

Министерство образования Республики Башкортостан
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Нефтекамский нефтяной колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ и РЕКОМЕНДАЦИИ
по выполнению контрольных заданий
по МДК 02.01. Эксплуатация нефтегазопромыслового
оборудования**

**Тема: Гидродинамика и термодинамические процессы в добыче
нефти
специальности 21.02.01 «Разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений»**

2018г.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1 ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	7
3 ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ	8
4 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ	14

I ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся
1	2
Введение	<p>Содержание учебного материала</p> <p>Гидравлика, её связь с математикой, физикой и другими смежными дисциплинами. Краткие сведения о развитии гидравлики. Роль отечественных и зарубежных учёных в развитии гидравлики. Применение законов гидравлики в нефтяной и газовой промышленности. Физические величины и единицы их измерения. Понятие об идеальной и реальной жидкостях.</p> <p>Самостоятельная работа: Доклады об ученых гидравликах и их открытиях</p>
Раздел 1. Основы гидравлики	
Тема 1.1 . Основные физические свойства жидкостей и газов	<p>Содержание учебного материала</p> <p>Основные физические свойства жидкостей: объёмное сжатие, тепловое расширение, упругость, вязкость.</p> <p>Практические занятия: Решение задач с помощью таблиц физических свойств</p> <p>Самостоятельная работа: Приборы для измерения плотности и вязкости</p>
Тема 1.2 Основные понятия и законы гидростатики	<p>Содержание учебного материала</p> <p>Гидростатическое давление. Основные свойства гидростатического давления. Свободная поверхность жидкости. Виды свободной поверхности покоящейся жидкости. Основное уравнение гидростатики. Давление жидкости на дно сосуда. Понятие о пьезометрическом и гидростатическом напоре.</p> <p>Простейшие гидравлические машина и устройства (гидравлический пресс)</p> <p>Практические занятия: Решение задач на законы гидростатики</p> <p>Самостоятельная работа: Приборы для измерения давления</p>
Тема 1.3 Основные понятия и законы гидродинамики	<p>Содержание учебного материала</p> <p>Задачи гидродинамики. Гидродинамическое давление. Виды движения жидкости: равномерное и неравномерное, установившееся и неустановившееся, напорное и безнапорное. Гидравлические элементы потока.</p> <p>Мощность потока и мощность насоса</p> <p>Практические занятия: Применение уравнений гидродинамики при решении задач</p> <p>Самостоятельная работа: Графическая иллюстрация уравнения Бернулли Приборы для измерения скорости и расхода</p>
Тема 1.4	Содержание учебного материала

Гидравлические сопротивления	Режимы движения жидкости: ламинарный и турбулентный. Число Рейнольдса, его смысл. Критическая скорость.
	Потери напора при ламинарном и турбулентном режиме. Формулы для определения коэффициента гидравлического сопротивления. Влияние различных факторов на коэффициент гидравлического сопротивления. Местные сопротивления, коэффициенты местных сопротивлений.
	Самостоятельная работа: Возможные способы снижения потерь напора в трубопроводах
Тема 1.5 Движение жидкости в напорных трубопроводах	Содержание учебного материала
	Назначение и классификация трубопроводов. Основные формулы для расчёта трубопроводов. Основные задачи при проектировании и расчёте трубопроводов. Расчёт простого и сложного трубопроводов. Графоаналитические методы расчёта трубопровода
	Практические занятия: Решение задач на определение потерь напора
	Самостоятельная работа: Основные задачи при проектировании и расчете трубопроводов
Раздел 2 Термодинамика	
Тема 2.1 Основы термодинамики	Содержание учебного материала
	Предмет и задачи термодинамики, связь с другими дисциплинами. Основные параметры состояния: плотность и удельный объём, давление, температура. Термодинамические процессы. Идеальный газ. Применение понятия для реальных газов. Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля. Уравнение состояния идеальных и реальных газов.
	Идеальный газ. Применение понятия для реальных газов. Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля. Уравнение состояния идеальных и реальных газов
	Самостоятельная работа: Исторические сведения о развитии термодинамики
Тема 2.2 Газовые смеси	Содержание учебного материала
	Чистые вещества и смеси. Состав смеси жидкостей, газов и паров. Газовые смеси. Закон Дальтона
	Самостоятельная работа: Доклады об ученых и их открытиях
Тема 2.3 Теплоемкость вещества	Содержание учебного материала
	Понятие о теплоемкости. Нахождение истинных и средних теплоемкостей. Виды удельной теплоемкости. Теплоемкость газовой смеси
	Практические занятия: Решение задач с использованием таблиц теплоемкостей
	Самостоятельная работа: Теплоемкость газовой смеси
Тема 2.4 Первое начало термодинамики	Содержание учебного материала
	Внутренняя энергия. Энтальпия как функция температуры, принципы эквивалентности и сохранения энергии. Первое начало термодинамики для замкнутой системы и потока газа, его связь с законом сохранения и превращения энергии.
	Классификация термодинамических процессов изменения состояния рабочего тела. Анализ простейших

