

НЕФТЕЮГАНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ
(филиал) федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Югорский государственный университет»

**Методические указания
по выполнению практических работ**
ПМ 02. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования
МДК 02.01. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования
**Осуществление расчетов тепловых процессов нефтегазопромыслового
оборудования**
21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Нефтеюганск
2019

Согласовано
Предметной (цикловой)
комиссией общепрофессиональных
дисциплин
Протокол № 5 от 10.01 2019г.
Председатель ПЦК
О.С. Сагдатдинова

Утверждена
заседанием методсовета
протокол № 3 от 17.01 2019г.

Председатель методсовета
Н.И. Савватеева

Методические указания по выполнению практических работ по МДК 02.01. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования, тема «Осуществление расчетов тепловых процессов нефтегазопромыслового оборудования» разработаны в соответствии с рабочей программой ПМ 02. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования.

Организация-разработчик: Нефтеюганский индустриальный колледж (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Югорский государственный университет».

Разработчик: Шумскис В.В. – преподаватель НИК (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ»

Оглавление

1. Пояснительная записка.....	4
2. Требования к выполнению и оформлению практической работы	8
3. Перечень практических работ	10
4. Список рекомендуемой литературы.....	36
ПРИЛОЖЕНИЯ	37

1. Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических работ по МДК 02.01. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования по теме «Осуществление расчетов тепловых процессов нефтегазопромыслового оборудования» (далее Методические указания) составлены в соответствии с рабочей программой ПМ 02. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования и предназначены для обучающихся специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Методические указания предназначены для приобретения необходимых практических умений и закрепления теоретических знаний, полученных обучающимися при изучении темы «Осуществление расчетов тепловых процессов нефтегазопромыслового оборудования», обобщения и систематизации знаний перед экзаменом.

Тема «Осуществление расчетов тепловых процессов нефтегазопромыслового оборудования» входит в цикл профессионального модуля и при ее изучении отводится значительное место выполнению практических работ.

Целью выполнения практических работ является: систематизация, расширение освоенных во время обучения знаний по теме «Осуществление расчетов тепловых процессов нефтегазопромыслового оборудования»; закрепление полученных знаний и умений обучающихся в результате выполнения расчетов по термодинамике, решения практических задач; развитие навыков самостоятельной работы и сформированности общих и профессиональных компетенций, позволяющих решать профессиональные задачи.

Обучающиеся, выполняя практические работы, реализуют следующие задачи:

1. обобщить, систематизировать, закрепить полученные теоретические знания по теме «Осуществление расчетов тепловых процессов нефтегазопромыслового оборудования»;
2. формировать умения применять полученные знания на практике, реализуя единство интеллектуальной и практической деятельности;
3. развивать аналитические, логические навыки и умения у будущих специалистов;
4. вырабатывать при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

В результате освоения темы обучающийся должен:

уметь:

- производить расчеты требуемых физических величин в соответствии с законами и уравнениями термодинамики и теплопередачи.

знать:

- основные понятия, законы и процессы термодинамики и теплопередачи;
- методы расчета термодинамических и тепловых процессов;
- классификацию, особенности конструкции, действия и эксплуатацию котельных установок, поршневых двигателей внутреннего сгорания, газотурбинных и теплосиловых установок.

В результате освоения МДК 02.01 Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования обучающийся должен овладеть **общими и профессиональными компетенциями**, включающими в себя способность:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды, за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 2.1. Выполнять основные технологические расчеты по выбору наземного и скважинного оборудования.

ПК 2.2. Производить техническое обслуживание нефтегазопромыслового оборудования.

ПК 2.3. Осуществлять контроль за работой наземного и скважинного оборудования на стадии эксплуатации.

ПК 2.4. Осуществлять текущий и плановый ремонт нефтегазопромыслового оборудования.

ПК 2.5. Оформлять технологическую и техническую документацию по эксплуатации нефтегазопромыслового оборудования.

В соответствии с рабочей программой, календарно-тематическим планированием ПМ 02. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования МДК 02.01 Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования Тема «Осуществление расчетов тепловых процессов нефтегазопромыслового оборудования» предусматривается проведение практических работ в объеме **42 часов.**

Перечень практических работ

№ п/п	№, название темы	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
Тема 2.1. Законы и уравнения термодинамики			
1	Практическая работа № 2.1. Газовые процессы и газовые законы	Решение задач на газовые процессы и газовые законы	4
2	Практическая работа № 2.2 Расчет газовой смеси и их теплоемкости	Расчет газовой смеси и ее теплоемкости	6
3	Практическая работа № 2.3 Определение параметров водяного пара по таблицам и диаграммам	Определение параметров водяного пара по таблицам и диаграммам	4
4	Практическая работа № 2.4 Расчет циклов ДВС	Расчет циклов ДВС	4
Тема 2.2. Законы и уравнения теплопередачи			
5	Практическая работа № 2.5 Расчет теплопроводности через однослойную и многослойную стенки	Расчет теплопроводности через однослойную и многослойную стенки	4

6	Практическая работа № 2.6 Расчет теплообмена конвекцией и излучением	Расчет теплообмена конвекцией и излучением	2
7	Практическая работа № 2.7 Тепловой расчет теплообменных аппаратов	Тепловой расчет теплообменных аппаратов	4
Тема 2.3. Особенности конструкции и эксплуатации теплотехники			
8	Практическая работа № 2.8 Расчет топлива и процесса горения	Расчет топлива и процесса горения	4
9	Практическая работа № 2.9 Расчет топок	Расчет топок	2
10	Практическая работа № 2.10 Тепловой расчет ДВС	Тепловой расчет ДВС	4
11	Практическая работа № 2.11 Расчет циклов ГТУ	Расчет циклов ГТУ	4
Итого			42

2. Требования к выполнению и оформлению практической работы

Практические работы выполняются в ученической тетради в клетку, на обложке которой должны быть указаны название МДК 02.01. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования, тема «Осуществление расчетов тепловых процессов нефтегазопромыслового оборудования», индивидуальный вариант по списку в журнале. Не допускается выполнение работы на отдельных листах (за исключением случаев построения графиков), работа на вклеенных в основную тетрадь листах. **Работа, выполненная на отдельном листе не принимается и не оценивается.**

Задания практической работы переписывать полностью. Текст задания записывается с подстановкой данных индивидуального варианта. При необходимости записи сопровождать схемами, рисунками, таблицами. Записи выполняются чернилами или пастой черного (фиолетового) цвета, четко и разборчиво. При расчетах следует записать формулу, а только затем числовые вычисления. Выполнение расчетов и их запись должны носить последовательный характер. Не допускается подставлять формулу значения какой-либо величины, а ниже производить вычисления этого числа. Каждое значение начинать с новой страницы.

Графическая часть практической работы выполняется аккуратно, с использованием чертежных инструментов. Все рисунки и схемы должны быть пронумерованы в порядке их расположения. По тексту при оформлении каждой из задач необходимо делать ссылку на номер рисунка или схемы. На рисунках (схемах) необходимо нанести известные и искомые параметры.

При оформлении заданий практической работы должна соблюдаться следующая последовательность (каждый пункт выполняется с красной строки):

1. Задание практической работы (включая текст задачи);
2. Исходные данные для решения задачи, (единицы измерения перевести в систему СИ);
3. Рисунок (схема);
4. По центру слово «Решение», ниже изложение хода решения задачи с пояснениями.
5. Ответ.

