

СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН ШТАНГОВЫМИ НАСОСАМИ

Д. Р. КАМАЛОВ¹, В. В. ШАЙДАКОВ²

¹ denis_1997.1997@mail.ru, ² v1v2sh50@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. В рамках данной статьи представлены основные проблемы при эксплуатации штанговых скважинных насосов и способы их решения. Рассмотрены основные виды износа плунжерной пары. Анализируется влияние различных факторов. Представлено численное моделирование течения жидкости. Анализируются особенности течения жидкости в зазоре плунжерной пары.

Ключевые слова: штанговый скважинный насос; плунжер; численное моделирование; плунжерная пара; износ; цилиндр; абразивный; механический; коррозия.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент процент содействия нашей страны в мировом энергетическом рынке возрастает. Россия является одним из главных поставщиков нефтяного сырья для стран за рубежом. Вместе с этим, идет интенсивная геологическая разведка новых месторождений, учитывая уже освоенные.

Штанговый скважинный насос – это один из самых востребованных насосов объемного принципа действия в отечественной нефтедобыче, да и не только, именно данным насосом оборудовано около 60-70% скважин в России. Ввиду простоты конструкции данный насос получил такое широкое применение.

В связи со всем вышеперечисленным, хотелось бы обозначить важность исследования и решения проблем, встречающихся при эксплуатации данного объекта нефтедобычи.

Основными проблемами, встречающимися в процессе работы являются:

- износ плунжерной пары;
- износ седла клапана;
- высокая обводненность нефти.

На данный момент ведутся многочисленные исследования по модернизации основных узлов насоса.

Более подробно хотелось бы остановиться на износе плунжерной пары насоса, т.к. при данной сложности возникает максимальное снижение эффективности насоса.

Износы подразделяют на:

- механический;
- коррозионный;
- абразивный.

Механический износ представляет собой пару «металл-металл», когда трущиеся поверхности рабочих органов, плунжера и цилиндра, соприкасаются друг с другом с некоторой силой, что приводит к появлению «сухого» трения, последствием которого является отрыв мельчайших частиц металла от рабочих поверхностей, что в дальнейшем может серьезно повлиять на эффективность насоса.

Коррозионный износ плунжерной пары может быть следующих двух видов.

Электролитическая коррозия. На плунжере при нарушении или не плотности хромового покрытия образуется электрическая пара: катод – стальное тело плунжера и анод – хромовый слой. Это приводит к точечному разрушению тела плунжера (точечная коррозия) [1].

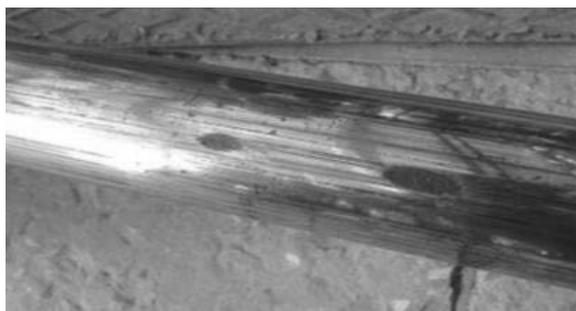


Рис. 1. Точечная коррозия [1]

Абразивный износ, в основном, происходит при попадании в кольцевой зазор плунжерной пары песка, содержащегося в добываемой жидкости. Данный износ – самый разрушительный. Даже при очень малом содержании кварцевого песка, измеряемом сотыми и тысячными долями процента. Абразивный износ сильно уменьшает срок службы насоса.

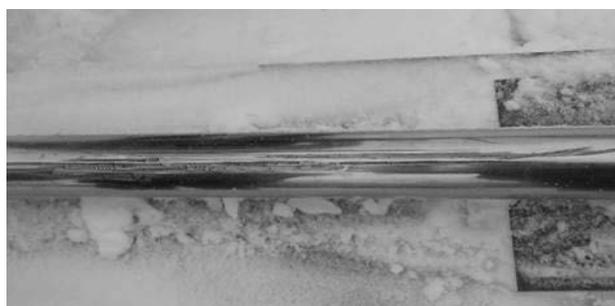


Рис. 2. Абразивный износ [1]

Суть абразивного износа состоит в том, что при попадании песчинок под большим давлением в зазор плунжерной пары, они вдавливаются в рабочие поверхности плунжера и цилиндра, тем самым быстро разрушают их, хотя и сами при этом измельчаются. При абразивном износе на плунжере и в цилиндре часто образуются продольные риски вследствие воздействия сравнительно крупных песчинок. Кроме того, по той же причине часто плунжер заклинивается в цилиндре [1].

