

Исследование влияния глубины спуска СШН на коэффициент подачи

И.З. Ахмедов, к.т.н.,
С.Э. Тагиева, к.т.н.
НИПИнефтегаз

Ключевые слова: скважинный штанговый насос, коэффициент подачи, эксплуатация скважин, глубина подвески насоса, параметры насоса.

e-mail: Ilqar.Ahmedov@socar.az

DOI.10.37474/0365-8554/2021-6-7-23-27

ŞQN-in endirilmə dərinliyinin verim əmsalına təsirinin tədqiqi

I.Z. Əhmədov, t.e.n., S.E. Tağıyeva, t.e.n.
"Neftqazemittədqiqatlayihə" İnstitutu

Açar sözlər: ştanqlı quyu nasosu, nasosun verim əmsalı, quyunun istismarı, asqının endirilmə dərinliyi, nasosun parametrləri.

Məlum olduğu kimi, işlənmənin son mərhələlərində olan yataqlar əsasən ştanqlı quyu nasosları (ŞQN) ilə istismar edilir. Bu nasosların işi adətən mürəkkəb hidrodinamik və texnoloji şəraitdə icra olunur.

Nasosların işinə onun prinsipi və konstruktiv xüsusiyyətlərindən başqa qum, su və qaz təzahürləri kimi mürəkkəbləşdirici amillərin təsiri də çox böyükdür. Məqalədə ŞQN-in işinin əsas texnoloji göstəricilərindən olan verim əmsalına nasosun quyuya endirilmə dərinliyinin təsiri faktiki istismar məlumatları əsasında tədqiq edilmişdir. Nasosların maye, neft və su hasilatına görə verim əmsalları hesablanmış və onların dərinlikdən funksional asılıqları qurulmuşdur. Asılıqların təhlili göstərməmişdir ki, endirilmə dərinliyi artdıqca neftə görə verim əmsalının artması, suya görə isə azalması baş verir. Verim əmsalının dərinlikdən asılıqlarının riyazi modelləri tapılmış və verim əmsalları kəmiyyətlərinin dəyişmə təmpləri müəyyən edilmişdir. Bütün aparılan tədqiqat və hesablamalar nəticəsində baxılan istismar şəraiti üçün nasosların endirilmə dərinliyinin artırılması məqsədəuyğun hesab olunur.

Study the depth impact of sucker-rod pumps running on delivery rate

I.Z. Ahmadov, Cand. in Tech. Sc., S.E. Tagiyeva, Cand. in Tech. Sc.
"Oil-Gas Scientific Research Project" Institute

Keywords: sucker-rod pump, delivery rate, well operation, pump setting depth, pump parameters.

As it is known, currently, the fields at the last stage of development are operated predominantly with sucker-rod pumps. Their operation is usually carried out in quite complicated technological and hydrodynamic conditions dramatically affecting the operation efficiency.

Based on the actual field data, the paper studies the possible impact of the depth of sucker-rod pump running on the delivery rate, which is one of the indexes of operation of the whole sucker-rod pump unit. The values of delivery rates by oil and water have been calculated and their functional dependencies on the depth of sucker-rod pumps running developed as well. The results justified the increase of delivery rate by oil and its decrease by water in reviewed value diapasons. Mathematical models of developed dependencies have been obtained as well. As a result of conducted studies, the practicability of the increase of pump setting depth in operation conditions of reviewed field is justified.

Как известно, вопрос эффективного доизвлечения остаточных запасов нефти на длительный разрабатываемых месторождениях имеет большое научно-практическое значение. Одним из путей решения этого вопроса является эффективное использование фонда скважин, а также оптимизация технологического

режима эксплуатации. В настоящее время месторождения, находящиеся на суше, эксплуатируются в основном скважинными штанговыми насосами (СШН), работа которых производится в достаточно сложных технологических и гидродинамических условиях. К ним, кроме принципа работы и конструктивных особен-

