

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТЫ ПРОЦЕССОВ АБСОРБЦИОННОЙ И
АДСОРБЦИОННОЙ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ ПРИМЕСЕЙ ВОДЫ**

Фатимата Талл

Научный руководитель - профессор В.И. Ерофеев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Вода является обычной примесью в газовых потоках, и удаление воды необходимо для предотвращения конденсации воды и образования льда или газовых гидратов ($C_nH_{2n+2} \cdot xH_2O$). Жидкофазная вода вызывает проблемы коррозии или эрозии в трубопроводах и оборудовании, особенно когда в газе присутствуют углекислый газ и сероводород [2 3].

В большинстве контрактов на продажу газа указывается максимальное значение количества водяного пара, допустимого в газе. Типичные значения 10^{-4} кг/м³ на юге США, $6 \cdot 10^{-5}$ кг/м³ на севере США. Эти значения соответствуют точкам росы приблизительно -16 °С для 10^{-4} кг/м³ и -6 °С для $6 \cdot 10^{-5}$ кг/м³ в газовой линии 7 МПа [4].

Самый простой метод удаления воды – это осушка. Среди методов осушки, абсорбция и адсорбция являются наиболее распространенными.

Абсорбционная осушка: В этом процессе вода поглощается триэтиленгликолем. Абсорбция с помощью ТЭГ. в настоящее время является наиболее широко используемым методом и обычно достигает выходной точка росы около -10 °С.

Адсорбционная осушка: В этом методе твердые осушители адсорбируют воду, чаще всего с помощью молекулярного сита, силикагеля или оксида алюминия.

Адсорбционная осушка может обеспечить очень низкую концентрацию воды на выходе Температуры точка росы <-50 °С, и загрязненные газы не являются проблемой.

Расчет энергии потребления

Энергопотребление является основным фактором увеличения эксплуатационных расходов. Расчеты энергии потребления в обоих методах основаны на (GPSA 2004) [1]. Для расчета энергозатраты была рассмотрена установка подготовки газа на месторождении X.

Оценка энергозатраты для абсорбционной осушки

Таблица 1

Исходные данные для газа и ТЭГ

расход газа (MMscf)	Давление (Мпа)	Температура (°С)	Обедненный гликоль(кг/м ³)	Температура ТЭГ(°С)	Температура ребойлера (°С)	Начальное содержание вода в газе Сн (кг/м ³)	Конечная содержание вода в газе Ск (кг/м ³)	Скорость циркуляции ТЭГ (кг/м ³)
90	4	37	1114	149	204	$1,4 \cdot 10^{-3}$	10^{-4}	1114

Для расчета следующие уравнения были использованы:

Тепло, необходимое для ТЭГ

$$Q_1 = m C_p \Delta t \quad (1)$$

Где: m – Скорость циркуляции ТЭГ lb/gal C_p – массовое тепло : $\frac{0.665 \cdot Btu}{lb \cdot F}$, ΔT – изменение температура.

Тепло, необходимое для испарения воды из ТЭГ

$$Q_2 = (\Delta H_{vap}) (\Delta W) \quad (2)$$

Тепло, необходимое для испарения воды при кипячении

$$Q_3 = 0.25 \cdot Q_2 \quad (3)$$

Тепловая нагрузка на ребойлер

$$Q_n = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot \left(1 + \frac{pHL\%}{100}\right) \quad (4)$$

Где pHL% - потери тепла в процентах. Здесь использовались потери тепла 15%.

Общая теплота из расчета 90 млн. Куб. Футов газа в сутки (MMscf)

$$Q_T = Q_n \cdot (\text{БТЕ/гал}) \cdot \text{объем}_{\text{ТЭГ}} \cdot Q_T \cdot (C_n - C_k) \quad (5)$$

Оценка энергозатраты для адсорбционной осушки

Таблица 2

Исходные данные

Плотность осушителя (кг/м ³)	Скорость регенерации (м/с)	Вес стали сосуд (кг)	Диаметр сосуд (м)	Температура регенерации сосуд (°C)	Температура газа (°C)	поправочный коэффициент цеолита (C _{ss})	коэффициент коррекции емкости цеолит (C _T)
720	0,02	16,78	2,29	260	37,7	1	0,93

