

УДК 532.529

## ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Жәмішжанов Асқар Болатұлы  
fischerkz19@gmail.com

Студент 4-го курса кафедры математического и компьютерного моделирования механико-математического факультета ЕНУ им Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Б.С.Шалабаева

Одной из важнейших вопросов в процессе транспортировки газа по магистральным газопроводам является возрастание температуры газа. Это может привести к негативным последствиям, к нарушению изоляции трубопроводов, разморозанию грунтов и, как следствие, к деформации трубопроводов. К тому же, чем выше температура газа, тем больше потери давления при транспортировке газа по магистрали. Для снижения температуры газа используются аппараты воздушного охлаждения (АВО) газа.

Для охлаждения потока транспортируемого газа наибольшее распространение на компрессорных станциях получили аппараты воздушного охлаждения, которые имеют ряд преимуществ перед другими типами теплообменных аппаратов: не требуют предварительной подготовки теплоносителей, надежны в эксплуатации, экологически чисты, имеют простые схемы подключения. Так как расчет является поверочным, при проведении расчетов исходными величинами являются температуры теплоносителей на входе и выходе теплообменного аппарата, массовые расходы и поверхность охлаждения. Целью расчета является определение требуемой поверхности теплообменного аппарата. В основе расчета АВО лежит следующее уравнение теплового баланса:

$$Q_{\text{газ}} C_{\text{газ}}^{\text{cp}} (t_1 - t_2) = Q_{\text{воз}} C_{\text{воз}}^{\text{cp}} (t_2 - t_1) = \theta_{\text{cp}} K F_p$$

где:  $G_{\text{газ}}$ ,  $G_{\text{воз}}$  – объемный расход газа и воздуха при стандартных условиях [тыс.м<sup>3</sup>/час] (расход воздуха определяется производительностью работающих вентиляторов);

$C_{\text{газ}}^{\text{ср}}$  - средняя теплоемкость газа, дж/кг °С. 1дж / сек = 1 Вт.

$C_{\text{воз}}^{\text{ср}}$  - средняя теплоемкость воздуха, дж/кг °С. 1дж / сек = 1 Вт.

$t_1, t_2$  - температура газа на входе и выходе АВО;

$\tau_1, \tau_2$  - температура воздуха на входе и выходе АВО;

$K$  – коэффициент теплопередачи от газа к воздуху;

$F_p$  – поверхность теплопередачи;

Сарданашвили С.А. в своей работе «Расчетные методы и алгоритмы (трубопроводный транспорт газа)» [1] предлагает следующий алгоритм:

1. Расчет расхода газа через каждую секцию АВО  $Q^{\text{АВО}} = \frac{Q}{n_{\text{АВО}}}$ , где  $Q$  – общий расход газа через станцию АВО,  $n_{\text{АВО}}$  – количество секций на станции АВО;

2. Вычисляются:

2.1. Наружный диаметр трубки у основания ребра:

$$D_{\text{нар}} = \frac{F_{\text{Н}}}{\varphi \pi k_{\text{тр}} l_{\text{тр}}}$$

2.2. Внутренний диаметр трубки:

$$D_{\text{вн}} = \frac{F_{\text{ВН}}}{\pi k_{\text{тр}} l_{\text{тр}}}$$

2.3. Скорость воздуха в узком сечении:

$$\omega_{\text{воз}} = \frac{Q_{\text{воз}} \rho_{\text{с}}^{\text{воз}} m_{\text{вент}}}{F_{\text{в}} k_{\text{суж}} \rho_{\text{воз}}}$$

2.4. Коэффициент теплоотдачи от оребренной поверхности теплообменных трубок аппарата к воздуху

$$\alpha_2 = 0.223 k \lambda_{\text{воз}} u^{0.33} h^{0.14} D_{\text{Н}}^{0.54} \left( \frac{W_{\text{воз}} \rho_{\text{воз}}}{\mu_{\text{воз}}} \right)^{0.65}$$

2.5. Коэффициент теплоотдачи от газа к внутренней поверхности трубок АВО

$$\alpha_2 = 0.021 \frac{\lambda_{\text{воз}}}{D_{\text{вн}}} Re^{0.8} Pr^{0.43} \left( \frac{Pr}{Pr_w} \right)^{0.25}$$

2.6. Коэффициент теплопередачи от газа к воздуху

$$K_{mn} = \frac{1}{\frac{K_1}{\alpha_1} + \frac{\delta_m K_m}{\lambda_{\text{тр}}} + \frac{0.85 K_2}{\alpha_2}}$$

2.7. Средний температурный напор

$$\theta_{\text{ср}} = \theta_m \left( \varepsilon_{\Delta T} + \frac{1 - \varepsilon_{\Delta T}}{4} (n - 1) \right)$$

$$\theta_m = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{\theta_1}{\theta_2}}$$

## 2.8. Температура газа на выходе АВО из уравнения теплового баланса

Для более полной характеристики рассматриваемого вопроса была изучена работа Степанова О.А. «Тепловой и гидравлический расчет теплообменного аппарата воздушного охлаждения». Если вышеуказанный алгоритм определяет температуру газа на выходе АВО, то в методике Степанова О.А. вычисляется поверхность теплообмена и сравнивается с фактической наружной поверхностью АВО.

Методика Степанова О.А. [2] состоит из 4 основных глав:

1. Уравнение теплового баланса
2. Определение коэффициента теплопередачи
3. Вычисление температуры средней разности процесса теплопередачи
4. Определение из уравнения теплопередачи площадь теплообмена

Результат расчета должен быть приблизительно равен площади фактической наружной поверхности АВО. Расхождение расчетной и известной поверхностей теплообмена должно не более 5%. В случае расхождения расчетного значения с исходным более 5% повторяем расчет до достижения сходимости результатов с заданной точностью. Для этого подбираем второе значение температуры, а при необходимости третье и т.д.

В заключении, в основе теплового расчета теплообменного аппарата двух методик лежит уравнения теплового баланса. Используя вышеуказанные алгоритмы, мы можем делать тепловой расчет АВО. Однако, работа рассматривает лишь один из аспектов проблемы. В дальнейшем, исследования в этом направлении должны быть продолжены, так как необходимо изучить и гидравлический расчет АВО.

### Список использованных источников

1. С.А.Сарданашвили. Расчетные методы и алгоритмы (трубопроводный транспорт газа)., Москва, 2005., С. 196-204.
2. Степанов О.А. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного аппарата воздушного охлаждения методические указания