ностей насоса, относятся такие осложняющие факторы как содержание песка, воды и газа в пластовой жидкости и наличие свободного столба жидкости в затрубном пространстве [1, 2]. Эти и другие возможные факторы оказывают большое влияние на производительность СШН и в целом на эффективность глубиннонасосной установки. Одним из основных технико-технологических показателей при эксплуатации СШН, характеризующих эффективность добычи, является коэффициент подачи (КП) насоса. Этот показатель, определяемый правильным выбором оборудования и режима откачки, можно считать критерием оптимальности процесса добычи скважины. Величина КП, определяемая отношением фактического дебита насоса к его теоретической производительности изменяется в пределах от 0 до 1. В теории и практике нефтедобычи работа насоса и в целом скважины считается нормальной при значениях КП от 0.6 до 0.8. Однако, из-за ряда регулируемых и труднорегулируемых причин, значение КП в процессе эксплуатации снижается намного ниже желаемой величины [3, 4]. Вследствие этого уменьшается дебит скважины и снижается коэффициент полезного действия всей насосной установки. Надо отметить, что изменение таких параметров откачки как диаметр насоса, длина хода и число качаний плунжера оказывает весьма значительное влияние на величину КП СШН [5–8].

Результаты проведенных многочисленных промысловых наблюдений и экспериментов показывают возможность влияния, кроме вышеуказанных параметров, также и глубины спуска СШН на величину КП. Это может быть обусловлено наличием колеблющегося столба жидкости в затрубном пространстве скважины, газожидкостной смеси у приема насоса, а также величиной погружения под уровень, возникновением перфорированного фильтра, возникновением псевдооживленного слоя жидкости и других возможных факторов и процессов, являющихся характерными при эксплуатации СШН [7, 8].

В связи с этим следует отметить, что с целью повышения КП и регулирования влияющих на него факторов, разработаны и применяются в промысловой практике достаточное количество технологических и технических мероприятий. Однако вопросу влияния непосредственно глубины спуска СШН на КП в основном не уделяется достаточного внимания.

Поэтому, в связи с вышеуказанным, на основе анализа фактической промысловой информации эксплуатации глубиннонасосных скважин месторождения Балаханы-Сабунчу-Рамана, проведена качественная и количественная оценка влияния глубины спуска СШН на его КП. При этом геолого-физические условия для рассматриваемых скважин, эксплуатирующихся из одного объекта, считались примерно одинаковыми и поэтому их влияние не учитывалось. Анализ технологического режима эксплуатации более чем 1000 скважин показал, что текущие значения КП насосов меняются от 0.08 до 0.94, а глубина подвески насосов – от 100 м до 1150 м. С целью большей наглядности изменения этих показателей по всем рассматриваемым скважинам, были построены статистические распределения значений КП и длины подвески СШН по скважинам (рис. 1) [9].

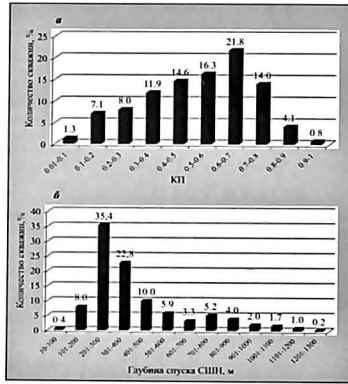


Рис. 1. Статистические распределения коэффициента подачи (а) и глубины спуска СШН (б) по скважинам

Как видно из этих гистограмм, функции их распределений близки к несимметрично нормальной. При этом у более чем 50 % скважин КП меняется в интервале 0.4–0.8, а глубина спуска СШН составляет 200–500 м.

Детальный анализ промысловых данных и в частности вышепоказанных распределений, свидетельствует о наличии качественной связи между значениями КП насоса и глубиной его

спуска в скважину. С целью исследования этой связи рассмотрены зависимости КП от глубины подвески по всем рассматриваемым скважинам. Учитывая большое количество данных (более 1000 скважин) и возможное влияние различных факторов, с целью уменьшения погрешности были построены графики зависимости средних значений КП по соответствующим интервалам всего диапазона глубины спуска СШН.

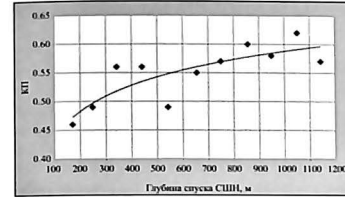


Рис. 2. Зависимость КП от глубины спуска насоса

На рис. 2 показана графическая зависимость КП от глубины спуска насоса $L_{пн}$. Как видно, на рассматриваемом диапазоне глубин, с ростом длины подвески величина КП увеличивается в среднем от 0.45 до 0.65. Такой довольно заметный рост КП с глубиной подвески можно с большой вероятностью объяснить уменьшением влияния свободного газа на больших глубинах приема СШН. С помощью компьютерной программы с высокой точностью получена математическая модель этой зависимости в виде логарифмического уравнения $K_p = 0.0655 \ln(L_{пн}) + 0.1357$.

