

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И МОЛОДЕЖИ
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ
«БАХЧИСАРАЙСКИЙ КОЛЛЕДЖ СТРОИТЕЛЬСТВА,
АРХИТЕКТУРЫ И ДИЗАЙНА»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по решению задач контрольной работы

по учебной дисциплине

«Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики»

по специальности:

**08.02.08 «Монтаж и эксплуатация оборудования и
систем газоснабжения»**

**Разработал :
Вербицкий В.И.**

г. Бахчисарай

2014 г.

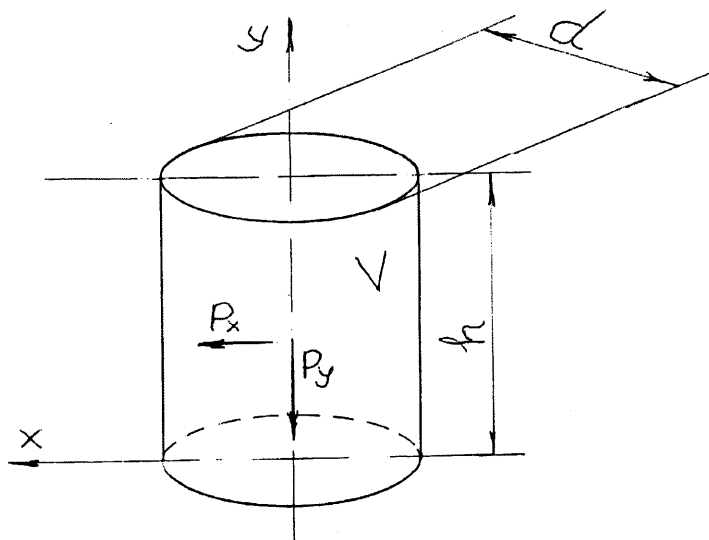
Задача № 1.

Прежде чем приступить к решению задачи нужно изучить темы:

- Основные физические свойства жидкости;
- Гидростатическое давление и его свойства. Виды давления;
- Силы давления жидкости и газов на плоские и криволинейные стенки.

Пример 1

Вертикальный цилиндрический резервуар объемом $V = 375 \text{ м}^3$ и высотой $h = 12 \text{ м}$ заполнен водой. Определить величину давления воды на боковую стенку и на дно резервуара.



Решение:

1. Определим площадь дна резервуара:

$$\omega = \frac{V}{h} = \frac{375}{12} = 31,25 \text{ м}^2$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4};$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \omega}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 31,25}{3,14}} = 6,3 \text{ м}$$

2. Давление на дно резервуара:

$$P_y = \rho \cdot g \cdot h \cdot \omega = 1000 \cdot 9,81 \cdot 12 \cdot 31,25 = 3678,75 \text{ кН}$$

3. Определим силу давления на боковую стенку резервуара:

$$P_x = \rho \cdot g \cdot h_u \cdot \omega_y$$

h_u – глубина погружения центра массы боковой стенки под свободной поверхностью воды:

$$h_u = \frac{1}{2}h \quad (\text{м})$$

ω_Y – площадь проекции боковой стенки на вертикальную плоскость.

$$\omega_Y = h \cdot d$$

$$P_x = \rho \cdot g \cdot \frac{h}{2} \cdot h \cdot d = 1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{12}{2} \cdot 12 \cdot 6,3 = 4449,8 \text{ кН}$$

Задача № 2.

Прежде чем приступить к решению задачи нужно изучить тему:

- сила гидростатического давления на криволинейные поверхности и стенки труб.

Пример 2

Определить толщину стенки стальной трубы, работающей под давлением $p = 3 \cdot 10^6 \text{ Па}$
 $= 3 \text{ МПа} = 30 \text{ ат}$. Внутренний диаметр трубы $d = 600 \text{ мм} = 0,6 \text{ м}$.

