SOCAR

SOCAR Proceedings

Oil and gas structures and equipment

journal home page: http://proceedings.socar.az

ОБ ОБОСНОВАНИИ ВЫБОРА ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТУРБОДЕТАНДЕРНОГО АГРЕГАТА В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ГАЗА

Г. Г. Исмайылов*, Ю. З. Алекперов, Р. А. Исмаилов

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

About rationale for the selection of the cooling capacity of the turbodetander unit in the process of gas preparation

G. G. Ismailov*, Y. Z. Alakparov, R. A. Ismailov

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

ABSTRACT

In gas condensate fields, low-temperature separation process is mainly used for primary processing of gas. Cooling of well products in gas preparation systems is achieved by throttling them. As the reservoir pressure decrease, the amount of energy obtained decreases. This worsens the conditions for the preparation of gases. Therefore, raises a need to use additional energy sources. Analysis of the operating modes of gas treatment plants has shown that the energy obtained during the expansion of gas can be used rationally. Calculations have shown that the gas temperature at the outlet of turbodetander units during adiabatic expansion provides the required dew point for water and hydrocarbons.

KEYWORDS

Gas; Condensate; Turbodetander; Gas expansion; Polytrophic; Adiabatic; Cold productivity; Dew point.

© 2022 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Введение

Перед транспортировкой природного газа по магистральному газопроводу, для полного извлечения из его состава углеводородного конденсата и воды широко используется метод низко-температурной сепарации (НТС).

На первом этапе разработки, когда пластовые давления значительны, теплоту получают за счет изоэнтальпийного или изоэнтропийного расширения газа. Однако, наступает момент, когда теплоты недостаточно для получения кондиционного газа. Тогда для этой цели используют посторонние источники.

Постановка и решение

Технология подготовки газа предусматривает двухступенчатую сепарацию газа с использованием дроссель-эффекта и рекуперативных теплообменников.

По мере снижения пластового давления уменьшается перепад давления на дросселе, а температура сепарации повышается и наступает момент, когда она становится равной заданной температуре:

$$t_з = t_{сеп} = t_1 - \Delta pa \quad (1)$$

где $t_з$ – заданная температура сепарации, °C; $t_{сеп}$ – температура сепарации, °C; t_1 –температура углеводородного сырья в НТС, °C; Δp – перепад давления на дросселе, МПа; a – коэффициент Джоуля-Томсона, град/кгс/см^2

Для поддержания заданной температуры сепарации газа необходимо вводить рекуперативные теплообменники. При отсутствии перепада на дросселе $t_{сеп} = t_1$, т.е. температура сепарации равно температуре на входе в НТС.

Зависимость показателей работы НТС от перепада давления на дросселе показана на рисунке 1.

Проведенные расчеты показали, что при перепаде давления на дросселе более 2.5 МПа получаемое количество теплоты превышает требуемое. При таких перепадах можно получить температуру сеперации ниже минус 5 °C.

С уменьшением перепада давления на дросселе меньше 2.5 МПа наступает период, когда необходимо применять холодильные установки. В конечном итоге температура сепарации становится равной температуре газа на входе НТС, т.е. дроссель-эффект исчерпывается. В таком случае для получения кондиционного газа на установке НТС возникает необходимость применения дополнительного источника энергии. Применение турбодетандера позволяет более полно использовать внутреннюю энергию добываемого газа [1, 2].

Процесс расширения газа в турбодетандере описывается уравнениями политропы. Известно, что показатель

**E-mail:* asi_zum@mail.ru

http://dx.doi.org/10.5510/OGP20220400792

политропы меньше показателя адиабаты, поэтому для анализа работы турбодетандера воспользуемся уравнениями адиабаты [3, 4].

Работа, которую совершает газ при адиабатическом расширении, равна изменению внутренней энергии газа:

$$\Delta U = -A \quad (2)$$

где ΔU – изменение внутренней энергии газа; $-A$ – работа расширения

Изменение температуры газа за счет адиабатического расширения рассчитывается по уровнению:

$$T_2 = T_1\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (3)$$

где T_1 и T_2 – температура газа перед и после расширения, K; K – показатель адиабаты.

$$K = \frac{C_P}{C_V}$$

C_P и C_V – теплоемкости газа при постоянных давлении и объеме.