Определяющими факторами, влияющими на величину утечек жидкости через зазор плунжерной пары, являются перепад давлений на торцах плунжера, и величина зазора. Перепад давлений непосредственно увеличивается с ростом глубины спуска насоса в скважину и с уменьшением давления на приеме насоса, что является характерным для глубоких малодебитных скважин, или скважин, которые обладают низким коэффициентом продуктивности. Величина зазора в плунжерной паре скважинного насоса подбирается с учетом перепада давления на торцах плунжера и в зависимости от группы посадки насоса [2].

К остальным факторам относят вязкость добываемой жидкости, диаметр и длину плунжера. Рост вязкости откачиваемой жидкости увеличивает гидравлические сопротивления в зазоре плунжерной пары, поэтому с увеличением вязкости растет и перепад давлений жидкости на торцах плунжера, что в свою очередь приводит к некоторому увеличению величины утечек. При варьировании диаметра и длины плунжера насоса, величина утечек изменяется в пределах одного порядка. Тем не менее, в скважинах с большим перепадом давления, устанавливают плунжеры малых диаметров и увеличенной длиной [3,4].

В связи с тем, что на данный момент является актуальным сокращение расходов на обслуживание и покупку нового оборудования, исследование по данной тематике является крайне актуальным.

Целью данной работы является изучение особенностей течения жидкости в плунжерной паре штангового скважинного насоса с целью дальнейшего совершенствования.

Численное моделирование динамики основных процессов, происходящих с различными объектами с использованием различных пакетов моделирования, предназначенными для ЭВМ, становится практически единственным средством их исследования и дальнейшего совершенствования. Но, как и любое исследование, требует окончательной проверки на реальном объекте.

Благодаря современному моделированию с помощью ЭВМ и прикладных программ появляется возможность существенно сократить ресурсы и время исследования.

Задачи:

- анализ существующих решений в данной области;
- построение трехмерной модели объекта исследования, основанной на реальной модели;
- задание начальных и граничных условий;
- численное моделирование;
- анализ результатов.

Анализ исследований в данной области показывает, что большинство из них направлено на обеспечение уплотнения между плунжером и цилиндром, применяя различные материалы, что является не надежным, как показывает практика.

Одним из наиболее перспективных, нетрудоемких и экономичных способов является нанесение микрорельефа на поверхность как новых плунжеров, так и изношенных, что позволит восстановить его после эксплуатации, что существенно сократит ресурсы.

Еще одним плюсом нанесения микрорельефа является повышение гидравлических сопротивлений в зазоре плунжерной пары, что в дальнейшем позволит уменьшить утечки жидкости в процессе эксплуатации и увеличить эффективность насоса.

Так как в процессе эксплуатации штанговых насосов режим течения жидкости может быть как ламинарным, так и турбулентным – расчеты будут вестись для обоих режимов.

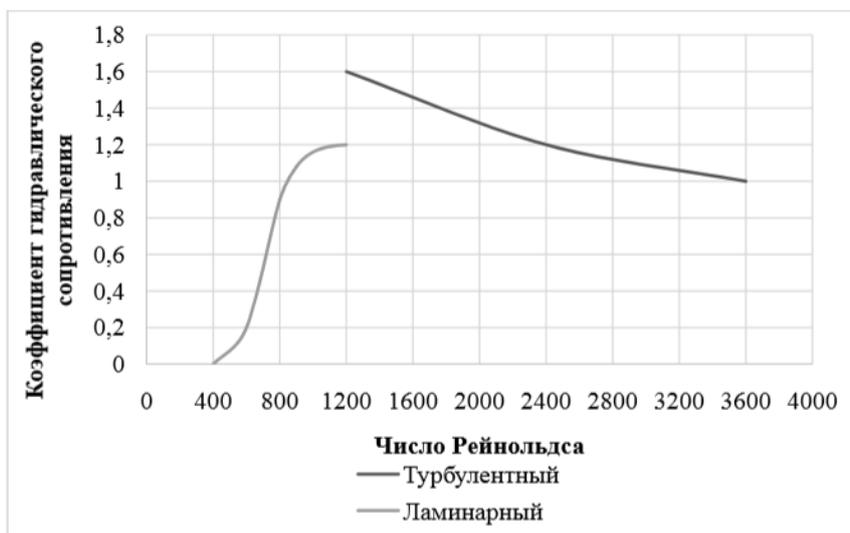


Рис. 3. Зависимость коэффициента гидравлических сопротивлений от числа Рейнольдса [5]

Рассмотрим плунжерную пару без применения микрорельефа.

