

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:

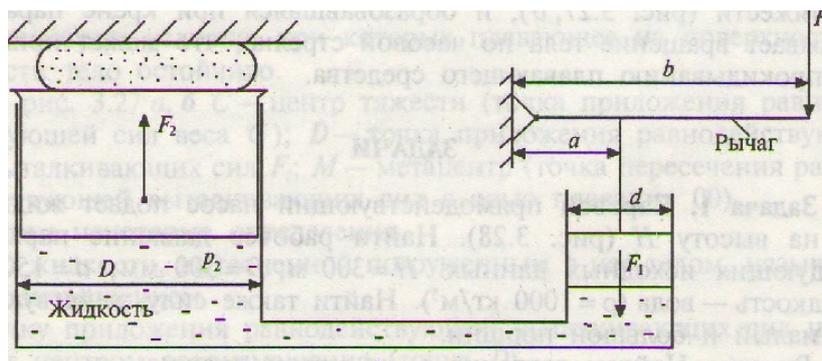
$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \text{ м}^2/\text{с}$$

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:

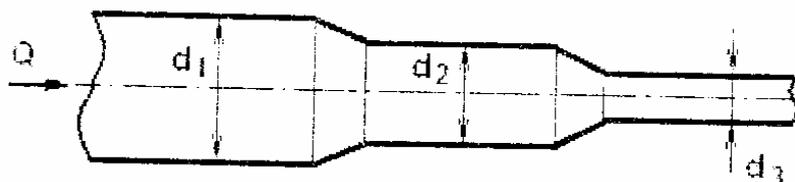
$$P_u = \frac{4 \cdot F_1}{\pi d^2}, \text{ Па}$$

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 |
| $d_1, \text{ мм}$ | 114 | 116 | 118 | 120 | 124 | 126 | 128 | 134 | 200 | 180 |
| $d_2, \text{ мм}$ | 60 | 62 | 63 | 65 | 67 | 68 | 70 | 72 | 100 | 80 |
| $d_3, \text{ мм}$ | 38 | 39 | 40 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 50 | 60 |
| $Q, \text{ л/с}$ | 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 |
| $d_1, \text{ мм}$ | 142 | 144 | 148 | 154 | 156 | 170 | 190 | 138 |
| $d_2, \text{ мм}$ | 78 | 80 | 82 | 83 | 85 | 90 | 95 | 73 |
| $d_3, \text{ мм}$ | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 55 | 65 | 48 |
| $Q, \text{ л/с}$ | 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.