Обучающийся допускается к сдаче экзамена по МДК, если **все его работы зачтены** (имеются отметки о зачете работ в технологической карте или на внутренней стороне обложки тетради для практических работ).

Если в работе допущены ошибки или оформление работы не соответствует вышеперечисленным требованиям, работа возвращается обучающемуся. Получив

прорецензированную практическую работу, обучающийся должен исправить ошибки и дать необходимые дополнения к ответам, если этого требует рецензия.

Работу над ошибками следует проводить в этой же тетради. Если исправлений требуется слишком много, работу следует выполнить заново и сдать ее вместе с ранее выполненной. В случае повторной проверки оценка за работу снижается. Также оценка снижается в случае если работа сдана не вовремя.

Если обучающийся выполнил работу не своего варианта, работа не проверяется и возвращается обучающемуся. Пропущенные практические занятия обучающийся должен отработать самостоятельно до сдачи экзамена. Работы обучающийся выполняет **лично**. Практические работы предусматривают **30 вариантов**.

3. Перечень практических работ

Тема 2.1. Законы и уравнения термодинамики

Практическая работа №1 Газовые процессы и газовые законы

Цели:

1. Знать уравнение состояния идеального газа и уравнение состояния реального газа.
2. Знать газовые законы и уметь применять их.
3. Определять вид термодинамического процесса.
4. Уметь пользоваться таблицами и определять теплоту, работу и энергию.
5. Научиться изображать процессы в различных координатах.

Методические указания

В задаче № 2 1 атм принять равным 10^5 Па

1. Определяем абсолютную температуру газа:

$$T_1 = 273 + t_1; \text{ } ^\circ\text{K} \quad T_2 = 273 + t_2; \text{ } ^\circ\text{K}$$

2. Определяем давление газа в помещении по формуле:

$$P_2 = P_1 \frac{T_2}{T_1}; \text{ МПа}$$

3. Определяем газовую постоянную кислорода:

$$R = \frac{\bar{R}}{\mu}; \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

4. Определяем удельную теплоёмкость при постоянном объёме:

$$C_v = C_p - R; \frac{\text{КДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

где $C_p = 910 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ - удельная теплоёмкость воздуха при постоянном давлении

5. Определяем количество полученной теплоты на 1 кг газа:

$$q = C_v (T_2 - T_1); \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

6. Определяем массу газа:

$$M = \frac{P_1 V \cdot 10^6}{RT_1}; \text{ кг}$$

7. Определяем количество теплоты для всего газа:

$$Q = Mq; \text{ КДж}$$

Задача 2 решается про помощи таблицы расчета газовых процессов (приложение, таблица 3) и таблицы массовых теплоемкостей (приложение 2)

Рекомендуемая литература: ОИ1, ДИ1.

Вопросы для самоконтроля:

1. Чему равна универсальная газовая постоянная?
2. Что называется идеальным газом?
3. Приведите примеры реальных газов.
4. Напишите уравнение Майера.
5. Какие существуют основные газовые процессы, какие побочные?
6. Какой процесс называется изоэнтропийным?
7. Как читается закон Майера?

Задача 1

Баллон с газом переносят с улицы в помещение, где температура воздуха выше. Определить давление газа в баллоне в помещении и количество полученной теплоты (P_2 , Q). В баллоне находится кислород.

Условное обозначение параметров для исходных данных:

V , м³ – объём газа в баллоне

t_1 , °С – температура воздуха на улице

t_2 , °С – температура воздуха в помещении

P_1 , МПа – давление в баллоне на улице

Исходные данные к задаче 1

Параметры	Последняя цифра варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V	0,07	0,02	0,08	0,04	0,1	0,12	0,03	0,05	0,09	0,06
t_1	-40	-10	-30	-20	-15	-35	-25	-5	-48	5
t_2	Предпоследняя цифра варианта									
	18	20	15	22	25	28	24	26	16	30
P_1	7,0	2,2	1,5	6,0	9,0	4,0	5,5	8,2	6,4	3,8

Задача 2

В сосуде с подвижным поршнем заключена смесь из газов объёмом V_1 . Необходимо определить по заданным параметрам вид термодинамического процесса, количество подведённой (отведённой) теплоты, совершаемую работу. Теплоту и работу определить при помощи расчетных формул.

Исходные данные к задаче 2

Предпоследняя цифра варианта	Исходные параметры	Единица измерения	Последняя цифра варианта									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 20 30
0	Состав смеси	газ м, кг газ м, кг	CO ₂ 3	CO 3,5	N ₂ 4	O ₂ 5	CO 5,5	возд 3,4	H ₂ 2	N ₂ 2,5	возд 4,5	CO ₂ 6
			N ₂ 5	N ₂ 6	H ₂ 6	N ₂ 2	H ₂ 3,5	H ₂ 7	возд 8,6	возд 3	N ₂ 2,3	H ₂ 3
		V ₁	м ³	1,5	1,8	2	2,5	2,8	1,7	1	1,28	2,3
	P ₁	атм	1	1,1	1,2	1,09	1,11	1,12	1,15	1,16	1,14	1,13
	V ₂	л	1500	1800	2000	2500	2800	1700	1000	1280	2300	3000
	t ₁	°C	0	150	200	350	400	50	600	100	250	300
	t ₂	°C	600	850	900	1050	1250	650	1300	800	950	1150
<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить вид термодинамического процесса. 2. Используя формулы определения количества теплоты через теплоёмкость определить: <ol style="list-style-type: none"> а. количество теплоты Q, подведённой (отведённой) в процессе; б. Совершенную работу L 3. Найти конечное давление P₂; 4. Изобразить процесс в P - v - координатах 												
1	состав смеси	газ м, кг газ м, кг	CO ₂ 1	возд 1,5	N ₂ 2	O ₂ 2,5	H ₂ 3	CO ₂ 3,5	O ₂ 4	N ₂ 4,5	CO 5	CO ₂ 5,5
			N ₂ 8	H ₂ 3	H ₂ 11	N ₂ 3,5	возд 7	N ₂ 9	N ₂ 5	возд 3	N ₂ 2	H ₂ 6
		P ₁	атм	1,15	2	1,5	1,19	1,21	1,42	1,95	1,76	1,84
	P ₂	кПа	115	200	150	119	121	142	195	176	184	163
	t ₁	°C	250	650	800	950	1050	1200	1300	750	1000	400
	V ₁	м ³	1,5	1,8	2	2,5	2,8	1,7	1	1,28	2,3	3
t ₂	°C	50	250	150	300	40	450	350	200	100	0	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить вид термодинамического процесса. 2. Используя таблицы со значениями энтальпии h и внутренней энергии u, а также используя формулы определения количества теплоты через теплоёмкость определить: <ol style="list-style-type: none"> а. количество теплоты Q, подведённой (отведённой) в процессе; б. Совершенную работу L 3. Определить значение V₂ (объём, занимаемый смесью в конце процесса) 4. Изобразить процесс в P - v - координатах 												
2	состав смеси	газ м, кг газ м, кг	CO ₂ 3	CO 3,5	N ₂ 4	O ₂ 5	CO ₂ 5,5	H ₂ 3,4	возд 2	N ₂ 2,5	CO 4,5	возд 6
			N ₂ 5	N ₂ 8	возд 1,5	N ₂ 3	N ₂ 9	N ₂ 7	CO ₂ 6	возд 12	N ₂ 4	N ₂ 6
	Процесс адиабатный											
	P ₁	атм	1	1,1	1,2	1,09	1,11	1,12	1,15	1,16	1,14	1,13
	t ₁	°C	300	350	0	400	450	50	150	200	250	100

t_2	$^{\circ}\text{C}$	1050	1300	1300	950	1150	650	700	900	850	600
<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить коэффициент адиабаты; 2. Используя таблицы со значениями энтальпии h и внутренней энергии u, а также используя формулы определения количества теплоты через теплоёмкость определить: <ol style="list-style-type: none"> a. количество теплоты Q, подведённой (отведённой) в процессе; b. Совершенную работу L 3. Найти конечное давление P_2; 4. Изобразить процесс в $P - V$ - координатах 											

Практическая работа №2

Расчет газовой смеси и их теплоемкости

Цели:

1. Научиться рассчитывать газовую смесь.
2. Уметь пользоваться таблицами по расчету теплоёмкости.

