

Для цитирования: Михайлова С.В., Погребная И.А. Повышение производительности центробежных насосов. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019;46 (2):20-27. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-2-20-27

For citation: Mikhaylova S.V., Pogrebnaya I.A. Increasing centrifugal pump performance. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46 (2):20-27. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-2-20-27

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.593

DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-2-20-27

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Михайлова С.В.², Погребная И.А.¹

¹⁻²Тюменский индустриальный университет, филиал в г. Нижневартовске,
¹⁻²628616, ХМАО-Югра, г. Нижневартовск, ул. Ленина 2П, строение 9, Россия,
¹e-mail: sweta02311@gmail.com ²e-mail: ya.irina0607@yandex.ru

Резюме. Цель. Определить перспективные направления повышения качества работы центробежных насосов, применяемых при добыче нефти. **Метод.** В основе метода рассматриваются энергоэффективные установки для высокодебитных скважин – ступени установок «Борец-Weatherford» и ступень ПК «Борец». **Результат.** Разработаны основные гидравлические характеристики электроцентробежных насосов с применением энергоэффективных ступеней при рекомендуемом диапазоне подач. Определена зависимость максимального КПД от применяемых ступеней вышеуказанных установок. Приведен сравнительный анализ энергоэффективной и серийно поставляемой установки электроцентробежных насосов. Приведена зависимость параметров ступеней установок от подачи, напора, количества ступеней, номинальной частоты вращения и КПД насоса. **Вывод.** При применении погружных насосов типа 10ЭЦНМ на нефтяных месторождениях, отмечена повышенная надежность и долговечность в отличие от применения погружных насосов типа ЭЦНМ. С помощью программ повышения энергоэффективности добычи нефти, реализуемых нефтяными компаниями, за счет обеспечения более эффективной работы насосного оборудования, снижено электропотребление. Взятие на вооружение перспективных решений, обеспечивающих повышение энергоэффективности УЭЦН, является приоритетным. Использование энергоэффективных УЭЦН для эксплуатации высокодебитных и низкодебитных скважин позволяет обеспечить максимальный КПД погружного оборудования и снизить удельное потребление электроэнергии. При сравнительном анализе характеристик насосов с суточной подачей 400 м³ применение энергоэффективной установки ESP 400–2200 с ВЭД обеспечивает экономию расходов на электроэнергию в три раза.

Сравнительный анализ энергоэффективности представленных насосов показывает, что применение энергоэффективных установок электроцентробежных насосов производства ООО «ПК «Борец» позволит снизить затраты на электроэнергию в среднем на 30%.

Ключевые слова: установка электроприводного центробежного насоса, энергоэффективность, погружной многоступенчатый центробежный насос, КПД насоса, высокодебитные и низкодебитные скважины

POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL MECHANICAL ENGINEERING INCREASING CENTRIFUGAL PUMP PERFORMANCE

Svetlana V. Mikhaylova², Irina A. Pogrebnaya¹

¹⁻²Tyumen Industrial University, a branch in Nizhnevartovsk,

¹⁻² 2P Lenin Str., Building 9, KhMAO-Yugra, Nizhnevartovsk 628616, Russia,

¹e-mail: sweta02311@gmail.com ²e-mail: ya.irina0607@yandex.ru

Abstract Objectives Investigate the prospect of improving the quality of centrifugal pumps in oil production. **Method** The method is based on energy-efficient installations for high-yield wells - the steps of the Borets-Weatherford installations and the Borets PC stages. **Result** The main hydraulic characteristics of electric centrifugal pumps with the use of energy-efficient stages with the recommended feed range have been developed. The dependence of the maximum efficiency on the applied steps of the above installations has been determined. A comparative analysis of energy-efficient and commercially available installation of electric centrifugal pumps is given. The dependence of the parameters of the installation steps on the flow, head, number of stages, nominal speed and efficiency of the pump is given. **Conclusion** When using submersible pumps of the 10ECNM type in oil fields, increased reliability and durability were noted, in contrast to the use of submersible ECNM-type pumps. With the help of energy efficiency programs for oil production, implemented by oil companies, by ensuring more efficient operation of pumping equipment, power consumption has been reduced. The adoption of promising solutions to improve the energy efficiency of ESP systems is a priority. The use of energy-efficient ESP systems for the operation of high-rate and low-rate wells allows to ensure maximum efficiency of the submersible equipment and reduce the specific electricity consumption. In a comparative analysis of the characteristics of pumps with a daily flow of 400 m³, the use of an energy-efficient installation ESP 400–2200 with FEA provides three times lower energy costs. A comparative analysis of the energy efficiency of the presented pumps shows that the use of energy-efficient installations of electric centrifugal pumps produced by PC Borets LLC will reduce energy costs by an average of 30%.

