

УДК 622.276:62.52; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-6.04>

<https://orcid.org/0009-0009-3934-3813>

<https://orcid.org/0000-0003-4284-9048>

<https://orcid.org/0000-0009-3588-2078>

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ШТАНГОВЫХ СКВАЖИННЫХ НАСОСОВ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ



А.А. КАРИБАЕВ,
PhD,
Karibaevaskar83@gmail.com



Г.Е. КАЛШЕВА,
ст. преподаватель,
kalesheva-gulmira_29_69@mail.ru



А.А. КАРИБАЕВ,
PhD,
Karibaevasylbek77@gmail.com

МЕЖДУНАРОДНЫЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ,
Республика Казахстан, 090014, г. Уральск, ул. Циолковского, 15

ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ,
Республика Казахстан, 090001, г. Уральск, пр. Н. Назарбаева, 208

В статье рассмотрены проблемы, связанные с воздействием песка и механических примесей на работу штанговых скважинных насосов (СШН) при добыче нефти. Песок, поступающий из пласта, вызывает разрушение деталей насосов, заклинивание плунжера, повреждение резьбовых соединений и ускоренный износ труб, что приводит к сокращению межремонтного периода. Для борьбы с этими проблемами предложены различные методы, такие как установка песочного якоря, применение фильтров и трубчатых штанг. Также рассматривается использование дополнительного оборудования, включая газопесочный якорь (ПГ), камеру трубной окалины (КТО) и автосцепы, которые позволяют эффективно уменьшать влияние песка и механических частиц на насосное оборудование. Совместное применение этих устройств способствует увеличению ресурса работы насосов, снижению вероятности заклинивания и износа плунжерных и клапанных пар, а также упрощению процесса технического обслуживания. Результаты проведенного анализа работы 107 скважин на месторождениях Западного региона Республики Казахстан подтверждают эффективность предложенных решений в улучшении эксплуатационных характеристик штанговых насосных установок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скважинные насосы, механические примеси, пескопроявление, фильтр, газопесочный якорь, камера трубной окалины, автосцеп, автосцеп-расцеп.

КҮРДЕЛІ ЖАҒДАЙЛАРДА ШТАНГАЛЫҚ ҰҢҒЫМА СОҒЫЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫС ТИІМДІЛІГІ

А.А. КАРИБАЕВ, PhD, karibaevaskar83@gmail.com
Г.Е. КАЛШЕВА, аға оқытушы, kalesheva-gulmira_29_69@mail.ru
А.А. КАРИБАЕВ, PhD, karibaevasylybek77@gmail.com

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АКАДЕМИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТ
 Қазақстан Республикасы, 090014, Орал қ., Циолковский к., 15

БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ИННОВАЦИЯЛЫҚ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ,
 Қазақстан Республикасы, 090001, Орал қ., Н. Назарбаев даңғылы, 208

Мақалада құм мен механикалық қоспалардың мұнай өндірудегі штангалық ұңғыма соғғыларының (АҚШ) жұмысына әсер етуіне байланысты мәселелер қарастырылады. Қабаттан шыққан құм сорғы бөлшектерінің бұзылуына, поршеньдің кептелуіне, бұрандалы қосылыстардың зақымдалуына және құбырлардың тез тозуына әкеліп соғады, бұл жөндеу кезеңінің қысқаруына әкеледі. Бұл мәселелермен күресу үшін құм якорын орнату, сүзгілер мен құбырлы штангаларды қолдану сияқты әртүрлі әдістер ұсынылған. Сондай-ақ, құм мен механикалық бөлшектердің сорғы жабдықтарына әсерін тиімді азайтуға мүмкіндік беретін газ құмды якорьді (ПГ), құбырлы масштабты камераны (КТО) және автотіркемелерді қоса алғанда, қосымша жабдықты пайдалану қарастырылады. Бұл құрылғыларды бірлесіп қолдану сорғылардың жұмыс істеу ресурсын ұлғайтуға, поршеньдік және клапан жұптарының кептелу және тозу ықтималдығын азайтуға және техникалық қызмет көрсету процесін жеңілдетуге ықпал етеді. Қазақстан Республикасының батыс өңіріндегі кен орындарындағы 107 ұңғыманың жұмысына жүргізілген талдау нәтижелері штангалық сорғы қондырғыларының пайдалану сипаттамаларын жақсартуда ұсынылған шешімдердің тиімділігін растайды.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: ұңғыма сорғылары, механикалық қоспалар, құмның пайда болуы, сүзгі, газ құм якорі, құбыр масштабындағы камера, автотасымалдаушы, автокөлік тіркемесі.

