

ВЛИЯНИЕ ГАЗСОДЕРЖАНИЯ НЕФТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ШТАНГОВОГО СКВАЖИННОГО НАСОСА

Рожкин М.Е.

Ухтинский государственный технический университет

В статье рассматривается задача определения эффективности работы штангового скважинного насоса при вредном влиянии растворенного в нефти газа. Результаты, полученные в статье, показывают, что этот неравновесный фактор значительно влияет на эффективность работы скважинных насосов. Следует, однако, иметь в виду, что эти результаты получены в стендовых условиях, т.е. в условиях, когда возможно выделить только влияние газосодержания нефти на коэффициент подачи. Естественно, что в реальных условиях такой анализ проводить нельзя. В этом случае требуется статистическая обработка данных эксплуатации скважин месторождений.

Ключевые слова: *газосодержание, моделирование, штанговый скважинный насос, ШГН, коэффициент подачи*

Экспериментальное моделирование считается по праву эффективным способом анализа процессов протекающих в оборудовании, расположенном в местах недоступных человеку. Штанговый скважинный насос спускают в скважину на большие глубины. Для определения эффективности работы такого насоса мы предлагаем использовать экспериментальное моделирование.

Так как эксплуатация скважин штанговыми скважинными насосами широко распространена на большей части нефтедобывающих месторождений мира, то поставленная задача представляется нам актуальной.

В реальных условиях низкие показатели эксплуатации насосной установки во многом объясняются незаполнением цилиндра штангового насоса жидкостью. Наибольшее влияние на степень заполнения жидкостью оказывает наличие газа в продукции. При ходе плунжера вверх в цилиндр насоса поступает газожидкостная смесь, и по мере увеличения объема под плунжером происходит как расширение свободного газа, так и выделение растворенного. Поэтому под влиянием газа происходит уменьшение коэффициента заполнения штангового скважинного насоса за счет того, что газ занимает часть рабочего цилиндра, и при движении плунжера вниз подвергается сжатию, а при движении вверх расширению, что приводит к снижению эффективности работы насоса [1].

Экспериментальные исследования проводили на стенде специальной конструкции (рис. 1), изготовленном фирмой ООО «ФЕСТО-РФ», куда входит насос, состоящий из плунжера 1, всасывающего $V03$ и нагнетательного клапанов $V04$. Насос соединен с модулем, имитирующим растяжения штанг, оборудованным ультразвуковым датчиком $Z1$. Модуль соединен с приводом, представляющим собой регулируемый пневматический привод $A1$. Для поддержания необходимого уровня жидкости, емкость $H1$ разделена на две части и оборудована циркуляционным насосом $P1$, подача которого превышает максимальную подачу штангового скважинного насоса. Компрессор $C1$ используется для поддержания давления для работы пневматического силового привода. Стенд оборудован дросселем $V01$ для регулирования подачи сжатого воздуха под нагнетательный клапан. Линия подачи сжатого воздуха имеет в своем составе обратный клапан $V03$.

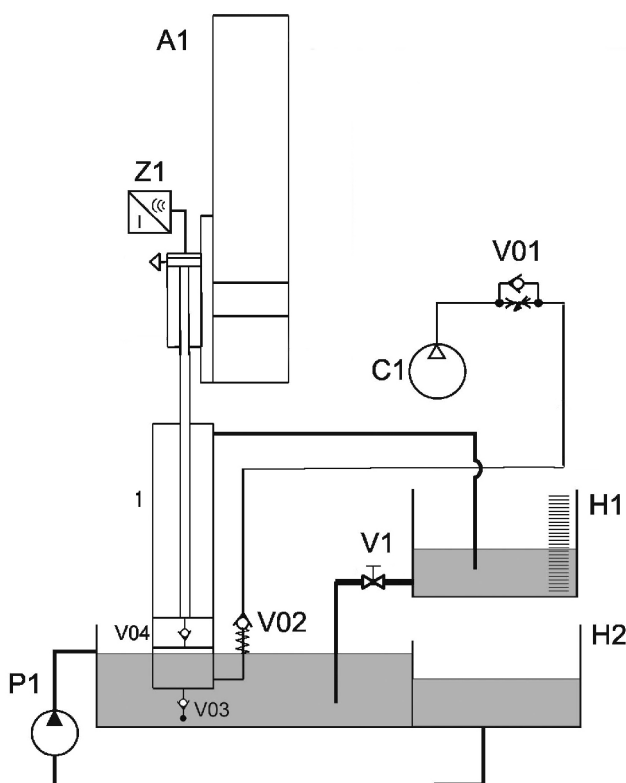


Рисунок 1. Упрощенная принципиальная схема стенда [2]