Допускаемое напряжение материала $[\sigma] = 140 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}$

Принять поправочный коэффициент (дополнительная толщина) $\alpha = 4 \text{ мм}$.

$$\delta = \frac{\rho \cdot d}{2[\sigma]} + \alpha = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 0,6}{2 \cdot 140 \cdot 10^6} + 0,004 = 0,0076 \text{ м} = 7,6 \text{ мм}.$$

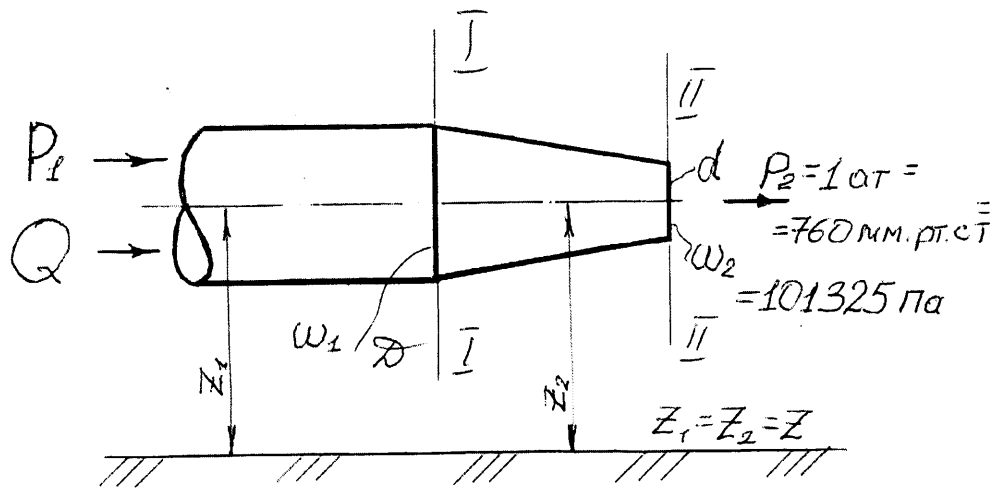
Задача № 3.

Прежде чем приступить к решению задачи нужно изучить темы:

- основные определения гидродинамики;
- виды и режимы движения жидкости и газов;
- энергия элементарного потока жидкости;
- уравнение Бернулли для потока реальной жидкости;
- движение жидкости и газов по трубам;
- истечение жидкости через насадки.

Пример 3

Ручная шланговая мойка транспортных средств приводится брандспойтом. Какое давление должен создать насос, чтобы получить расход воды $Q = 40 \text{ л/с}$, через сопло диаметром $d = 4 \text{ мм}$. Диаметр шланга $D = 30 \text{ мм}$, потери напора не учитывать.



Принимаем давление $P_2 = 1 \text{ ат} = 760 \text{ мм рт. ст} = 101325 \text{ Па}$.

Решение:

1. Запишем уравнение Бернулли Д. для нашего случая (без потерь).

$$Z + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} = H = \text{const}$$

Расход жидкости через отверстие определяют по формуле:

$$Q = \omega \cdot \mu \cdot \sqrt{2g \cdot H}$$

$\mu = \varphi \cdot \varepsilon$ — коэффициент расхода

$$\varepsilon = \frac{\omega_2}{\omega_1} \text{ — коэффициент сжатия}$$

φ — коэффициент скорости.

По Андриевскому А.В. и др. «Задачник по гидравлике» стр. 123

$\varphi = 0,96$; $\varepsilon = 0,98$; $\mu = 0,94$ для сходящихся конических насадок.

Оптимальный угол сужения конической насадки

$$\Theta = 13^{\circ} 24' \quad \text{выбираем} \quad \Theta = 13^{\circ}$$

Определим полный напор $H = \frac{P}{\gamma} + \frac{g^2}{2g}$ с другой стороны:

$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2g \cdot H}, \quad \text{откуда} \quad H = \frac{Q^2}{\omega_1^2 \cdot \mu^2 \cdot 2g}$$

$$\omega_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,030^2}{4} = 0,0007065 \text{ м}^2$$

$$\mu = \varphi * \varepsilon = 0,96 * 0,98 = 0,94$$

$$\text{Напор: } H = \frac{0,04}{0,0007065^2 \cdot 0,94^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = 184,9 \text{ м}$$

2. Определим скорость в шланге:

$$v = \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot H} = 0,96 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 184,9} \approx 57,8 \text{ м/с}$$

3. Определим давление P_1 – создаваемое насосом:

$$H = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g}$$

$$184,9 = \frac{P_1}{1000 \cdot 9,81} + \frac{57,8^2}{2 \cdot 9,81} = 170,3$$

$$184,9 - 170,3 = \frac{P_1}{1000 \cdot 9,81}$$

$$14,6 = \frac{P_1}{9810}$$

$$P_1 = 14,6 * 9810 = 143226 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} (\text{Па}) = 0,143 \text{ МПа} = 1,43 \text{ ат.}$$

Задача № 4.