Расчеты, проведенные с помощью этого уравнения, показали, что рост значения КП на каждые 100 м глубины подвески насоса составляет в среднем приблизительно 0.01. Зная эту зависимость, характеризующую текущее состояние эксплуатации, представляется благоприятная возможность оптимального регулирования КП насосов для рассматриваемых диапазонов значений глубин подвески.

Однако, учитывая высокую обводненность продукции и его значительное влияние на процесс откачки, были рассмотрены значения КП по нефти – $K_{пн}$ и воде – $K_{пв}$ в отдельности. Затем на основе этих данных были построены аналогичные зависимости КП по нефти и воде от глубины спуска СШН по всем скважинам. На рис. 3 показаны графики средних значений КП

по нефти и воде по интервалам 100 м изменения глубины подвески насосов. Из графиков видно, что эти зависимости носят почти линейный характер, а функции их с достаточной высокой точностью описываются линейными уравнениями:

$$K_{пн} = 0.002L_{пн} - 0.0026$$

$$K_{пв} = 0.48 - 0.0001L_{пн}$$

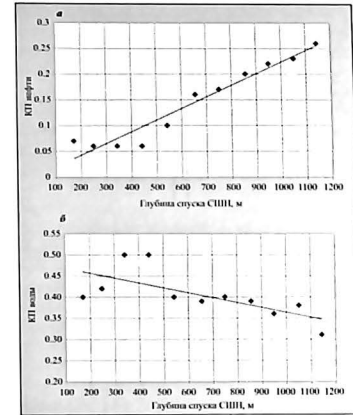


Рис. 3. Зависимости значений КП по нефти (а) и воде (б) от глубины спуска СШН

Как видно из этих уравнений, темпы изменения значений КП по нефти и воде составляют соответственно 0.002 и 0.0001 на каждые 100 м глубины подвески СШН. Таким образом, с увеличением глубины спуска насоса в скважину КП по нефти растет, а по воде, наоборот, уменьшается. Зная эти зависимости и закономерности изменения $K_{пн}$ и $K_{пв}$ от глубины $L_{пн}$, представляется возможным более рациональное регулирование работы СШН в рассматриваемых диапазонах значений глубин подвески.

Таким образом, результаты исследований показывают возможность достаточно заметного увеличения КП по нефти с увеличением глубины спуска насоса. А это, по-видимому, происходит в основном вследствие значительного уменьшения вредного влияния выделяющегося из газожидкостной среды свободного газа у приема насоса и увеличению его наполнения. Другой важной причиной роста обще-

go KP и в частности по нефти, является степень погружения приса насоса под уровень жидкости в насосно-компрессорных трубах, что также способствует нормальной работе всасывающего и нагнетательного клапанов и, следовательно, увеличению наполнения насоса. Одной из основных вероятных причин, обуславливающей влияние глубины погружения насоса, может быть близость перфорационных отверстий фильтра и наиболее продуктивных интервалов непосредственно к приему насоса. Одним из возможных факторов, также заметно влияющим на КП насоса, в зависимости от его погружения, может быть изменение структуры газо-водо-нефтяного потока, его фазового состояния и свойств вдоль столба жидкости, а также содержание механических примесей в составе откачиваемой жидкости, наличие псевдооживленного слоя и т.д.

Следует отметить, что все вышеперечисленные факторы, влияющие на работу СШН в целом и на КП в частности, являясь очень важными, безусловно, обладают определенной информативностью и заслуживают отдельного анализа и своей оценки влияния на КП. Однако в рамках данного исследования и условиях недостаточности требуемой промышленной информации, сделать это пока должным образом не представляется возможным.

Тем не менее, с учетом всех этих факторов и возможно еще других, не рассмотренных здесь процессов, связанных со сложной механикой и гидродинамикой глубиннонасосной добычи и конкретных условий эксплуатации скважин, результаты проведенных исследований подтверждают существование закономерной зависимости КП насосов от глубины их спуска. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности контролируемого увеличения глубины спуска СШН, с целью повыше-

ния КП, в соответствии с текущими условиями эксплуатации. Но вместе с этим, также следует указать и на необходимость повсеместного и регулярного проведения всех возможных для условий рассматриваемого месторождения промысловых мероприятий по увеличению КП СШН, повышению продуктивности скважин и ограничению обводненности продукции.