Для расчета следующие уравнения были использованы:

Тепло, необходимое для десорбции воды:

$$Q_{\text{десорб.воды}} = 1800 \left(\frac{\text{БТЕ}}{\text{фунт}} \right) * (\text{масс.уд.вод}) \quad (6)$$

Количество удаленной воды за 12-часовой период сушки

$$\text{масс. уд.вод} = ((C_n - C_k) * Q_T) / 24 * 12 \text{ фунт} \quad (7)$$

Общее количество тепла, необходимое для нагрева осушителя:

$$Q_{\text{цео.}} = (\text{вес. цео.}) (0,24 \text{ БТЕ фунт } ^\circ\text{F}) (T_{\text{рег}} - T_T) \quad (8)$$

Определение необходимое количество цеолита:

$$\text{масс. цео.} = \text{масс. уд.вод} / (0,13 * C_{ss} * C_T) \quad (9)$$

Определение высота сосуд:

$$L_1 = \frac{\text{массоу цео} * 4}{\pi D^2 * \rho_{\text{ЦЕО}}} \quad (10)$$

Определение высота зона массообмена:

$$L_2 = (V/35)^{0,3} * Z \quad (11)$$

Определение общей количество цито масс.

$$\text{обш. цео.} = \frac{L_1 + L_2}{L_2} * \text{масс. цео} \quad (12)$$

Общее тепла, необходимое для нагрева сосуд:

$$Q_{\text{сосуд}} = (\text{масс. сосуд}) (0,12 \text{ БТЕ фунт } ^\circ\text{F}) (T_{\text{рег}} - T_T) \quad (13)$$

Количество теплопотерь:

$$Q_{\text{потери}} = 0,1 * (Q_{\text{сосуд}} + Q_{\text{цео.}} + Q_{\text{десорб.воды}}) \quad (14)$$

Общая регенерационная нагрузка:

$$Q_{\text{рен.негрузка}} = (2,5) (Q_{\text{сосуд}} + Q_{\text{цео.}} + Q_{\text{десорб.воды}} + Q_{\text{потери}}) \quad (15)$$

Фактор 2,5 корректирует изменения разницы температур по слою во времени во время регенерации

Таблица 3

Результаты исследования

Параметры адсорбции	Требование тепла (Дж /час)	Параметры абсорбции	Требование тепла (Дж /час)
Количество тепла цеолиты Q _{цео.}	4,01.10 ⁹	Количество тепла ТЕГ (Q _{тег})	1,46.10 ¹⁰
Количество тепла сосуда (Q _{сосуд})	2,85.10 ⁹	Количество тепла испаренной воды (Q _{испар.воды})	7,6 .10 ⁹
Количество тепло для десорбции воды (Q _{десорб.воды})	8,3.10 ⁹	Количество тепла испаренной воды при кипячении (Q _{испар.воды})	1,9.10 ⁹
Потерь тепла	1,48. 10 ⁹	Потерь тепла	1,1.10 ⁹
Общее потери тепла	4,2.10 ¹⁰	Общее потери тепла	1,2.10 ⁹

Обсуждение: Можно сделать вывод, что общее потребление энергии для адсорбционных метод осушки выше, чем у абсорбционных метод. Исходя из общего количества энергии, потребляемой каждым методом процесса осушки, более экономично использовать метод абсорбционной осушки для удаления воды из газа. Для спецификаций, требующих более низкой точки росы, показанный метод адсорбции является наиболее эффективным.

Литература

1. Gas Process Suppliers Association. Engineering Data Book / Gas Process Suppliers Association. – Oklahoma: Edition N°12 volume I & II. – 2004. – 821 p.
2. Speight J. G. Natural Gas: a basis handbook / J. G. Speight. – Houston, Gulf professional publishing 2007. – 252 p.
3. Saeid M. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing / M. Saeid, J. G. Speight, A.P. William – Oxford, U.K, Gulf professional publishing, 2006. – 672 p.
4. Walla S. Natural gas Processing course [Text] / S Walla. – 2020. – P.384. – DOI <https://www.researchgate.net/publication/340417842>.