EFFICIENCY OF DOWNHOLE ROD PUMPS IN COMPLICATED CONDITIONS

A.A. KARIBAYEV, PhD, karibaevaskar83@gmail.com
G.E. KALESHEVA, Senior lecturer, kalesheva-gulmira_29_69@mail.ru
A.A. KARIBAYEV, PhD, karibaevasylybek77@gmail.com

INTERNATIONAL ACADEMIC UNIVERSIT,
 Republic of Kazakhstan, 090014, Uralsk, 15, Tsiolkovsky Street

WEST KAZAKHSTAN UNIVERSITY OF INNOVATION AND TECHNOLOGY,
 Republic of Kazakhstan, 090001, Uralsk, N.Nazarbayev ave, 208

The article discusses the influence of sand and mechanical impurities on the operation of borehole pumps (USA) during oil production. Sand coming out of the reservoir leads to the destruction of pump parts, piston jamming, damage to threaded connections and rapid wear of pipes, which leads to a shortened repair period. Various methods are proposed to combat these problems, such as the installation of sand anchors, the use of filters and tubular rods. It also provides for the use of additional equipment, including gas sandblasting anchors (PG), a tubular zoom camera (KTO) and an auto connection, which will effectively reduce the impact of sand and mechanical particles

on pumping equipment. The combined use of these devices helps to increase the service life of pumps, reduce the likelihood of jamming and wear of pairs of pistons and valves, and simplify the maintenance process. The results of the analysis of the work of 107 wells in the fields of the Western region of the Republic of Kazakhstan confirm the effectiveness of the proposed solutions in improving the operational characteristics of rod pumping units.

KEY WORDS: borehole pumps, mechanical impurities, sand formation, filter, gas sand anchor, tube scale chamber, truck carrier, truck carrier.

Введение. Почти половина фонда действующих нефтедобывающих скважин РФ и стран СНГ эксплуатируется штанговыми скважинными насосными установками (ШСНУ) на основе балансирных станков-качалок (СК). Широкое применение таких СК связано не только с высокой надежностью, простотой обслуживания и ремонта в промысловых условиях, но и позволяет при средних и малых дебитах нефти существенно снизить относительную долю стоимости потребленной энергии в себестоимости нефти, причем при высокой обводненности продукции вопрос потребления электроэнергии является ключевым, поскольку определяет рентабельность нефтедобычи.

Для максимальной нефтеотдачи пласта требуется стабилизация заданного технологическими динамического уровня нефтяной жидкости (ДУНЖ) в скважине, что достигается применением регулируемых электроприводов.

Для привода подавляющего большинства СК применяют асинхронные электродвигатели (АД) с короткозамкнутым ротором, регулирование скорости которых для поддержания ДУНЖ осуществляют либо на основе периодического включения ШСНУ в работу, либо по схеме «тиристорный регулятор напряжения – асинхронный электродвигатель», либо по схеме «преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель» (ПЧ-АД). Как показывают многочисленные исследования, применение последнего варианта имеет существенно больший функционал и возможности повышения энергоэффективности эксплуатации ШСНУ. Однако для реализации этих возможностей требуется установка как минимум трех датчиков: датчика динамического уровня или датчика усилия для косвенной оценки уровня жидкости в скважине, датчика угла наклона балансира СК и датчика скорости на валу АД. Серийно выпускаемые СК не оснащаются такими датчиками, но и их установка в реальных условиях эксплуатации не только увеличивает эксплуатационные расходы, но и снижает вероятность безотказной работы. Следует отметить также, что в передаче движения от вала АД к плунжерному насосу присутствует кривошипно-шатунный механизм, вызывающий значительные по величине циклические знакопеременные нагрузки на валу трансмиссионного механизма, а возвратно-поступательное движение колонны штанг имеет волновой характер, что усугубляет проблему энергоэффективного управления ШСНУ [1,2].