	<p>термодинамических процессов (изохорного, изобарного, изотермического и адиабатного). Изображение процессов в pV-координатах. Политропные процессы.</p> <p>Самостоятельная работа: Теплота. Функции состояния и процесса</p>
Тема 2.5 Второе начало термодинамики	<p>Содержание учебного материала</p> <p>Понятие об энтропии. Энтропия изолированных и неизолированных систем. Второе начало термодинамики. Сущность и математическая запись закона</p> <p>Самостоятельная работа: Цикл Карно теплового двигателя</p>
Раздел 3. Теплопередача	
Тема 3.1 Теория теплообмена	<p>Содержание учебного материала</p> <p>Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его зависимость от плотности, электропроводности, температуры. Передача теплоты теплопроводностью сквозь плоскую стенку</p> <p>Подобие процессов конвективного теплообмена. Числа подобия. Свободная и вынужденная конвекция. Закон Ньютона-Рихмана. Тепловое излучение. Основные особенности лучистого теплообмена в телах различного агрегатного состояния. Основные законы теплового излучения. Теплообмен излучением между твёрдыми телами, между газом и твёрдой стенкой</p> <p>Самостоятельная работа: Передача теплоты теплопроводностью сквозь плоскую, цилиндрическую и сферическую стенку</p>
Тема 3.2 Теплообменные аппараты	<p>Содержание учебного материала</p> <p>Основные типы теплообменных аппаратов. Назначение и принцип действия теплообменных аппаратов. Сравнительный анализ ТА. Уравнение теплового баланса.</p>
Тема 3.3 Топливо и его горение	<p>Виды топлива для котельных установок. Элементарный состав топлива. Теплота сгорания топлива. Понятие условного топлива и топливного эквивалента. Теоретический и действительный расход воздуха.</p>
Тема 3.4 Топки, топочные устройства и котельные агрегаты	<p>Содержание учебного материала</p> <p>Назначение, классификация топочных устройств. Показатели работы топок котельных установок. Котельные агрегаты. Понятие о котельной установке.</p>

II МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Контрольную работу следует выполнять в тетради (18 листов), оставляя поля в 3 см. страницы должны быть пронумерованы. Работа должна быть написана разборчиво, аккуратно.

2. Каждый вопрос следует начинать с новой страницы. Ответы необходимо излагать грамотно, последовательно, в полном объеме с использованием схем, графиков, табличных данных, выполненных как самостоятельно, так и ксерокопированием.

3. В конце контрольной работы должен быть указан список используемой литературы, которой пользовались при выполнении заданий. Проставлена дата и подпись учащегося. Полностью выполненную работу учащийся должен выслать в колледж для проверки.

4. После получения работы необходимо просмотреть ее, ознакомиться с рецензией, сделать исправления, дополнения изменения на листах контрольной работы, назвав их «Работой над ошибками».

5. Если работа не зачтена, то учащийся должен передать ее и выслать повторно в колледж.

6. Зачтенная контрольная работа хранится у учащегося и предъявляется преподавателю на экзамене по данному предмету.

7. Небрежно выполненную работу, а также выполненную не по своему варианту, возвращают учащемуся без проверки.

8. По всем неясным вопросам, которые возникнут в процессе изучения программного материала и выполнения контрольной работы, следует обращаться устно или письменно в колледж к преподавателю предметнику за консультацией.

III ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Задача 1

В вертикальном цилиндрическом резервуаре хранится вода массой m , плотность которой при температуре t_1 составляет ρ . Определить плотность нефти при температуре t_2 , на какую величину ΔV изменится объем нефти при изменении температуры, кинематическую ν и динамическую η вязкости нефти. Если коэффициент $\beta_v = 0,49 \cdot 10^{-6} \text{ Па}^{-1}$, $\beta_t = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ 1}^\circ\text{C}$.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_2, ^\circ\text{C}$	5	10	15	25	30	35	40	45	50
$УВ, ^\circ\text{E}$	8,5	10,4	5	9	6,6	8	24	7,4	8,9
$m, \text{ тонн}$	10	12	14	9	8	7,5	13	11	7

Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$t_2, ^\circ\text{C}$	5	10	15	25	30	35	40	45	50
$УВ, ^\circ\text{E}$	5,5	9,6	9,8	8,6	7,8	28	6,8	8,7	8,1
$m, \text{ тонн}$	10,5	15	6	12,5	14,2	11,4	5,9	8,3	9,7

Указания к решению задачи

1. Для перерасчета плотности нефти при атмосферном давлении на любую температуру применяют формулу Менделеева:

$$\rho_{t_2} = \frac{\rho_{t_1}}{1 + \beta_t(t_2 - t_1)}, \text{ кг/м}^3$$

2. Относительное изменение объема нефти $\Delta V/V$ определяют по формуле:

$$\frac{\Delta V}{V} = \beta_t \Delta t$$

3. Зная условную вязкость УВ, по формуле Убеллоде можно определить кинематическую вязкость:

$$\nu = 0,0731 \cdot УВ - \frac{0,0631}{УВ}, \text{ мм}^2/\text{с}$$

4. Динамическая вязкость, находится исходя из формулы:

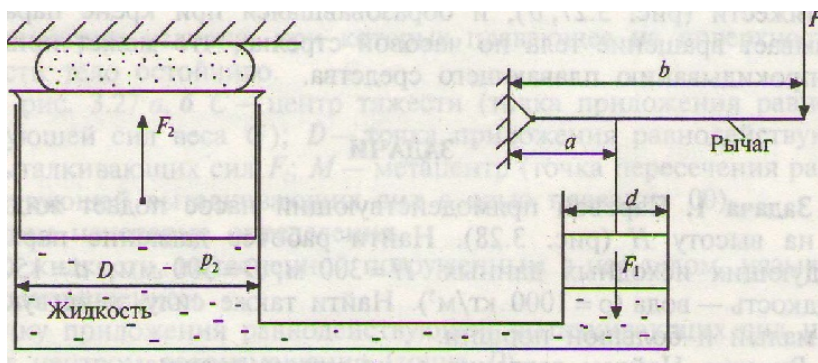
$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \text{ м}^2/\text{с}$$

Задача 2

Определить силу прессования F_2 , развиваемую гидравлическим прессом, у которого диаметр большого поршня D ; а малого – d , при следующих исходных данных:

Исходные данные	Вариант								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d, мм	50	52	54	56	60	62	64	66	68
D, мм	200	205	208	210	220	230	240	250	255
F, Н	15	15,4	15,5	15,8	16	16,3	16,5	16,8	17
a, мм	90	93	95	100	105	110	112	115	116
b, мм	900	930	950	1000	1050	1100	1120	1150	1160

Исходные данные	Вариант								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
d, мм	57	59	61	63	65	67	69	42	44
D, мм	235	245	255	262	270	275	280	180	184
F, Н	15,9	16	16,2	16,4	16,6	16,9	17	14,5	14,6
a, мм	102	106	108	110	115	118	120	80	82
b, мм	1020	1060	1080	1100	1150	1180	1200	800	820



Указания к решению задачи

1. Определить силу F_1 по формуле:

$$F_1 = \frac{F(a+b)}{a}, \text{ Н}$$

2. Передаваемая на плунжер D сила F_1 создает в жидкости избыточное давление, которое рассчитывается следующим образом:

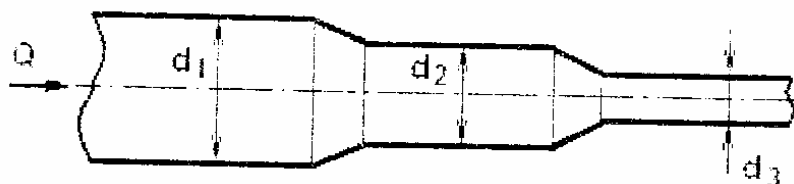
$$P_u = \frac{4 \cdot F_1}{\pi d^2}, \text{ Па}$$

3. Это давление передается на поршень 2, в результате чего сила давления на этот поршень, обуславливаемая силой F_2

$$F_2 = P_u \cdot \frac{\pi D^2}{4}, \text{ Н}$$

Задача 3

Определить скорости течения и режимы движения воды по трубопроводу разного сечения. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu = 1,008 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.



Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1 , мм	114	116	118	120	124	126	128	134	200	180
d_2 , мм	60	62	63	65	67	68	70	72	100	80
d_3 , мм	38	39	40	42	43	44	45	46	50	60
Q , л/с	4,84	4,96	5,2	5,54	5,62	5,75	5,84	5,92	8,6	8,24
Исходные данные	Вариант									
	11	12	13	14	15	16	17	18		
d_1 , мм	142	144	148	154	156	170	190	138		
d_2 , мм	78	80	82	83	85	90	95	73		
d_3 , мм	52	53	54	55	56	55	65	48		
Q , л/с	6,44	6,62	6,7	6,84	6,9	8	8,5	6		

Указания к решению задачи

1. Определить скорость в каждом участке трубопровода исходя из формулы:

$$Q = v \cdot S, \text{ [м}^3/\text{с]}$$

если,

$$S = \pi d^2 / 4, \text{ [м}^2\text{]}$$

2. Для определения режима движения, необходимо рассчитать число Рейнольдса для каждого по формуле:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Задача 4

По горизонтальному трубопроводу перекачивается нефть ($\rho=890 \text{ кг/м}^3$, $\nu=2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, шероховатость стенок $\Delta=0,15 \text{ мм}$), истечение – в атмосферу. Насос, установленный в начале трубопровода, может создавать максимальный напор в нагнетательной линии при заданном расходе.

1. Чему равно падение давления в трубопроводе за счет потерь на трение по длине?

2. Какова должна быть суммарная величина коэффициентов местных сопротивлений?

3. Каково минимальное значение кинематической вязкости?

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H, м	75	76	77	78	80	81	82	83	84	85
L, км	1	1,25	1,44	1,58	1,66	1,75	1,83	1,85	1,9	2
d, мм	180	182	184	186	188	200	202	204	206	208
Q, м ³ /с	0,052	0,055	0,056	0,057	0,058	0,06	0,062	0,063	0,064	0,065

Исходные данные	Вариант							
	11	12	13	14	15	16	17	18
H, м	86	87	88	89	90	91	92	93
L, км	2,1	2,15	2,26	2,3	2,38	2,41	2,45	2,5
d, мм	210	212	214	216	218	220	222	224
Q, м ³ /с	0,066	0,067	0,068	0,07	0,071	0,073	0,075	0,077

Указания к решению задачи

1. Определить скорость движения жидкости:

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2}, \text{ [м}^2/\text{с]}$$

2. Рассчитать число Рейнольдса, определить режим движения жидкости и выбрать формулу для нахождения коэффициента гидравлического трения λ

3. Падение давления в трубопроводе рассчитывается по формуле:

$$\Delta P = \rho \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2}, \text{ [Па]}$$

4. Суммарная величина коэффициентов местных сопротивлений определяется исходя из формулы:

$$h_{\text{м.п}} = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}, \text{ [м]}$$

где $h_{\text{м.п}} = H - h_{\text{тр}}$

5. Определить кинематический коэффициент вязкости

$$\nu = \frac{4Q}{\pi d Re}, \text{ [м}^2/\text{с]}$$

Задача 5

К воздуху в баллоне вместимостью V , л при давлении P_1 , МПа и температуре t_1 , °С подводится теплота в количестве Q , кДж. Найти конечные температуру и давление воздуха в баллоне, при удельная теплоемкость $c_v = 0,7170$ кДж/кг·К, удельная газовая постоянная для воздуха $R_0 = 287,1$ Дж/кг·К

