

МИНИОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"ИЖЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.Т. КАЛАШНИКОВА"
(ФГБОУ ВО «ИЖГТУ ИМЕНИ М.Т. КАЛАШНИКОВА»)

Бойчук А.Е.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям и самостоятельной работе

по дисциплине «Эксплуатация и ремонт машин и оборудования систем
трубопроводного транспорта»

Рекомендовано учебно–методическим советом
ФГБОУ ВО «ИЖГТУ имени М.Т. Калашникова» для использования в
учебном процессе в качестве элемента УЭМКД

для бакалавров направлений подготовки 15.03.02 «Технологические машины
и оборудование»; 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
Профили «Машины и оборудование систем трубопроводного транспорта и
хранения углеводородов»; «Сооружение и ремонт объектов и систем
трубопроводного транспорта»

УДК 622.691.4.052.012

Бойчук А.Е.

Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине " Эксплуатация и ремонт машин и оборудования систем трубопроводного транспорта " [Текст] / Бойчук А.Е. – Ижевск: ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, 2019. – 15 с.

Рекомендовано к изданию на заседании кафедры «Тепловые двигатели и установки» (протокол №__ от __. __.2016)

В методических указаниях изложены основные требования к выполнению практических работ. Приведены примеры расчётов.

Рекомендовано студентам по направлениям подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»; 21.03.01 «Нефтегазовое дело». Профили «Машины и оборудование систем трубопроводного транспорта и хранения углеводородов»; «Сооружение и ремонт объектов и систем трубопроводного транспорта» по дисциплине «Эксплуатация и ремонт машин и оборудования систем трубопроводного транспорта».

Методические указания разработаны в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Эксплуатация и ремонт машин и оборудования систем трубопроводного транспорта» для проведения занятий или выполнения практических работ.

Рецензент:

кафедра "Автомобили и металлообрабатывающее оборудование" Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, д-р техн. наук, профессор Н.М. Филькин

Содержание

Введение	4
Задача 1	5
Задача 2	11
Задача 3	13
Требования к оформлению работы	15
Список использованных источников	15

Введение

Для поддержания заданного расхода транспортируемого газа и нефти и обеспечения его оптимального давления необходимо сооружение насосных (НС) и компрессорных станций (КС). На магистральных газо-, нефте- и нефтепродуктопроводах, сдаваемых в эксплуатацию в последнее время, выполнен большой объем работ по сооружению компрессорных и насосных станций, обеспечивающих бесперебойную работу магистральных трубопроводов с проектной пропускной способностью.

Современная компрессорная или насосная станция представляет собой достаточно сложный производственный комплекс, включающий перекачивающий цех, основное и вспомогательное оборудование по обслуживанию перекачивающего цеха, развитую систему технологических трубопроводов и инженерных коммуникаций, системы контрольно-измерительных приборов и автоматики, связи, энергоснабжения и телемеханики. Следует отметить, что большое число компрессорных и насосных станций строится в отдаленных районах Севера и Северо-Западной Сибири с суровыми природно-климатическими условиями, слабо развитой дорожной сетью и недостаточным развитием индустриальной базы строительства.



Рис. 1 Компрессорная станция «Сальская» Ростовская обл.

Для безопасной и надёжной эксплуатации компрессорных и насосных станций магистральных трубопроводов большое значение имеет дальнейшее развитие индустриализации их возведения, применение современных материалов и технологий и, в частности, применение комплектно-блочного метода строительства, который позволяет повысить качество строительства, значительно сократить сроки сооружения насосных и компрессорных станций и обеспечить своевременное введение в эксплуатацию на полную пропускную способность мощных магистральных газо-, нефте- и нефтепродуктопроводов. В связи с этим комплектно-блочный метод сооружения компрессорных и насосных станций и других наземных объектов нефтегазового комплекса получает все большее распространение.

Применение данного метода при сооружении наземных объектов ПАО «Газпром», ПАО «Транснефть» достигло 90-95 % общего объема строительно-монтажных работ. В современных условиях применение данного метода позволяет повысить безопасность и надёжность объектов систем трубопроводного транспорта.

Настоящие учебно-методические указания должны помочь студентам при освоении дисциплины понять: основы эксплуатации НС и КС; схемы НС и КС; методы расчета оборудования для эффективной эксплуатации; методы диагностики оборудования; современные технологии монтажа оборудования; состав и назначение вспомогательных систем НС и КС.