*1 – плунжер; $V03$ – всасывающий клапан; $V04$ – нагнетательный клапан;
 $Z1$ – ультразвуковой датчик; $A1$ – регулируемый пневматический привод;
 $H1$ – емкость; $P1$ – циркуляционный насос; $C1$ – компрессор;
 $V01$ – дроссель; $V03$ – обратный клапан*

Стенд обеспечил возможность: измерения коэффициентов подачи, наполнения, упругих растяжений штанг; измерения этих же показателей для каждого двойного хода; определения изменения показателей во время двойного хода; записи результатов замеров; изменения числа двойных ходов и длины хода; применения клапанов различных типоразмеров; работы с небольшим объемом жидкости; быстрой подготовки к новому циклу измерений.

Конструкция стенда позволяет получать необходимую для исследования точность измерения коэффициентов наполнения, упругих растяжений и подачи. Программируемый силовой пневматический привод дает возможность изменять число двойных ходов в минуту и длину хода.

Исследованиям на стенде предшествует определение диапазона скоростей откачки путем выбора диаметра насоса, диаметра отверстия клапана, длины хода, числа двойных ходов. В реальном насосе скорость движения жидкости в отверстии клапана варьирует в интервале от 0,8 до 4,0 м/с (рекомендуется не более 2,5 м/с). Эксперименты проводили при условиях, позволяющих получать скорости течения жидкости через отверстия клапана в указанном диапазоне значений скорости. Для анализа степени влияния растворенного газа в нефти на коэффициент подачи штангового скважинного насоса, были проведены серии экспериментов: с помощью дросселя регулировалась подача воздуха с расходом 0.17 л/мин до 0.97 л/мин (рис. 2, рис. 3, рис. 4).

Для определения погрешности эксперимента на нескольких режимах проводили по несколько десятков замеров, рассчитывали средние значения и дисперсию полученных данных.

Под влиянием свободного газа может произойти срыв подачи насоса, который заключается в том, что насос перестает засасывать из скважины газожидкостную смесь или пену, так как рабочая часть цилиндра целиком заполняется газом. При ходе плунжера вниз газ сжимается, а при ходе вверх – расширяется. Давление газа в цилиндре при ходе вверх не становится ниже давления всасывания и поэтому приемный клапан не может открыться. Срыв подачи может происходить только от действия газа, оставшегося во вредном пространстве. Если вредное пространство полностью освобождается от газа к началу хода вниз, то срыва не может быть. Это обстоятельство очень важно для практики, так как оно означает, что при отсутствии

влияния вредного пространства работа насоса устойчива при любом даже самом низком коэффициенте наполнения [3]. Это достигается либо применением насоса с нагнетательным клапаном в нижней части плунжера (НСН- 2, НСВД), либо увеличением длины хода плунжера (длинноходовой насос, правильная посадка плунжера над всасывающим клапаном), либо одновременным увеличением длины хода плунжера при одновременном уменьшении диаметра насоса. Однако тип насоса всегда должен быть правильно подобран к условиям скважины.