Зависимость изменения внутренней энергии газа от температуры описывается уравнением:

$$\Delta U = A = C_P(T_1 - T_2) \quad (4)$$

Холодопроизводительность турбодетандера численно равно работе расширения газа.

$$g = A = \frac{RK}{K-1}(T_1 - T_2) \quad (5)$$

R – газовая постоянная, кал/моль · град.

Подставляя значение T_2 из формулы (3) в формулу (5), получим:

$$g = A = \frac{RK}{K-1}T_1\left[1-\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right] \quad (6)$$

Из уровнения (6) видно, что холодопроизводительность турбодетандера зависит от показателя адиабаты, т.е. от состава газа, начальной температуры и степени расширения (P_2/P_1).

Показатели адиабаты (K) для различных газовых смесей будут иметь различные значения. Поскольку для газовых смесей C_P и C_V величины аддитивные, то и показатель адиабаты будет величиной аддитивной.

Температура газа на выходе турбодетандера должна обеспечивать получение необходимой точки росы газа как по воде, так и по тяжелым углеводородам. Если в системе подготовки газа не применяют дополнительные технологические приемы, температура газа на выходе из турбодетандера должна быть равна точке росы.

Количество теплоты, необходимое для подготовки газа к транспортировке не постоянно и зависит от давления перед установками очистки, температуры газа перед установками очистки, количества конденсирующихся тяжелых углеводородов и воды.

Турбодетандеры можно использовать как в начальной, так и в завершающей стадии разработки месторождений. Поэтому при расчетах при определении требуемого количество теплоты следует охватывать весь рабочий диапазон давлений.

Содержание тяжелых углеводородов в газе газоконденсатных месторождений изменяется в широких пределах. Значительная их часть конденсируется при движении газа от пласта до установок подготовки. Теплота, используемая в системе подготовки газа, на конденсацию этих тяжелых углеводородов, не затрачивается. По этому чтобы не охлаждать сконденсировавшуюся жидкость, ее необходимо из системы вывести.

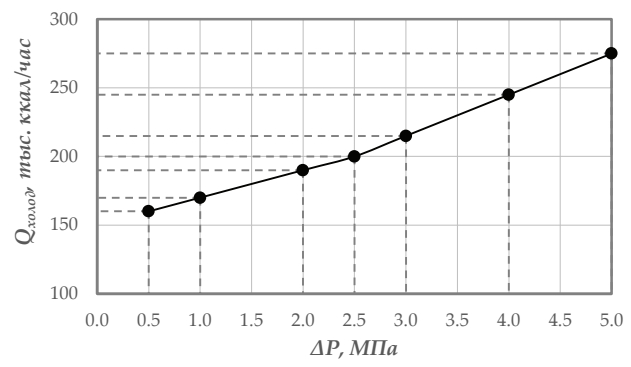
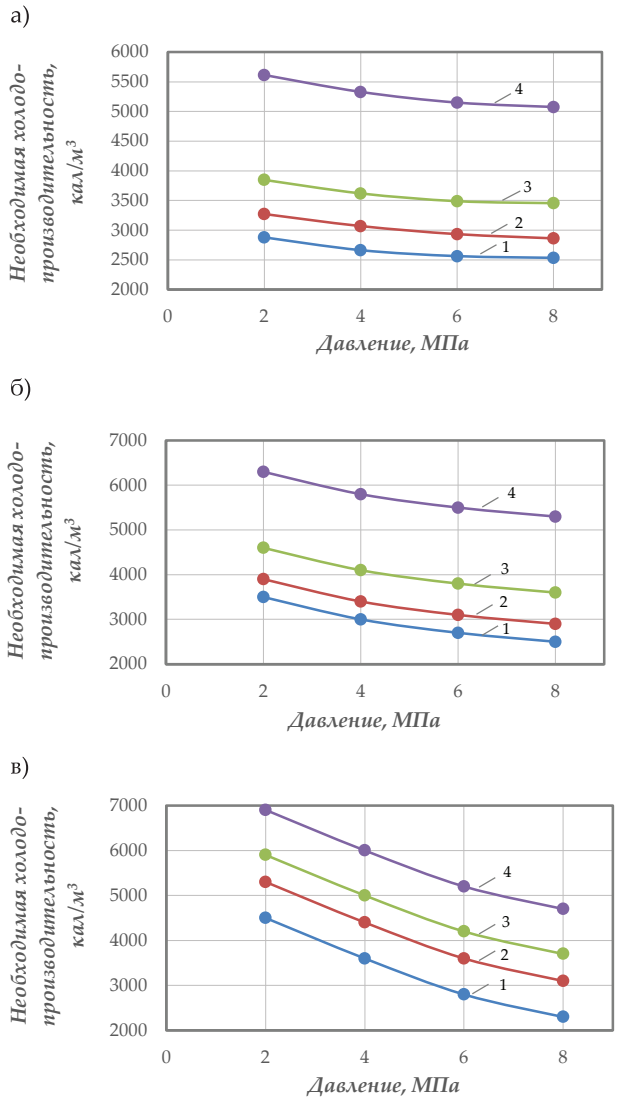