Методические указания

В таблице с исходными данными смесь состоит из тех компонентов, для которых указаны их доли (пустые ячейки во внимание не принимать). Решение начать с записи «дано» и перечисления всех известных параметров для компонентов смеси. Обязателен перевод в СИ.

1. Газовая смесь рассчитывается по таблице расчёта газовых смесей (приложение, таблица 1).
2. Теплоёмкость газовой смеси:

а) изобарная $C_{pm\text{ см.}} = \sum C_{pmi} \cdot g_i$

б) изохорная $C_{vm\text{ см.}} = \sum C_{vmi} \cdot r_i$

где C_{pmi} – изобарная теплоёмкость компонента (приложение, таблица 2)

$$C_{vm} = C_{pmi} - R_i$$

Изохорную теплоемкость смеси также можно определить рассчитав предварительно газовую постоянную смеси и среднюю массовую изобарную теплоемкость смеси при заданной температуре, а затем воспользовавшись уравнением Майера.

Рекомендуемая литература: ОИ1, ДИ1.

Вопросы для самоконтроля:

1. Приведите примеры газовой смеси.
2. Что называется парциальным давлением и приведенным объёмом?
3. Назовите виды теплоемкостей.
4. Как определяется массовая и объемная доля?

Задача 3

1. Рассчитать газовую смесь по таблице расчетов газовых смесей при $P_{см}=10^5 \text{ Па}$
 2. Определить теплоёмкость (изохорную, изобарную) газовой смеси при t .
- Примечание: чётные варианты – задан массовый состав, определить $C_{vтсм}^t$
 нечётные варианты – задан объёмный состав, определить $C_{pтсм}^t$

Исходные данные к задаче 3

$R_i \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	260	287	297	461	4124	297	
$\rho_i \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	1,43	1,29	1,25	0,8	0,09	1,25	
$\mu \frac{\text{г}}{\text{моль}}$	32	29	28	18	2	28	
№ варианта	Состав газовой смеси, %						$t, ^\circ\text{C}$
	O ₂	воздух	N ₂	H ₂ O	H ₂	CO	
1	7	2	91				113
2		21	31	48			223
3			22	33	45		333
4				44	5	51	444
5			30	35	35		555
6		60	15	25			666
7	70	14	16				777
8	75	5	20				888
9		13	17	70			999
10			16	14	70		1012
11				19	11	70	1123
12			10	10	80		1134
13		40	39	21			2167
14	60	18	22				2283
15	50	25	25				2184
16		55	15	30			2041
17			33	33	34		1783
18				35	25	40	1631
19			30	31	39		1522
20		30	22	48			1433
21	20	30	50				1783
22	22	28	50				1231
23		26	24	50			1344
24			37	23	40		1469
25				48	12	40	1571
26			40	21	39		1323
27		50	16	34			1491
28	30	35	35				1373
29	50	15	35				1091
30		16	24	60			983

Практическая работа № 3

Определение параметров водяного пара по таблицам и диаграммам

Цели:

1. Уметь пользоваться h - S диаграммой водяного пара.
2. Рассчитывать параметры водяного пара.

Методические указания

В каждом варианте даны две точки. Точку с нечетным номером считать начально точкой процесса изменения состояния водяного пара, точку с четным номером-конечной. **Четные индексы относятся к величинам, характеризующим конечное состояние, нечетные - начальное. Также обратить внимание на единицы измерения.** Для подстановки в расчетные формулы обязателен перевод в СИ.

Варианты 1-10

Изобразить h - s диаграмму в тетради (приложение 4)

Теплота не подводится и не отводится. Рабочее тело адиабатно расширяется, работа совершается за счет внутренней энергии, т.е. энтальпия должна уменьшаться.

1. Точка 1:

Определяем точку начального состояния на пересечении изотермы T_1 и изобары P_1 , Ей соответствуют параметры: h_1 ; s_1 ; ν_1 ; x_1

2. Точка 2:

По адиабате (вертикальная линия) ведем до пересечения с изобарой P_2 .

Отмечаем точку 2, Ей соответствуют параметры: h_2 ; s_2 ; ν_2 ; x_2 ; T_2

3. Определение работы при помощи диаграммы:

$q=0$, $Q=0$. Работа совершается за счет внутренней энергии.

Определяем внутреннюю энергию через энтальпию $h=u+p\nu \Rightarrow u=h-p\nu$ для первого состояния: $u_1=h_1-p_1\nu$ для второго состояния: $u_2=h_2-p_2\nu$

Определяем удельную работу: $l=u_1-u_2$

Определяем работу, совершаемую кг газа: $L=ml$

Варианты 11-20

Изобразить h - s диаграмму в тетради (приложение 4)

1. Точка 3:

Определить точку начального состояния на пересечении линии сухости x и изобары P_3 Ей соответствуют параметры: h_3 , s_3 , ν_3 ; T_3

2. Точка 4:

По изобаре P_3 ведем до пересечения с изотермой T_4 . Отмечаем точку 4.

Ей соответствуют параметры: h_4 ; s_4 ; ν_4 ; x_4

3. Определение работы при помощи диаграммы:

Количество подведенной теплоты определяется как разность энтальпий:
 $q=h_4-h_3$, $Q=qm$

Работа при постоянном давлении вычисляются по формуле $l=p(\nu_4 - \nu_3)$

Варианты 21-30

Изобразить h-s диаграмму в тетради (приложение 4).

1. Определяем точку начального состояния на пересечении линии сухости x и изобары P_5 . Ей соответствуют параметры: $T_5; h_5; s_5; \nu_5$;
2. По изохоре ν_5 ведем до пересечения с изотермой T_4 . Отмечаем точку 6. Ей соответствуют параметры: $h_6; s_4; P_6; x_6$;
3. Определение работы при помощи диаграммы:

Работа в изохорном процессе равна 0, т. к. нет изменения объёма.

Количество подведённой теплоты определяется как разность внутренних энергий: Определяем внутреннюю энергию через энтальпию $h=u+p\nu \Rightarrow u=h-p\nu$

для точки 5: $u_5=h_5-p_5\nu_5$

для точки 6: $u_6=h_6-p_6\nu_5$

Удельная теплота находится, как $q=u_6-u_5$ Теплота процесса определяется как $Q=qm$

Задача 4

Вариант 1-10

Пар массой m кг при начальной температуре T_1 °К и под давлением P_1 МПа адиабатно расширяется до давления P_2 МПа. Пользуясь h-s диаграммой (приложение 4) определить начальный и конечный удельные объёмы ν_1 и ν_2 , начальную и конечную энтальпию h_1 и h_2 , степень сухости пара в конце процесса x_2 , работу, изменение внутренней энергии, количество подведённой теплоты, температуру пара во втором состоянии. Изобразить h-s диаграмму в тетради, отметить точками начальное и конечное состояние пара, соединить адиабатой.