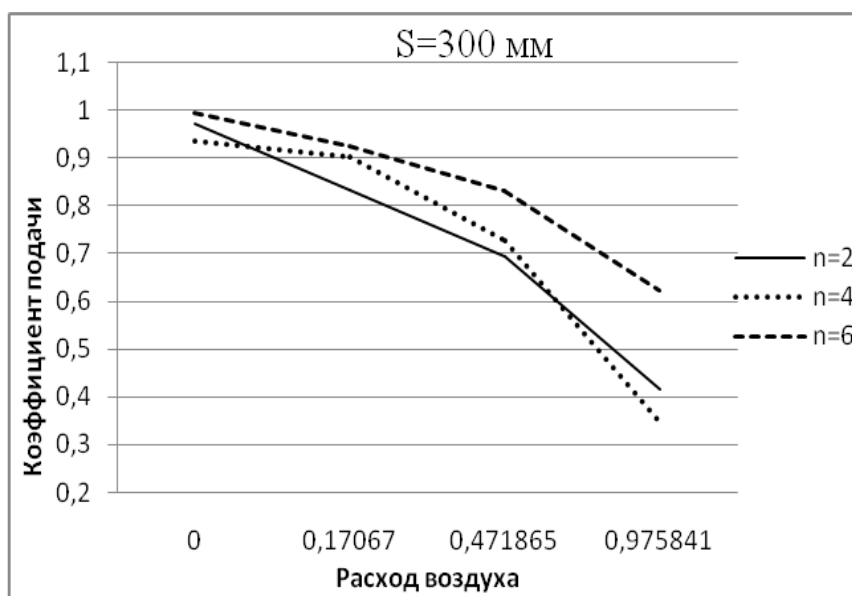


Рисунок 2 – Коэффициент подачи насоса от расхода воздуха (длина хода 300 мм)

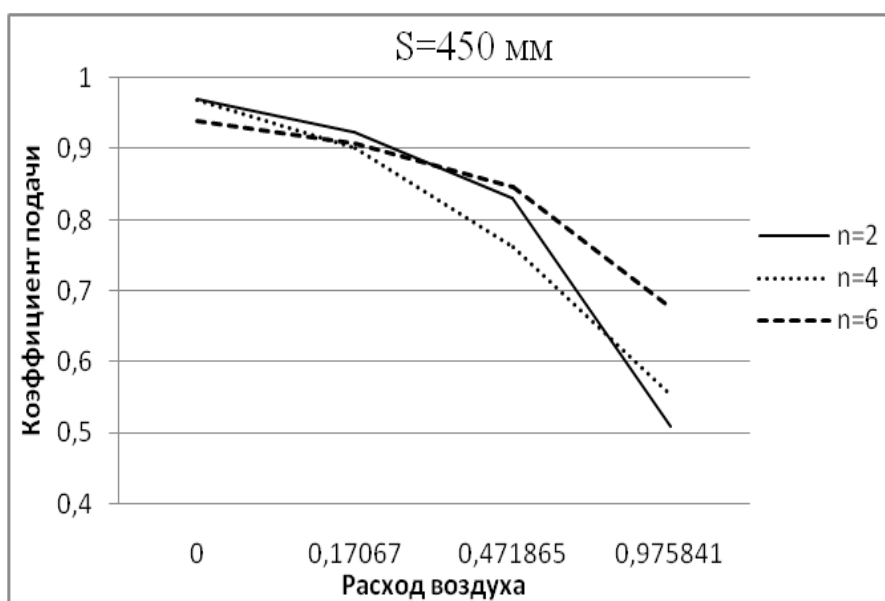


Рисунок 3. Коэффициент подачи насоса от расхода воздуха (длина хода 450 мм)

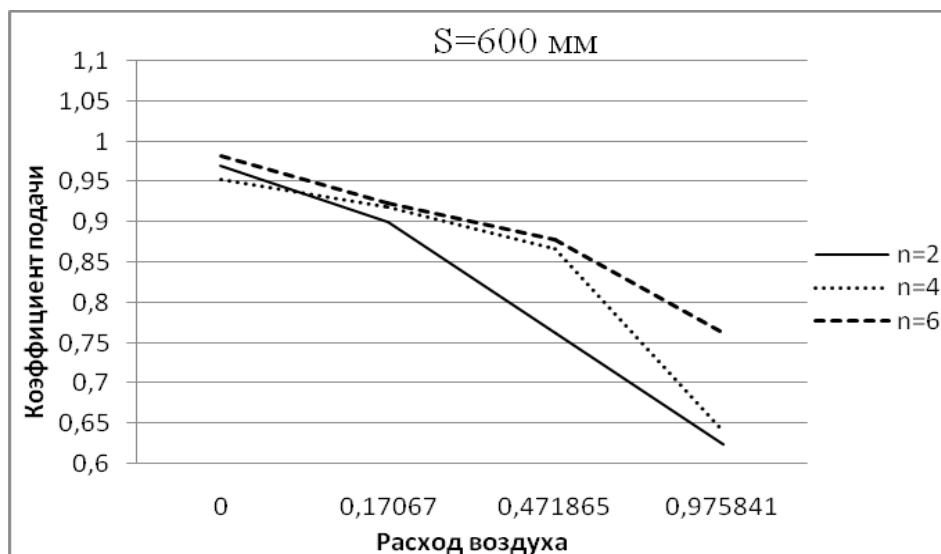


Рисунок 4. Коэффициент подачи насоса от расхода воздуха (длина хода 600 мм)

