

УДК 622.323

В.Н. Ивановский¹, e-mail: ivanovskiyvn@yandex.ru

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (Москва, Россия).

К вопросу о параметрических рядах установок электроприводных центробежных насосов

Для нефтяной промышленности России установки электроприводных центробежных насосов (УЭЦН) являются основным видом оборудования, обеспечивающим подъем пластового флюида на поверхность Земли.

В связи с постоянным изменением условий эксплуатации нефтяных месторождений инженеринговые и машиностроительные фирмы создают все новые виды УЭЦН, причем за последние 6–8 лет создано и предлагается нефтяникам больше типоразмеров УЭЦН, чем было создано за все предыдущие годы существования этих агрегатов. Например, только в базе данных ПО «Автотехнолог» имеется более 2200 типов насосов (ЭЦН), более 1390 типов погружных двигателей (ПЭД), более 250 типов газосепараторов и газовых диспергаторов. Такое количество вариантов оборудования, которое может быть использовано для добычи нефти, приводит к двоякому результату. С одной стороны, практически для каждой скважины может быть найден оптимальный вариант оборудования, который обеспечит максимальную эффективность добычи нефти из этой конкретной скважины. С другой – огромное количество типоразмеров оборудования приводит к неоправданным затратам на изготовление, испытание, хранение, обслуживание, ремонт и т. д. самого оборудования.

Поэтому, а также в связи с широким распространением частотно-регулируемого привода ПЭД и технологий циклической эксплуатации или условно-постоянной работы (УПР) скважин, снова стал актуальным вопрос о типоразмерном ряде УЭЦН.

В статье представлены научные предпосылки создания параметрического ряда насосов ЭЦН по главному параметру – подаче в номинальном режиме, дана информация о современном параметрическом ряде насосов ЭЦН и его особенностях.

Показаны тенденции к изменению количества типоразмеров ЭЦН с учетом возможности использования частотно-регулируемого привода и технологий условно-постоянной работы скважин, предложен уточненный параметрический ряд главного параметра скважинных лопастных насосов – подача в номинальном режиме при частоте вращения ротора насоса 2910 об/мин. Применение такого ряда позволит существенно сократить затраты не только фирм-производителей этого вида оборудования, но и сервисных компаний и нефтяников. Все это приведет к значительному снижению совокупной стоимости владения основным видом нефтедобывающего оборудования – установок электроприводных лопастных насосов.

Ключевые слова: установка электроприводного центробежного насоса, параметрический ряд, количество типоразмеров, частотно-регулируемый привод, совокупная стоимость владения.

.....

V.N. Ivanovskiy¹, e-mail: ivanovskiyvn@yandex.ru

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (Moscow, Russia).

The Question Of Parametric Series Of Equipments Of Electric Submersible Centrifugal Pumps

For the Russian oil industry installation of electric submersible centrifugal pumps (ESP) are the main equipment for lift formation fluids to the surface of the Earth.

Due to the constant changing conditions of exploitation of oil fields of engineering and machine-building firms create new types of ESP; only in the last 6–8 years created and given to the oil companies more sizes ESP, than was created in all previous years. For example, in a database of soft «Autotechnology» there are more than 2200 types of pumps (ESPs), 1390 more types of submersible motors (SEM), more than 250 types of gas separators and gas dispersers. A number of

options of equipment that can be used for oil extraction, leads to a twofold result: on the one hand, almost for each well can be found the best option of equipment to maximize the efficiency of oil production from this particular well; on the other hand, a large number of sizes of equipment leads to unnecessary costs for the manufacture, testing, storage, maintenance, repair etc. of the equipment.

In this regard, and in connection with the widespread use of variable speed drives for SEM technologies and cyclic operation or conditional-constant operation (CCO) of the wells again became a topical issue on the ESP standard series.

The article presents the scientific background for the creation of parametric series of pumps ESP on the main parameter is the flow in the nominal mode, given information about the current parametric number of pumps ESP and its features.

Shown tendencies to change the number of sizes of ESPs with regard to the use of variable speed drives and technology conditionally-constant operation of the wells, the updated parametric range of the main parameter of the downhole centrifugal pumps – flow in the nominal mode when the of speed rotation of the rotor of the pump 2910 r/min. The use of this number will significantly reduce the cost not only manufacturers of this type of equipment, but also the costs of the service companies and oil companies. All this will lead to a significant reduction in total cost of ownership the main type of oil production equipment – electric centrifugal pumps.

