УДК 622.276

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ПОГРУЖНЫХ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ В СКВАЖИНАХ С ВЫСОКИМ ГАЗОСОДЕРЖАНИЕМ И ВЫНОСОМ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

PECULIARITIES OF OPERATION OF ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMPS IN WELLS WITH HIGH GAS CONTENT AND REMOVAL OF MECHANICAL IMPURITIES

Кучеров Артем Андреевич
магистр 1 курса кафедры машины
и оборудование нефтегазовых промыслов,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Kuch3r0v102@gmail.com

Молчанова Вероника Александровна
кандидат технических наук,
доцент кафедры машины
и оборудование нефтегазовых промыслов,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Mba_2019@mail.ru

Аннотация. На сегодняшний день установки электроприводных лопастных насосов сталкиваются с рядом проблем, вызванных условиями добычи жидкости. Высокое газосодержание и вынос механических примесей способны привести к преждевременному выходу из строя оборудования и его дальнейшему дорогостоящему ремонту. Одним из актуальных вопросов является повышение эффективности работы насосов в осложнённых скважинах.

Ключевые слова: газосепаратор, фильтр, УЭЦН, механические примеси, газосодержание, гидроабразивный износ.

Kucherov Artem Andreevich
Master`s degree 1st year
of the Department Machines
and Equipment of Oil and Gas Fields
Ufa State Petroleum Technological University
Kuch3r0v102@gmail.com

Molchanova Veronika Alexandrovna
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department
Machines and Equipment of Oil
and Gas Fields,
Ufa State Petroleum Technological University
Mba_2019@mail.ru

Annotation. To date, the electric submersible pumps face a number of problems caused by the conditions of liquid extraction. High gas content and removal of mechanical impurities can lead to premature failure of the equipment and its further expensive repair. One of the urgent issues is to improve the efficiency of pumps in complicated wells.

Keywords: gas separator, filter, ESP, mechanical impurities, gas content, hydroabrasive wear.

Эффективность эксплуатации скважин погружными установками электроприводного лопастного насоса снижается, если в добываемой продукции присутствуют высокое содержание газа и механических примесей. В реальных условиях эксплуатации осложняющие факторы накладываются друг друга и создают крайне агрессивную среду для работы насоса, что способствует уменьшению его срока службы.

Присутствие в перекачиваемой жидкости газа, способствует образованию газовых каверн. Этот процесс связан с особенностями газожидкостной смеси, давления, температуры и конструктивными характеристиками насосного оборудования. При движении нефти, содержащей растворённый газ, через насос, особенно на входе в рабочие органы, давление падает и становится ниже давления насыщения, что приводит к выделению газа из жидкости в виде пузырьков. Газовые пузырьки стремятся подняться к зонам низкого давления и турбулентности внутри насоса, где могут накапливаться. Если концентрация газа становится достаточно высокой, формируется газовая каверна – обширное газонасыщенное пространство, которое может быть практически неподвижным по отношению к жидкости. Каверна значительно снижает гидравлическую эффективность насоса. Лопасти рабочего колеса начинают прокачивать газ, а не жидкость. Это может привести к «газовой пробке», снижению производительности, перегреву, увеличению вибраций и даже к аварийным остановкам оборудования [1].

Наличие механических частиц (например, песка, окалины, продуктов коррозии) в добываемой жидкости наряду с газом значительно усложняет эксплуатацию установки насоса. Это приводит к дополнительным проблемам, связанным с износом оборудования, ухудшением гидродинамики и усилением вибраций. Когда абразивные частицы попадают в насос, под действием центробежных сил они с высокой скоростью стремятся к проточной части корпуса оборудования, после чего ударяются об поверхность металла и оставляют микроповреждения. По мере движения жидкости вдоль стенок корпу-

са, частицы интенсивно «шлифуют» поверхность и истирают материал. Этот процесс многократно повторяется, что способствует повышению уровня вибрации, развитию трещин и усталостного разрушения. Высокое газосодержание в перекачиваемой жидкости усиливает изнашивание рабочих органов насоса механическими примесями. Это объясняется тем, что большое количество газа в межлопаточном пространстве рабочих колес повышает вибрацию и затрудняет вынос абразивных частиц из ступеней насоса. В дальнейшем, это может привести к разрушению корпуса оборудования и падению установки на забой, что является серьёзной и дорогостоящей аварией [2].

Предлагаются множество решений, связанных с воздействием осложняющих факторов. Так, например, для снижения влияния газа наиболее распространённым является включение в состав установки насоса модуля газосепаратора. На рисунке 1 представлены результаты статистического анализа научно-технической информации по газосепараторам. За последнее десятилетие были опубликованы 221 статьи на сайте электронной библиотеки, содержащих в названии и ключевых словах термин «газосепаратор». Из них 69 являются патентами. Пунктирная линия на графике показывает, что тренд является восходящим, следовательно, интерес к этой теме возрастает из года в год.