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V , л	80	90	100	105	110	115	120	125	130
P_1 , МПа	0,22	0,25	0,3	0,33	0,35	0,37	0,4	0,42	0,45
t_1 , °С	12	15	20	24	16	21	22	27	26
Q , кДж	134,6	141,8	148,4	150,8	152,4	156,2	158,8	160	162

Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
V , л	102	94	108	135	85	95	104	107	140
P_1 , МПа	0,32	0,28	0,36	0,47	0,25	0,28	0,31	0,34	0,41
t_1 , °С	17	19	23	26	15	18	21	20	25
Q , кДж	149	145	151,5	163	136	142,8	148,8	152	164

Указание к решению:

1. Исходя из формулы Клапейрона $P_1V = mR_0T_1$ необходимо определить массу воздуха.
2. Используя уравнение первого начала термодинамики $Q = mC_v(t_2 - t_1)$, выразим формулу для нахождения t_2 , °С.
3. По формуле $P_2V = mR_0T_2$, найти значение P_2 , Па.

Задача 6

Из сопла Лавалья вытекает воздух с начальным давлением P_1 в среду с давлением P_2 . Диаметр узкой части сопла d , мм. В течении некоторого времени через сопло прошло m , кг воздуха. Найти время истечения z , с и скорость в выходном сечении сопла c_2 . Если $k=1,4$, то критический режим истечения газов и паров $\psi=0,6846$.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_1 , МПа	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3
P_2 , МПа	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
t , °С	27	27	28	28	28	29	29	30	30
d , мм	40	41	42	43	44	44	45	45	46
m , кг	400	402	404	405	406	408	409	410	412

Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
P_1 , МПа	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2
P_2 , МПа	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
t , °С	31	31	31	32	32	32	33	33	33
d , мм	47	48	49	50	51	52	53	54	55
m , кг	414	415	416	417	418	420	421	423	425

Указания к решению

1) Скорость истечения газа через сопло определяется по формуле:

$$c_2 = \sqrt{2 \frac{k}{k-1} R_0 T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, \text{ [м/с]}$$

2) Определим массовый расход воздуха

$$m_t = \psi S_2 \frac{P_1}{\sqrt{R_0 T_1}} \text{ [кг/ч]}$$

3) Время истечения воздуха через сопло рассчитаем по формуле:

$$z = \frac{m}{m_t} \text{ [с]}$$

Задача 7

Газовая турбина работает по циклу с изобарным подводом теплоты. Определить параметры в характерных точках цикла, количества подведённой и отведённой теплот, работу цикла, а также термический к.п.д. и сравнить его с к.п.д. цикла с полной регенерацией $T_a, \nu_a, T_c, \nu_c, P_c, T_z, \nu_z, P_z, T_b, \nu_b, P_b, |q'_1|, |q'_2|$. Рабочее тело – азот. Если заданы следующие параметры и характеристики:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_a , МПа	0,08	0,082	0,084	0,085	0,086	0,087	0,088	0,089	0,09
t_a , °C	-10	-10	-10	-9	-9	-11	-12	-12	-12
λ	4	4	4	4	5	5	5	5	6
ρ	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,1	3,3	3,5

Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
P_a , МПа	0,091	0,092	0,093	0,094	0,095	0,096	0,097	0,098	0,099
t_a , °C	-13	-13	-13	-14	-14	-14	-15	-15	-15
λ	6	6	6	7	7	7	7	8	8
ρ	3,7	3,9	4	4,2	4,4	4,6	4,8	5	5,1

Указание к решению:

1) Параметры газовой смеси в характерных точках диаграммы цикла:

точка а

$$T_a = t_a + 273 \text{ [K]}$$

Из уравнения состояния находим: $\nu_a = \frac{T_a R_0}{P_a} \text{ [м}^3\text{/кг]}$

2) точка с. Степень повышения давления $P_c = P_a \cdot \lambda \text{ [Па]}$;

Известно что, $T_c = T_a \cdot \lambda^{\frac{k-1}{k}} \text{ [K]}$;