Исходные данные к задаче 4

Исходн. параметр.	Единица измерения	Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	кг	1	1,5	2	2,5	3	2,1	2,2	2,7	1,8	1,6
T_1	°К	700	800	750	600	650	900	850	700	750	600
P_1	МПа	20	15	10	1	0,3	0,4	3	2	1	0,2
P_2	МПа	2	0,5	0,2	0,01	0,001	0,01	0,05	0,01	0,005	0,01

Вариант 11-20

Пар массой m кг из котла при абсолютном давлении P МПа и степени сухости x поступает в пароперегреватель, в котором ему сообщается дополнительное тепло при неизменном давлении, а температура повышается до T_2 . Пользуясь h-s диаграммой (приложение 4) определить начальный и конечные удельные объёмы ν_1 и ν_2 , начальную и конечную энтальпии h_1 и h_2 , степень

сухости пара в конце процесса x_2 , температуру в начале процесса, изменение внутренней энергии, количество подведённого тепла. Изобразить h - s диаграмму в тетради, отметить точками начальное и конечное состояние пара, соединить изобарой.

Исходн. параметр	Единица Измерен.	Вариант									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13
m	кг	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
P	МПа	0,01	0,05	0,3	0,2	0,4	1	2	5	2,5	0,05
x		0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,8	0,95	0,95	0,95
T_2	$^{\circ}\text{K}$	550	600	700	750	900	850	750	800	650	500

Вариант 21-30

Начальное состояние пара массой m кг характеризуется параметрами P_1 МПа и степенью сухости x . Какое количества тепла необходимо подвести к пару при постоянном объёме, чтобы температура возросла до T_2 . Пользуясь h - s диаграммой (приложение 4) определить давление P_2 в конце процесса, температуру в начале процесса, начальный и конечные удельные объёмы v_1 и v_2 , начальную и конечную энтальпии h_1 и h_2 , степень сухости пара в конце процесса x_2 , изменение внутренней энергии, количество подведённого тепла. Изобразить h - s диаграмму в тетради, отметить точками начальное и конечное состояние пара, соединить изохорой.

Исходные параметры	Единица измерения	Вариант									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
m	кг	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	1,9	2,3	2,5
P_1	МПа	0,03	0,2	0,05	1	5	0,3	0,01	1	2	0,5
x		0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,85	0,8	0,95	0,85
T_2	$^{\circ}\text{K}$	750	900	700	800	800	850	450	650	750	850

Практическая работа №4 Расчёт циклов ДВС

Цели:

1. Уметь изображать циклы ДВС в P-V координатах.
2. Научиться сравнивать циклы.

Методические указания

Определить, какой цикл необходимо рассчитать (воспользоваться лекционным материалом). Схематично изобразить в тетради график данного цикла в P-V координатах. Затем последовательно рассчитать для каждой характерной точки цикла значения давления, объема и температуры рабочего тела пользуясь уравнениями Менделеева-Клайперона, значениями молярных масс и газовых постоянных из практической работы № 2, уравнениями адиабатного, изохорного и изобарного процессов, определением степени сжатия, степени повышения давления, степенью предварительного расширения. Рассчитать теплоемкость рабочего тела для средней температуры подвода и отвода теплоты пользуясь приложением (таблица 2). Рассчитать подведенное и отведенное количество теплоты. Рассчитать термический КПД ДВС. Построить график цикла в P-V координатах в выбранном Вами масштабе в тетради на отдельной странице, обозначив значения давления и объема для каждой характерной точки.

1. Характеристики цикла Отто:

$$E_0 = \frac{V_1}{V_2} - \text{степень сжатия};$$

(1)

$$\lambda = \frac{P_3}{P_2} - \text{степень повышения давления};$$

(2)

2. Количество подведённой теплоты:

$$q_1 = C_v(T_3 - T_2), \quad \frac{\text{КДж}}{\text{кг}}$$

3. Количество отведённой теплоты:

$$q_2 = C_v(T_4 - T_1), \quad \frac{\text{КДж}}{\text{кг}}$$

4. Работа цикла:

$$l = q_1 - q_2$$

5. Термический КПД цикла:

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$$

6. Характеристики цикла Дизеля:

$$E_0 = \frac{V_1}{V_2} - \text{степень сжатия};$$

$$\rho = \frac{V_3}{V_2} - \text{степень предварительного расширения};$$

(7)

7. Количество подведённой теплоты:

$$q_1 = C_p(T_3 - T_2), \quad \frac{\text{КДж}}{\text{кг}}$$

8. Количество отведённой теплоты:

$$q_2 = C_v(T_4 - T_1)$$

9. Работа цикла:

$$q_1 - q_2$$

10. Термический КПД:

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$$

11. Построить циклы в масштабе в P-V координатах.

Рекомендуемая литература: ОИ1, ДИ1.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте классификацию ДВС.
2. Сравните циклы ДВС.
3. На какой формуле определяется термический КПД ДВС?
4. Изобразите циклы ДВС.

Задача 5

Вариант 1-15

Для цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном давлении определить параметры (P, V, T) в характерных точках, термический КПД, количество подведённого и отведённого тепла, полезную работу, если дано: начальное давление – P₀ (МПа), начальная температура – t₀ (°C), степень сжатия – E₀, ρ – степень предварительного расширения, K=1,4 (показатель адиабаты). Теплоёмкость считать постоянной. Рабочее тело – 1кг. воздуха.

Вариант 16-30

Для цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном объёме определить параметры (P, V, T) в характерных точках, термический КПД, количество подведённого и отведённого тепла, полезную работу, если известно: начальное давление – P₁ (МПа), начальная температура – t₁ (°C), степень сжатия – E₀, степень увеличения давления λ. K=1,4 (показатель адиабаты). Теплоёмкость считать постоянной. Рабочее тело – 1кг. воздуха.

