УДК 622.276.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАБОЙНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ РЕЖИМЕ РАБОТЫ ГАЗЛИФТНОЙ СКВАЖИНЫ

DETERMINATION OF BOTTOMHOLE PRESSURE IN THE MODE OF OPERATION OF A GAS-LIFT WELL

Мамедова Евгения Владимировна
доктор философии по технике,
доцент кафедры «Нефтегазовая инженерия»,
Азербайджанского государственного университета
нефти и промышленности
jenya_baku@mail.ru

Аннотация. В данной статье показана возможность оценки оптимального режим работы газлифтных скважин на основе расчета основных параметров. Получено уравнение для определения забойного давления. Основные параметры определяются при устьевых условиях, а потери на трение не учитываются, так как их значение незначительно, что упрощает проведение расчетной методики. Сравнительный анализ измеренного параметра (Pз) с расчетным аналогом, показал минимальное отклонение до 2,5 %. Следовательно, данная методика правомерна и может быть применена при расчетах работ газлифтных скважин.

Ключевые слова: газлифтная скважина, газожидкостная смесь, забойное давление, устьевые условия.

Mamedova Yevgenia Vladimirovna
D. in Engineering, Associate Professor,
Department of Oil and Gas Engineering,
Azerbaijan State University Oil and Industry
jenya_baku@mail.ru

Annotation. This article shows the possibility of estimating the optimal operation of gas-lift wells based on the calculation of the main parameters. An equation for determining the bottom hole pressure is obtained. The main parameters are determined under wellhead conditions, and friction losses are not taken into account, since their value is insignificant, which simplifies the calculation method. Comparative analysis of the measured parameter (Pb) with the calculated analog showed a minimum deviation of up to 2,5 %. Therefore, this technique is legitimate and can be applied in the calculation of the work of gas-lift wells.

Keywords: gas-lift wells, gas-liquid mixture, bottomhole pressure, wellhead conditions.

Введение

Как известно, в процессе разработки нефтяных месторождений газлифтный способ эксплуатации занимает значительный период в общем сроке эксплуатации скважины.Данный способ добычи нефти обладает рядом преимуществпо сравнению с другими: простота эксплуатации, возможность получения высоких дебитов нефти, минимальной степенью риска, связанного с авариями, возможность применения современного оборудования и инновационнойтехнологией без высоких капитальных затрат.

Однако, по мере возрастания спроса и цены на газ возникает необходимость проведения более тщательного экономического анализа газлифтного способа добычи нефти.

В нефтепромысловой практике на основе результатов ГИС и различных моделей фильтрации флюида в системе «пласт-скважина» производятся расчеты для определения оптимального режима работы скважин. При проведении расчетов общих уравнений течения многофазного потока в ПЗП и стволе подъемника и получения верных результатов необходимо опираться на достоверные значения измеренных и расчетных показателей, определения места ввода газа в поток газожидкостной смеси, относительное движение отдельных фаз и их физико-химические свойства, трение смеси о стенки трубы и т.д.

При расчете оптимальной работы газлифтных скважин необходимо рассмотреть вопросы системы пуска скважины, принципа работы газлифтных клапанов, определение оптимальности глубины нагнетания газа [1, 2].

Часто, для оперативного решения многочисленных инженерных задач, необходимоиметь методику расчета градиента давления изабойного давления работающей газлифтной скважине.

Методика исследования

В данной статье рассматривается работа газонефтяного подъемника, основываясь на обширный промысловый и экспериментальный материал, опубликованный как отечественными, так и зарубежными авторами. Так, была предложена новая методика расчета движения газо-жидкостной смеси в фонтанном подъемнике [3]. На основе данного подхода в статье показан метод определения забойного давления в газлифтных скважинах. Предложенная методика является более простой и совершенной.

