

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5732704>

УДК 66.001.001.57:66.022:621.926/929

ПРОЦЕСС ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

С.С. Джафаров,

магистрант кафедры «Нефтехимическая технология и промышленная экология»,

С.Н. Гулиева,

к.т.н., доц. кафедры «Нефтехимическая технология и промышленная экология»

кафедра «Нефтехимическая технология и промышленная экология»,

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
г. Баку, Азербайджанская Республика.

Email: raoztun@mail.ru

Аннотация: Природный газ одно из важнейших полезных ископаемых, активно применяемых в промышленности и в быту. До 98 % природного газа составляет метан, также в его состав входят гомологи метана – этан, пропан и бутан. Существует множество методов осушения газа. Однако их практическая значимость различна, и не все они применимы для производственных целей. На рисунке 3 представлена технологическая схема способа.

Ключевые слова: природный газ, осушка, влажный газ, адсорбент, адсорбер, регенерация, силиконовый гель

NATURAL GAS DRYING PROCESS

S.S. Jafarov,

Master's Student of the Department of Petrochemical Technology and Industrial Ecology,

S.N. Guliyeva,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of

Petrochemical Technology and Industrial Ecology

Department of Petrochemical Technology and Industrial Ecology,

Azerbaijan State University of Oil and Industry,

Baku, Azerbaijan Republic.

Email: raoztun@mail.ru

Annotation: Natural gas is one of the most important minerals actively used in industry and in everyday life. Up to 98 % of natural gas is methane, and it also contains methane homologues – ethane, propane and butane. There are many methods for drying gas. However, their practical significance is different, and not all of them are applicable for production purposes. Figure 3 shows the process flow diagram of the method.

Keywords: natural gas, drying, wet gas, adsorbent, adsorber, regeneration, silicon gel

Введение. Рассмотрим реализацию способа на конкретном примере двух адсорберной линии осушки природного газа. Схема включает в себя два адсорбера А-1 и А-2, сепаратор природного газа С-1, компрессор К, печь нагрева газа П, холодильник Х, сепаратор газа регенерации С-2, линии осушки природного газа, линии регенерации и охлаждения и запорную арматуру [1].

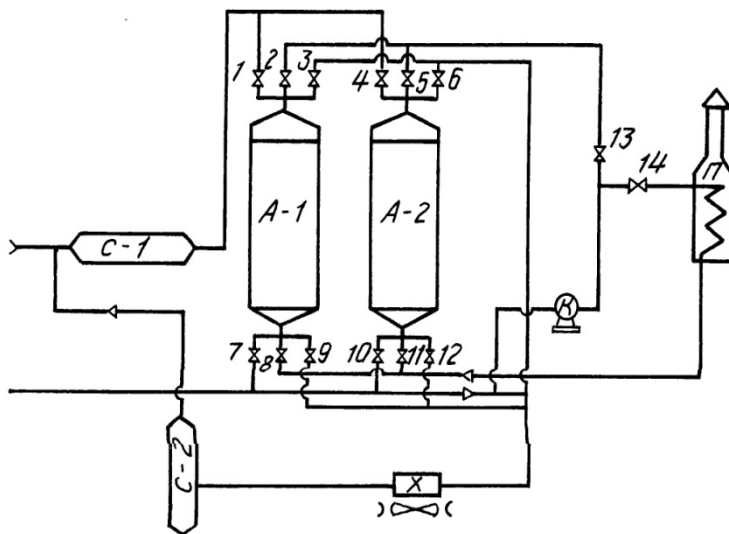


Рисунок 1 – Две адсорберные линии осушки природного газа

Доходя до установки осушки, влажный газ подаётся в фильтр-сепаратор С-1, где, жидкие углеводороды, свободная вода и механические примеси, размером более 1 мкм удаляются при помощи набора картриджей.

Этот фильтр-сепаратор оборудован уравнивателем, вся задержанная жидкость направляется в дренажную систему. После этого природный газ через открытые запорные краны 1 или 4 попадает в один из адсорберов А-1 или А2. В адсорберах газ проходит через слой силикагеля, который адсорбирует из него парообразную влагу и через запорные краны 7 или 10 выходит в линию осушенного газа [2].

Давление в адсорбере и линии осушки при этом может быть от 5,0 до 7,5 МПа, температура от 10 до 30 °С, часовой расход газа от 150 до 300 тыс.м³. Давление на входе в адсорбер выше, чем на выходе от 0,03 до 1,0 МПа.

В работе для заполнения адсорбера был выбран силикагель КСМГ (крупный силикагель мелкопористый гранулированный), его насыпная плотность имеет значение 0,9 кг/м³, влагоемкость данного силикагеля 30 %, выбрана установка для осушки газа с двумя адсорберами. Принцип работы этой установки заключается в том, что во время того, как природный газ осушается в первом адсорбере, во втором адсорбере происходит регенерация силикагеля горячим осушенным газом и наоборот [3-8]. Для регенерации силикагеля требуется 2 часа. Из этого следует, что для одного цикла осушки газа нам понадобится 2 часа, так как для осушки газа требуется явно меньше времени, при таком методе осушки расход уже осушенного газа на регенерацию силикагеля составляет 20 %, таким образом, за 2 часа работы данной установки, у нас получается чистого газа (со степенью очистки 99,99 %) 80 % от объема природного газа, что был подан в один из адсорберов для осушки. Из этих данных следует исходить для расчета параметров адсорбера. Из всего вышесказанного следует вывод, что для того чтобы добиться производительности 1000 м³/ч, за один цикл следует производить 2000 м³/ч, а эта величина в свою очередь должна составлять 80 % от объема газа, проходящего осушку за один цикл.