Следует отметить, что описанные в статье исследования и расчеты были проведены на основе фактических диапазонов изменения значений промысловых данных рассматриваемого месторождения и поэтому полученные результаты также применимы лишь к условиям технологического режима эксплуатации данного месторождения и могут отличаться в зависимости от конкретных технологических условий эксплуатации скважин. Простота и отсутствие необходимости проведения дополнительных промысловых мероприятий, обуславливает возможность применения вышеописанного подхода для решения задач эффективного использования СШН и установления рационального режима отработки на длительно разрабатываемых месторождениях.

Выводы

1. Установлено качественное и количественное влияние глубины спуска СШН на КП в данных диапазонах их значений.

2. В интервалах изменения значений полученных математические модели зависимостей КП жидкости, КП нефти и воды от глубины подвески СШН.

3. С ростом глубины приема СШН наблюдается рост КП по нефти и снижение КП по воде.

4. В данных условиях технологического режима эксплуатации целесообразно увеличение длины спуска СШН в скважинах.

Список литературы

1. *Адоини А.Н.* Процессы глубиннонасосной нефтедобычи. – М.: Недра, 1964, 263 с.
2. *Кугурин А.Е., Бекетов С.Б.* Особенности эксплуатации скважин, оснащенных штанговыми насосами на месторождениях со слабосцементированными коллекторами // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2010, с. 107-115.
3. <http://www.oilgasindustry.ru/> О путях повышения коэффициента подачи глубинных штанговых насосов.
4. *Мищенко И.Т.* Скважинная добыча нефти: нефть и газ: учебное пособие для вузов. – Москва, 2003, 816 с.
5. *Mustafayev T.V., Əhmədov İ.Z., Seyfiyev F.Q.* Mədən məlumatı əsasında quyu ştanqlı nasoslarnın istismarının səmərəliliyinin artırılması imkanlarının tədqiqi // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2014, № 12, s. 30-31.
6. *Ахмедов И.З.* Об одной особенности эксплуатации залежей скважинами, оборудованными СШН // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 1987, № 11, с. 36-39.
7. *Ахмедов И.З.* Об оптимизации работы скважин, оборудованных СШН. Тем. сб. научных статей "Реофизические проблемы нефтегазопромысловых механики". – Баку, 1988, с. 39-42.
8. *Ахмедов И.З.* Определение оптимальных параметров СШН. Тезисы докладов IX Республиканской научной конференции аспирантов вузов Азербайджана. – Баку, 1988, с. 183.
9. www.socar.az

References

1. *Adonin A.N.* Protsessy glubinnonasosnoy nefte dobychi. – M.: Nedra, 1964, 263 s.
2. *Kugurin A.E., Beketov S.B.* Osobennosti ekspluatatsii skvazhin, osnashchyonnykh shtangovymi nasosami na mestorozhdeniyakh so slabotsementirovannymi kollektorami // Gorniy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal), 2010, s. 107-115.
3. <http://www.oilgasindustry.ru/> O putyakh povysheniya koeffitsienta podachi glubinnnykh shtangovykh nasosov.
4. *Mishchenko I.T.* Skvazhinnaya dobycha nefli: nefl' i gaz: uchebnoe posobie dlya vuzov. – Moskva, 2003, 816 s.
5. *Mustafayev T.V., Ahmadov I.Z., Seyfiyev F.G.* Meden melumaty esasynda guyu shtanqlı nasoslarnın istismarının səmərəliliyinin artırılması imkanlarının tədqiqi // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2014, № 12, s. 30-31.
6. *Akhmedov I.Z.* Ob odnoy osobennosti ekspluatatsii zalezhey skvazhinami, oborudovannymi SShN // Azerbaidzhanskoe neflyanoye khozaystvo, 1987, No 11, s. 36-39.
7. *Akhmedov I.Z.* Ob optimizatsii raboty skvazhin, oborudovannykh SShN. Tem. sb. nauchnykh statey "Reo fizicheskie problemy nefte gazopromyslovy mekhaniki". – Baku, 1988, s. 39-42.
8. *Akhmedov I.Z.* Opredelenie optimal'nykh parametrov SShN. Tезisы dokladov IX Respublikanskoй nauchnoy konferentsii aspirantov vuzov Azerbaidzhana. – Baku, 1988, 183 s.
9. www.socar.az