Следовательно, для реализации возможностей повышения энергоэффективности ШСНУ, предоставляемых регулируемыми приводами, необходима разработка методов косвенной оценки переменных состояния технологического процесса, причем, вопросы повышения энергоэффективности добычи нефти должны решаться в комплексе с задачей оценки и снижения влияния динамических нагрузок в механических элементах СК на энергетику электропривода.

Материалы и методы исследования. Прекращение или отсутствие фонтанирования обусловило использование других способов подъема нефти на поверхность, например, посредством штанговых скважинных насосов. Этими насосами в настоящее время оборудовано большинство скважин. Дебит скважин – от десятков килограмм в сутки до нескольких тонн. Насосы опускают на глубину от нескольких десятков метров до 3000 м иногда до 3200 - 3400 м.

Одним из серьезных препятствий при работе штанговых скважинных насосов является песок и механические примеси.

Песок, поступающий из пласта, может образовывать на забое песчаную пробку, в результате чего уменьшается или полностью прекращается приток нефти в скважину. Так же, попадая в насос, песок преждевременно истирает его детали, часто заклинивает плунжер в цилиндре. Основные мероприятия по борьбе с песком на приеме насоса:

- Установка на приеме насоса песочного якоря;
- Регулирование отбора жидкости из скважины;
- Применение трубчатых штанг.

Общие закономерности движения песка в насосе и трубах те же, что и по эксплуатационной колонне, но неполадки, вызываемые, имеют свои существенные особенности. Из эксплуатационной колонны песок попадает сначала в защитное приспособление (фильтр, газовый якорь и т. д.), смонтированное на приеме насоса. Далее песок поступает в насос и существенным образом влияет, прежде всего, на работоспособность плунжерной и клапанных пар. Песок отрицательно влияет и на резьбовые соединения насосных труб – при малейшей негерметичности соединения, особенно в обводненных скважинах, песок быстро разъедает резьбу и через образовавшийся канал протекает жидкость. Это требует проведения сложного подземного ремонта. Наконец, песок в откачиваемой жидкости усиленно изнашивает штанговые муфты и внутреннюю поверхность труб, особенно в искривленных скважинах.

При движении песка по насосным трубам образуется осадок песка и насос заклинивается, но не в процессе его работы, а при остановке насосной установки по той или иной причине. Промысловый опыт показывает, что подавляющее число заклиниваний плунжера происходит при остановках скважин, даже сравнительно кратковременных, на 10-20 мин. Объясняется это тем, что осаждение песка начинается сразу же, как только остановился насос, в отличие от условий образования пробки на забое, где осаждение начинается не сразу, так как приток из пласта продолжается некоторое время после прекращения отбора жидкости из скважины. Но общие закономерности осадкообразования над насосом по существу те же, что и при образовании забойных пробок.

Явления пробкообразования в скважинах и действие песка на подземную часть насосной установки взаимосвязаны: снижение или прекращение подачи жидкости вследствие быстрого износа рабочих пар насоса, размыва трубных соединений и т.д. вызывает образование пробки на забое. Поэтому часто бывает так, что первопричиной прекращения подачи жидкости является не образование пробки на забое, а неполадки, вызываемые песком в работе подземного оборудования. Но каков бы ни был характер пескообразований, в конечном счете, неполадки из-за песка ведут к резкому сокращению межремонтного периода скважины.