Keywords: installation of an electric drive centrifugal pump, energy efficiency, submersible multistage centrifugal pump, pump efficiency, high flow and low flow wells

Введение. УЭЦН (Установка ЭЦН, установка электроприводного центробежного насоса) УЭЦН относится к погружным бесштанговым насосным установкам. Эти насосы нашли широкое применение для подъема и закачивания рабочей жидкости в пласт, а также для поддержки пластового давления. Оборудование УЭЦН состоит из погружной части, спускаемой в скважину вертикально на колонне НКТ, и наземной части соединенные между собой погружным силовым кабелем [1-4].

Электроприводной центробежный насос для добычи нефти представляет собой многоступенчатую и в общем случае многосекционную конструкцию (рис. 1) [16-18].

Модуль-секция насоса состоит из корпуса, вала, пакета ступеней (рабочих колес и направляющих аппаратов), верхнего и нижнего радиальных подшипников, осевой опоры, головки, основания. Пакет ступеней с валом, радиальными подшипниками и осевой опорой помещаются в корпусе и зажимаются концевыми деталями.

Исполнения насосов отличаются материалами рабочих органов, корпусных деталей, пар трения, конструкцией и количеством радиальных подшипников [5- 9]. ЭЦН состоит из большого числа ступеней — рабочих колес и направляющих аппаратов, находящихся в стальном трубовидном корпусе.

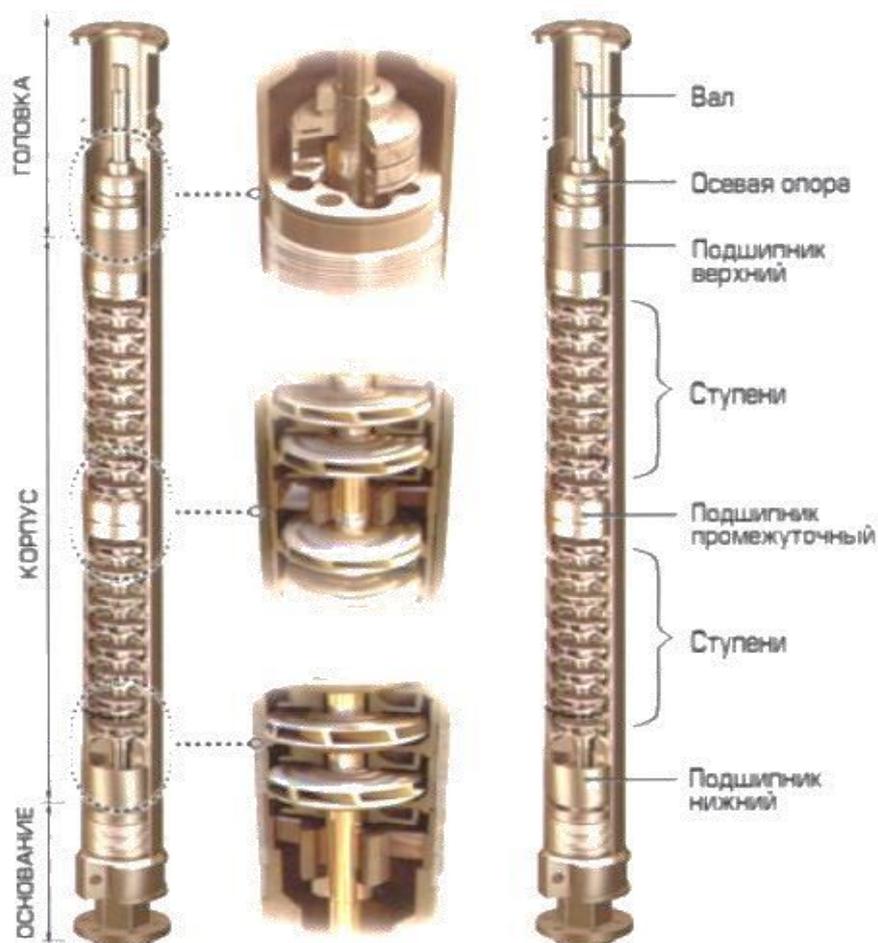


Рис.1. Погружной многоступенчатый центробежный насос
Fig.1. Submersible multistage centrifugal pump