Задача 1

Рассчитать режимы компрессорного цеха для полнонапорного нагнетателя 235-21-1и одной группы неполнонапорных нагнетателей 370-18-1 при стандартных условиях $T=293^{\circ}K$ и давлении $P=0,1013МПа$.

Решение

Производительность полнонапорного одного нагнетателя $Q_{нагн}$ (млн.ст.м³/сут)

$$Q_{нагн} = \frac{Q}{n_{маш}} = \frac{98,09}{6} 16,35 \text{ млн.ст.м}^3/\text{сут.}$$

где $n_{маш}$ – количество рабочих нагнетателей, обеспечивающих заданную пропускную способность, $n_{маш}=6$

Производительность одной группы неполнонапорных нагнетателей $Q_{нагн}$ (млн.ст.м³/сут)

$$Q_{нагн} = \frac{Q}{n_{гр}} = \frac{98,09}{3} = 32,7 \text{ млн.ст.м}^3/\text{сут.}$$

где $n_{гр}$ – количество рабочих групп нагнетателей, обеспечивающих заданную пропускную способность, $n_{гр}=3$.

Давление газа на входе в КЦ $P_{вс}$, МПа

$$P_{вс} = P_{к} - \delta P_{входа} = 5,6 - 0,12 = 5,48 \text{ МПа}$$

где $P_{к}$ – конечное давление на участке газопровода, $P_{к}=5,6 \text{ МПа}$; $\delta P_{входа}$ – потери давления в пылеуловителях и входном шлейфе КЦ. Для одноступенчатой очистки с $\varnothing$ газопровода $\varnothing 1420\text{мм}$; $\delta P_{входа}=0,12 \text{ МПа}$

Температура газа на входе в КЦ $T_{вс}=277^{\circ}K$

Определяем коэффициент сжимаемости $z_{вс}$ при параметрах $P_{вс}$ и $T_{вс}$ на входе в нагнетатель

$$z_{вс} = 1 - \frac{0,0241 \cdot P_{нр}}{\tau},$$

где $P_{нр}$ – приведённое давление $P_{нр} = P_{вс} / P_{кр}$; $P_{кр}$ – критическое давление, $P_{кр}=4,63 \text{ МПа}$; $P_{нр} = 5,48/4,63 = 1,18$; τ – температурный коэффициент

$$\tau = 1 - 1,68 \cdot T_{нр} + 0,78 \cdot T_{нр}^2 + 0,0107 \cdot T_{нр}^3,$$

где $T_{нр}$ – приведённая температура $T_{нр} = T_{вс} / T_{кр} = 277/198,71 = 1,39$

$T_{кр}$ – температура газа, $T_{кр}=198,71^{\circ}K$

$$\tau = 1 - 1,68 \cdot 1,39 + 0,78 \cdot 1,39^2 + 0,0107 \cdot 1,39^3 = 0,2$$

$$z_{вс} = 1 - \frac{0,0241 \cdot 1,18}{0,2} = 0,86$$

Газовая постоянная компримируемого газа R , Дж/кг·К

$$R = \frac{R_{\epsilon}}{\Delta_{ст}},$$

где R_{ϵ} – газовая постоянная воздуха, $R_{\epsilon}=268,8$ Дж/кг·К; $\Delta_{ст}$ – относительная плотность воздуха при стандартных условиях, $\Delta_{ст}=0,594$:

$$R = \frac{268,8}{0,594} = 452,5 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$\text{Если } R_{\epsilon}=29,27 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, \text{ то } R = \frac{29,27}{0,594} = 49,3 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

Плотность газа в условиях входа его в нагнетатель $\gamma_{вс}$, кг/см³:

$$\gamma_{вс} = \frac{P_{вс} \cdot 10^6}{R \cdot T_{вс} \cdot z_{вс}}, \quad \gamma_{вс} = \frac{5,48 \cdot 10^6}{452,5 \cdot 277 \cdot 0,86} = 50,8 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Объёмная производительность нагнетателя $Q_{об}$, м³/мин, при параметрах входа $P_{вс}$ и $T_{вс}$:

$$Q_{об} = \frac{0,24 \cdot Q_{нагн} \cdot z_{вс} \cdot T_{вс}}{P_{вс}}, \quad Q_{об} = \frac{0,24 \cdot 16,35 \cdot 0,86 \cdot 277}{5,48} = 170,58 \text{ м}^3 / \text{мин}.$$