Таким образом, мы можем посчитать, сколько газа нам требуется осушить за один цикл:

$$\frac{2000}{0.8} = 2500 \text{ м}^3. (1)$$

Зная плотность природного газа, найдем массу этого объема газа:

$$m(\text{г}) = \rho \times V = 0,75 \times 2500 = 1875 \text{ кг}. (2)$$

Исходя из того, что влагоемкость силикагеля 30 %, мы найдем необходимую нам массу силикагеля:

$$m(c) = \frac{m(\text{кг})}{0,3} = 6250 \text{ кг}. (3)$$

Учитывая, что насыпная плотность силикагеля 0,9 кг/м³ мы можем посчитать нужный нам объем силикагеля:

$$V(c) = \frac{m}{\rho} = \frac{6250}{0,9} = 6945 \text{ м}^3. (4)$$

Нам известно, что адсорбер заполняется силикагелем на 70 % своего объема. Вычислим объем адсорбера:

$$V(a) = \frac{V(c)}{0,7} = \frac{6945}{0,7} = 9922 \text{ м}^3. (5)$$

Так как объем адсорбера получился весьма внушительным, для разрабатываемого адсорбера я взял диаметр 20 м. Зная диаметр, мы можем вычислить площадь сечения адсорбера:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = 314 \text{ м}^2. (6)$$

Зная объем и площадь, мы вычислим высоту адсорбера:

$$h = \frac{V}{S} = \frac{9922}{314} = 31,6 \text{ м}. (7)$$

Вычислим периметр, он пригодится нам при конструировании:

$$\Pi = 2\pi R = 2 \times 3,14 \times 10 = 62,8 \text{ м}. (8)$$

В итоге у нас получились следующие габаритные размеры:

1. Диаметр $D = 20 \text{ м}$.
2. Площадь сечения $S = 314 \text{ м}^2$.
3. Высота адсорбера $h = 31,6 \text{ м}$.
4. Объем адсорбера $V = 9922 \text{ м}^3$.

Определим толщины стенки корпуса. Для того, чтобы рассчитать толщину стенки корпуса адсорбера и выбрать материал из которого мы будем изготавливать его, нам нужно знать технические требования, которым должен отвечать наш адсорбер.

Нам даны следующие технические характеристики:

1. Рабочее давление корпуса P , не более: 7,5 МПа.
2. Расчетное давление корпуса P_r : 7,5 МПа.
2. Рабочая температура среды: -50 до 200 °С.
3. Расчетная температура стенки: 200 °С.
4. Минимально допустимая температура стенки корпуса аппарата, находящегося под давлением, t_{\min} : -70 °С.

Рассчитаем максимальное удельное давление на стенки сосуда. Максимальное давление оказывается на дно сосуда, так как помимо давления газа, на него давит своим весом слой силикагеля. Рассчитаем это давление:

$$p(c) = p(c)gh(c) = pg \frac{V(c)}{S} = 0,9 \times 10 \times \frac{6945}{314} = 200 \text{ Па}. (8)$$

В формуле (8) мы вычислили давление слоя силикагеля на днище нашего сосуда. Учитывая то, что давление газа может достигать 7,5 МПа, мы можем вычислить общее давление на дно сосуда:

$$P = 7500 + 200 = 7,7 \text{ МПа}. (9)$$

Зная площадь днища, мы можем вычислить удельное давление:

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{7700}{314} = 24,52 \frac{\text{Па}}{\text{м}^2}. (10)$$

Аппарат подлежит действию «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» ГОСТ Р 52630-2003.

Материал основных элементов и сварочных материалов аппарата – сталь 08Х22Н6Т, толщиной 8 мм