Направляющие аппараты, состоящие из единого пакета, опираются на основание и закреплены от проворачивания в корпусе верхним подшипником, и рабочие колеса, посаженные на вал при помощи шпонки, которая входит в паз вала и в паз каждого колеса. Сборка производится на одном валу, поддерживаемому осевой опорой. Данная конструкция передает вращение от вала к рабочим колесам [13].

Постановка задачи. Закачивание рабочей жидкости в пласт, подъем ее, а также поддержание пластового давления – трудоемкий процесс, который реализуется с помощью применения ЭЦН. Цель данной статьи – определить перспективные направления улучшения качества работы центробежных насосов при добыче нефти.

Методы исследования. В основу поиска перспективных направлений и методов повышения производительности центробежных насосов при добыче нефти положено исследование рабочих характеристик погружных насосов типа ЭЦНМ и 10ЭЦНМ [14].

Насосы погружные типа ЭЦНМ и 10ЭЦНМ имеют модульное исполнение со ступенями одноопорной конструкции из высокопрочного легированного модифицированного серого перлитного чугуна, обладающего повышенной износостойкостью и коррозионной стойкостью. Насосы имеют напорную характеристику постоянно падающей формы, исключая возникновение неустойчивых режимов работы, приводящих к повышенной вибрации насоса и снижающей вероятность отказов оборудования [21].

Для повышения надежности работы насосы оснащаются керамическими осевыми опорами вала [10 -12].

При модернизации насосов ЭЦНМ в конструктивном исполнении насосов 10ЭЦНМ исключены осевые опоры валов в секциях. Осевые силы, действующие на валы насосных секций, передаются на вал протектора и воспринимаются усиленной пятой. При этом конструкторы консоль вала сделали меньше с помощью перенесения в основание и головку секции радиальных подшипников. Насосы такого исполнения отличаются повышенной надежностью и долговечностью (табл. 1).

Таблица 1. Условия эксплуатации насосов 10ЭЦНМ
Table 1. Operating conditions of pumps 10ECNM

№ п/п	Характеристика рабочей жидкости Fluid characteristics	Показатель Indicator
1.	Водородный показатель Hydrogen indicator	6,0-8,5 рН
2.	Микротвердость частиц по шкале Мооса Mohs Particle Microhardness	не более 5 баллов no more than 5 points
3.	Концентрация твердых частиц в пластовой жидкости The concentration of solids in the reservoir fluid	0,2 г/л
4.	Максимальное содержание свободного газа на приеме насоса по объему: The maximum content of free gas at the intake of the pump by volume:	25%
4.1.	с применением газосепаратора или диспергатора Using gas separator or dispersant	55%
4.2.	с применением «газосепаратора-диспергатора» Using a "gas separator-dispersant"	68%
5.	Температура откачиваемой жидкости The temperature of the pumped liquid	не более 135 °С no more than 135 ° C

Широкое распространение в нефтегазовой отрасли получили насосы типа ЭЦНД и ЭЦНМИК со ступенями двухопорной конструкции (ЭЦНД) (табл. 2) или одноопорной конструкции с удлиненной ступицей разгруженного рабочего колеса (ЭЦНМИК), что значительно повышает устойчивость вала, снижает вибрационные нагрузки и, тем самым, увеличивает надежность работы насоса [15].

