УДК: 622.276

**ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВЫХ ЭЖЕКТОРОВ В ОБВЯЗКЕ СКВАЖИН
И НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ ГАЗОСБОРНЫХ СЕТЕЙ**
USE OF GAS EJECTORS IN THE WELLS HOOKUP AND IN THE PROCESS
LINES AT GAS COLLECTING SYSTEMS

Д. Г. Нероденко, А. В. Мороз

D. G. Nerodenko, A. V. Moroz

ОАО «НОВАТЭК-НТЦ», г. Тюмень

*Ключевые слова: эжектор; скважина; система сбора; рабочая характеристика эжектора;
коэффициент эффективности процесса компримирования*

*Key words: ejector; well; the system of gathering; the ejector performance characteristics;
compression process effectiveness factor*

В настоящее время одной из широко распространенных проблем на многих газовых многопластовых месторождениях является невозможность эффективного использования энергии пласта по причине применения технологических схем сбора газа, не позволяющих использовать ее целиком, расходуя нерационально.

Речь идет о технологической схеме, когда к одному коллектору подключаются скважины, разрабатывающие разные объекты и имеющие существенную разницу в пластовых и, самое главное, устьевых давлениях, которые, в рассматриваемом случае, варьируются в диапазоне от 10 до 15 МПа. Для осуществления бесперебойной работы системы сбора весь газ, добываемый из высоконапорных скважин, редуцируется до давления газа, добываемого из низконапорных (рис. 1), в результате чего теряется часть пластовой энергии, которая могла бы быть успешно реализована.

Рис. 1. Принципиальная схема сбора газа в 1 коллектор с высоконапорных и низконапорных скважин с регулятором давления

Использовать же пластовую энергию в полном объеме можно с помощью применения в обвязке системы сбора газа эжектора (рис. 2), что было предложено еще более полувека назад и успешно реализуется на множестве месторождений РФ и зарубежья и по сей день.

В России известен положительный опыт применения эжекторов на кустах газовых и газоконденсатных скважин Уренгойского, Усть-Сильгинского, Саратовского и др. месторождений, где была увеличена добыча продукции низконапорных скважин за счет энергии высоконапорной скважины того же куста.

Учитывая, что эжектор устанавливается на байпас существующего регулятора давления, технологический риск применения эжектора отсутствует.

Рис. 2. Принципиальная схема сбора газа с высоконапорных и низконапорных скважин с применением эжектора

Газовый эжектор позволит использовать кинетическую энергию газа высоконапорных скважин для увеличения давления потока, поступающего с низконапорной скважины в коллектор.

В результате смешения двух потоков давление газа на выходе из эжектора имеет промежуточное значение между активным и пассивным потоками и зависит от соотношения их расходов, давлений, температур и составов.

Рис. 3. Рабочая характеристика эжектора, рассматриваемого для газосборного коллектора

Данная характеристика эжектора при конкретных условиях отображена на рис. 3, а расчетные формулы, необходимые для ее построения, представлены ниже.

$$\eta = \frac{A_{ng}}{E_{ag}},$$

где η — коэффициент эффективности процесса компримирования; E_{ag} — расход энергии высоконапорного газа, $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{с}}\right]$.

$$E_{ag} = \frac{k_g}{k_g - 1} * K_g * G_g * T'_{ng} * \left[\left(\frac{P'_{dg}}{P'_{ng}} \right)^{\frac{k_g - 1}{k_g}} - 1 \right],$$

где E_{ag} — расход энергии высоконапорного газа, $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{с}}\right]$.

$$A_{ng} = \frac{k_n}{k_n - 1} * R_n * G_n * T'_{ng} * \left[\left(\frac{P'_{dg}}{P'_{ng}} \right)^{\frac{k_n - 1}{k_n}} - 1 \right],$$

где A_{ng} — полезная работа, произведенная высоконапорной средой в единицу времени по эжектированию низконапорной среды, $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{с}}\right]$; k, k_n — показатели адиабаты высоко-

напорного, низконапорного газов; R_g, R_n — газовые постоянные высоконапорного, низконапорного газов, $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} * \text{К}}\right]$; G_g, G_n — расходы высоконапорного и низконапорного газов, $\left[\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right]$; T'_{ng}, T'_{ng} — температуры высокого напорного и низконапорного газов, $[K]$; $T'_{dg}, P'_{dg}, P'_{ng}, P'_{ng}$ — давления высоконапорного, низконапорного и суммарного потока на выходе из диффузора, $[Pa]$.

Внедрение эжекторов в обвязке скважин или систем сбора позволит решить ряд смежных проблем:

- продлить эксплуатационный период скважин на поздних стадиях разработки, возобновить эксплуатацию скважин, выбывших по причине низких показателей добычи, появления пластовой воды и не способных работать в общей системе сбора при существующем в нем давлении;

- отсрочить ввод дожимной компрессорной станции при оптимизации технологической схемы системы сбора в рамках всего месторождения.

Параллельно с неоспоримыми достоинствами имеются не менее значительные недостатки, поэтому при подборе эжектора стоит учитывать ряд условий и особенностей его эксплуатации:

- узкий рабочий диапазон давлений эжектора, которого может быть недостаточно на весь период разработки месторождения, за исключением эжекторов с предустановленными регуляторами;
- чувствительность к наличию механических примесей и жидкой фазы, что не критично, но обязательно должно учитываться при его проектировании;
- необходимость соблюдения пропорций расходов и давлений пассивного газа к активному, что влияет на эффективность работы эжектора и его жизненный цикл.

