

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА В «ПРАВОЙ» ЗОНЕ

Фаттахов И.Г., Кадыров Р.Р., Зиятдинов А.М., Давыдов А.Ю., Червяков В.О.

Филиал ФГБОУ ВПО УГНТУ в г. Октябрьском, i-fattakhov@rambler.ru

Статья посвящена важной проблеме работы насоса в «правой» зоне, вследствие которой износ насоса значительно увеличивается. Для избегания этого неблагоприятного фактора скважины обычно «поджимают», снижая площадь поперечного сечения проходного отверстия труб. В работе приводится теоретическое обоснование причины возникновения неблагоприятного фактора работы насоса – работе его в «правой» зоне и возможности обращения его неблагоприятного влияния во благо. В качестве реального примера рассматриваются промысловые данные с реальных скважин при нормальной работе насоса и работе насоса в «правой» зоне, проводится сравнительный анализ данных и на его основе делаются умозаключения и вывод о том, каким способом можно справиться с неблагоприятными последствиями работы насоса в «правой» зоне.

Ключевые слова: «правая» зона, давление на приеме, давление на линии, столб жидкости, затрубное пространство скважины, динамический уровень жидкости, дебит скважины, всплывание лопаточек, износ насоса.

TESTING ELECTRIC CENTRIFUGAL PUMP OPERATION IN THE “RIGHT” ZONE

Fattakhov I.G., Kadyrov R.R., Ziyatdinov A.M., Davydov A.Y., Chervyakov V.O.

FSBEI of HPE "Ufa State Petroleum Technological University" branch in Oktyabrsky city, Oktyabrsky, Russia, i-fattakhov@rambler.ru

The paper deals with an essential problem of a pump “right” zone operation, because of that pump wear significantly increases. To avoid the unfavourable factor, the wells are usually subjected to “pressing” decreasing the cross-sectional area of a pipe inside diameter. The work presents the theoretically grounded reasons of arising unfavourable factor of a pump operation – its “right” zone operation and possibility of turning its unfavourable effect into good. Field data from development wells at normal pump service and the pump operation in the “right” zone have been considered by the authors and may serve a real example. There has been made comparative analysis of data followed by conclusions. The paper demonstrates a method of eliminating unfavorable consequences of a pump “right” zone operation.

Keywords: “right” zone, intake pressure, line pressure, column of liquid, annulus (annular space), liquid dynamic level, well production rate, floating of blades, pump wear.

На начальной стадии разработки месторождений встречается такое явление – работа насоса в «правой» зоне. Это явление характеризуется чрезмерно высоким дебитом жидкости скважины, а также повышением износа насоса при нормальной частоте тока электродвигателя. Скорость износа насоса увеличивается вследствие «всплывания» лопаточек в ступенях насоса и их истирания о верхнюю часть ступени. Поэтому работа насоса в «правой» зоне считается весьма неблагоприятным фактором, и ее всячески стараются избегать при добыче (например, с помощью уменьшения поперечного сечения проходного отверстия).

Однако если разобраться в причине возникновения этого явления, то можно избежать его неблагоприятные последствия или даже обратить его на пользу.

В результате расчетов и сравнения КПД и дебитов насосов, работавших в «правой» зоне, и их номинальных дебитов при данной частоте тока, выходит, что КПД при работе в

«правой» зоне может равняться или даже быть больше 1, чего, естественно, быть не может. Из этого следует, что повышение дебита при работе насоса в «правой» зоне - результат работы не насоса, а дополнительных сил, помогающих выталкивать жидкость на поверхность. Для того чтобы выяснить, как это происходит, рассмотрим данные со скважин (при работе их насоса в «правой» зоне и при нормальных условиях):

Насос	ВНН59-2303		ВНН80-2430		ЭЦН80-2350		ЭЦН80-2400	
	н.у.	в "правой" зоне						
Qж	55	63	78	108	82	78	73	64
$P_{лин}$	20	20	20	20	20	20	20	20
$P_{пр}$	44	183	43	209	59	216	103	219
F	50	40	50	40	51	40	52	35
Нд	2308	1215	2325	1001	2136	953	2184	898
Нсп	2675	2675	2730	2730	-	-	2700	2700