Таблица 2. Условия эксплуатации насосов двухопорной конструкции
Table 2. Operating conditions for pumps of double support design

№ п/п	Характеристика рабочей жидкости Fluid characteristics	Ресурс работы насоса Pump life
1.	Водородный показатель Hydrogen indicator	6,0-8,5 рН
2.	Микротвердость частиц по шкале Мооса Mohs Particle Microhardness	не более 7 баллов no more than 7 points
3.	Концентрация твердых частиц в пластовой жидкости The concentration of solids in the reservoir fluid	0,5 г/л
4.	Максимальное содержание свободного газа на приеме насоса по объему: The maximum content of free gas at the intake of the pump by volume:	25%
4.1.	с применением газосепаратора или диспергатора using gas separator or dispersant	55%
4.2.	с применением «газосепаратора-диспергатора» Using a "gas separator-dispersant"	68%
5.	Температура откачиваемой жидкости The temperature of the pumped liquid	не более 135 °С no more than 135 ° C

К преимуществам двухопорной конструкции можно отнести:

- повышенный ресурс нижних осевых опор рабочего колеса (ЭЦНД);
- более надежная изоляция вала от абразивной и коррозионноагрессивной жидкости;
- увеличенный ресурс работы насоса.

В конструктивном исполнении насосов типа 10ЭЦНД и 10ЭЦНМИК исключены осевые опоры валов в секциях. Осевые силы, действующие на валы насосных секций, передаются на вал протектора и воспринимаются усиленной пятой. Радиальные подшипники перенесены в основание и головку секции, тем самым уменьшены консоли вала.

Обсуждение результатов. К отечественным производителям насосов относятся следующие компании: ОАО «Борец», ООО «ЛУКОЙЛ ЭПУ Сервис», ОАО «Алнас» (группам компаний «Римера»), АО «ЛЕПСЕ», ООО «ТатПром-Холдинг», ГК «Новомет», ООО «Иж-нефтепласт», Тюменские насосы Шлюмберже и др.

Программы повышения энергоэффективности добычи нефти, реализуемые нефтяными компаниями, предусматривают различные меры по снижению электропотребления, в том числе за счет обеспечения более эффективной работы насосного оборудования [19-20].

По мнению специалистов Петербургской насосной компании по производству и продаже насосного оборудования ОАО «Борец», одним из перспективных решений, обеспечивающих повышение энергоэффективности УЭЦН, является возможность применения насосов с высоким КПД в оптимальной точке их напорно-расходных характеристик (НРХ) в комплекте с вентиляционными электродвигателями, также имеющими высокий КПД. Использование энергоэффективных УЭЦН для эксплуатации высокодебитных и низкодебитных скважин позволяет обеспечить максимальный КПД погружного оборудования и снизить удельное потребление электроэнергии.

Применение энергоэффективных установок для высокодебитных скважин занимает приоритетное место при добыче нефти. Рассмотрим три ступени ПК «Борец». В данном случае мы имеем ввиду диапазон КПД ступеней насосов 68–71% при рекомендуемом диапазоне подач 159 установок «Борец-Weatherford» и одну ступень –864 м³/сут. (табл. 3).

Таблица 3. Энергоэффективные ступени ЭЦН
Table 3. Energy Efficient ESP Stages

Ступени Steps	Рекомендуемый диапазон подач, м ³ /сут Recommended feed range, m ³ / day	Максимальный КПД, % Maximum efficiency, %
ESP 400-1750	159-334	71
ESP 400-2200	199-421	71
ESP 400-4500	397-858	68
ЭЦНМИК5А-600	480-864	68

Разница в значениях КПД для сравниваемых насосов при подаче 250 м³/сут составляет 15%. Как показывают расчеты, общая энергоэффективность установки ESP 400-1750 с вентиляционным электродвигателем превышает показатели серийно поставляемой УЭЦН того же диапазона подач на 30,5%, что обеспечивает экономию расходов на электроэнергию (табл. 4).

Таблица 4. Сравнительный анализ энергоэффективной и серийно поставляемой УЭЦН
Table 4. Comparative analysis of energy efficient and commercially supplied ESP systems

Параметры Options	Подача, м ³ /сут Delivery, m ³ / day	Напор, м Head, m	Количество ступеней Number of steps	Номинальная частота вращения, об./мин Rated rotational speed, rpm	КПД насоса, % Efficiency pump%
ESP 400-1750	250	2000	440	3000	71
УЭЦНД5А 250-2000	250	2000	345	2917	56

Во втором случае анализ проведен для насосов с подачей 400 м³/сут.