Объёмная производительность для группы неполнонапорных нагнетателей $Q_{об}$, м³/мин, при параметрах входа $P_{вс}$ и $T_{вс}$:

$$Q_{об} = \frac{0,24 \cdot 32,7 \cdot 0,86 \cdot 277}{5,48} = 341,2 \text{ м}^3 / \text{мин}.$$

1. Для полнонапорных нагнетателей 235-21-1 выполним расчёт:

Задаёмся частотой вращения ротора нагнетателя в зависимости от номинальной частоты вращения $n_{н} \text{ об/мин}$, в диапазоне $0,7 \cdot n_{н} < n < 1,05 \cdot n_{н}$. Из характеристик нагнетателя находим, что $n_{н}=4800$ об/мин. Задаёмся $n=0,84 \cdot n_{н}$. Следовательно, $n=4032$ об/мин.

Определим приведённую объёмную производительность

$$Q_{np} = Q_{об} \frac{n_{н}}{n} = 170,58 \frac{4800}{4032} = 203,1 \text{ м}^3 / \text{мин}.$$

тогда приведённая частота вращения ротора нагнетателя

$$\left[\frac{n}{n_{н}} \right]_{np} = \frac{n}{n_{н}} \cdot \sqrt{\frac{z_{np} \cdot R_{np} \cdot T_{np}}{z_{вс} \cdot R \cdot T_{вс}}},$$

где n – выбранная частота вращения ротора нагнетателя; z_{np} ; T_{np} ; R_{np} – параметры газа из характеристики, составленной для данного нагнетателя;

$$\left[\frac{n}{n_{н}} \right]_{np} = \frac{4032}{4800} \cdot \sqrt{\frac{0,888 \cdot 51,8 \cdot 283}{0,86 \cdot 49,3 \cdot 277}} = 0,873.$$

Степень сжатия нагнетателя находим из характеристики для данного нагнетателя по Q_{np} и $[n/n_{н}]_{np}$. Из графика находим, что $\epsilon=1,375$.

Приведённую относительную внутреннюю мощность нагнетателя и

политропический КПД находим из характеристики нагнетателя в зависимости от Q_{np}

- приведённая относительная внутренняя мощность нагнетателя

$$\left[\frac{N_i}{\gamma_n} \right]_{np} = 215 \frac{\kappa Bm}{\kappa z / M^3};$$

- политропический КПД $\eta_{пол}=0,82$

Внутренняя мощность, потребляемая нагнетателем N_i ,

$$N_i = \frac{\left[\frac{N_i}{\gamma_n} \right]_{np} \cdot \gamma_n}{\left(\frac{n_n}{n} \right)^3},$$

где γ_n – плотность газа в нагнетателя, $\gamma_n=50,8 \kappa z/cm.m^3$;

$$N_i = \frac{215 \cdot 50,8}{\left(\frac{4800}{4032} \right)^3} = 6473 \kappa Bm.$$

Мощность, потребляемая нагнетателем N

$$N = \frac{N_i}{0,95 \cdot \eta_m},$$

где η_m – механический КПД привода $\eta_m=0,99$;

$$N = \frac{6473}{0,95 \cdot 0,99} = 6883 \kappa Bm$$

Удалённость режима работы нагнетателя от границы определяется по следующему условию:

$$\frac{Q_{np}}{Q_{np}^{\min}} \geq 1,1,$$

где $Q_{np}^{\min}$ - минимальное значение приведённой объёмной производительности,

взятое из характеристики, $Q_{np}^{\min} = 180 \text{ м}^3/\text{мин}$

$$\frac{203,1}{180} = 1,128 \geq 1,1$$

Сравнивая полученную потребляемую мощность нагнетателя $N=7387 \kappa Bm$ с номинальной мощностью $N_e^H=10000 \kappa Bm$, получаем

$$N < N_e^H$$

$$6883 < 10000$$

Выполним расчёт располагаемой мощности, исходя из условий:

$$N \leq N_e^{распол} \leq 1,15 N_e^H.$$

$$\text{Тогда } N_e^{распол} = N_e^H \cdot k_n \cdot k_{об} \cdot k_y \cdot \left(1 - k_t \cdot \frac{T_3 - T_3^H}{T_3} \right) \cdot \frac{P_{ат}}{0,1013},$$