- где Qж – дебит жидкости, F – частота тока, Нд – динамический уровень жидкости, Нсп – глубина спуска насоса, $P_{пр}$ – давление на приеме насоса, $P_{лин}$ – давление на линии

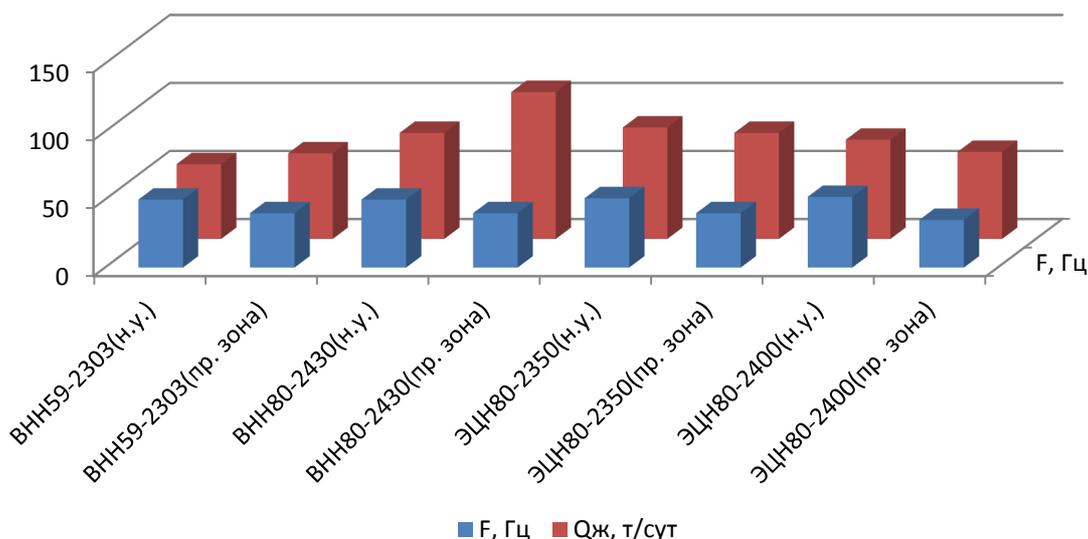


Рис. 1. Дебиты жидкостей и частота тока работы насоса при его работе в н.у. и в пр. зоне

Из данных таблицы и по диаграммам видно, что во всех случаях работы насоса в «правой» зоне динамический уровень жидкости Нд очень высок и, соответственно, давление на приеме насоса $P_{пр}$ очень высоко, то есть именно столб жидкости в затрубном пространстве, создавая давление на приеме насоса, вызывает действие сил, резко увеличивающих отбор жидкости.

При движении пластовой жидкости через насос будет выполняться закон сохранения массы:

$$\rho_{ж1} * Q_{ж1} + \rho_{г1} * Q_{г1} = \rho_{ж2} * Q_{ж2} + \rho_{г2} * Q_{г2}$$

Здесь $Q_{ж}$ и $Q_г$ – дебиты жидкости и свободного газа в пластовой жидкости, $\rho_{ж}$ и $\rho_г$ – соответствующие им плотности жидкости и газа. [1]

Количество пластовой жидкости поступающей в насос и выходящей из него не меняется, но насос не может при установленной частоте тока F прокачивать такое количество жидкости. Соответственно «излишки» прокачиваемой жидкости – не результат работы насоса, а, как уже говорилось, результат действия давления слишком высокого столба жидкости в затрубном пространстве скважины.

Так как скорость движения жидкости в результате работы насоса является постоянной, то скорость всего потока проходящего через насос флюида является повышенной в результате воздействия избыточного давления столба жидкости в затрубном пространстве скважины.