Песок, попадая в насос, разрушает пригнанные поверхности деталей насоса, увеличивает утечки жидкости через клапаны и зазор между цилиндром и плунжером, а иногда вызывает заклинивание плунжера и обрывы штанг [4].

Для борьбы с вредным влиянием песка применяются различные меры, например, крепление призабойной зоны скважины различными смолами, образующими после их кристаллизации на забое прочную проницаемую пористую среду. Для тех же целей используют различные фильтры, а также приспособления, устанавливаемые перед приемным патрубком насоса, называемые песочными якорями.

Технические методы защиты глубинно-насосного оборудования (ГНО) от воздействия механических примесей включают в себя выбор конструктивного исполнения насосного оборудования (выбор материала и конструкции), а также разработку различного дополнительного оборудования для оптимизации и совершенствования добычи нефти.

В перечень дополнительного оборудования для фонда скважин, оборудованных скважинными штанговыми насосами (СШН), входят различные фильтры, газопесочные якоря и камеры трубной окалины [5,6].

Результаты и обсуждение. Применение рассмотренного ниже дополнительного оборудования с учетом оптимального выбора конструктивного и материального исполнения штангового насоса в зависимости от конкретных условий эксплуатации (дебит, обводненность, газовый фактор, вязкость, наличие асфальтено-смоло-парафиновых отложений (АСПО), пескопроявление, химическая агрессивность добываемой жидкости и др.) обеспечит устойчивую работу всего комплекса оборудования насосной добычи и гарантийный срок его эксплуатации.

Проведен анализ работы 107 эксплуатационных скважин на месторождении X, оборудованных штанговыми насосами на месторождениях Западного региона Республики Казахстан, различных научно-технические данных и периодических изданий. Выявлены основные причины возникновения отказов и предложена схема усовершенствования штангового насоса.

Анализ производился в течении 2019 – 2020 годов, данные по подземному ремонту скважин, связанных со сменой насоса, представлены на *рисунке 1*. Как сле-

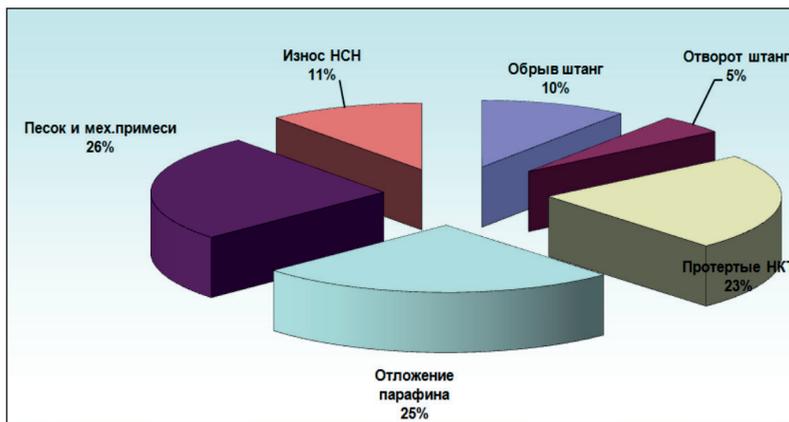


Рисунок 1 – Распределение ПРС по причине смены насосов

дует из представленных данных, причины ремонтов, связанные с асфальтосмолистыми отложениями, составили 25%, ремонты, связанные с влиянием песка и механических примесей, составили 26 %. Смена насоса по причине протёртых НКТ происходила в 23 % случаев.

В качестве усовершенствования насоса предлагается использование совместно дополнительные устройства для борьбы с песком, а именно – газопесочный якорь ПГ, камеру трубной окалины КТО, автосцеп АЗ и автосцеп-расцеп СР. Обычно вышеперечисленные устройства применялись раздельно.