где N_e^H - номинальная мощность ГТУ, $N_e^H=10000 \kappa Bm$; k_n – коэффициент, учитывающий техническое состояние ГТУ, $k_n=0,95$; k_t - коэффициент, учитывающий влияние температуры наружного воздуха, $k_t=3,7$; $k_{об}$ - коэффициент, учитывающий

противообледенительную систему, $k_{об}=1$; k_y - коэффициент, учитывающий влияние системы утилизации тепла выхлопных газов, $k_y=0,985$; T_3^H - номинальная температура на входе в ГТУ, $T_3^H=288^\circ K$; T_3 - расчётная температура на входе в ГТУ;

$$T_3 = T_a + \delta T_a$$

T_a - среднегодовая температура окружающего воздуха, $T_a=273,35^\circ K$; δT_a - поправка на изменчивость климатических параметров и местный подогрев наружного воздуха на входе в ГТУ, $\delta T_a=5^\circ K$.

$$T_3=273,35+5=278,35^\circ K$$

$P_{ам}$ – расчётное давление наружного воздуха, $P_{ам}=0,0987$ МПа

$$N_e^{распол} = 10000 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,985 \cdot \left(1 - 3,7 \cdot \frac{278,35 - 288}{278,35} \right) \cdot \frac{0,0987}{0,1013} = 10287 \text{ кВт}$$

Исходя из полученного значения $N_e^{распол}$ видно, что условие выполняется, то есть:

$$6883 < 10287 < 11500$$

Давление на выходе нагнетателя

$$P_{вых} = P_{вс} \cdot \varepsilon, \quad P_{вых} = 5,48 \cdot 1,375 = 7,535 \text{ МПа}$$

Температура газа на выходе из ЦБН:

$$T_{вых} = T_{вс}^{\frac{0,235}{\eta_{пол}}}, \quad T_{вых} = 277 \cdot 1,375^{\frac{0,235}{0,82}} = 303,5^\circ K.$$

Расход топливного газа на КЦ

$$q_{mг} = q_{mг}^H \cdot \left(0,75 \cdot \frac{N}{N_e^H} + 0,25 \cdot \sqrt{\frac{T_3}{T_3^H} \cdot \frac{P_{ам}}{0,1013}} \right),$$

где $q_{mг}^H$ - номинальный расход топливного газа, $q_{mг}^H = \frac{860 \cdot N_e^H}{\eta_e^H \cdot Q_H^P \cdot 10^3} \cdot n_{маш}$; Q_H^P -

низшая теплотворная способность газа, $Q_H^P = 11679 \text{ ккал/ст.м}^3$; η_e^H - номинальный КПД ГПА, $\eta_e^H=0,29$.

$$q_{mг}^H = \frac{860 \cdot 10000}{0,29 \cdot 11679 \cdot 10^3} \cdot 6 = 15,2 \text{ тыс.ст.м}^3/\text{час}$$

$$q_{mг} = 15,2 \left(0,75 \cdot \frac{7387}{10000} + 0,25 \cdot \sqrt{\frac{278,35}{288} \cdot \frac{0,0987}{0,1013}} \right) = 12,008 \text{ тыс.ст.м}^3/\text{час}.$$

2. Для группы неполнонапорных нагнетателей 370-18-1 первой ступени расчёт выполняется аналогично:

Задаёмся частотой вращения ротора нагнетателя в зависимости от номинальной частоты вращения $n_n \text{ об/мин}$, в диапазоне $0,7 \cdot n_n < n < 1,05 \cdot n_n$. Из характеристик нагнетателя находим, что $n_n=4800 \text{ об/мин}$. Задаёмся $n=0,85 \cdot n_n$. Следовательно, $n=4080 \text{ об/мин}$.

Определим приведённую объёмную производительность

$$Q_{np} = Q_{об} \frac{n_n}{n} = 341,2 \cdot \frac{4800}{4080} = 401,4 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

тогда приведённая частота вращения ротора нагнетателя

$$\left[\frac{n}{n_n} \right]_{np} = \frac{n}{n_n} \cdot \sqrt{\frac{z_{np} \cdot R_{np} \cdot T_{np}}{z_{вс} \cdot R \cdot T_{вс}}},$$

где n – выбранная частота вращения ротора нагнетателя; z_{np} ; T_{np} ; R_{np} – параметры газа из характеристики, составленной для данного нагнетателя;

$$\left[\frac{n}{n_n} \right]_{np} = \frac{4080}{4800} \cdot \sqrt{\frac{0,9 \cdot 50 \cdot 288}{0,86 \cdot 49,3 \cdot 277}} = 0,89$$

Степень сжатия нагнетателя находим из характеристики для данного нагнетателя по Q_{np} и $[n/n_n]_{np}$. Из графика находим, что $\varepsilon=1,185$.