Прежде чем приступить к решению задачи нужно изучить темы:

- Основные законы идеальных газов;
- теплоемкость;
- процессы изменения состояния идеальных газов;
- I закон термодинамики.

Пример 4

Азот (N_2) массой $m = 0,55$ кг расширяется по изобаре ($p = \text{const}$) при абсолютном давлении $p = 0,3$ МПа, так, что температура его повышается от $t_1 = 100^\circ \text{C}$ до $t_1 = 400^\circ \text{C}$.
Определить конечный объем газа, выполненную им работу, подведенную теплоту и изменение внутренней энергии.

Решение:

1. Определяем первоначальный объем воздуха при температуре $t_1 = 100^\circ \text{C}$ по Закону Клапейрона:

$$p * V_1 = m R T_1$$

p – давление газа в Па.
 $0,3$ МПа = 300000 Па

m – масса газа в кг.

R – газовая постоянная для азота

$$R = 296 \text{ Дж/кг} * \text{К}$$

V_1 – объем газа в м^3

T_1 – абсолютная температура газа

$$T_1 = 273 + t_1 = 273 + 100 = 373^\circ \text{К}.$$

$$V_1 = \frac{m R T_1}{p} = \frac{0,55 * 296 * 373}{300000} = 0,2 \text{ м}^3$$

2. Определим конечный объем газа V_2 из закона Гей-Люсака для изобарного процесса:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{V_1 * T_2}{T_1} = \frac{0,2 * 673}{373} = 0,36 \text{ м}^3$$

$$T_2 = 273 + 400 = 673^\circ \text{К}.$$

3. Выполненная работа при расширении газа

$$l = m R (T_2 - T_1) = 0,55 * 296 * (673 - 373) = 48840 \text{ Дж} = 48,8 \text{ к Дж}$$

4. Подведенное тепло в изобарном процессе определяется по формуле:

$$q = m * c_p * (T_2 - T_1)$$

C_p – теплоемкость в изобарном процессе, её определяют по таблице 2.2 (стр. 49) П – I

N_2 – двух атомный газ

По таблице $\mu C_p = 29,31 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$

μ – молекулярная масса; $N_2 = 28$.

$$C_p = \frac{\mu C_p}{\mu} = \frac{29,31}{28} = 1,046 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

тогда:

$$q = 0,55 * 1,046 * (673 - 373) = 172,6 \text{ кДж}$$

5. I закон термодинамики для изобарного процесса:

$$q = \Delta u + l$$

Δu – изменение внутренней энергии

$$\Delta u = q - l = 172,6 - 48,84 = 123,76 \text{ кДж}$$

Задача № 5.