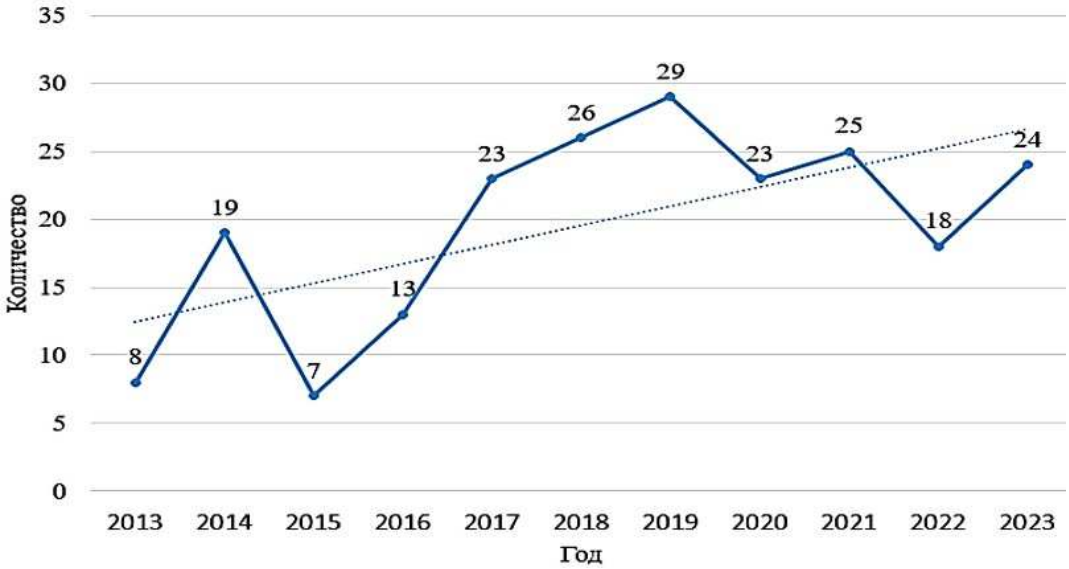

Рисунок 1 – Количество опубликованной информации по газосепараторам за период 2013–2023 гг.

Однако, в скважинах с повышенным выносом механических примесей, газосепаратор зачастую подвержен разрушению корпуса вследствие гидроабразивного износа [3, 4]. Поэтому одним из направлений совершенствования газосепараторов является повышение их абразивостойкости. Для уменьшения чувствительности к механическим примесям и абразивному износу можно внести следующие улучшения:

– установка дополнительного модуля фильтра, для улавливания крупных механических частиц;

– изменение входных отверстий для равномерного направления и распределения потока входящей жидкости, с целью снижения концентрации частиц на определенных участках;

– оптимизация профиля лопастей, для минимизации турбулентности потока;

– использование центробежных сил для отвода механических частиц из областей работы основных рабочих органов газосепаратора;

– добавление современных нанопокрытий или полимерных пленок для уменьшения износа поверхностей, находящихся в постоянном контакте с абразивными частицами;

– использование материалов с высокой износостойкостью для наиболее подверженных гидроабразивному износу элементов.

Список литературы:

1. Повышение эффективности работы погружных электроцентробежных установок при добыче нефти с высоким газосодержанием / Р.И. Вахитова [и др.]; Альметьевский государственный нефтяной институт. – Альметьевск : Альметьевский государственный нефтяной институт, 2019. – 104 с.

2. Исследование гидроабразивного износа рабочих ступеней скважинных электроцентробежных насосов, перекачивающих жидкости с высоким содержанием механических примесей / Д.И. Шиш-

лянников [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 7. – С. 5–20.

3. Островский В.Г. Механизм гидроабразивного разрушения погружных газосепараторов / В.Г. Островский, М.О. Перельман, С.Н. Пещеренко // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 5. – С. 100–102.

4. Мусинский А.Н. Разработка и исследование вихревых газосепараторов для высокодебитных скважин : дис. … на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.02.13 / Мусинский Артем Николаевич. – Пермь., 2021. – 172 с.

List of references:

1. Improving the efficiency of submersible electric centrifugal units in the extraction of high-gas-content oil / R.I. Vakhitova [et al.]; Almetyevsk State Oil Institute. – Almetyevsk : Almetyevsk State Oil Institute, 2019. – 104 p.

2. Research on hydroabrasive wear of working stages of submersible electric centrifugal pumps that pump liquids with a high content of mechanical impurities / D.I. Shishlyannikov [et al.] // Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2023. – № 7. – P. 5–20.

3. Ostrovsky V.G. The mechanism of hydroabrasive destruction of submersible gas separators / V.G. Ostrovsky, M.O. Perelman, S.N. Peverenko // Oil industry. – 2013. – № 5. – P. 100–102.

4. Musinsky A.N. Development and research of vortex gas separators for high-flow wells : dis. ... for the degree Candidate of Technical Sciences: 02/05/13 / Artem Nikolaevich Musinsky. – Perm, 2021. – 172 p.