Приведённую относительную внутреннюю мощность нагнетателя и политропический КПД находим из характеристики нагнетателя в зависимости от Q_{np}

- приведённая относительная внутренняя мощность нагнетателя

$$\left[\frac{N_i}{\gamma_n} \right]_{np} = 203 \frac{\kappa Bm}{\kappa \text{г} / \text{м}^3};$$

- политропический КПД $\eta_{пол}=0,84$

Внутренняя мощность, потребляемая нагнетателем N_i ,

$$N_i = \frac{\left[\frac{N_i}{\gamma_n} \right]_{np} \cdot \gamma_n}{\left(\frac{n_n}{n} \right)^3},$$

где γ_n – плотность газа в нагнетателя, $\gamma_n=48,4 \text{ кг}/\text{см}^3$;

$$N_i = \frac{203 \cdot 48,4}{\left(\frac{4800}{4080} \right)^3} = 6333 \kappa Bm.$$

Мощность, потребляемая нагнетателем N

$$N = \frac{N_i}{0,95 \cdot \eta_m},$$

где η_m – механический КПД нагнетателя 370-18-1; $\eta_m=0,99$;

$$N = \frac{6333}{0,95 \cdot 0,99} = 6717 \kappa Bm$$

Удалённость режима работы нагнетателя от границы определяется по следующему условию:

$$\frac{Q_{np}}{Q_{np}^{\min}} \geq 1,1,$$

где $Q_{np}^{\min}$ - минимальное значение приведённой объёмной производительности, взятое из характеристики, $Q_{np}^{\min} = 300 \text{ м}^3/\text{мин}$

$$\frac{401,4}{300} = 1,338 \geq 1,1$$

Условие выполняется, следовательно, помпаж не возникнет
Выполним расчёт располагаемой мощности, исходя из условий:

$$N \leq N_e^{распол} \leq 1,15N_e^H.$$

$$\text{Тогда } N_e^{распол} = N_e^H \cdot k_H \cdot k_{об} \cdot k_y \cdot \left(1 - k_t \cdot \frac{T_3 - T_3^H}{T_3}\right) \cdot \frac{P_{ам}}{0,1013},$$

где N_e^H - номинальная мощность ГТУ, $N_e^H = 10000 \text{ кВт}$; k_H - коэффициент, учитывающий техническое состояние ГТУ, $k_H = 0,95$; k_t - коэффициент, учитывающий влияние температуры наружного воздуха, $k_t = 3,7$; $k_{об}$ - коэффициент, учитывающий противообледенительную систему, $k_{об} = 0,9$; k_y - коэффициент, учитывающий влияние системы утилизации тепла выхлопных газов, $k_y = 0,985$; T_3^H - номинальная температура на входе в ГТУ, $T_3^H = 288^\circ\text{K}$; T_3 - расчётная температура на входе в ГТУ;

$$T_3 = T_a + \delta T_a$$

T_a - среднегодовая температура окружающего воздуха, $T_a = 273,35^\circ\text{K}$; δT_a - поправка на изменчивость климатических параметров и местный подогрев наружного воздуха на входе в ГТУ, $\delta T_a = 5^\circ\text{K}$.

$$T_3 = 273,35 + 5 = 278,35^\circ\text{K}$$

$P_{ам}$ - расчётное давление наружного воздуха, $P_{ам} = 0,0987 \text{ МПа}$

$$N_e^{распол} = 10000 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,985 \cdot \left(1 - 3,7 \cdot \frac{278,35 - 288}{278,35}\right) \cdot \frac{0,0987}{0,1013} = 9258 \text{ кВт}$$

Исходя из полученного значения $N_e^{распол}$ видно, что условие выполняется, то есть:

$$6717 < 9258 < 11500$$

Давление на выходе нагнетателя

$$P_{вых} = P_{вс} \cdot \varepsilon, \quad P_{вых} = 5,48 \cdot 1,185 = 6,49 \text{ МПа}$$