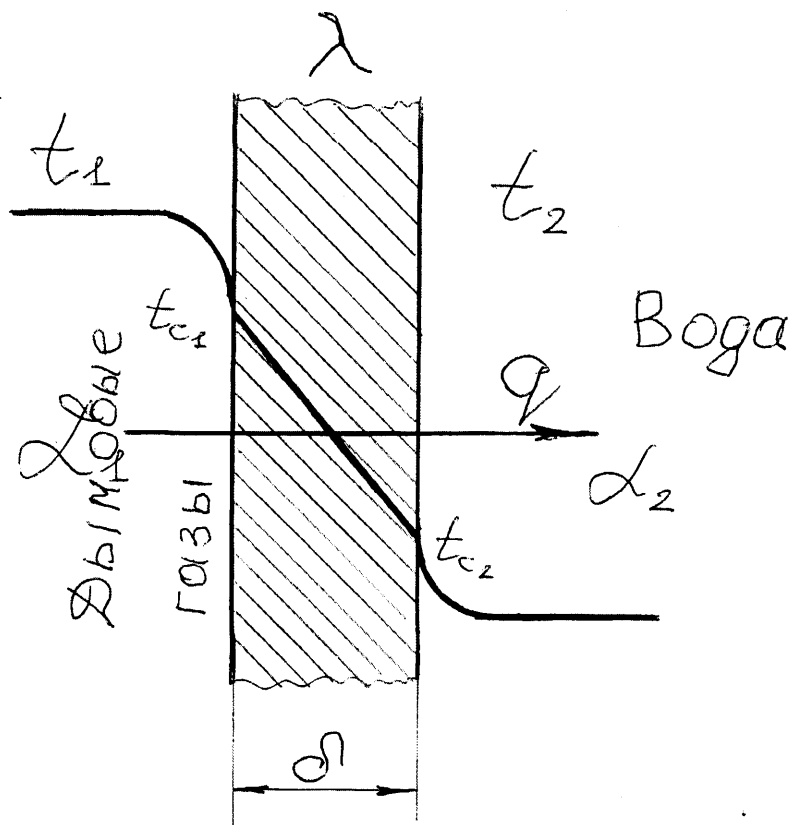
Прежде чем приступить к решению задачи нужно изучить темы:

- теплопроводность;
- конвективный теплообмен;
- теплопередача.

Пример 5

Плотность теплового потока через плоскую стену бака при температуре дымовых газов $t_1 = 1100^0 \text{ C}$ и температуре воды $t_2 = 180^0 \text{ C}$ составляет $Q = 50000 \text{ Вт/м}^2$.

Коэффициент теплоотдачи со стороны воды $\alpha_2 = 5700 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$. Определить коэффициент теплоотдачи со стороны газов, коэффициент теплопередачи и температуры поверхностей стенки бака, если толщина её $\delta = 12 \text{ мм}$ и коэффициент теплопроводности металла $\lambda = 56 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$.



Решение:

1. Определяем коэффициент теплопередачи K:

$$q = K (t_1 - t_2) \quad K = \frac{q}{t_1 - t_2}$$

$$K = \frac{50000}{1100 - 180} = 54,35 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{к.}$$

2. Определяем температуру стенки со стороны воды

$$q = \alpha_2 \cdot (t_{c2} - t_2); \quad t_{c2} - t_2 = \frac{q}{\alpha_2} = \frac{50000}{5700} = 8,8^\circ \text{C}$$

$$t_{c2} = t_2 + 8,8 = 180 + 8,8 = 188,8^\circ \text{C}$$

3. Определим температуру стенки со стороны дымовых газов:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{c1} - t_{c2}); \quad t_{c1} - t_{c2} = q \frac{\delta}{\lambda} = 50000 \cdot \frac{0,012}{56} = 10,7^\circ \text{C}$$

$$t_{c1} = t_{c2} + 10,7 = 188,8 + 10,7 = 199,5^\circ \text{C}$$

4. Определим коэффициент теплоотдачи со стороны дымовых газов:

$$q = \alpha_1 * (t_1 - t_{c1})$$

$$\alpha_1 = \frac{q}{t_1 - t_{c1}} = \frac{50000}{1100 - 199,5} = 55,5 \text{ Вт/м}^2 * \text{К}$$