Уравнение движения газожидкостной смеси в общем виде было представлено следующим образом:

$$\frac{dP}{dX} = \rho_ж g(1-\varphi) + \rho_г g\ \varphi + i_ж \rho_ж g\ + i_г \rho_г g\ + k\, g \sqrt{i_ж \rho_ж i_г \rho_г}, \quad (1)$$

где $\frac{dP}{dX}$ – градиент давления;

$\rho_ж$, $\rho_г$ – соответственно плотность жидкости и газа при данном давлении и температуре;

φ – истинное газосодержание;

g – ускорение свободного падения;

$i_ж$, $i_г$ – гидравлический уклон для однородной жидкости и газа;

k – поправочный коэффициент, который учитывает взаимодействие между фазами.

Интегрирование данного уравнения относительно забойного давления в явном виде трудоемко. Однако после небольших допущений, принятых при решении данной задачи, было получено уравнение для определения давления, а конкретно – забойного давления, в газлифтной скважине.

Для упрощения расчета, поставленной задачи примем, что в первом приближении потери на трение однородного газа незначительны, что дает право пренебречь ими при дальнейшем расчете. Далее уточним, что такие параметры, как плотность газа, истинное газосодержание флюида и коэффициент сжимаемости определяются при устьевых условиях работы газлифтной скважины.

Введем обозначения для решения данного уравнения, а именно:

$$Z = Z_у;\ \ \varphi = \varphi_у;\ \ \ \rho_г = \rho_{гу};$$

$$\alpha = \rho_ж g\left(1-\varphi_у\right) + \rho_{гу}\varphi g + i_ж \rho_ж g;$$

$$b = kP_0 g\sqrt{i_ж \rho_ж i_г \rho_{гу}}.$$

Тогда зависимость (1) примет следующий упрощенный вид:

$$\frac{PdP}{\alpha P + b} = dx. \quad (2)$$

Проинтегрировав данное уравнение по глубине подъемника, в пределах от 0 до L, и по давлению от устьевого до забойного получим:

$$\int_{p_у}^{p_з} \frac{PdP}{\alpha P + b} = \int_0^L dx\,, \quad (3)$$

где $P_у$ и $P_з$ – соответственно, устьевое и забойное давления в газлифтной скважине;

L – глубина подъемника.

С учетом всех допущений,в общем виде уравнение приобретет следующую форму:

$$\ln\frac{\alpha P_з + b}{\alpha P_у + b} = \frac{a^2}{b}\left(P_з - P_у - \alpha L\right). \quad (4)$$

Решим данную задачу относительно забойного давления. После небольших преобразований, интегрируя, разлагая в ряд и учитывая первые члены уравнения имеем:

$$P_з = P_у + \alpha L + \frac{b}{P_у} L. \quad (5)$$

Подставляя значения принимаемых параметров в последнее уравнение, и учитывая термодинамические условия, в конечном виде имеем:

$$P_З' = P_у + L\left[\rho_ж g\left(1-\varphi_у\right) + \rho_{гу} g\,\frac{P_у T_0}{P_0 T_у Z_у} + i_ж \rho_ж g + kg\frac{P_0}{P_у}\sqrt{i_ж \rho_ж i_0 \rho_{гу}\frac{P_0 T_у}{P_у T_0}}Z_у\right]. \quad (6)$$

Полученная зависимость является приближенным уравнением для определения забойного давления газлифтной скважины. Для уточнения данного параметраусредним давление в подъемнике:

$$P_c = \frac{P_З' + P_у}{2}. \quad (7)$$

Далее с учетом (7) определяются значения истинного газосодержания, плотности газа и коэффициента сжимаемости газа.

В итоге, учитывая вышеизложенное, можно исходя из искомого уравнения (1) рассчитать забойное давление подъемника:

$$P_з = P_у + L\left[\rho_ж g\left(1-\varphi_у\right) + \rho_г g\,\frac{P_c T_0}{P_0 T_у Z_c} + i_ж \rho_ж g + ki_ж g\frac{P_0}{P_у}\sqrt{\frac{i_0 \rho_г P_0 T_у}{i_ж \rho_ж P_c T_0}}Z_c\right], \quad (8)$$

где истинное газосодержание в средних условиях определяется по формуле Никлина [4].

Числовое значение поправочного коэффициента k согласно работе [5] принимается равным 20.

Для апробирования данной методики были рассчитаны забойные давления для реальных газлифтных скважин месторождения «Нефтяные Камни», приведенных в работе [3].

