	t_2	350	450	550	650	750	850	950	450	550	650
	m	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	V_1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1

Продолжение табл. 1

Но- мера задач	Обозначе- ние величины	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	m_{N_2}	2	2	3	1	4	5	6	7	8	2
	m_{CO_2}	4	3	1	2	3	4	1	2	1	6
	m_{CO}	4	5	6	7	3	1	3	1	1	2
	p_1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	t_1	7	17	27	37	47	57	67	7	17	27
	p_2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
12	V_1	100	150	250	300	350	400	100	150	250	300
	Газ	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂
	t_1	27	27	27	27	27	37	37	37	37	37
13	V_1	100	150	200	250	300	350	400	450	100	150
	p_1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	t_2	100	150	250	300	350	400	450	500	600	650
14	m	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
	p_1	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12
	p_2	0,5	0,6	0,7	0,4	1,0	1,2	1,4	0,8	1,5	1,8

15	p_1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	p_2	0,4	0,8	1,6	0,9	2,7	8,1	1,6	6,4	25,6	0,8
	t_1	17	17	17	17	17	17	17	17	17	27
	z	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2
	n	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,12	1,14	1,16	1,18

Но- мера задач	Обозначе- ние величины	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	V	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	m	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
2	$p_{и} \cdot 10^{-2}$	75	75	48	51	51	51	54	58	60	62
	$p_{бар}^0$	765	770	745	750	755	760	765	770	745	750
3	$p_{и}$	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
	t	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
	$p_{бар}^t$	755	760	765	770	745	750	755	760	765	770
4	$p_{В}^{t_1}$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
	t_1	30	35	40	45	15	20	25	30	35	40
	$p_{бар}^{t_2}$	745	750	755	760	765	770	745	750	755	760
	t_2	35	40	45	15	20	25	30	35	40	45
5	t_1	20	25	30	35	5	10	15	20	25	30
	m_M	150	300	200	250	150	300	200	250	150	300
	h_M	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
6	$N \cdot 10^{-2}$	6	12	24	36	48	6	12	24	36	48
	τ	310	310	310	310	310	300	300	300	300	300
	η	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,34	0,36	0,38	0,35	0,40
	$Q_{н}^p \cdot 10^{-3}$	28	29	24	25	26	27	28	29	24	25
8	$M_{кр}$	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
	$n \cdot 10^{-2}$	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
	Δt	20	25	30	35	40	45	20	25	30	35
9	Газ	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Воз дух	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂
	c_x	c_p	c_p	c_p	c_p	$\mu_{св}$	$\mu_{св}$	$\mu_{св}$	$\mu_{св}$	$\mu_{св}$	$\mu_{св}$
	t_1	50	50	50	50	50	250	250	250	250	250
	$t_2 \cdot 10^{-2}$	7	8	9	10	5	6	7	9	10	8
10	Газ	Воз дух	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Воз дух	O ₂	N ₂
	t_1	400	500	600	700	700	600	500	400	300	200
	$t_2 \cdot 10^{-2}$	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	8,5	10,5	9,5	8,5

m	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
V_1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1

Продолжение табл. 1

Но- мера задач	Обозначе- ние величины	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11	m_{N_2}	3	2	4	6	2	5	3	10	2	9
	m_{CO_2}	2	4	3	2	7	5	8	2	11	5
	m_{CO}	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
	p_1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	t_1	37	47	57	67	7	17	27	37	47	57
	p_2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
12	V_1	350	400	100	150	250	300	350	400	100	150
	Газ	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂
	t_1	17	17	17	17	17	57	57	57	57	57
13	V_1	200	250	300	350	400	450	100	150	200	250
	p_1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	t_2	500	550	450	400	350	300	250	150	100	150
14	m	3,0	2,5	2,0	1,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
	p_1	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08
	p_2	2,1	1,2	2,0	2,4	2,8	1,6	2,5	3,0	3,5	2,0
15	p_1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
	p_2	1,6	3,2	1,8	5,4	16,2	3,2	12,8	51,2	0,2	0,4
	t_1	27	27	27	27	27	27	27	27	37	37
	z	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3
	n	1,20	1,22	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,12	1,14

Но- мера задач	Обозначе- ние величины	Номера вариантов									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	V	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,3	1,7	1,9	1,8
	m	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,5

2	$p_{и} \cdot 10^{-2}$	64	65	40	35	25	28	26	28	25	25
	$p_{бар}^0$	755	760	765	770	745	750	755	760	770	765
3	$p_{и}$	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	1,52
	t	20	25	30	35	40	20	25	30	40	35
	$p_{бар}^t$	745	750	755	760	765	770	745	750	755	770
4	$p_{В}^{t_1}$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	280
	t_1	45	15	20	25	30	35	40	45	15	40
	$p_{бар}^{t_2}$	765	770	745	750	755	760	765	770	745	760
	t_2	15	20	25	30	35	40	45	15	20	30
5	t_1	35	5	10	15	20	25	30	35	5	15
	m_M	200	250	150	300	200	250	150	300	150	200
	h_M	4	4	3	2	1	1	2	3	4	2
6	$N \cdot 10^{-2}$	6	12	36	48	6	12	24	36	48	20
	τ	340	340	340	340	330	330	330	330	330	334
	η	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,30
	$Q_{н}^p \cdot 10^{-3}$	26	27	28	29	24	25	26	28	29	27
8	$M_{кр}$	300	310	320	330	340	350	360	370	380	200
	$n \cdot 10^{-2}$	10	9	21	20	19	18	17	16	15	15
	Δt	30	35	40	45	20	25	30	35	40	35
9	Газ	Воздух	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Воздух	O ₂	Воздух
	c_x	μс _v	c'_p	c'_p	c'_p	c'_p	c'_p	c'_p	c'_p	c'_v	c'_v
	t_1	250	350	350	350	350	350	350	350	450	450
	$t_2 \cdot 10^{-2}$	11	12	11	11	9	7	8	6	9	10
10	Газ	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Воздух	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O
	t_1	100	300	400	500	600	700	100	200	600	500
	$t_2 \cdot 10^{-2}$	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	7,5	8,5	10,5	9,5
	m	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
	V_1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1

Продолжение табл. 1

Но- мера задач	Обозначе- ние величины	Номера вариантов									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
11	m_{N_2}	1	1	1	2	2	5	10	3	2	4

	m_{CO_2}	2	3	1	2	2	5	3	2	10	5
	m_{CO}	2	1	3	1	1	5	2	10	3	6
	p_1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1
	t_1	67	7	17	27	37	47	57	67	57	37
	p_2	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,5
12	V_1	250	300	350	400	450	500	300	350	400	200
	Газ	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂	O ₂
	t_1	7	7	7	7	7	47	47	47	47	47
13	V_1	300	350	400	450	100	150	200	250	300	500
	p_1	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
	t_2	250	300	350	400	450	500	550	600	500	200
14	m	7,0	7,5	8,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	4,5	5,0
	p_1	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08	0,10	0,10
	p_2	3,0	3,6	4,2	2,4	4,0	4,8	5,6	3,2	0,3	4,0
15	p_1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,3	0,3	0,1
	p_2	0,8	0,45	1,35	4,05	0,8	3,2	12,8	1,2	2,4	12,5
	t_1	37	37	37	37	37	37	37	37	27	27
	z	4	2	3	4	2	3	4	2	3	3
	n	1,16	1,18	1,20	1,22	1,17	1,14	1,16	1,18	1,22	1,2