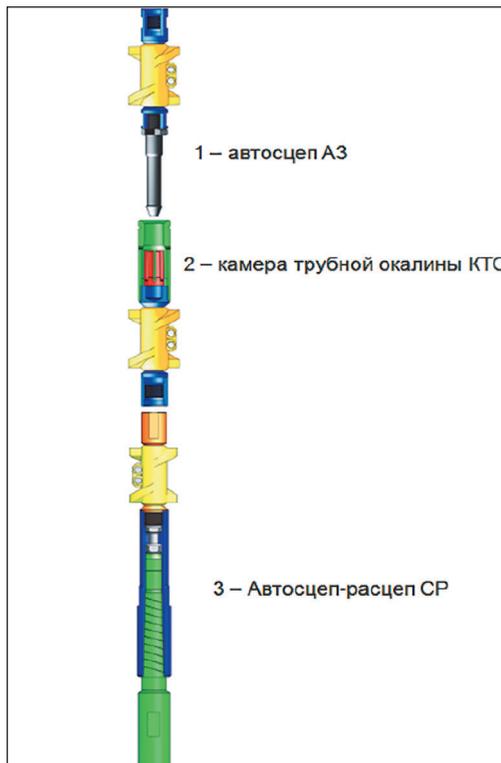


Рисунок 2 – Предлагаемая модернизированная система с трубным насосом ННШ

Оборудование для борьбы с механическими примесями при добыче нефти установками СШН – это, в первую очередь, газопесочный якорь (ПГ).

Газопесочный якорь ПГ предназначен для исключения (значительного снижения) вредного влияния песка и других механических примесей, попадающих в клапанные и плунжерные пары ШГН, рабочие органы насосов и поверхностное оборудование.

Жидкость, находящаяся в затрубном пространстве, по кольцевому пространству между обсадной колонной и НКТ поднимается вверх, дойдя до входного фильтра, жидкость проходит через проволочный фильтр, меняя направление на противоположное. Далее жидкость движется по кольцевому пространству, образованному внутренней стенкой НКТ и наружной стенкой приёмо-выкидного патрубка, на котором навита нисходящая спираль, заходящая в пескоотводящий патрубок. На песочной

спирали при движении жидкости по кругу и вниз происходит отделение песка, который осаждается в накопителе. Далее поток жидкости снова меняет направление и поднимается вверх по внутреннему каналу приёмо-выкидного патрубка.

Камера трубной окалины (КТО) предназначена для предотвращения попадания механических частиц при опускании насоса и сборки колонн НКТ, а также при сборке и опускании колонны насосных штанг. Камера трубной окалины устанавливается выше насоса в колонну НКТ и применяется при добыче нефти невставными (трубными) насосами с использованием устройства автоматического захвата плунжера (автосцепы). Во время работы насоса при ходе плунжера вверх клапан приподнимается и без сопротивления пропускает поток жидкости. При остановках работы насоса клапан садится на верхнюю часть патрубка и защищает верхнюю полость насоса. Механические частицы, как при опускании колонны штанг, так и при остановке насоса, попадают в кольцевое пространство между корпусом камеры и патрубком.

Преимущества:

Полное исключение попадания механических частиц (окалина с поверхности НКТ, штанг) в полость скважинного штангового насоса при спуске колонны НКТ, плунжеров и штанг в скважину;

Перекрытие полости насоса при его остановке и движении плунжера вверх;

Повышение ресурса насосов за счет уменьшения износа плунжерной пары и исключения заклинивания плунжера от попадания механических частиц; Уменьшение случаев обрыва штанг из-за заклинивания плунжера; Возможность оснащения камерой различного объема;

Насос монтируется в колонне в собранном виде, и плунжер соединяется со штангами автозахватом;

Монтаж с колонной НКТ в обычном порядке.

КТО устанавливаются выше насоса в колонну НКТ и применяются при добыче нефти невставными (трубными) насосами с использованием устройства автоматического захвата плунжера (автосцепы).

Во время работы насоса при ходе плунжера вверх клапан КТО приподнимается и без сопротивления пропускает поток жидкости. При остановках работы насоса клапан садится на верхнюю часть патрубка и защищает верхнюю полость насоса от осаждающихся примесей.

Механические частицы как при опускании колонны штанг, так и при остановке насоса попадают в кольцевое пространство между корпусом камеры и патрубком.