Исходные данные к задаче 5

№ варианта	Исходные данные				№ варианта	Исходные данные			
	P_0 , МПа	t_0 , С	E_0	ρ		P_1 , МПа	t_1 , С	E_0	λ
1	0,09	20	12	2	16	0,09	20	5,5	2,7
2	0,091	30	12,2	2,1	17	0,091	30	5,7	2,8
3	0,092	40	12,4	2,2	18	0,092	40	5,9	2,9
4	0,093	50	12,6	2,3	19	0,093	50	6,1	3
5	0,094	60	12,8	2,4	20	0,094	60	6,3	3,1
6	0,095	25	13	2,5	21	0,095	25	6,5	3,2
7	0,096	35	13,2	2,6	22	0,096	35	6,6	3,3
8	0,097	45	13,4	2,7	23	0,097	45	6,4	3,4
9	0,098	55	13,6	2,8	24	0,098	55	6,2	3,5
10	0,099	20	13,8	2,9	25	0,099	20	6	3,6
11	0,098	30	14	2	26	0,098	30	5,8	3,5
12	0,097	40	14,2	2,1	27	0,09	40	5,6	3,4
13	0,096	50	14,4	2,2	28	0,096	50	6,5	3,2
14	0,095	60	14,6	2,3	29	0,09	60	6,4	3,2
15	0,094	20	14,8	2,4	30	0,095	20	6,3	3,1

Тема 2.2. Законы и уравнения теплопередачи

Практическая работа № 5

Расчет теплопроводности через однослойную и многослойную стенки

Цели:

1. Знать виды теплопередачи.
2. Производить расчет теплопроводности стенки

Методические указания

1. Тепловой поток через стенку:

$$Q = K \cdot S (t_{\text{газ}} - t_{\text{возд}})$$

K – коэффициент теплопередачи стенки;

2. Температура стенки со стороны газов;

$$T_{c1} = t_{\text{газ}} - \frac{Q}{S \cdot \alpha}$$

3. Температура стенки со стороны воздуха;

$$T_{c2} = \frac{Q}{S \cdot \alpha} + t_{\text{возд}}$$

Рекомендуемая литература: ОИ1, ДИ1.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называется теплопроводностью?
2. В чем измеряется K ?
3. Чем отличается закон Фурье для многослойной стенки от закона Фурье для однослойной стенки?

Задача 6

Тепловой поток движется от горячих газов по воздуху через кирпичную стенку котла площадью S , толщиной b . Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha_1=25\text{Вт/м}^2\cdot\text{град}$, а стенки к воздуху $\alpha_2=10\text{Вт/м}^2\cdot\text{град}$, $\lambda=0,55\frac{\text{Вт}}{\text{М}\cdot\text{град}}$

Исходные данные к задаче 6

№ варианта	$S, \text{м}^2$	$b, \text{мм}$	$T_{\text{газ}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{возд}}, \text{ }^\circ\text{C}$
1	20	200	600	20
2	30	200	610	25
3	40	150	620	30
4	50	200	630	35
5	60	250	600	40
6	70	300	580	45
7	80	350	570	40
8	90	250	560	35
9	100	200	570	30
10	110	150	580	25
11	120	200	590	20
12	130	150	600	15
13	130	210	610	40
14	120	200	620	45
15	110	190	630	40
16	100	180	640	35
17	90	170	630	30
18	80	160	620	25
19	70	150	610	20
20	60	140	600	15
21	50	130	590	20
22	40	120	580	25
23	30	110	570	30
24	20	100	560	35
25	10	90	550	30
26	50	80	540	25
27	60	100	530	20
28	70	110	520	15
29	80	120	510	20
30	90	130	500	15

Практическая работа №6 Расчет теплообмена конвекцией и излучением

Цели:

1. Знать особенности конвективного и лучистого теплообмена
2. Уметь определять тепловой поток.

Методические указания

1. Потери теплового потока при лучистом теплообмене

$$Q = C_{\text{пр}} \cdot S_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right],$$

Где $C_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент лучистого теплообмена;

$$C_1 = C_0 \cdot E_1$$

$$C_2 = C_0 \cdot E_2$$

$C_0 = 5,67 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$ – постоянная излучения абсолютно черного тела;

S_1 – площадь внешней поверхности трубы

S_2 – площадь внутренней поверхности канала

Рекомендуемая литература: ОИ1, ДИ1.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите виды конвекций
2. Чему равна степень черноты абсолютно черного тела?

Задача 7

Определить потери теплоты трубой, проложенной внутри бетонного канала размером (а*б). Температуры поверхностей трубы и канала t_1 и t_2 , а степени черноты их E_1 и E_2 . Длина трубы l .

Исходные данные к задаче 7

№ Варианта	d,мм	l,м	a,мм	b,мм	t_1 ,*С	t_2 ,*С	E_1	E_2
1	100	10	120	150	50	30	0,90	0,70
2	110	15	140	150	55	25	0,91	0,75
3	120	20	140	140	60	40	0,92	0,76
4	130	25	150	160	65	45	0,93	0,77
5	140	30	150	160	70	35	0,94	0,80
6	150	25	170	170	75	50	0,95	0,82
7	160	20	180	180	80	60	0,94	0,83
8	170	15	190	180	85	55	0,95	0,84
9	180	20	200	200	90	70	0,91	0,85
10	190	25	200	200	85	65	0,92	0,86
11	200	30	220	230	80	60	0,93	0,80
12	190	25	200	200	75	55	0,94	0,82
13	200	30	220	230	70	50	0,95	0,83
14	190	25	200	200	65	50	0,96	0,84
15	180	20	200	200	60	10	0,95	0,70
16	170	15	200	200	55	20	0,96	0,72
17	160	20	180	180	50	30	0,94	0,74
18	150	15	160	160	65	40	0,94	0,76
19	140	15	150	150	70	50	0,92	0,78
20	130	20	150	150	75	55	0,93	0,80
24	120	25	140	140	80	60	0,92	0,82
22	110	30	120	120	85	65	0,90	0,84
23	100	30	120	120	70	50	0,91	0,86
24	110	20	120	120	75	25	0,90	0,84
25	120	15	140	140	65	45	0,92	0,82
26	130	20	150	150	60	40	0,93	0,80
27	140	25	150	150	65	45	0,94	0,76
28	150	15	160	160	60	40	0,94	0,74
29	160	20	170	170	75	50	0,92	0,72
30	170	20	180	180	70	50	0,92	0,70

Практическая работа №7

Тепловой расчет теплообменных аппаратов

Цели:

1. Знать виды ТА.
2. Производить поверочный расчет ТА.

Методические указания

Решение начать с записи уравнения теплового баланса ТА, с учетом того что выполняется конструктивный расчет (I рода) – количество теплоты, отдаваемое греющим теплоносителем равно количеству теплоты получаемому подогреваемым теплоносителем:

$$KS\Delta\bar{t} = MC_{pm} \cdot \Delta t_2$$

K – коэффициент теплопередачи,

S – необходимая поверхность теплообмена,

$\Delta\bar{t}$ – средняя разность температур теплоносителей

$$\Delta\bar{t} = \frac{\Delta t_{ex} - \Delta t_{вых}}{\ln \frac{\Delta t_{ex}}{\Delta t_{вых}}},$$

где Δt_{ex} ; $\Delta t_{вых}$ – начальная и конечная разность температур теплоносителей

$$\Delta t_{ex} = \theta + \frac{1}{2} \Delta T, \quad \Delta t_{вых} = \theta - \frac{1}{2} \Delta T;$$

$\theta = 0,5(t_1' + t_1'') - 0,5(t_2' + t_2'')$ – среднеарифметическая разность температур горячего и холодного теплоносителей

$\Delta T = \sqrt{(\Delta t_1 + \Delta t_2)^2 - 4p\Delta t_1\Delta t_2}$ – характеристическая разность температур,

определяемая с учетом индекса противоточности p (для прямотока $p=0$, для противотока $p=1$, для остальных случаев рассчитывается отдельно или берется из справочных таблиц)

M – количество холодного теплоносителя в единицах массы;

C_{pm} – изобарная теплоёмкость холодного теплоносителя (в данной задаче

принять постоянной $4,2 \frac{кДж}{кг \cdot ^\circ C}$;

$\Delta t_1 = t_1' - t_1''$, $\Delta t_2 = t_2'' - t_2'$ – изменение температуры горячего и холодного теплоносителей

Обязательно построить график изменения температуры теплоносителей для обоих рассматриваемых случаев (в выбранном Вами масштабе)

Рекомендуемая литература: ОИ1, ДИ1.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называется теплопроводностью, конвекцией, лучистым теплообменом?
2. В чём измеряется коэффициент теплопередачи?
3. Какие бывают теплообменные аппараты по конструкции?