Как показано в таблице 1, низкое газосодержание на приеме насоса при откачке плунжерным способом характеризует нормальную работу штангового скважинного насоса. При повышении газосодержания эффективность насоса снижается, что отражается на коэффициенте подачи. Также, при значительном содержании свободного газа в откачиваемой смеси оказывается весьма сложно заранее обосновать оптимальное давление на приеме насоса [4].

Таблица 1

Результаты стендовых определений коэффициента подачи насоса

Qв, л/мин.	S, м	n, мин ⁻¹	Qф, м ³ /с	Qt, м ³ /с	η
0,1706	0,3	2	0,000401	0,0004824	0,8314
0,1706	0,3	4	0,000869	0,0009648	0,9007
0,1706	0,3	6	0,001337	0,0014472	0,9238
0,1706	0,45	2	0,000669	0,0007236	0,9238
0,1706	0,45	4	0,001304	0,0014472	0,9007
0,1706	0,45	6	0,001972	0,0021708	0,9084
0,1706	0,6	2	0,000869	0,0009648	0,9007
0,1706	0,6	4	0,001772	0,0019296	0,9180
0,1706	0,6	6	0,002674	0,0028944	0,9238

Qв, л/мин.	S, м	n, мин ⁻¹	Qф, м ³ /с	Qт, м ³ /с	η
0,4718	0,3	2		0,0004824	0,6928
0,4718	0,3	4		0,0009648	0,7275
0,4718	0,3	6	0,001203	0,0014472	0,8314
0,4718	0,45	2	0,000602	0,0007236	0,8314
0,4718	0,45	4	0,001103	0,0014472	0,7621
0,4718	0,45	6	0,001838	0,0021708	0,8468
0,4718	0,6	2	0,000735	0,0009648	0,7621
0,4718	0,6	4	0,001671	0,0019296	0,8661
0,4718	0,6	6	0,00254	0,0028944	0,8776
0,9758	0,3	2	0,000201	0,0004824	0,4157
0,9758	0,3	4	0,000334	0,0009648	0,3464
0,9758	0,3	6	0,000902	0,0014472	0,6236
0,9758	0,45	2	0,000368	0,0007236	0,5081
0,9758	0,45	4	0,000802	0,0014472	0,5543
0,9758	0,45	6	0,001471	0,0021708	0,6774
0,9758	0,6	2	0,000602	0,0009648	0,6236
0,9758	0,6	4	0,001237	0,0019296	0,6409
0,9758	0,6	6	0,002206	0,0028944	0,7621

Таким образом, в работе было изучено влияния газосодержания нефти на эффективность работы штангового скважинного насоса экспериментальным моделированием на специально разработанном стенде. Показано, что коэффициент подачи с увеличением концентрации газа на приеме насоса падает нелинейно и при значительном газосодержании на приеме насоса наблюдается срыв подачи, что характерно и для реальных скважин. Нами показано, что с помощью экспериментального моделирования на лабораторном стенде можно прогнозировать работу штангового скважинного насоса при высоком газосодержании нефти, что чрезвычайно важно для промысловых исследований работы штанговой скважинной насосной установки.

Литература

1. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти: учеб. пособие. – М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им.И.М. Губкина, 2003. – 816 с.

2. Техническое описание лабораторного стенда по исследованию модели штангового скважинного насоса [Техническое описание] / Ю. Артюшин, Д. Можяев, К. Разин, А. Сергеев. – М.: Отдел Дидактики ООО «Фесто – РФ», 2005. – 22 с.

3. Щуров В.И. Технология и техника добычи нефти: учеб. для вузов, изд. 2. – М. : Недра, 2005. – 510 с.

4. Персиянцев, М.Н. Добыча нефти в осложненных условиях. – ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 653 с.