Рис. 1. Зависимость показателей работы НТС от перепада давления на дросселе



Входная температура газа: а) 20 °C б) 40 °C в) 60 °C

Количество тяжелых углеводородов в газе:
1 – 5 г/м³, 2 – 10 г/м³, 3 – 20 г/м³, 4 – 40 г/м³

Рис. 2. Зависимость необходимой холодопроизводительности турбодетандера от давления при разных температурах

Таким образом, в установках подготовки газа теплота затрачивается на конденсацию только части тяжелых углеводородов и воды.

Расход теплоты на конденсацию воды рассчитываются по уравнению:

$$Q_b = (W_1 - W_2) r_b \quad (7)$$

W_1 и W_2 – влагосодержание газа до и после очистки, г/м^3; r – скрытая удельная теплота конденсации воды, кал/г.

Расход теплоты на конденсацию тяжелых углеводородов рассчитывается по уравнению

$$Q_k = q_k r_k \quad (8)$$

где q_k – количество тяжелых углеводородов, конденсирующихся из газа, г/м^3; r_k – скрытая удельная теплота конденсации тяжелых углеводородов, кал/г.

Потери теплоты от недорекуперации рассчитываются по уравнению:

$$Q_{нр} = q_г C_{P_г} \Delta t_{нр} \quad (9)$$

где $q_г$ – количество обрабатываемого газа, м^3; $C_{P_г}$ – теплоемкость газа, кал/м^3; $\Delta t_{нр}$ – температура недорекуперации, °С.

Общее количество теплоты, необходимой для установок подготовки газа, определяется уравнением:

$$Q_{хол} = Q_в + Q_к + Q_{нр} \quad (10)$$

Поскольку в период разработки пластовое давление газа уменьшается, то соответственно будет уменшаться и давление на входе в установку подготовки газа.

На рисунке 2 представлены зависимости необходимой холодопроизводительности турбодетандера для подготовки газа от изменения давления и температуры.

Как видно из рисунка 2 с увеличением давления перед входом газа в турбодетандер уменьшается холодопроизводительность агрегата, а наоборот с увеличением температуры входящего газа необходимая холодопроизводительность увеличивается. Кроме того, чем больше количество тяжелых углеводородов в составе обрабатываемого газа, тем больше требуется холодопроизводительность турбодетандера.

Выводы

- По мере снижения пластового давления уменшается перепад давления на дросселе, а температура сеперации повышается и становится равной температуре газа на входе установок НТС.
- Установлено, что перепад давления на дросселе меньше 2.5 МПа не позволяет получить отрицательную температуру в низкотемпературном сепараторе и возникает необходимость применять холодильные установки.
- На основании проведенных анализов и расчетов построены графики для определения необходимой холодопроизводительности турбодетандера в зависимости от давления, температуры и состава обрабатываемого газа на установке НТС. Эти графики позволяют определить оптимальные термодинамические параметры турбодетандерного агрегата в процессе подготовки газа на установке НТС.