При сравнении характеристик насоса ESP 400–2200 с вентильным электродвигателем и насоса ЭЦНД5А-400 с асинхронным ПЭД с напорами 2000 м преимущество энергоэффективной установки ESP 400–2200 с ВЭД обеспечивает экономию расходов на электроэнергию на 31% (табл. 5).

Таблица 5. Сравнительный анализ энергоэффективной и серийно поставляемой УЭЦН
Table 5. Comparative analysis of energy efficient and commercially supplied ESP systems

Параметры Options	Подача, м ³ /сут Delivery, m ³ / day	Напор, м Head, m	Количество ступеней Number of steps	Номинальная частота вращения, об./мин Rated rotational speed, rpm	КПД насоса, % Efficiency pump%
ESP 400-2200	400	2000	223	3900	71
УЭЦНД5А 400-2000	400	2000	423	2910	58

Подобного эффекта можно добиться и при использовании высокодебитных насосов с КПД 68%, в частности, насосов «Борец-Weatherford» на 4500 барр./ сут и серийно поставляемых насосов ЭЦНМИК5А-600. Компания ТНК-ВР в ближайшее время планирует проведение опытно-промышленных испытаний около 50 энергоэффективных установок компании «Борец» для высокодебитных скважин.

Вывод. Сравнительный анализ энергоэффективности представленных насосов показывает, что применение энергоэффективных УЭЦН производства ООО «ПК «Борец» позволит снизить затраты на электроэнергию в среднем на 30%.

Использование энергоэффективных УЭЦН для эксплуатации высокодебитных и низкодебитных скважин позволяет обеспечить максимальный КПД погружного оборудования.

Библиографический список

1. Progressive Cavity Pump [Электронный ресурс]. – Режим доступа: bestpump.com/progressive-cavity.
2. Погружные насосы для скважин: виды, характеристики, монтаж.- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: energomir.net/vodoprovod
3. Погружные насосы для скважин: виды, характеристики, монтаж. – Электронный ресурс. – Режим доступа: best-pump.com/progressive-cavity/
4. Industrial Pumps, Screw Pump Manufacturers, Dosing Pumps Suppliers.- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: padmavatisalesandservices.com.
5. Ахмедпашаев М.У. Повышение ресурса работы винтов погружных насосов виброобработкой их поверхностей / А.У. Ахмедпашаев, М.У Ахмедпашаев, Ж.Б. Бегов //Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016.Т.33. № 4. С. 17-24.
6. Belen P. Thermodynamic assessment of the Ni - Ti phase diagram / P. Belen, K.C.H. Kumar, P.Wolman's // Z. Metallkde. 1996. Bd. 87. N.1. pp.2–13.
7. Begelinger A. Reibung Verschleip und Betriebsrauhigkeit bei verschie denen Lagerwerkstoffen /A. Begelinger // Ind Anz. 1981. V. 103, № 24. pp. 64-67.
8. Roller Burnishing. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: mollart.com/tooling/roller.
9. Fariborz Kavoussi / ESP life cycle / OMV Exploration and Production, 16.9.2013
10. Screw Pump - Progressive Cavity Screw Pump Manufacturer from Nashik.- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: positivemeteringpump.com/screw.
11. Gabor Takacs / Design and analysis of ESP installations, U.S.A. 2009.
12. Hisham A. Mubarak, Farooq A. Khan, Dr Mehmet M. Oskay / ESP failures / Analysis / Solutions in Divided Zone – Case study, Society of Petroleum Engineers 81488, 5-8 April 2003.
13. Ивановский В.Н. Скважинные насосные установки для добычи нефти / В.Н. Ивановский, В.И. Дарищев, А.А. Сабиров [и др.]. – М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002. 824 с.
14. Каталог центробежных насосов компании Emet Imprex Pl. Варшава 1998г.
15. Молчанов А. Г. Машины и оборудование для добычи нефти и газа; Альянс - Москва, 2013. 588 с
16. Осипов П.Е. Гидравлика, гидравлические машины и гидропривод: Уч. Пособие. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Лесная промышленность. 1981. 424 с.
17. Погребная И.А., Михайлова С.В., Казаринов Ю.И. Основы гидравлики и гидропневмопривода, Логос - Ставрополь, 2018 с.90