4. Сущность конструктивного расчета ТА.
5. До какой температуры будет нагреваться холодный теплоноситель, если рабочая поверхность теплообмена рекуперативного аппарата из Вашей задачи при противотоке будет иметь ту же площадь, что и при прямотоке?

Задача 8

Определить требуемую поверхность рекуперативного (выполнить конструктивный расчет) ТА, в котором холодная вода расходом M нагревается горячими газами, t_1', t_2' - температура горячего и холодного теплоносителя на входе; t_1'', t_2'' - температура горячего и холодного теплоносителя на выходе,

$$C_{pm} = \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

2. Построить температурную диаграмму (в масштабе) для прямотока и противотока.

Исходные данные к задаче 8

№ варианта	$t_1', ^\circ C$	$t_1'', ^\circ C$	$t_2', ^\circ C$	$t_2'', ^\circ C$	$M, \frac{kg}{c}$	$K, \frac{Дж}{m^2 \cdot ^\circ C}$
1	300	150	10	70	0,5	30
2	310	160	15	80	0,6	32
3	320	150	5	100	0,7	34
4	330	140	20	90	0,8	36
5	340	150	10	90	0,9	38
6	360	100	10	70	1,0	40
7	370	110	15	85	1,1	42
8	400	150	20	90	1,2	44
9	450	300	10	110	1,3	42
10	425	180	10	140	1,4	40
11	450	170	10	130	1,5	38
12	400	100	10	80	1,6	36
13	450	200	10	150	1,7	34
14	400	200	10	100	1,8	32
15	450	200	20	180	1,9	30
16	500	200	40	150	2,0	28
17	525	250	20	200	2,1	30
18	500	200	20	150	2,2	32
19	400	150	50	100	2,3	34
20	350	150	50	100	2,4	36
21	250	100	50	80	2,5	38
22	200	100	20	80	2,6	40
23	300	150	50	100	2,7	42
24	350	200	50	150	2,8	44
25	400	250	50	190	2,9	46
26	450	250	100	150	2,8	48
27	500	300	150	200	2,7	46
28	550	250	50	150	2,6	44
29	500	300	100	250	2,5	42
30	450	300	50	150	2,4	40

Тема 2.3. Особенности конструкции и эксплуатации теплотехники

Практическая работа №8 Расчёт топлива и процесса горения

Цели:

1. Уметь переводить горючую и сухую массу в рабочую.
2. Проводить полный расчет процесса горения.

Методические указания

1. Для пересчета состава топлива с горючей массы на рабочую определяем

$$\text{коэффициент пересчета } K_r = \frac{100 - (A^p + W^p)}{100};$$

для пересчета сухой массы на рабочую коэффициент пересчета определяется по формуле

$$K_c = \frac{(100 - W^p)}{100};$$

2. Пересчитать состав топлива с горючей (сухой) массы на рабочую (умножить на поправочный коэффициент $K_r(K_c)$)
Для проверки точности вычислений состава рабочего топлива применить формулу:

$$C^p + H^p + N^p + O^p + S^p + A^p + W^p = 100\%$$

3. Определить низшую теплоту сгорания на рабочую массу топлива по формуле:

$$Q_n^p = 338C^p + 1025H^p - 108.5(O^p - S^p) - 25W^p$$

4. Определить топливный эквивалент топлива

$$\mathcal{E} = \frac{Q_n^p}{29300}$$

5. Определить теоретический расход воздуха, необходимый для сжигания топлива:

$$V_T = 0,0899C^p + 0,267H^p + 0,033(S^p - O^p)$$

6. Определить действительный расход воздуха

$$V_g = \alpha V_T$$

Рекомендуемая литература: ОИ1, ДИ1.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите негорючие элементы топлива.
2. Что такое теплота сгорания топлива?
3. Дайте определение неполноте сгорания топлива.
4. Что называется „условное“ топливо?
5. Напишите формулу топливному эквиваленту.

Задача 9

Дан элементарный состав топлива [%]. Определить:

1. Низшую теплоту сгорания топлива
2. Топливный эквивалент
3. Действительный объём воздуха для сжигания
4. Тепловое напряжение „зеркала” горения топки
5. Тепловое напряжение топочного объёма топки

Примечание: четные варианты – цилиндрическая топка (d, ℓ); нечетные варианты – куб ($a \times a \times \ell$)

Исходные данные к задаче 9

Вар-т	C^r	H^c	S^r	N^c	A^c	W^p	O^r	C^c	H^r	S^c	N^r	A^p	W^p	$B, \text{кг/час}$	$t_g, \text{°C}$	α	$a, \text{м}$	$d, \text{м}$	$\ell, \text{м}$
1	28,3 099	31	40	0,5	0,6	0,2	0							6	15	1	0,5		1
2	66	20,1 74	13	0,7	0,6	20	0							7	-10	1,15		0,4	1,1
3							0,5	1	32,6 95	31	20	31	2	8	20	1,16	0,7		1,2
4							20	1,6	21	23,8 789	15	41	2,6	9	-25	1,17		0,5	1,3
5	30	38	10	11	2	3	10							10	30	1,18	0,9		1,4
6	1	18,5 2	40	18	17	6	15							11	-35	1,19		0,6	1,5
7							28	31	35,2 03	1	3	5	6	12	30	1,2	1,1		1,4
8							35	25	15	22,9 9	1	2	3	13	-25	1,21		0,7	1,3
9	23	2,47	25	26	27	1	13							14	20	1,22	1,3		1,2
10	32	17,2	34	2	4	5	14							15	-15	1,23		0,8	1,1
11							28	31,6 2	13	6	8	21	20	16	10	1,24	1,5		1
12							30	28,1 1	15	6	7	22	24	17	-15	1,25		0,9	1,2
13	63,4 1	20	10	5	6	8	0							18	20	1,3	1,5		1,3
14	58,9 5	10	5	10	5	10	15							19	-18	1,31		1	1,4
15							30	10	40	14,7 5	5	1	3	20	19	1,32	0,7		1,5
16							10	15	38,7 4	25	10	3	2	21	-20	1,33		1,1	1,6
17	20	51,7 5	5	10	5	10	10							22	15	1,34	0,9		1,7
18	30	44,5	10	5	10	5	5							23	-20	1,35		1,2	1,8
19							30	50,4 4	4	5	6	7	8	24	25	1,36	1,1		1,9
20							16,4	6	24	15	26	27	28	25	-30	1,37		1,4	2
21	30	43,9	5	10	2	3	10							25	30	1,38	1,9		1,7
22	23	28,0 4	25	6	8	10	15							27	-25	1,39		1,3	1,7
23							19	6,34	17	16	31	32	1	28	0	1,4	1,7		1,6
24							28	37,7 5	30	1	2	3	4	29	-5	1,41		1,2	1,5