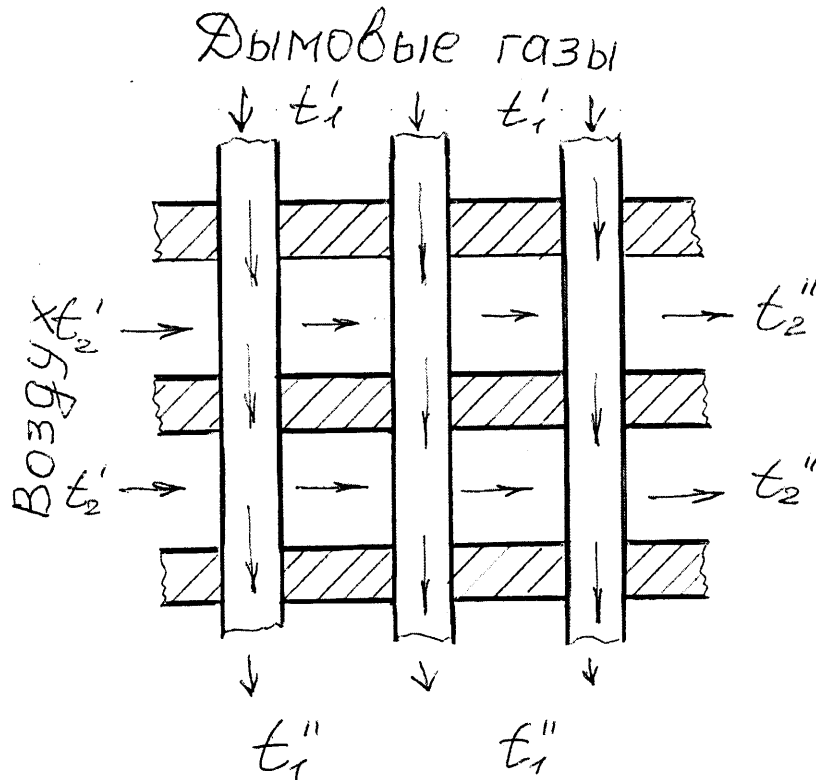
Задача № 6.

Прежде чем приступить к решению задачи нужно изучить темы:

- сложный теплообмен;
- теплообменные аппараты.

Пример 6

В воздухоподогревателе парового котла с перекрестным током, воздух нагревается от 23°C до 250°C , а дымовые газы охлаждаются от 420°C до 180°C . Определить передаваемую в воздухоподогревателе теплоту и поверхность нагрева, если коэффициент теплопередачи $K = 21 \text{ Вт/м}^2 * \text{К}$, а расход дутьевого воздуха при давлении 0,1 МПа равен $60000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Поправочный коэффициент к температурному напору, определяемого по формуле для противотока, принять равным 0,93.



Решение:

1. Количество передаваемого тепла можно определить:

$$Q = K \Delta t_{cp} * F$$

Δt_{cp} – средний температурный напор

F – поверхность теплообмена (m^2)

Количество получаемого тепла воздухом:

$$Q = m * C_p * (t_1' - t_1'')$$

2. Определим средний температурный напор для противотока:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,31g \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}$$

$$\Delta t_6 = t_1' - t_2'' = 420 - 250 = 170^0 C$$

$$\Delta t_m = t_1' - t_2'' = 180 - 23 = 157^0 C$$

$$\Delta t = \frac{170 - 157}{2,31g \frac{170}{157}} = 163,5^0 C$$

С учетом поправочного коэффициента

$$\Delta t = 163,5 * 0,93 = 152^0 C$$

3. Определим количество воздуха в кг из уравнения Клапейрона:

$$P * V = R * T * m$$

$$T = 23 + 273 = 296^0 K$$

$$R = 287 \frac{Дж}{кг * К}$$

$$p = 0,1 \text{ МПа} = 100\ 000 \text{ Па}$$

$$m = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{100000 \cdot 60000}{287 \cdot 296} = 70628 \text{ кг/ч} = \frac{70628}{3600} = 19,6 \text{ кг/с}$$

4. Для нахождения теплоемкости воздуха в интервале температур от $23^0 C$ до $250^0 C$, для чего воспользуемся таблицей 2-3 стр. 49 Л- I

$$\mu C_p = 28,8270 + 0,002708 t = 28,8270 + 0,002708 (250 - 23) = 29,44 \frac{кДж}{кг * К}$$

$\mu = 28,95$ (для воздуха)

$$C_p = \frac{\mu C_p}{\mu} = \frac{29,44}{28,95} = 1,016 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

5. Получаемое тепло воздухом :

$$Q = m * C_p * (t_1' - t_1'') = 19,6 * 1,016 (250 - 23) = 4520,4 \frac{\text{кДж}}{\text{с}} = 4520,4 \text{ кВт} = 4520400 \text{ Вт.}$$

6. Определяем поверхность нагрева воздухоподогревателя:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{4520400}{21 \cdot 152} = 1416 \text{ м}^2$$

Литература:

1. Ерохин В.Г., Маханько М.Г. Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники М., Энергия, 1979 г.
2. Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике М., Машиностроение, 1973 г.