Практически до нуля снижается вероятность заклинивания насоса при запуске его в работу, уменьшается износ плунжерной и клапанных пар.

В КТО также реализован эффект инъекции. То есть все механические примеси, попавшие в эту камеру, под действием потока жидкости вымываются из нее, вследствие чего происходит самоочистка данных камер.

Автосцепы соединяют колонну штанг с плунжером насоса непосредственно на глубине установки последнего. Положительный эффект от применения достигается тем, что цилиндр насоса опускается совместно с плунжером, что исключает попадания механических частиц в нижнюю полость насоса (над всасывающим клапаном) и упрощают посадку плунжера в цилиндр. Кроме того, исключаются возможные механические повреждения плунжера.

Совместное использование автосцепа с камерой трубной окалины исключает попадание механических частиц во внутреннюю полость при монтаже и эксплуатации насоса с внутренней полости НКТ со стороны устья скважины.

Автосцеп-расцеп применяется при использовании трубного насоса, диаметр плунжера которого превосходит внутренний диаметр колонны НКТ, кроме этого, может использоваться как предохранительное колонны штанг от перегрузки и порывов, например, при заклинивании плунжера в цилиндре.

Заключение и выводы

Для защиты насосов предлагается следующее:

1. Предлагается для совместного использования следующих устройств – газопесочный якорь ПГ, камера трубной окалины КТО, автосцеп АЗ и автосцеп-расцеп СР.

2. Использование газопесочных якорей позволит увеличить наработку на отказ штангового насоса до 1,5 раз.

3. При использовании КТО снизится вероятность заклинивания насоса при запуске его в работу, уменьшается износ плунжерной и клапанных пар.

4. Совместное использование автосцепа с камерой трубной окалины дополнительно снизит число частиц во внутреннюю полость при монтаже и эксплуатации насоса с внутренней полости НКТ со стороны устья скважины.

5. Автосцеп-расцеп позволит беспрепятственное рассоединение колонны штанг от плунжера, при демонтаже насоса осуществляется приложением заданного растягивающего усилия к колонне, за счет упругих деформаций корпуса устройства, что обеспечит оперативность при техническом обслуживании. 

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Рахимов А.А. Технология добычи нефти и газа: Учебное пособие – Алматы: Альманах, 2019.– 251с. [Rahimov A.A. Tehnologiya dobychi nefiti i gaza: Uchebnoe posobie –Almaty: Almanah, 2019.- 251s.]
- 2 Курмангалиев Р.М. Основы методов увеличения добычи нефти/ Р.М. Курмангалиев. – Уралск, 2006. – 112 с. [Kurmangaliev R.M. Osnovy metodov uvelicheniya dobychi nefiti/ R.M. Kurmangaliev. – Uralsk, 2006. – 112 s.]
- 3 Калешева Г.Е. Технология и техника добычи нефти: учебное пособие для вузов / Г.Е. Калешева. -Уралск, ЗКФ АО «НЦ НТИ», 2016. -120 с. [Kalesheva G.E. Tehnologiya i tehnika dobychi nefiti: uchebnoe posobie dlya vuzov /G.E.Kalesheva.-Uralsk, ZKF AO «NC NTI», 2016. -120 s.]
- 4 Лоскутников В.А. Инновационные направления совершенствования электропривода скважинных насосных установок / В.А. Лоскутников, П.Н. Цылев, И.Н. Шапова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2016. – Т. 15. – № 21. – С. 339–344. [Loskutnikov V.A. Innovacionnye napravleniya sovershenstvovaniya elektroprivoda skvazhinnyh nasosnyh ustanovok / V.A. Loskutnikov, P.N. Cylev, I.N. Shapova//Vestnik Permskogo nacionalnogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftgazovoe i gornoe delo. – 2016. – Т. 15. – № 21. – С. 339–344.]
- 5 Лысова О. А. Сравнительный анализ динамических показателей разомкнутой и замкнутой системы электропривода станка-качалки / О.А. Лысова, В.П. Фрайштетер // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2014. – № 8. – С. 93–97. [Lysova O. A. Sravnitelnyj analiz dinamicheskikh pokazatelej razomknoy i zamknoy]