Температура газа на выходе из ЦБН:

$$T_{вых} = T_{вс} \cdot \varepsilon^{\frac{0,235}{\eta_{пол}}}, \quad T_{вых} = 277 \cdot 1,185^{\frac{0,235}{0,84}} = 290,5^\circ\text{K}.$$

Расход топливного газа на КЦ

$$q_{m2} = q_{m2}^H \cdot \left(0,75 \cdot \frac{N}{N_e^H} + 0,25 \sqrt{\frac{T_3}{T_3^H} \cdot \frac{P_{ам}}{0,1013}}\right),$$

где q_{m2}^H - номинальный расход топливного газа, $q_{m2}^H = \frac{860 \cdot N_e^H}{\eta_e^H \cdot Q_n^P \cdot 10^3} \cdot n_{zp}$; Q_n^P - низшая

теплотворная способность газа, $Q_n^P = 11679 \text{ ккал/ст.м}^3$; η_e^H - номинальный КПД ГПА,

$$\eta_e^H = 0,29.$$

$$q_{m2}^H = \frac{860 \cdot 10000}{0,29 \cdot 11679 \cdot 10^3} \cdot 3 = 7,62 \text{ тыс.ст.м}^3/\text{час}$$

$$q_{m2} = 7,62 \cdot \left(0,75 \cdot \frac{6717}{10000} + 0,25 \cdot \sqrt{\frac{278,35}{288} \cdot \frac{0,0987}{0,1013}} \right) = 5,66 \text{ тыс. ст. м}^3/\text{час.}$$

Расчёт второй ступени проводится аналогично.

3. Общий расход топливного газа $q_{общ}$

$$q_{общ} = (q_{m21} + q_{m22}) \cdot n_{zp},$$

q_{m21} – расход топливного газа 1-ой ступени, $q_{m21}=5,66 \text{ тыс. ст. м}^3/\text{час.}$

q_{m22} – расход топливного газа 2-ой ступени, $q_{m22}=5,30 \text{ тыс. ст. м}^3/\text{час.}$

$$q_{общ} = (5,66 + 5,30) \cdot 3 = 32,88 \text{ тыс. ст. м}^3/\text{час.} [1]$$

Задание

Выполнить решение задачи 1 для полнонапорного нагнетателя 285-22-1 при следующих параметрах; объёмная производительность $Q_{об}=275 \text{ м}^3/\text{мин}$; давление на выходе нагнетателя $P_{вых}=7,45 \text{ МПа}$; давление на входе нагнетателя $P_{вс}=4,97 \text{ МПа}$; температура газа на входе нагнетателя $t_{вс}=15^\circ\text{C}$; плотность газа в нагнетателе $\gamma=0,682$; мощность нагнетателя $N=12,2 \text{ МВт}$; номинальные обороты ротора $n_n=5000 \text{ об/мин}$; коэффициент сжимаемости газа в нагнетателе $z_{вс}=0,89$; газовая постоянная в нагнетателе $R=490 \text{ Дж/кгК}$; количество агрегатов $n_{агг}=5$.

Задача 2

Рассчитать пылеуловитель при следующих заданных условиях: суточная производительность газопровода $Q=12,7 \text{ млн. м}^3/\text{сут.}$; давление газа на входе КС $p_{раб}=4 \text{ МПа}$; температура газа на входе КС $T_{раб}=288 \text{ }^\circ\text{K}$; плотность газа $\rho=0,672 \text{ кг/м}^3$; давление при стандартных условиях $p_{см}=0,1033 \text{ МПа}$; температура при стандартных условиях $T_{см}=293 \text{ }^\circ\text{K}$; коэффициент сжимаемости $z=0,89$.

Решение

Секундный расход газа при заданных условиях q_c

$$q_c = \frac{Q \cdot p_{см} \cdot T_{раб}}{24 \cdot 3600 \cdot p_{раб} \cdot T_{см}} = \frac{12,7 \cdot 10^6 \cdot 0,1033 \cdot 288}{24 \cdot 3600 \cdot 4 \cdot 293} = 3,73 \text{ м}^3/\text{с}$$

В зависимости от давления газа в пылеуловителе принимаем по таблице 1 допустимые скорости в контактных трубках W_k , свободном сечении W_0 , набегания на жалюзи $W_{ж}$.