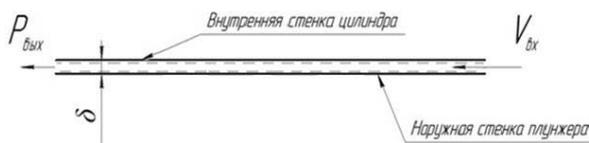


Рис. 4. Расчетная схема гладкой плунжерной пары

Задача решается в упрощенном виде, выделена проточная часть зазора плунжерной пары. На входе в канавку задается скорость течения $V_{\text{вх}}$, на выходе давление $P_{\text{вых}}$. Процесс без изменения температуры – *Isothermal*. Модель турбулентности – *Laminar*. В результате расчета определяется перепад давлений через канавку. Оценивается скорость течения жидкости. Плотность жидкости – 1000 кг/м³. Элементы использовались тетраэдрической формы. Размер ячейки – 0,01 мм. Количество элементов расчетной сетки для варьировалось от 17000 до 80000.

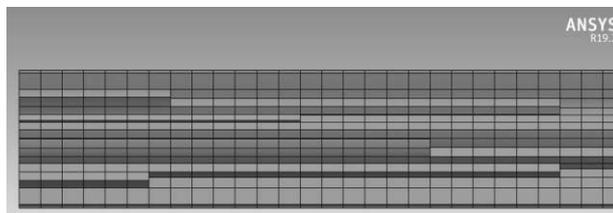


Рис. 5. Сеточная модель зазора плунжерной пары

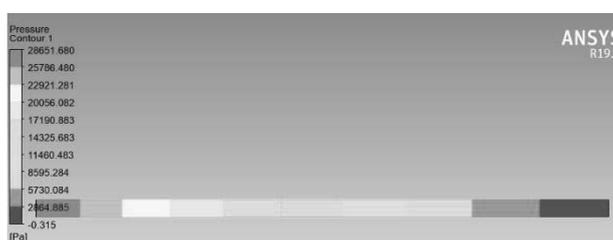


Рис. 6. Перепад давлений в зазоре гладкой плунжерной пары



Рис. 7. Скорость течения жидкости при ламинарном течении

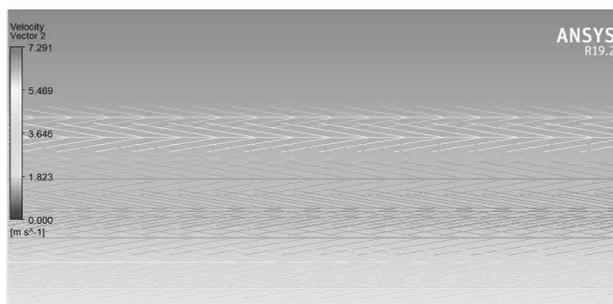


Рис. 8. Вектор скоростей гладкой плунжерной пары

В связи с тем, что режим течения ламинарный, судя по рис. 6, рис. 7, рис. 8, наблюдаем, что завихрений нет.

Для сравнения и исследования течения жидкости в плунжерной паре штангового скважинного насоса были взяты канавки прямоугольной и треугольной формы с длиной L и глубиной канавки H , равными 1 мм.

Для моделирования использовалась модель *SST (ShearStressTransport)* – модель переноса сдвиговых напряжений для турбулентных течений, т.к. при течении в канавках будут возникать завихрения.

На практике, в процессе эксплуатации, режим течения жидкости может быть как ламинарным, так и турбулентным [2].

Далее представлены расчетные схемы и результаты исследования.



Рис. 9. Расчетная схема для моделирования плунжерной пары с прямоугольной формой канавки