Вар-т	C^r	H^c	S^r	N^c	A^c	W^p	O^r	C^c	H^r	S^c	N^r	A^p	W^p	$B, \text{ кг/час}$	$t_e, \text{ } ^\circ\text{C}$	α	$a, \text{ м}$	$d, \text{ м}$	$l, \text{ м}$
25	15	22,6	17	18	30	5	10							25	10	1,42	1,5		1,4
26	16	17	8	24,4 8	32	6	15							30	-15	1,43		1,1	1,5
27							33	23,8 9	8	10	15	20	13	31	20	1,44	1,4		1,3
28							28	39,0 9	16	10	5	3	20	32	-25	1,45		1	1,2
29	25	30	16	20	11	10	10							33	20	1,46	1,2		1,1
30	30	1	2	5	10	15	15							34	-10	1,47		1,1	1,1

Практическая работа №9

Расчет топок

Цели:

1. Знать виды топок
2. Уметь определять параметры топок

Методические указания

1. Тепловое напряжение «зеркала» горения топки:

$$R_S = \frac{B \cdot Q_H^P}{S_T}, \left[\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \right]$$

где B – расход топлива $\left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right]$

Q_H^P – низшая теплота сгорания топлива $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

S_T - площадь внутренней поверхности топки

2. Тепловое напряжение топочного объема:

$$R_V = \frac{B \cdot Q_H^P}{V_T}, \left[\frac{\text{кВт}}{\text{м}^3} \right]$$

где V_T – объем топки $[\text{м}^3]$

Данные для задачи №10 взять в исходных данных к задаче 9

Рекомендуемая литература: 0-3, с.391-400

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислить виды топок (с пояснениями)
2. Что называется «зеркалом горения» топки?

Практическая работа № 10 Тепловой расчет ДВС

Цели:

1. Знать индикаторную диаграмму 4^x и 2^xтактного ДВС.
2. Уметь определять мощность ДВС.

Методические указания

1. Индикаторная мощность двигателя:

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_{ц} \cdot n \cdot K \cdot Z}{600}, \text{ где}$$

P_i – Индикаторное давление [бар]

$V_{ц}$ – Объем цилиндра [л=дм³]

n – Частота вращения вала [об/мин]

K – Коэффициент тактности двигателя

$K = 0,5$ – для 4^xтактного

$K = 1$ для 2^xтактного

Z = число цилиндров

Эффективная мощность:

$$N_{эф} = N_i \cdot \eta_{мех}$$

2. Удельный индикаторный и эффективный расход топлива:

$$b_i = \frac{B}{N_i} \quad \left[\frac{\text{кг}}{\text{квт} \cdot \text{час}} \right]$$

$$b_{эф} = \frac{B}{N_{эф}} \quad \left[\frac{\text{кг}}{\text{квт} \cdot \text{час}} \right], \text{ где}$$

B – часовой расход топлива, $\left[\frac{\text{кг}}{\text{час}} \right]$

Рекомендуемая литература: 0-3, с 182-191

Вопросы для самоконтроля:

1. Изобразите индикаторную диаграмму 4^xтактного ДВС.

2. Расшифруйте марку ДВС :16ДН23/30
3. Чем отличается Отто от реального цикла работы 4-хтактного ДВС?
4. Что такое индикаторная диаграмма и для чего она нужна?

Задача 11

Определить:

1. Индикаторную и эффективную мощность ДВС
2. Удельный индикаторный и эффективный расходы топлива

Исходные данные к задаче 11

№ варианта	P_i , бар	d_n , см	S_n , см	n , об/мин	Z	$\eta_{мех}$	B , кг/час	Q_H^P , МДж/кг
1	6,0	8	10	850	2	0,7	100	40
2	6,5	9	11	900	4	0,75	110	41
3	7,0	10	12	1110	6	0,6	120	42
4	7,5	11	13	1200	8	0,61	130	43
5	7,6	12	14	1500	10	0,62	140	40
6	7,7	13	15	800	12	0,63	150	44
7	7,8	14	16	950	14	0,65	160	45
8	7,9	15	17	700	16	0,7	170	46
9	8,0	16	18	1400	18	0,75	180	48
10	6,0	17	19	1000	16	0,73	170	50
11	6,1	15	20	750	14	0,74	160	40
12	6,2	16	20	600	12	0,72	180	35
13	6,5	10	12	800	3	0,7	100	25
14	6,6	8	10	900	6	0,75	110	30
15	6,7	9	10	1000	8	0,8	120	32
16	6,8	11	15	1100	10	0,85	130	33
17	6,9	12	15	1200	6	0,7	140	34
18	8,0	13	15	1300	7	0,71	150	35
19	6,0	15	17	1400	8	0,72	100	36
20	6,1	14	15	1500	10	0,73	80	37
21	6,3	13	15	1600	6	0,81	85	38
22	6,4	12	15	1700	7	0,82	90	39
23	6,5	10	15	1800	8	0,84	95	40
24	6,6	8	10	1700	10	0,85	100	41
25	6,7	9	15	1600	12	0,6	60	42
26	6,8	10	15	1500	14	0,65	80	43
27	6,9	13	15	1400	16	0,7	70	35
28	7,0	14	15	1300	18	0,75	80	36
29	7,1	15	20	1200	10	0,8	90	37
30	7,2	16	20	1100	8	0,85	100	38

Практическая работа № 11 Расчет циклов ГТУ

Цели:

1. Знать циклы ГТУ.
2. Уметь определять параметры точек циклов и строить диаграмму.

Методические указания

1. Определение параметров (P, V, T).
2. Составить сводную таблицу результата расчета.

Точка	P, МПа	V, м ³	T, К
1			
2			
3			
4			

Рекомендуемая литература: ОИ1, ДИ1.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите основные элементы ГТУ.
2. Перечислите цикл ГТУ.
3. Назовите сферы применения ГТУ
4. Где в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности применяются ГТУ?

Задача № 12

Цикл установки (4) имеет следующие характеристики (3). Начальная температура (1) °C давление (2) бар.

Принимаемый за рабочее тело воздух ($c_p=1,004$ кДж/ (кг·град); $c_v=0,716$ кДж/ (кг·град), $R=287$ Дж/ (кг·град)).

1. Определить параметры цикла p, v, t, u, s, i для основных точек цикла;
2. Изобразить цикл в P-V координатах в масштабе.

Исходные данные к задаче 12

№ вар	(1)	(2)	(3)						(4)
			n_1	n_2	ξ	λ	ρ	π	
1	0	1	1.4	1.35	5	4,6	-	-	
2	+10	1.1	1.34	1.3	5.5	4,3	-	-	
3	+30	1.2	1.30	1.23	6	4,0	-	-	
4	+50	0.9	1.32	1.2	6.5	3,8	-	-	
5	-70	1.3	1.36	1.25	7	3,4	-	-	
6	-10	0.8	1.38	1.27	7.5	3,0	-	-	
7	-10	0.8	1.4	1.36	10	-	2,2	-	
8	0	0.9	1.38	1.33	10.5	-	2,1	-	
9	+10	1	1.36	1.3	11.0	-	2,0	-	
10	+30	1.1	1.34	1.28	11.5	-	1,9	-	
11	+50	1.2	1.32	1.25	12	-	1,8	-	
12	+70	1.3	1.3	1.25	12.5	-	1,7	-	
13	-10	0.85	1.3	1.25	14	1,4	2	-	
14	0	0.9	1.32	1.28	15	1,5	1,9	-	
15	+10	0.95	1.34	1.3	16	1,6	1,8	-	
16	+35	1	1.36	1.32	17	1,7	1,7	-	
17	+50	1.05	1.38	1.34	16	1,6	1,6	-	
18	+70	1.1	1.4	1.36	19	1,5	1,5	-	
19	-20	0.7	1.4	1.38	-	-	2	5	
20	-10	0.8	1.38	1.36	-	-	1,9	5,5	
21	0	0.9	1.36	1.34	-	-	1,8	6	
22	+10	0.95	1.34	1.32	-	-	1,7	6,5	
23	+20	1.0	1.32	1.3	-	-	1,6	7,0	
24	+30	1.05	1.3	1.28	-	-	1,5	7,5	
25	-20	0.7	1.4	1.38	-	1,4	-	7	
26	-10	0.75	1.38	1.36	-	1,5	-	6,5	
27	0	0.8	1.36	1.34	-	1,6	-	6	
28	+10	0.85	1.34	1.32	-	1,7	-	5,5	
29	+20	0.9	1.3	1.3	-	1,8	-	5	
30	+30	0.95	1.28	1.28	-	1,9	-	4,5	