Таблица 1

Допустимые скорости в пылеуловителе

Давление газа $p_{\text{раб}} \text{ МПа}$	Допустимая скорость, м/с		
	в контактных трубках W_k	в свободном сечении W_0	набегания на жалюзи $W_{\text{жс}}$
1	3,35	1,12	0,65
2	2,35	0,79	0,45
3	1,95	0,65	0,37
4	1,68	0,56	0,34
5	1,5	0,5	0,28
6	1,38	0,46	0,26
7	1,27	0,43	0,24

Примечание: допустимые скорости рассчитаны при $T=293^\circ\text{K}$ и $z=1$

Общая потребная площадь группы пылеуловителей для очистки принятого количества газа $F, \text{ м}^2$

$$F = q_c / W_0 \quad F = 3,73 / 0,48 = 7,77 \text{ м}^2$$

Число пылеуловителей n , шт.

$$n = F / f_n,$$

где f_n – площадь поперечного сечения одного пылеуловителя, м^2

В случае получения дробного числа *по*кругляем в большую сторону до целого числа

К расчёту принимаем пылеуловители диаметром $d_1=1400$; $d_2=1600$; $d_3=2400 \text{ мм}$ получаем

$$n_1 = 7,77 / 1,535 = 5,1; \quad n_2 = 7,77 / 2,04 = 3,8; \quad n_3 = 7,77 / 4,52 = 1,7.$$

Округляя, получаем $n_1=6$; $n_2=4$; $n_3=2$.

Затраты металла на ПУ по каждому варианту $G_i, \text{ т}$

$$G_i = g_i \cdot n_i,$$

где g_i – масса i -го пылеуловителя.

Принимаем, что $g_1=12,2 \text{ т}$; $g_2=15,9 \text{ т}$; $g_3=30 \text{ т}$, тогда

$$G_1 = 12,2 \cdot 6 = 73,2 \text{ т}$$

$$G_2 = 15,9 \cdot 4 = 63,6 \text{ т}$$

$$G_3 = 30 \cdot 2 = 60 \text{ т}$$

По затраченному металлу наиболее целесообразным будет вариант с пылеуловителями $d=2400 \text{ мм}$.

Действительная газовая нагрузка на один пылеуловитель q_n

$$q_n = q_c / n = 3,73 / 2 = 1,87 \text{ м}^3/\text{с}$$

При отключении одного пылеуловителя нагрузка на другой $q'_n = 3,73 \text{ м}^3/\text{с}$, что составит 200%, т.е. увеличение на 100% при допустимых 33%.

Следующим типом по минимальному расходу металла будет $d=1600 \text{ мм}$, тогда

$$q_n = 3,73 / 4 = 0,93 \text{ м}^3/\text{с} \quad q'_n = 3,73 / 3 = 1,24 \text{ м}^3/\text{с},$$

т.е. перегрузка составит 33%.

Необходимо проверить действительную скорость газа в контактных трубках W_k

$$W_k = q_n / \sum f_k,$$

где $\sum f_k$ – суммарная площадь поперечного сечения контактных трубок, m^2 .

$$\sum f_k = \left(\frac{\pi d_k^2}{4} \right) \cdot n_k = \left(\frac{3,14 \cdot 0,089^2}{4} \right) \cdot 57 = 0,35 \cdot m^2,$$

где d_k – диаметр контактных трубок, $d_k = 89 \text{ мм}$.

$$W_k = 0,93 / 0,35 = 2,66 \text{ м/с}$$

Проверим действительную скорость газа в осадительной секции W_o

$$W_o = q_n / f_o,$$

где f_o – площадь свободного поперечного сечения осадительной секции, m^2 .

$$f_o = f_n - \sum f_\partial,$$

где $\sum f_\partial$ – суммарная площадь, занимаемая дренажными трубками в осадительной секции, mm^2 .

$$\sum f_\partial = \left(\frac{\pi d_\partial^2}{4} \right) \cdot n_\partial = \left(\frac{3,14 \cdot 0,089^2}{4} \right) \cdot 9 = 0,05 \cdot m^2;$$

$$f_o = 2,04 - 0,05 = 1,99 \cdot mm^2.$$

$$W_o = 0,93 / 1,99 = 0,47 \text{ м/с}.$$

Так как действительные скорости в контактных трубках и осадительной секции в допустимых пределах, то пылеуловитель соответствует выбранным режимам [1].