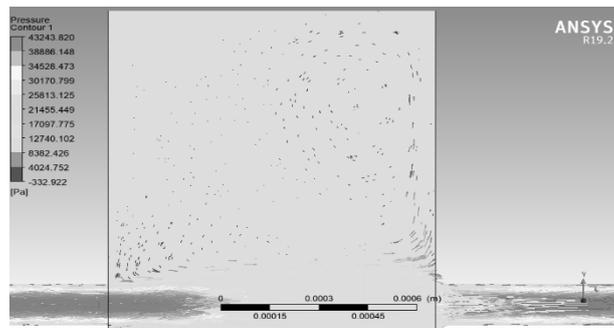


Рис. 10. Перепад давлений в плунжерной паре с прямоугольной канавкой

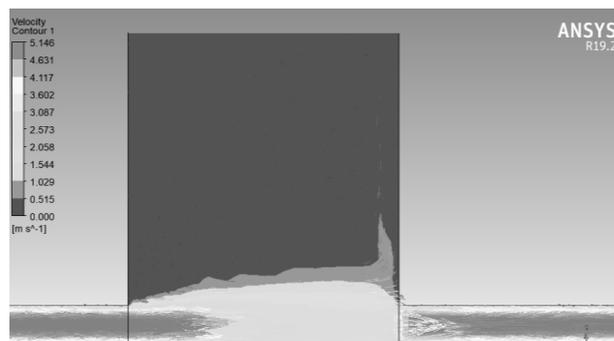


Рис. 11. Скорость течения жидкости в плунжерной паре с прямоугольной канавкой

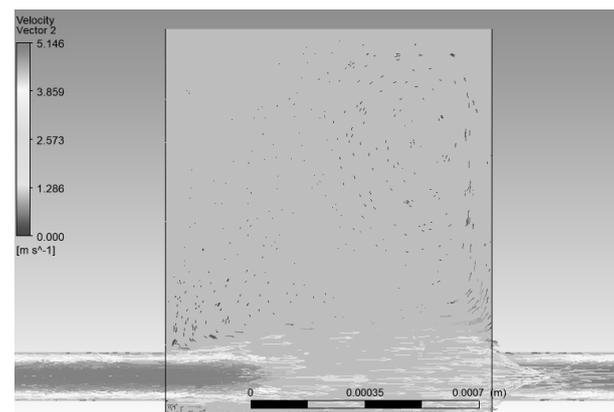


Рис. 12. Вектор скорости в плунжерной паре с прямоугольной канавкой



Рис. 13. Расчетная схема для моделирования плунжерной пары с треугольной формой канавки



Рис. 14. Перепад давлений в плунжерной паре с треугольной канавкой

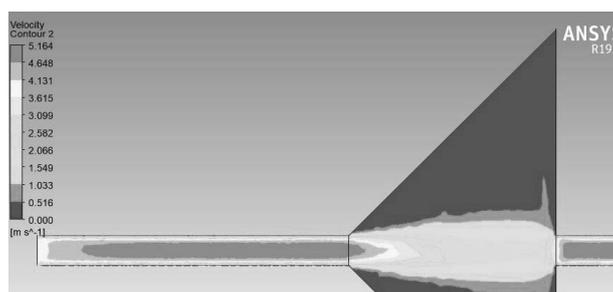


Рис. 15. Скорость течения жидкости в плунжерной паре с треугольной канавкой

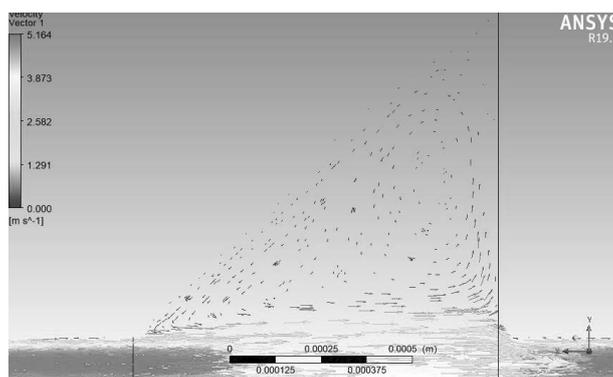


Рис. 16. Вектор скоростей в плунжерной паре с треугольной канавкой

Перепад давлений в канавках прямоугольной формы варьируется величиной от 20 кПа до 30 кПа (рис. 10), в то время как при применении в треугольных канавок перепад достигает 33-34 кПа (рис. 14).

Скорости течения жидкости в канавках – аналогичные (рис. 11, рис. 15).

Завихрения, представленные на рис. 12 вызваны характером движения жидкости и выбранной моделью турбулентности (SST), более характерно они проявляются в канавках треугольной формы (рис. 16), что связано с их геометрией.

Таким образом, основной особенностью течения жидкости через плунжерную пару является режим течения, который зависит от числа Рейнольдса и может меняться в процессе эксплуатации. Нанесение микрорельефа на поверхности плунжеров штанговых скважинных насосов повышает перепад давлений, что в свою очередь, увеличивает гидравлические сопротивления потоку жидкости и в результате снижает утечки жидкости через плунжерную пару.