Применение эжекторов в нефтегазовой промышленности в России и зарубежных странах широко распространено: от добычи и транспортировки до подготовки сырья, но, если последнее встречается повсеместно, в основном, для утилизации низконапорного газа из выветривателей, дегазаторов, колонн деэтанализации и другого оборудования, то на объектах добычи и сбора газа, преимущественно в нашей стране, применение эжекторов встречается куда реже.

На то есть несколько причин:

- недостаточное, в количественном смысле, применение эжекторов в обвязке кустов скважин и, как следствие, отсутствие практической базы;
- невозможность в полной мере оценить техническую и экономическую целесообразность их внедрения и напрямую связать их с потенциальными рисками;
- часто в проекте обустройства применяются типовые проектные решения, и исходным документом, необходимым для выполнения проекта обустройства, является проект разработки, который выполнен без учета применения эжекторов;
- эжектор заказывается по проектным данным, а не по фактическим, что также вводит некоторую погрешность.

Для оценки совместной работы рассматриваемых проектных скважин, коллектора системы сбора и эжектора месторождения была создана интегрированная модель в ПО «RESOLVE» (рис. 4), объединяющая две цифровые подмодели.

Рис. 4. Интегрированная модель рассматриваемых скважин, системы сбора и эжектора в ПО «RESOLVE»

Рис. 5. Цифровая модель рассматриваемых скважин и коллектора системы сбора в ПО «GAP»

Первая — модель пласта, скважин и системы сбора, созданная в ПО«GAP», а вторая — модель эжектора, созданная в ПО«HYSYS» (рис. 5, 6).

Относительно построения и последующего анализа двух независимых моделей использование ПО «RESOLVE», как связующего звена, позволяет оценить их совместную работу, проследить взаимосвязь каждого из необходимых параметров в пласте, на кусте скважин, эжекторе или коллекторе.

Потоки газоконденсатной смеси каждого из потоков, поступающих с низконапорной (1) и высоконапорных (2 и 3) скважин, представляют собой набор свойств, полученных в результате проведения необходимых исследований скважин и их интерпретации, и соответствуют факту.

Результаты построения цифровых моделей и проведения серии расчетов — оценка теоретической прибавки в добыче сырья, равной ≈ 150 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ (54 млн $\text{м}^3/\text{год}$), только за счет повышения производительности низконапорной скважины, а также определение оптимальных рабочих параметров эжектора (табл. 1).

Рис. 6. Цифровая модель теоретически установленного эжектора в обвязке рассматриваемых скважин в ПО «HYSYS»

Таблица 1

Основные рабочие параметры эжектора

Наименование параметра	Активный поток(HP)	Пассивный поток(LP)	Общий поток
Среда	Природный газ		
Расход, тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$	900	300	1200
Давление, кг $\text{с}/\text{см}^2$	150	100	116,4
Температура, $^{\circ}\text{C}$	25	17,5	18

По основным рабочим параметрам эжектора (см. табл. 1) сделан запрос заводу-изготовителю о стоимости эжектора. С учетом полученных данных были посчитаны основные показатели экономической эффективности от применения одного эжектора на одном коллекторе системы сбора исследуемого месторождения (табл. 2).

Таблица 2

Показатели экономической эффективности

Показатели экономической эффективности	
Капитальные затраты	7,6 млн р.
Срок окупаемости	1 мес.
ΔNPV	151 млн р.
PI	21
Срок расчета проекта	5 лет

Таким образом, применение газового эжектора позволит повысить суммарные возможности месторождения по добыче на ранних стадиях разработки и, соответственно, поднять прибыль, а также увеличить накопленную добычу по отдельным скважинам, тем самым повысить коэффициент извлечения углеводородов.

Список литературы

1. Юнусов Р. Р., Истомин В. А., Грицишин Д. Н. Совершенствование технологий промысловой подготовки газа на газоконденсатных месторождениях ОАО «НОВАТЭК» // Территория Нефтегаз. – 2008. – № 9. – С. 291-297.
2. Гриценко А. И., Истомин В. А., Кульков А. Н., Сулейманов Р. И. Сбор и промысловая подготовка газа на северных месторождениях России. – М.: Недра, 1999.
3. Сборник работ по исследованию сверхзвуковых газовых эжекторов. Создатель: ЦАГИ. – 1961.
4. Царев И. Н. Применение первичных источников энергии газа // Газовая промышленность. – 1992. – № 12. – С. 14-16.
5. Царев И. Н. Низкотемпературное компримирование // Газовая промышленность. – 1994. – № 4. – С. 60-61.

Сведения об авторах

Нероденко Дмитрий Григорьевич, к. т. н., начальник отдела подготовки и переработки, ОАО «НОВАТЭК-НТЦ», г. Тюмень, тел. 8(3452)684675, e-mail: DGNe-[Nerodenko@novatek.ru](mailto:DGNeNerodenko@novatek.ru)

Мороз Александр Валерьевич, специалист 2 категории отдела подготовки и переработки, ОАО «НОВАТЭК-НТЦ», г. Тюмень, тел. 8(3452)684663, e-mail: AVMoroz@novatek.ru

Information about the authors

Nerodenko D. G., Candidate of Science in Engineering, head of the department for treatment and refining, OJSC «NOVATEK-NTC», phone: 8(3452)684675, e-mail: DGNeNerodenko@novatek.ru

Moroz A. V., specialists of category 2 of the department for treatment and refining, OJSC «NOVATEK-NTC», phone 8(3452)684663, e-mail: AVMoroz@novatek.ru