Литература

1. Язик, А. В. (1986). Системы и средство охлаждения газа. *Москва: Недра*.

2. Гриценко, А. И., Александров, И. А., Галанин, И. А. (1981). Физические методы переработки и использования газа. *Москва: Недра*.

3. Зиберт, Г. К., Запорожец, Е. П., Зиберт, А. Г. и др. (2015). Технологические процессы и методы расчета оборудования установок подготовки углеводородных газов. *Москва: РГУ нефти и газа И.М.Губкина*.

4. Мельников, В. Б., Макарова, Н. П., Федорова, Е. Б. (2012). Сбор и подготовка газа и газового конденсата. Низкотемпературные процессы. *Москва: РГУ нефти и газа И.М.Губкина*.

References

1. Yazik, A.V. (1986). Systems and means for cooling of natural gas. *Moscow: Nedra*.

2. Gritsenko, A. I., Aleksandrov, I. A., Galanin, I. A. (1981). Physical methods of gas processing and use. *Moscow: Nedra*.

3. Siebert, G. K., Zaporozhets, E. P., Siebert, A. G. et al. (2015). Technological processes and methods for calculating equipment for hydrocarbon gas treatment plants. *Moscow: National University of Oil and Gas «Gubkin University»*.

4. Melnikov, V. B., Makarova, N. P., Fedorova, E. B. (2012). Collection and preparation of gas and gas condensate. Low temperature processes. *Moscow: National University of Oil and Gas «Gubkin University»*.

Об обосновании выбора холодопроизводительности турбодетандерного агрегата в процессе подготовки газа

Г. Г. Исмайылов, Ю. З. Алекберов, Р. А. Исмаилов
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

Реферат

Основным технологическим процессом при обработке газа на газоконденсатных месторождениях является низкотемпературная сепарация, основанная на использовании эффекта Джоуля-Томсона. Охлаждение продукции газоконденсатных скважин в системах подготовки газа достигается за счет дросселирования газа. По мере снижения пластового давления количество получаемой энергии уменьшается, что приводит к ухудшению условий подготовки газа. Поэтому возникает необходимость в использовании посторонних источников. Анализ работы установок подготовки газа показал, что возможно рационально использовать энергию, получаемую при расширении газа. Применение турбодетандера позволяет более полно использовать внутреннюю энергию добываемого газа. Проведенные расчеты показали, что при адиабатическом расширении температуры газа на выходе турбодетандера обеспечивает получение необходимой точки росы газа по воде и по углеводородам.

Ключевые слова: газ; конденсат; турбодетандер; расширение газа; политропа; адиабата; холодопроизводительность; точка росы.

Qazın hazırlanması prosesində turbodetander aqreqatının soyuqluq məhsuldarlığının seçilməsinin əsaslandırılması haqqında

Q. Q. İsmayılov, Y. Z. Ələkbərov, R. Ə. İsmayılov
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Xülasə

Qaz kondensat yataqlarında qazın ilkin emalı üçün əsasən aşağı temperaturlu separasiya prosesindən istifadə olunur. Qazların hazırlanması sistemlərində quyu məhsullarının soyudulması onların drosellənməsi hesabına əldə edilir. Lay təzyiqləri azaldıqca alınan enerjinin miqdarı azalır. Bu isə qazların hazırlanması şəraitini pisləşdirir. Ona görə əlavə enerji mənbələrindən istifadə edilməsinə ehtiyac yaranır. Qaz hazırlama qurğularının iş rejimlərinin analizi göstərmişdir ki, qazın genişlənməsi zamanı alınan enerjidən rasional istifadə etmək olar. Aparılan hesablamalar göstərmişdir ki, adiabatik genişlənmə zamanı turbodetander aqreqatlarının çıxışında qazın temperaturu suya və karbohidrogenlərə görə tələb olunan şeh nöqtəsini təmin edir.

Açar sözlər: qaz; kondensat; turbodetander; qazın genişlənməsi; politrop; adiabata; soyuqluq məhsuldarlığı; şeh nöqtəsi.