В данной работе были проанализированы два вида микрорельефа, и приведен их подробный анализ. Количество утечек при применении данных канавок снизится на 12-16%.

На данный момент можно утверждать, что существенных изменений в конструкции насоса не следует ожидать. Принцип действия скважинного насоса позволяет вносить технологические изменения, касающиеся применяемых материалов или конструкций отдельных узлов и деталей, а также их конструктивных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четвериков Д.А. Проблемы, возникающие при эксплуатации узла трения плунжер-цилиндр ШГН // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по мат. VIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 1(53). [Электронный ресурс]. URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/1\(53\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/1(53).pdf) (дата обращения: 27.06.2020). [Chetverikov D. A. Problems arising in the operation of the friction unit plunger-cylinder shgn // Young scientific forum: Technical and mathematical Sciences: electr. SB. St. on Mat. VIII international. stud. nauch. - prakt. konf. # 1(53). [Online]. Available: [https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/1\(53\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/1(53).pdf)].
2. Ишмухаметов Б.Х., Совершенствование штангового скважинного насоса для добычи обводненной нефти из глубоких скважин: дисс. Уфа, 2018. – 102 с. [Ishmukhametov B. Kh., Improvement of the rod well pump for production of watered oil from deep wells: Diss. Ufa, 2018. - 102 p.].
3. Шнейдер Ю.Г., Дворнов Ю.С., Гамагин В.П. А.с. СССР №321543. Устройство для обработки шариком внутренних цилиндрических поверхностей деталей. Б.И. №35. 1972. - 2с. [Schneider Yu. G., Voronov Yu. S., Gamagin V. P. А. с. USSR №321543. A device for processing internal cylindrical surfaces of parts with a ball. В. I. №35. 1972. - 2s.].
4. Валишин Ю.Г., Уразаков К.Р., Шарин Л.К. и др. А.с. СССР №1035282. Скважинный штанговый насос. Б.И. №30. 1983. - 2с. [Valishin Yu. G., Urazakov K. R., Sharin L. Kh., etc. That yes. The USSR №1035282. Borehole wall pump. В. I. no. 30. 1983. - 2s.].
5. Никитин Г.А. Щелевые и лабиринтные уплотнения гидроагрегатов. — М.: Машиностроение, 1982. — 135 с., ил. 45 к. [Nikitin G. A. Slotted and labyrinth seals of hydraulic units. - Moscow: Mashinostroenie, 1982. - 135 p., Il. 45 K.]
6. Шайдаков, В.В., Полимерные армированные трубопроводы в современных гидравлических системах: Монография / Шайдаков В.В., Чернова К.В., Пензин А.В. — М.: Инфра-Инженерия 2018. — 228 с. [Shaidakov, V. V., Polymer reinforced pipes in modern hydraulic systems: Mono-graphy / Shaidakov V. V., Chernova K. V., Penzin A.V.-M.: Infra-Engineering 2018. - 228 p.]
7. Шайдаков, В.В., Современные химические методы насосного дозирования в нефтедобыче: Учебное пособие / Шайдаков В.В., Чернова К.В., Пензин А.В. — М.: Инфра-Инженерия 2018. — 120 с. [Shaidakov, V. V., Modern chemical methods of pumping dosing in oil production: Textbook / Shaidakov V. V., Chernova K. V., Penzin A.V.-M.: Infra-Engineering 2018. - 120 p.]

ОБ АВТОРАХ

КАМАЛОВ Денис Рафисович, магистр. каф. ПГМ.

ШАЙДАКОВ Владимир Владимирович, д-р техн. наук, профессор УГАТУ, УГНТУ.

METADATA

Title: The state and problems of operation of wells sucker rod pumps.

Authors: D. R. Kamalov¹, V. V. Shaydakov²

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹denis_1997.1997@mail.ru, ²v1v2sh50@yandex.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (25), pp. 53-59, 2021. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: This article presents the main problems in the operation of rod borehole pumps and ways to solve them. The main types of wear of the plunger pair are considered. The influence of various factors on wear is analyzed. Numerical simulation of fluid flow is presented. The features of fluid flow in the gap of the plunger pair are analyzed.

Key words: rod well pump, plunger, numerical simulation, plunger pair, wear, cylinder, abrasive, mechanical, corrosion.

About authors:

KAMALOV, Denis Rafisovich., student is magistracy 1 year, Ufa state aviation technical University

SHAYDAKOV, Vladimir Vladimirovich., dr. tech. sciences, professor of Ufa state aviation technical University, Ufa state petroleum technological University.