4. Список рекомендуемой литературы

Основные источники

1. Брюханов, О.Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики [Электронный ресурс]: учебник / О.Н. Брюханов, В.И. Коробко, А.Т. Мелик-Аракелян. - Москва: НИЦ ИФРА-М, 2014. – 254с.– Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=420324>(ЭБС Znanium)

Дополнительные источники

1. Гидравлика, пневматика и термодинамика [Электронный ресурс]: курс лекций /под ред. В.М. Филина. - Москва: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М,2015- 320 с.- Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=478661> (ЭБС Znanium)

Интернет-ресурсы (И-Р):

- И-Р 1 <http://mosgruz.net>
- И-Р 2 <http://gidravl.com>
- И-Р 3 <http://stringer46.narod.ru/>
- И-Р 4 <http://works.tarefer.ru/81/100019/index.html>
- И-Р 5 <http://znanium.com>(ЭБС Znanium)
- И-Р 6 <http://e.lanbook.com>(ЭБС Лань)

Таблица 1. Формулы для расчета газовых смесей

Доля	Перевод в другую долю	Плотность, $\rho_{см}$ Удельный объём смеси $\nu_{см}$	Молекулярная масса смеси, $\mu_{см}$	$R_{см}; \frac{Дж}{кг \cdot К}$	$P_i; Па$
Массовая	$r_i = \frac{g_i}{\sum \frac{g_i}{\mu_i}}$	$\rho_{см} = \frac{1}{\sum \frac{g_i}{\rho_i}}$ $\nu_{см} = \sum \frac{g_i}{\rho_i}$	$\mu_{см} = \frac{1}{\sum \frac{g_i}{\mu_i}}$	$R_{см} = \sum g_i \cdot R_i$	$P_i = g_i \frac{R_i}{R_{см}} P_{см}$
Объёмная	$g_i = \frac{r_i \cdot \mu}{\sum r_i \cdot \mu}$	$\rho_{см} = \sum r_i \cdot \rho_i$ $\nu_{см} = \frac{1}{\sum r_i \cdot \rho_i}$	$\mu_{см} = \sum r_i \cdot \mu_i$	$R_{см} = \frac{8314}{\sum r_i \cdot \mu_i}$	$P_i = P_{см} \cdot r_i$

$$C_p - C_v = R \text{ (уравнение Майера)}$$

Таблица 2. Массовая теплоёмкость газов C_{pm} в диапазоне температур от 0 °С до t °С, кДж/кг*град.

t °С	O ₂	N ₂	H ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	воздух
0	0,915	1,039	14,195	1,040	0,815	1,859	1,004
100	0,923	1,040	14,353	1,042	0,866	1,873	1,006
200	0,935	1,044	14,421	1,046	0,910	1,894	1,012
300	0,950	1,049	14,446	1,054	0,949	1,919	1,019
400	0,965	1,057	14,477	1,063	0,983	1,948	1,028
500	0,979	1,066	14,509	1,075	1,013	1,978	1,039
600	0,993	1,076	14,542	1,086	1,040	2,009	1,050
700	1,005	1,087	14,587	1,098	1,064	2,042	1,060
800	1,016	1,097	14,641	1,109	1,085	2,075	1,071
900	1,026	1,108	14,706	1,120	1,104	2,110	1,082
1000	1,035	1,118	14,776	1,130	1,122	2,114	1,091
1100	1,043	1,127	14,853	1,140	1,138	2,177	1,100
1200	1,051	1,136	14,934	1,149	1,153	2,211	1,108
1300	1,058	1,145	15,028	1,158	1,166	2,243	1,117
1400	1,065	1,153	15,113	1,166	1,178	2,274	1,124
1500	1,071	1,160	15,202	1,173	1,190	2,305	1,131
1600	1,077	1,163	15,294	1,180	1,200	2,335	1,138
1700	1,083	1,174	15,383	1,186	1,209	2,363	1,144
1800	1,089	1,180	15,472	1,192	1,218	2,391	1,150
1900	1,094	1,186	15,561	1,198	1,226	2,417	1,156
2000	1,099	1,191	15,649	1,203	1,233	2,442	1,161
2100	1,104	1,197	15,736	1,208	1,240	2,466	1,166
2200	1,109	1,201	15,819	1,213	1,247	2,490	1,171
2300	1,114	1,206	15,902	1,218	1,253	2,512	1,176
2400	1,118	1,210	15,983	1,222	1,256	2,533	1,180
2500	1,122	1,214	16,064	1,226	1,259		
2600	1,126	1,218	16,145	1,23	1,262		
2700	1,13	1,222	16,226	1,234	1,265		

Таблица 3. Соотношения между параметрами состояния, расчётные и проверочные зависимости термодинамических величин

Наименование процесса	Уравнение процесса	Связь между параметрами	Термодинамическая работа	Количество тепла
Политропный	$PV^n = \text{const}$	$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{n-1}$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}$	$l_{12} = \frac{P_1V_1 - P_2V_2}{n-1}$ $l_{12} = \frac{R(T_1 - T_2)}{n-1}$	$q_{12} = \Delta U + l_{12}$ $q_{12} = \Delta h + w_{12}$ $q_{12} = C_n(T_2 - T_1)$
Изобарный	$P = \text{const}$	$P_1 = P_2$ $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$	$l_{12} = R(T_2 - T_1)$ $l_{12} = P(V_2 - V_1)$	$q_{12} = \Delta U + l_{12}$ $q_{12} = \Delta h = C_{pm}(T_2 - T_1)$
Изохорный	$V = \text{const}$	$V_1 = V_2$ $\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1}$	$l_{12} = 0$	$q_{12} = \Delta h + l_{12}$ $q_{12} = \Delta U = C_{vm}(T_2 - T_1)$
Изотермический	$PV = \text{const}$	$T_1 = T_2$ $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2}$	$l_{12} = RT \ln \frac{V_2}{V_1}$ $l_{12} = RT \ln \frac{V_2}{V_1}$	$q_{12} = l_{12} = w_{12}$ $q_{12} = T \cdot \Delta S$
Адиабатный	$PV^k = \text{const}$	$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1}$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$ $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k$	$l_{12} = \frac{P_1V_1 - P_2V_2}{k-1}$ $l_{12} = \frac{R(T_1 - T_2)}{k-1}$	$q_{12} = 0$

Таблица 4. Н - s диаграмма водяного пара