- системы электропривода станка-качалки / О.А. Lysova, V.P. Frajshteter // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal. – 2014. – № 8. – S. 93–97.]
- 6 Садов В.Б. Моделирование динамограмм с различными дефектами оборудования нефтяной скважины / В.Б. Садов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 16-25. [Sadov V.B. Modelirovanie dinamogramm s razlichnymi defektami oborudovaniya nefyanoj skvazhiny / V.B. Sadov // Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Kompyuternye tehnologii, upravlenie, radioelektronika. – 2013. – Т. 13. – № 1. – S. 16-25.]
 - 7 Сидоров М.Е. Интегральный метод определения крайних положений хода штока на динамограмме / М.Е. Сидоров, С.В. Светлакова // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2012. – № 6. – С. 34-39. [Sidorov M.E. Integralnyj metod opredeleniya krajnih polozhenij hoda shtoka na dinamogramme / M.E. Sidorov, S.V. Svetlakova // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Neft i gaz. – 2012. – № 6. – S. 34-39.]
 - 8 Ихсанов К.А. Повышение надежности работы штанговых скважинных насосов при работе в осложненных условиях на месторождениях Западного Казахстана / К.А. Ихсанов, Б.А. Билашев, Г.Е. Калешева, А.В. Ким // Colloquium-journal. – № 12 (36). – 2019. – С.35-39. [Ihsanov K.A. Povyshenie nadezhnosti raboty shtangovyh skvazhinnyh nasosov pri rabote v oslozhnennyh usloviyah na mestorozhdeniyah Zapadnogo Kazahstana / K.A. Ihsanov, B.A. Bilashev, G.E. Kalesheva, A.V. Kim // Solloquium-journal. – №12 (36) – 2019. – S.35-39.]
 - 9 Бектурганова Г.К. Инновационные средства и методы диагностики целостности оборудования и труб в нефтегазовой промышленности Г.К.Бектурганова, К.А. Ихсанов, Г.Е. Калешева, В.А.Хасанов. Научно-технический журнал «Метрология», №1(76), 2021. –С12-15.[Bekturganova G.K. Innovacionnye sredstva i metody diagnostiki celostnosti oborudovaniya i trub v neftegazovoj promyshlennosti G.K.Bekturganova, K.A. Ihsanov, G.E. Kalesheva, V.A.Hasanov. Nauchno-tehnicheskij zhurnal «Metrologiya», №1(76), 2021. – S12-15.]
 - 10 Хакимьянов М.И. Проблемы повышения энергетических характеристик электроприводов скважинных штанговых насосов / М.И. Хакимьянов, Ф.Ф. Хусаинов, И.Н. Шафиков // Электротехнические системы и комплексы. – 2017. – № 2. – С. 35-40. [Hakimyanov M.I. Problemy povysheniya energeticheskikh harakteristik elektroprivodov skvazhinnyh shtangovyh nasosov / M.I. Hakimyanov, F.F. Husainov, I.N. Shafikov // Elektrotehnicheskie sistemy i komplekсы. – 2017. – № 2. – S. 35-40.]
 - 11 Солодкий Е.М. Повышение энергоэффективности работы штанговой скважинной насосной установки за счет оптимального уравнивания / Е.М. Солодкий, В.П. Казанцев // Информационно- измерительные и управляющие системы. – 2019. – Т. 17. – № 4. – С. 38-45. [Solodkij E.M. Povyshenie energoeffektivnosti raboty shtangovoj skvazhinnoj nasosnoj ustanovki za schet optimalnogo uravnovesivaniya / E.M. Solodkij, V.P. Kazancev // Informacionno- izmeritelnye i upravlyayushie sistemy. – 2019. – Т. 17. – № 4. – S. 38-45.]