В данном случае уравнение сохранения количества движения жидкости можно свести к уравнению Бернулли:

$$\rho * (P_{пр} - P_{лин}) = \frac{\vartheta_{вх}^2}{2} - \frac{\vartheta_{вых}^2}{2}$$

- где ρ – плотность пластовой жидкости, $P_{пр}$ – давление на приеме насоса, $P_{лин}$ – давление в трубопроводе, $\vartheta_{вх}$ – скорость жидкости при входе в насос, $\vartheta_{вых}$ – скорость жидкости на выходе из насоса [2].

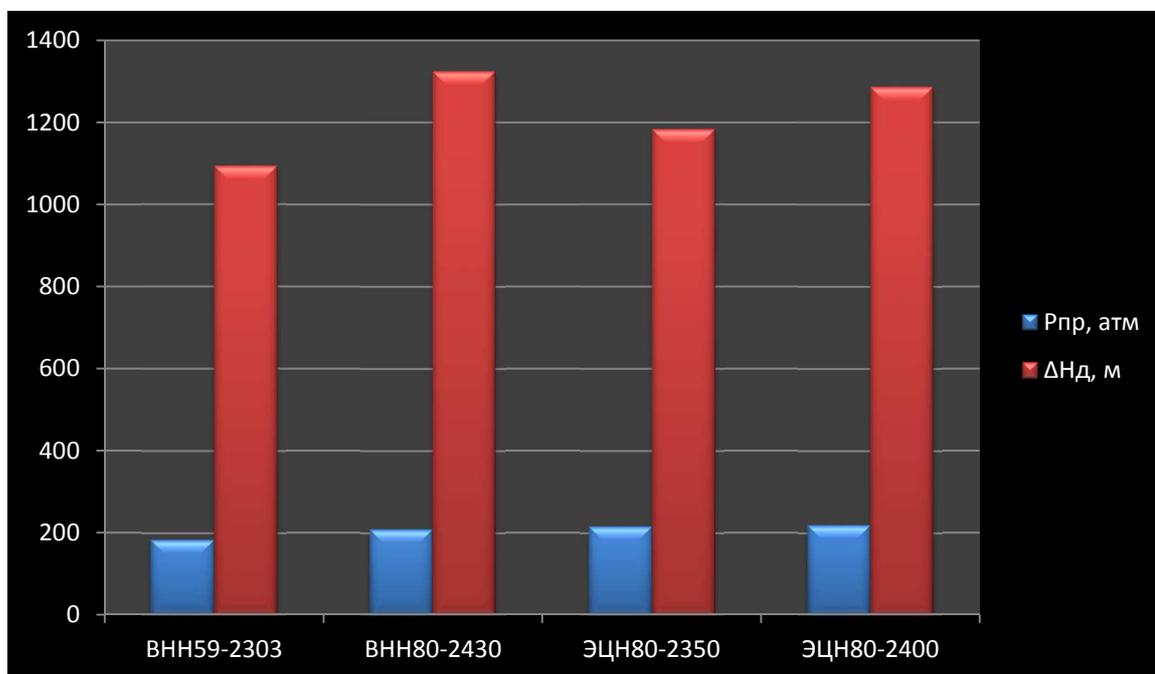


Рис. 2. Примеры зависимости давления на приеме насоса от уровня жидкости в затрубном пространстве

Скорость и дебит между собой связаны соотношением:

$$Q = \frac{\pi * v * d^2}{4}$$

- где v – скорость движения жидкости, Q – дебит пластовой жидкости, d – диаметр проходного отверстия [2].

Согласно закону Дарси, рассматривающему движение жидкости в пласте, главной движущей силой жидкости является перепад давления:

$$Q = \frac{k * (P_2 - P_1) * F}{\mu * L}$$

- где k – проницаемость пласта, F – площадь поперечного сечения проходного отверстия, μ – вязкость пластовой жидкости, L – длина участка пласта, через который фильтруется жидкость, P_2 и P_1 – давления на участках пласта, между которыми фильтруется жидкость.