Следовательно $\nu_c = \frac{T_c R_0}{P_c}$

3) точка z. $T_z = T_c \cdot \rho \text{ [K]}$; $P_z = P_c$; $\nu_z = \rho \cdot \nu_c$

4) точка b. $P_b = P_a$; $T_b = T_a \cdot \rho$; $\nu_b = \rho \cdot \nu_a$

5) Количество подведённой удельной теплоты:

$$|q'_1| = R_0 \cdot \frac{k}{k-1} \cdot (T_z - T_c) \text{ [кДж/кг]}$$

6) Количество отведённой удельной теплоты

$$|q'_2| = R_0 \cdot \frac{k}{k-1} \cdot (T_b - T_a)$$

Задача 8

Определить количество тепла, передаваемого от дымовых газов к кипящей воде через:

а) стальную чистую стенку ($\lambda_1 = 58 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$) толщиной δ_1 ;

б) стальную стенку, покрытую со стороны воды слоем накипи ($\lambda_2 = 2,3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$)

толщиной δ_2 . Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке ($a_1=186 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $a_2=134 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$);

в) стальную стенку, покрытую со стороны воды слоем накипи и слоем масла толщиной δ_3 ($\lambda_3 = 0,1 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$)

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\delta_1, \text{ мм}$	5	4	3	6	8	10	8,5	6,5	4,5
$\delta_2, \text{ мм}$	10	9	8	7	6	14	11	12	8,5
$\delta_3, \text{ мм}$	1	1,5	0,5	1,4	1,2	2	1,8	1,7	1,1
$t_{\text{в}}, \text{ }^\circ\text{C}$	200	180	160	140	150	210	220	240	155
$t_{\text{г}}, \text{ }^\circ\text{C}$	810	800	790	830	850	890	860	840	820

Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\delta_1, \text{ мм}$	3,5	5,5	7	7,5	9	9,5	10,5	11	11,5
$\delta_2, \text{ мм}$	7,5	9,5	10,5	11	12	12,5	14,5	15	15,5
$\delta_3, \text{ мм}$	0,8	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,5	2,55	2,6
$t_{\text{в}}, \text{ }^\circ\text{C}$	165	175	185	190	200	205	215	225	230
$t_{\text{г}}, \text{ }^\circ\text{C}$	795	815	845	855	865	870	900	910	920

Указание к решению:

1) Для определения количества тепла, передаваемого дымовыми газами через однослойную стенку, используем формулу:

$$q = k(t_{\text{г}} - t_{\text{в}}) [\text{Вт/м}^2],$$

где k – коэффициент теплопередачи

Для случая а) определяется:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2}} [\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}]$$

Для случаев б) и в):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} [\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}]$$

где δ_i - толщина каждого из слоёв между газами и водой, м;

λ_i - коэффициент теплопроводности каждого из материалов, составляющих слой стенки, Вт/м·К

Задача 9

Компрессор, имеющий подачу V_t подаёт охлаждённый до начальной температуры сжатый воздух давлением P_1 . Наружное давление P_2 при температуре t . Найти подводимую теоретическую мощность при:

- 1) изотермическом сжатии;
- 2) политропном сжатии ($n=1,25$);
- 3) адиабатном сжатии ($k=1,4$)

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_1 , МПа	0,5	0,53	0,55	0,58	0,6	0,62	0,65	0,67	0,69
P_2 , МПа	0,1	0,14	0,16	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,3
t , °C	22	22	22	23	23	23	24	24	24
V_t , кг/ч	100	102	104	106	108	110	112	115	116

Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
P_1 , МПа	0,7	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,8	0,82	0,85
P_2 , МПа	0,32	0,34	0,35	0,37	0,39	0,4	0,42	0,44	0,45
t , °C	25	25	25	26	26	26	27	27	27
V_t , кг/ч	118	120	122	124	125	128	130	132	134

Указание к решению:

$$1) N_{ад} = P_1 V_t \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k} - 1 \right] \cdot \frac{k}{k-1} \quad [\text{Вт}]$$

$$2) N_{пол} = P_1 V_t \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(n-1)/n} - 1 \right] \cdot \frac{n}{n-1} \quad [\text{Вт}]$$

$$3) N_{из} = 2,3 P_1 V_t \lg \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \quad [\text{Вт}]$$