18. Погребная И.А., Михайлова С.В. Центробежные насосы. /Вопросы современной науки Монография, том 32, Интернаука - Москва, 2018. С. 59-75.
19. Погребная И.А., Михайлова С.В. Эксплуатация блока осушки попутного нефтяного газа на примере установки №4 общества с ограниченной ответственностью «Нижневартовский газоперерабатывающий комплекс» Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы международной научно-практической конференции / т. 3. – Тюмень: ТИУ, 2017. 369 с. 87-90.
20. Погребная И.А., А.Х. Мустафаев. Проблема кавитации в нефтегазопромысловом оборудовании. Статья Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития нефтегазопромыслового комплекса. Материалы 5 региональной научно-практической конференции обучающихся ВО, аспирантов и ученых. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. с. 368 - 372
21. Подвинцев И.Б. Нефтепереработка. Практический вводный курс; Интеллект - Москва, 2011. 120 с

References:

1. Progressive Cavity Pump [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: bestpump.com/progressive-cavity. [Progressive Cavity Pump [Electronic resource]. - Access Mode: bestpump.com/progressive-cavity. (In Russ.)]
2. Pogruzhnyye nasosy dlya skvazhin: vidy, kharakteristiki, montazh.- [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: energomir.net/vodoprovod [Submersible pumps for wells: types, characteristics, installation .- [Electronic resource]. - Access Mode: energomir.net/vodoprovod(In Russ.)]
3. Pogruzhnyye nasosy dlya skvazhin: vidy, kharakteristiki, montazh. – Elektronnyy resurs. – Rezhim dostupa: bestpump.com/progressive-cavity/ [Submersible pumps for wells: types, characteristics, installation. - Electronic resource. - Access Mode: best-pump.com/progressive-cavity/(In Russ.)]
4. Industrial Pumps, Screw Pump Manufacturers, Dosing Pumps Suppliers.- [Electronic resource]. - Access mode: padmavatisalesandservices.com.
5. Akhmedpashayev M.U Povysheniye resursa raboty vintov pogruzhnykh nasosov vibroobkatkoy ikh poverkhnostey / A.U. Akhmedpashayev, M.U Akhmedpashayev, Zh.B. Begov //Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. 2016. T.33. № 4. S. 17-24 [Ahmedpashaev M.U. Increasing the service life of the screws of submersible pumps by vibro-rolling of their surfaces / A.U. Akhmedpashaev, M.U. Akhmedpashaev, Zh.B. Begov // Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Science. 2016. T.33. No. 4. pp. 17-24. (In Russ.)]
6. Belen P. Thermodynamic assessment of the Ni - Ti phase diagram / P. Belen, K.C.H. Kumar, P. Wolman's // Z. Metallkde. 1996. Bd. 87. N.1.pp.2–13.
7. Begelinger A. Reibung Verschleip und Betriebsrauhigkeit bei verschie denen Lagerwerkstoffen / A. Begelinger // Ind Anz. 1981. V. 103, No. 24. pp. 64-67.
8. Roller Burnishing. - [Electronic resource]. - Access mode: mollart.com/tooling/roller.
9. Fariborz Kavoussi / ESP life cycle / OMV Exploration and Production, 09.16.2013
10. Screw Pump - Progressive Cavity Screw Pump Manufacturer from Nashik. [Electronic resource]. Access mode: positivemeteringpump. com / screw.
11. Gabor Takacs / Design and analysis of ESP installations, U.S.A. 2009
12. Hisham A. Mubarak, Farooq A. Khan, Dr Mehmet M. Oskay / ESP failures / Analysis / Solutions in Divided Zone - Case study, Society of Petroleum Engineers 81488, April 5-8, 2003.
13. Ivanovskiy V.N. Skvazhinnyye nasosnyye ustanovki dlya dobychi nefi / V.N. Ivanovskiy, V.I. Darishchev, A.A. Sabirov [i dr.]. – M.: GUP Izd-vo «Nef't' i gaz» RGU nef'ti i gaza im. I.M. Gubkina, 2002. – 824 s. [Ivanovsky V.N. Well pumping units for oil production / V.N. Ivanovskiy, V.I. Darishchev, A.A. Sabirov [et al.]. M.: State Unitary Enterprise Publishing House “Oil and Gas” of the Russian State University of Oil and Gas named after THEM. Gubkina, 2002 . 824 p. (In Russ.)]
14. Emet Impex Pl Centrifugal Pump Catalog Warsaw 1998.
15. Molchanov A. G. Mashiny i oborudovaniye dlya dobychi nefi i gaza; Al'yans - Moskva, 2013. - 588 c [Molchanov A. G. Machines and equipment for oil and gas production; Alliance - Moscow, 2013 . 588 p.
16. Osipov P.Ye. Gidravlika, gidravlicheskiye mashiny i gidroprivod: Uch. Posobiye. 3-ye izd., pererab. i dop. - M.: Lesnaya promyshlennost'. 1981. 424 s. [Osipov P.E. Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drive: Uch. Allowance. 3rd ed., Revised. and add. M.: Forest industry. 1981. 424 p. (In Russ.)]
17. Pogrebnaya I.A., Mikhaylova S.V., Kazarinov YU.I. Osnovy gidravliki i gidropnevmooprivoda, Logos - Stavropol', 2018 s.90 [Pogrebnaya I.A., Mikhailova S.V., Kazarinov Yu.I. Fundamentals of hydraulics and hydropneumatic drive, Logos - Stavropol, 2018 p.90 (In Russ.)]
18. Pogrebnaya I.A., Mikhaylova S.V. Tsentrobezhnyye nasosy. /Voprosy sovremennoy nauki Monografiya, tom 32, Internauka - Moskva, 2018. – 59-75 c. [Pogrebnaya I.A., Mikhailova S.V. Centrifugal pumps. / Issues of Modern Science Monograph, Volume 32, Internauka - Moscow, 2018. pp 59-75 (In Russ.)]
19. Pogrebnaya I.A., Mikhaylova S.V. Ekspluatatsiya bloka osushki poputnogo neftyanogo gaza na primere ustanovki №4 obshchestva s ogranichennoy otvetstvennost'yu «Nizhnevartovskiy gazopererabatyvayushchiy kompleks» Novyye tekhnologii – neftegazovomu regionu: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / t. 3.