При работе насоса в «правой» зоне перепад давления ΔP , из-за высокого уровня жидкости в затрубном пространстве, настолько велик, что скорость, с которой жидкость попадает в насос выше скорости, которую насос может создать для жидкости. При этом происходит процесс, как в эжекторном струйном насосе: жидкость, поступающая в насос, перемешивается с жидкостью, находившейся до этого в полости насоса (как в камере смешения струйного насоса), увлекает ее с собой. При этом также задействуется жидкость, находящаяся в «мертвой» зоне насоса, что, в свою очередь, дополнительно повышает дебит (особенно, если для сравнения учитывать, что насос, работая в нормальных условиях, находился под высоким давлением.). При этом создается чрезмерное давление на лопатки насоса, вследствие чего они «всплывают» (поднимаются вверх ступени насоса) и начинают истираться, что, в свою очередь, вызывает скорый износ всего насоса.

Для того чтобы избежать неблагоприятного влияния работы насоса в «правой» зоне («всплывания» лопаток и их скорого износа), необходимо изменить конструкцию ступеней насоса так, чтобы в верхней части ступени, над лопатками находился упорный подшипник. Он будет удерживать лопатки от «всплывания» и тем самым позволит работе насоса в «правой» зоне стать благоприятным фактором работы, позволяющим тратить меньше энергии и добывать большее количество жидкости за меньший промежуток времени.

Учитывая актуальность данной проблемы, рекомендуется внести необходимые коррективы в конструкции насосов, чтобы работа насоса в «правой» зоне перестала быть неблагоприятным фактором, и появилась возможность использования данного фактора разработки в благоприятных целях.

Список литературы

- 1 Фаттахов И.Г. Интеграция дифференциальных задач интенсификации добычи нефти с прикладным программированием // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2012. - № 5. – С. 115-119.
- 2 Бахтизин Р.Н., Фаттахов И.Г., Гимаев Р.Г. Исследование состояния производительности нестационарного заводнения // Нефтегазовое дело. – 2013. - № 11-4. – С. 68-72.
- 3 Мухаметзянов Н.Н., Фаттахов И.Г., Шамсутдинов Т.Н. К вопросу о возможности измерения малых токов при исследовании высокоомных осадочных разрезов // Научное обозрение. – 2014. - № 1. – С. 65-68.
- 4 Фаттахов И.Г. Классификация объектов разработки с использованием метода главных компонент // Нефтепромысловое дело. – 2009. - № 4. – С. 6-9.
- 5 Топольников А.С., Уразаков К.Р., Вахитова Р.И., Сарачева Д.А. Методика расчета параметров струйного насоса при совместной эксплуатации с ЭЦН. «Нефтегазовое дело». – 2011. – С. 138-140.
- 6 Миннивалеев А.Н., Фаттахов И.Г. Насосная добыча нефти на Туймазинском месторождении // сборник: Теоретические и прикладные вопросы науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 16 частях. – 2015. – С. 103-104.
- 7 Сазонов Ю.А., Сазонова Р.В. Расчеты струйных насосов. Учебное пособие. – М.: ГАНГ, 1997. – 52 с.
- 8 Кулешова Л.С., Кадыров Р.Р., Фаттахов И.Г., Воронин А.И. Способ закачивания воды в нагнетательные скважины электроцентробежными насосами // Естественные и технические науки. – 2012. - № 1. – С. 176-178.
- 9 Кудряшов С.И. Шаблоны применения технологий эффективный способ систематизации знаний / Кудряшов С.И., Хасанов М.М., Краснов В.А., Хабибуллин Р.А., Семёнов А.А. // Нефтяное хозяйство. – 2007. - № 11. – С. 7-9.

Рецензенты:

Ягубов Э.З., д.т.н., профессор, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта;

Кнеллер Л.Е., д.т.н., профессор, профессор, зам. генерального директора по научной работе открытого акционерного общества научно-производственного предприятия «ВНИИГИС», г. Октябрьский.