Задача 10

Определить теоретическое и действительное количество воздуха для сжигания котельного топлива, имеющее следующий элементарный состав

№	Данные									
	C ^p , %	H ^p , %	O ^p , %	N ^p , %	S ^p , %	A ^p , %	W ^p , %	α	t ⁰ C	B, кг/ч
1	70,4	5,02	11,7	0,88	2	5	5	1,5	15	300
2	41,4	2,9	10,5	1	0,9	24,3	19	1,35	10	310
3	68	6,22	11	1,9	2,2	6	4,68	1,4	20	320
4	52	3,1	9,2	0,7	2	8,3	24,7	1,7	25	330
5	55	3	9,1	1,5	1,9	15	14,5	1,3	28	340
6	64	4,2	9,5	0,9	0,9	10,8	9,7	1,2	22	350
7	60	4,6	9,8	1,5	0,8	5,8	17,5	1,6	13	360
8	58	5,2	12,5	1,6	1,5	11,6	9,6	1,65	15	370
9	50	3,8	10	1,8	1,8	15,2	17,4	1,4	25	380
10	42	6	8,4	2	1,6	15,1	24,9	1,3	22	390
11	32,8	2,4	9,9	0,6	2,9	18,4	33	1,4	20	450
12	38	3,5	10,2	2,1	0,9	7,5	37,8	1,2	22	440
13	40	4,2	8	3,2	2,2	5	37,4	1,4	15	430
14	43	4	6,8	2,2	15,8	6,2	22	1,4	12	420
15	46	5,1	10,4	0,6	12,9	8,2	16,8	1,3	10	410
16	48,4	5,2	11,9	1,5	2,2	21	9,8	1,3	12	400
17	52,3	6,4	9,5	0,5	2	15,2	14,1	1,35	15	300
18	54,8	2,5	10	1,2	2,5	16	13	1,35	16	390

Указания к решению задания:

1) Определить низшую теплоту сгорания топлива

$$Q_{н}^p = 0,338C^p + 1,025H^p - 0,108(O^p - S^p) - 0,025W^p$$

2) Теоретическое количество воздуха определяется:

$$L_0 = 0.0899K^p + 0.266H^p - 0.333O^p, \text{ м}^3 / \text{кг}$$

где $K^p = C^p + 0.375S^p$

3) Действительное количество воздуха

$$L = \alpha L_0, \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

4) Далее можно найти часовой расход воздуха

$$V_B = L \cdot B, \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

5) Учитывая температуру воздуха

$$V_B' = V_B \left[1 + \frac{t}{273} \right], \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Информационное обеспечение обучения
Перечень рекомендуемых учебных изданий, дополнительной
литературы

Основные источники:

- Жабо В.В., Уваров В.В. «Гидравлика и насосы» - М.: «Энергоиздат», 2015
Евгеньев А.Е., Крупеник А.П. «Гидравлика» - М.: «Недра», 2014
Ерохин В.Г., Махонько М.Г. «Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники» - М.: «Энергия», 2014

Дополнительные источники:

- Костерев Ф.М., Кушнырев В.И. «Теоретические основы теплотехники» - М.: Энергия, 1998
Евгеньев А.Е., Рабинович Е.З. «Гидравлика» - М.: «Недра», 1989
Андриевская А.В., Кременецкий Н.П., Панова М.В. «Задачник по гидравлике» - М.: «Энергия», 1970
Поршаков В.П., Романов Б.А. Основы термодинамики и теплотехники. М., «Недра», 1983.
Рабинович О.М. Сборник по технической термодинамике. М., «Машиностроение», 1973.
Ерохин В.Г., Маханько М.Г., Самойленко П.И. Основы термодинамики и теплотехники. М., «Энергия», 1965.
Чернов А.В., Бессребренников Н.К. Основы теплотехники и гидравлики. М., «Энергия», 1965.
Могильницкий И.П. Двигатели внутреннего сгорания в нефтяной промышленности. М., «Недра», 1978.
Панкратов Г.П. Сборник задач по общей теплотехнике. М., «Высшая школа», 1986.
Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. М., «Высшая школа», 1980.