В таблице 1 даны промысловые данные и рассчитанные параметры соответствующих скважин. Как видно из таблицы разница между измеренным и расчетным забойным давлением в среднем не более 2,5 %, что дает право при коэффициенте корреляции 0,9 практически применять данную методику для решения многочисленных задач газлифтной эксплуатации.

Таблица 1 – Сопоставление расчетных и фактических данных по газлифтным скважинам

№	Суточный дебит нефти, $м^3$/сек	Расход газа, $м^3$/сек	Газовый фактор, $м^3/м^3$	Депрессия, $\Delta P/P_0$	Измеренное давление, $P_з/P_0$	Расчетное давление, $P_з/P_0$
1	0,0003	0,0690	200	3,2	28,2	28,09
2	0,000543	0,11213	250	11,4	20,0	19,91
3	0,000589	0,1380	300	14,2	17.2	17,0
4	0,000637	0,14950	350	17,4	14,0	14,3
5	0,000660	0,17250	380	19,2	12,2	12,21
6	0,000589	0,21459	300	14,2	17,2	17,25
7	0,000425	0,2530	250	6,9	24,5	24,91

Плотность нефти 840 $кг/м^3$; P_0 – атмосферное давление.

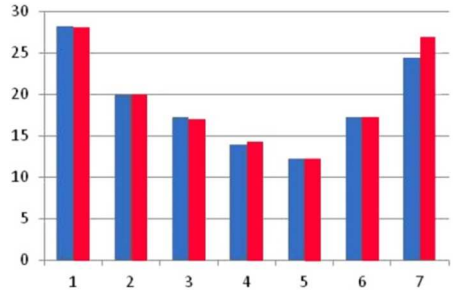

Рисунок 1 – Гистограмма распределения расчетных и замеренных значений $P_з$

На гистограмме показаны результаты измеренных значений давления на забое и рассчитанные по предложенной методике $P_{заб.}$ на тех же скважинах.

Выводы

На основе проведенных исследований показана методика расчета параметров газлифтногоподъемника. Предложено уравнение для определения забойного давления в газлифтном подъемнике. Анализ результатов свидетельствует, что разница между измеренным и расчетным забойным давлением в среднем не более 2,5 %, что говорит о правомочности применения данного метода для решения оперативных практических задач по установлению и изменению режимов работы газлифтных скважин.

Литература:

1. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Бахтизин Р.Н. Этюды о моделировании сложных систем нефтедобычи // Нелинейность, неравновесность, неоднородность. – Уфа : Гилем, 1999.
2. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Бахтизин Р.Н. Этюды о моделировании сложных систем нефтедобычи. – Уфа : Гилем, 1999. – 464 с.
3. Салаватов Т.Ш., Мамедова Е.В. К вопросу повышения производительности скважин // «Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов»: Материалы международной научно-практической конференции. – Ухта, 2012. – Т. 1. – С. 13.
4. Силаш А.П. Добыча и транспорт нефти и газа. – М. : «Недра»,1980. – Т. 1. – 327 с.
5. Форест Г. «Добыча нефти». – М. : ЗАО «ОЛИМП», 2004. – С. 416.

References:

1. Mirzajanzade A.Kh., Khasanov M.M., Bakhtizin R.N. Etudes on modelling complex oil production systems // Nonlinearity, non-equilibrium, heterogeneity. – Ufa : Gilem, 1999.
2. Mirzajanzade A.Kh., Khasanov M.M., Bakhtizin R.N. Etudes on modelling of complex systems of oil production. – Ufa : Guilem, 1999. – 464 p.
3. Salavatov T.Sh., Mamedova E.V. To the question of increasing the productivity of wells // «Problems of development and operation of fields of high-viscosity oils and bitumens»: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference. – Ukhta, 2012. – Vol. 1. – P. 13.
4. Silash A.P. Extraction and transport of oil and gas. – M. : Nedra, 1980. – Vol. 1. – 327 p.
5. Forrest G. «Extraction of oil». – M. : OLIMP ZAO, 2004. – P. 416.