Задание

Выполнить решение задачи 2 в соответствии вариантом задания. Вариант задания выбирается по последней цифре зачётной книжки.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Суточная производительность, млн. m^3 /сут.	12,5	13	12,8	14	12	15	14,5	13,5	12,2	13,7
Давление газа на входе КС, $P_{\text{раб}}$ МПа	4,5	5,2	5	4,8	4,6	5,5	4,4	4,2	4,7	4,3
Температура газа на входе КС, $T_{\text{раб}}$ °К	285	287	283	286	289	284	288	286	285	283
Плотность газа, ρ	0,683	0,685	0,68	0,678	0,675	0,677	0,673	0,679	0,676	0,682
Коэффициент сжимаемости, z	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89

Примечание: параметры стандартных условий принять из условий задачи

Задача 3

Выполнить расчёт торцевого уплотнения при частоте вращения вала $n=2950$ об/мин, диаметр вала - 115 мм, диаметр гильзы с расточкой под торцевое уплотнение – 125 мм. Конструктивные размеры рабочих колец: $d_1=151$ мм; $d_2=142$ мм; $d_o=146$ мм.

Решение

Поверхность трения F , см^2

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2);$$

$$F = \frac{3,14}{4} \cdot (151^2 - 142^2) = 20,7 \text{ см}^2.$$

Неуравновешенная площадь аксиально-подвижного кольца, по которому осуществляется гидравлический прижим f , см^2

$$f = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_o^2);$$

$$f = \frac{3,14}{4} \cdot (151^2 - 146^2) = 11,66 \text{ см}^2.$$

$$\text{Коэффициент разгрузки } k_p = \frac{f}{F} = \frac{11,66}{20,7} = 0,56$$

Для равномерного распределения давления трущихся поверхностей рекомендуется устанавливать по периметру не менее шести пружин. Принимаем шесть пружин, равномерно распределённых по окружности.

При максимальном сжатии каждая пружина создаёт усилие $S=10$ кгс. Тогда удельное давление от усилий всех пружин при максимальном их сжатии без учёта сил трения $P''_{y\partial}$, кгс/см^2

$$P''_{y\partial} = \frac{m \cdot S - T}{F},$$

где m – количество пружин, S – сила сжатия одной пружины, T – сила трения, $T=0$ кгс.

$$P''_{y\partial} = \frac{6 \cdot 10 - 0}{20,7} = 2,9 \text{ кгс/см}^2.$$

Удельное давление $P'_{y\partial}$, кгс/см^2

$$P'_{y\partial} = (k_p - 0,5) \cdot P,$$

где P – давление среды в камере уплотнения, $P=40$ кгс/см²;

$$P'_{y\partial} = (0,56 - 0,5) \cdot 40 = 2,4 \text{ кгс/см}^2.$$

Результирующее удельное давление в паре трения по формуле максимальном сжатии пружин $P_{y\partial}$, кгс/см^2

$$P_{y\partial} = P'_{y\partial} + P''_{y\partial} = 2,4 + 2,9 = 5,3 \text{ кгс/см}^2$$

Данное значение $P_{y\partial}$ соответствует рекомендованным значениям $P_{y\partial}=3,5 \div 7 \text{ кгс/см}^2$

[1].

Задание

Выполнить решение задачи 3 в соответствии вариантом задания. Вариант задания выбирается по последней цифре зачётной книжки.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$d_1, мм$	150	152	153	149	151	155	154	152	154	150
$d_2, мм$	141	143	144	140	142	146	145	143	145	141
$d_0, мм$	145	147	148	144	146	150	149	147	149	145
$P, кгс/см^2$	42	41	43	44	43	41	40	42	43	41

Требования к оформлению работ

Работу оформлять в соответствии с общими требованиями к оформлению работ, при этом руководствуясь Методическими рекомендациями [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Список использованных источников

1. Корж В.В. Эксплуатация и ремонт оборудования насосных и компрессорных станций: учеб. пособие [Текст] / В.В.Корж, А.В.Сальников. – Ухта: УГТУ, 2010. – 184с.– ISBN978-88179-603-7
2. Миловзоров Г.В. Методические указания по оформлению контрольной работы, курсовой работы (проекта), выпускной квалификационной работы для всех форм обучения специальности 090800 – Бурение нефтяных и газовых скважин, профиля 131010 – Бурение нефтяных и газовых скважин. Направления «Нефтегазовое дело» [Текст] / Миловзоров Г.В., Иванова Т.Н. – Ижевск: УдГУ, 2012. – 37с.