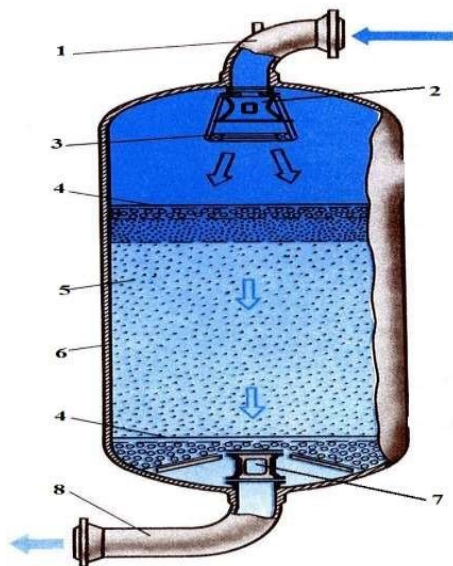


Рисунок 2 – Схема адсорбера

Сталь 08Х22Н6Т – это коррозионно-стойкая сталь, применяемая в химической промышленности и работающая при температуре не выше 300 °С. Обладает высокой прочностью. Теперь, зная нужные нам габаритные размеры и толщину стенки нашего адсорбера, мы можем разработать его конструкцию. Для того чтобы сконструировать адсорбер нам потребуется лист стали 08Х22Н6Т длиной 62,8 м и шириной 31,6 м, скрутить из него цилиндр и качественно сварить. После чего нам потребуется приварить с обеих сторон цилиндра две крышки из такой же стали, что и корпус диаметром 20 м и небольшой выпуклостью. В этих крышках нужно сделать отверстия для входа и выхода природного газа. К сделанным отверстиям следует приварить 2 фланца: один для подачи природного газа, другой для

отвода. Нам потребуется установить 2 фильтра: один со степенью фильтрации 0,01мкм на входе и один со степенью фильтрации 1 мкм. В верхней части адсорбера установлен распределитель потока газа. Внутри корпуса адсорбера требуется установить перфорированные перегородки, между которыми будет находиться слой силикагеля.

Схема адсорбера представлена на рисунке 4. На схеме 1 – входной фланец, 2 – входной фильтр, 3 – распределитель потока газа, 4 – перфорированные перегородки, 5 – слой силикагеля, 6 – корпус адсорбера, 7 – выходной фильтр, 8 – выходной фланец.

Опишем принцип работы установки. Природный газ поступает в адсорбер через входной фланец. Для защиты адсорбента на входе установлен высокоэффективный фильтр, предназначенный для удаления твердых частиц. Степень его фильтрации 0,01 мкм. После фильтрации поток газа распределяется распределителем 2, проходит через перфорированную перегородку и адсорбируется слоем силикагеля. При прохождении газом через слой силикагеля в него попадают мелкие твердые частицы адсорбента, которые могут быть опасны при дальнейшем использовании. Для улавливания этих частиц, на выходе из осушителя перед выходным фланцем 8 установлен фильтр 7 со степенью фильтрации 1 мкм. Пройдя через адсорбер, газ имеет степень очистки 99,99 %.

Список литературы

- [1] Козырев В.М. Основы современной экономики. / В.М. Козырев. – М.: Финансы и статистика, 2003. 528 с.
- [2] СНиП II-23-81 Строительные конструкции; Введ. 21.06.2011. – Москва 32: Стандартинформ, 2011. 21 с.
- [3] Нефтегазовые технологии. – М., 2001. № 2.
- [4] Зайнуллин В.Ф. Совершенствование процессов промышленной адсорбционной осушки природного газа : автореферат дис. кандидата технических наук : 05.15.06. / В.Ф. Зайнуллин. – Уфа, 1996. 25 с.: ил.
- [5] Патент РФ 2339562. Коротеев Е.И. Крыша нефтеналивного резервуара плавающая. Заявка от 22.01.2007г. Опубликовано 27.11.2008г.
- [6] Патент РФ 2301187. Белозеров А.Г. Резервуар с плавающей крышей.
- [7] Заявка от 03.03.2005г. Опубликовано 10.08.2006 г.
- [8] Патент РФ 2307777. Мустафин Ф.М. Уплотняющий затвор плавающих крыш резервуаров. Заявка от 26.12.2005 г. Опубликовано 10.10.2007 г.
- [9] ГОСТ 31385-2008 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Технические условия. – Введ. 01.01.2008. – Москва : Стандартинформ, 2008. 19 с.

Bibliography (Transliterated)

- [1] Kozyrev V.M. Foundations of modern economics. / V.M. Kozyrev. – М.: Finance and statistics, 2003. 528 p.
- [2] SNiP II-23-81 Building structures; Enter. 21.06.2011. – Moscow 32: Standartinform, 2011. 21 p.
- [3] Oil and gas technologies. – М., 2001. No. 2.
- [4] Zainullin V.F. Improvement of the processes of field adsorption dehydration of natural gas: abstract of dis. candidate of technical sciences: 05.15.06. / V.F. Zainullin. – Ufa, 1996. 25 p.: ill.
- [5] Patent RF 2339562. Koroteev E.I. The roof of the oil tank is floating. Application from 22.01.2007. Published on November 27, 2008.
- [6] Patent RF 2301187. Belozarov A.G. Floating roof tank.
- [7] Application from 03.03.2005. Published on 10.08.2006.
- [8] RF patent 2307777. Mustafin F.M. Sealing closure of floating roofs of tanks. Application from 26.12.2005. Published on 10.10.2007.
- [9] GOST 31385-2008 Vertical steel tanks for oil and oil products. Technical conditions. – Introduce. 01.01.2008. – Moscow: Standartinform, 2008. 19 p.

© С.С. Джафаров, С.Н. Гулиева, 2021

Поступила в редакцию 30.10.2021

Принята к публикации 05.11.2021

Для цитирования:

Джафаров С.С., Гулиева С.Н. Процесс осушки природного газа // Инновационные научные исследования. 2021. № 11-1(13). С. 111-117. URL: <https://ip-journal.ru/>