- Tyumen': TIU, 2017. – 369 s. 87-90. [Pogrebnyaya I.A., Mikhailova S.V. Operation of the associated petroleum gas dehydration unit as exemplified by installation No. 4 of the Nizhnevartovsk Gas Processing Complex Limited Liability Company New technologies for the oil and gas region: materials of the international scientific and practical conference / vol. 3. - Tyumen: TIU, 2017. 369 pp. 87-90 (In Russ.)]
20. Pogrebnyaya I.A., A.Kh. Mustafayev Problema kavitatsii v neftegazopromyslovom oborudovanii. Stat'ya Opyt, aktual'nyye problemy i perspektivy razvitiya neftegazopromyslovogo kompleksa. Materialy 5 regio-nal'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii obuchayushchikhsya VO, aspirantov i uchenykh. – Tyumen': TyumGNGU, 2015. – s. 368 - 372 [Pogrebnyaya I.A., A.Kh. Mustafayev The problem of cavitation in oil and gas equipment. Article Experience, current problems and prospects for the development of the oil and gas industry. Materials of the 5th regional scientific-practical conference of students of higher education, graduate students and scientists. - Tyumen: Tsogu, 2015. pp. 368 – 372 (In Russ.)]
21. Podvintsev I. B. Neftepererabotka. Prakticheskiy vvodnyy kurs; Intellect - Moskva, 2011. 120 s [Podvintsev I. B. Oil refining. Practical introductory course; Intellect - Moscow, 2011. 120 p. (In Russ.)]

Сведения об авторах.

Михайлова Светлана Викторовна – ассистент, кафедра «Нефтегазовое дело».

Погребная Ирина Алексеевна – доцент, кандидат педагогических наук, кафедра «Нефтегазовое дело».

Information about the authors.

Svetlana V. Mikhaylova – Assistant, Department of Oil and Gas Business.

Irina A. Pogrebnyaya – Cand.Sci. (Pedagogical), Assoc. Prof., Department of Oil and Gas Business.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 30.03.2019.

Принята в печать 26.04.2019.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 30.03.2019.

Accepted for publication 26.04.2019.