Keywords: unit of electric submersible centrifugal pump, parametric number, number of standard sizes, variable speed drive, total cost of ownership.

Для нефтяной промышленности России УЭЦН являются основным видом оборудования, обеспечивающего подъем пластового флюида на поверхность Земли [1].

В связи с постоянным изменением условий эксплуатации нефтяных месторождений инжиниринговые и машиностроительные фирмы создают все новые виды УЭЦН. Необходимо отметить, что только за последние 6–8 лет создано и предлагается нефтяникам больше типоразмеров УЭЦН, чем было создано за все предыдущие годы существования этого вида оборудования. Например, только в базе данных ПО «Автотехнолог» имеется более 2200 типов насосов (ЭЦН), более 1390 типов погружных двигателей (ПЭД), более 250 типов газосепараторов и газовых диспергаторов [2]. Такое количество вариантов оборудования, которое может быть использовано для добычи нефти, приводит, с одной стороны, к тому, что практически для каждой скважины может быть найден оптимальный вариант оборудования, которое обеспечит максимальную эффективность добычи нефти из этой конкретной скважины. С другой стороны, огромное количе-

ство типоразмеров оборудования обуславливает неоправданные затраты на изготовление, испытание, хранение, обслуживание, ремонт и т. д. самого оборудования.

В связи с этим, а также по причине широкой распространенности частотно-регулируемого привода ПЭД и технологий циклического или условно-постоянной работы (УПР), снова стал

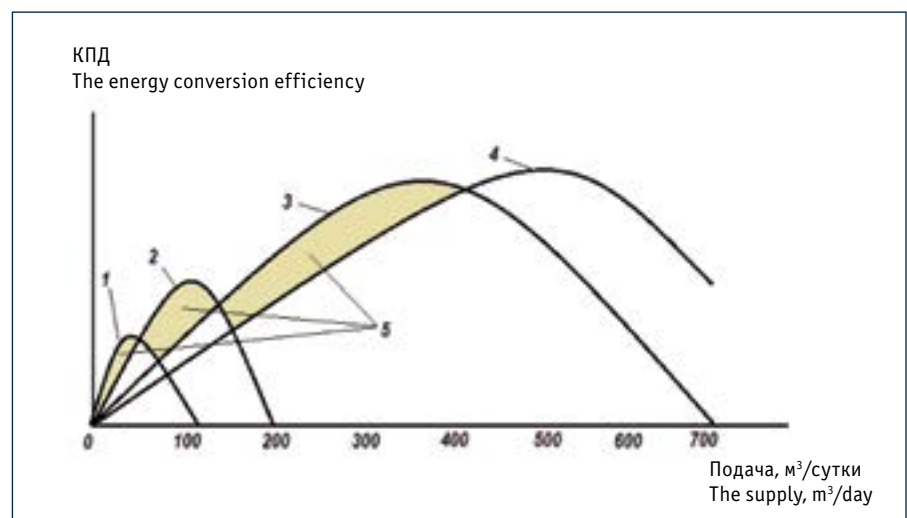


Рис. 1. График изменения коэффициента полезного действия скважинных центробежных насосов в зависимости от числа типоразмеров насосов в параметрическом ряду [3]:

1, 2, 3, 4 – зависимости КПД от подачи для разных насосов; 5 – зоны повышенной энергоэффективности

Fig. 1. The graph of the changes of the energy conversion efficiency of downhole centrifugal pumps, depending on the number of pump sizes in the parametric series [3]:

1, 2, 3, 4 – dependence of the energy conversion efficiency on the supply for different pumps; 5 – zones of increased energy efficiency

Ссылка для цитирования (for citation):

Ивановский В.Н. К вопросу о параметрических рядах установок электроприводных центробежных насосов // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2017. № 6. С. 56–62.

Ivanovskiy V.N. The Question Of Parametric Series Of Equipments Of Electric Submersible Centrifugal Pumps. Territorija «NEFTEGAZ» = Oil and Gas Territory, 2017, No. 6, P. 56–62. (In Russian)

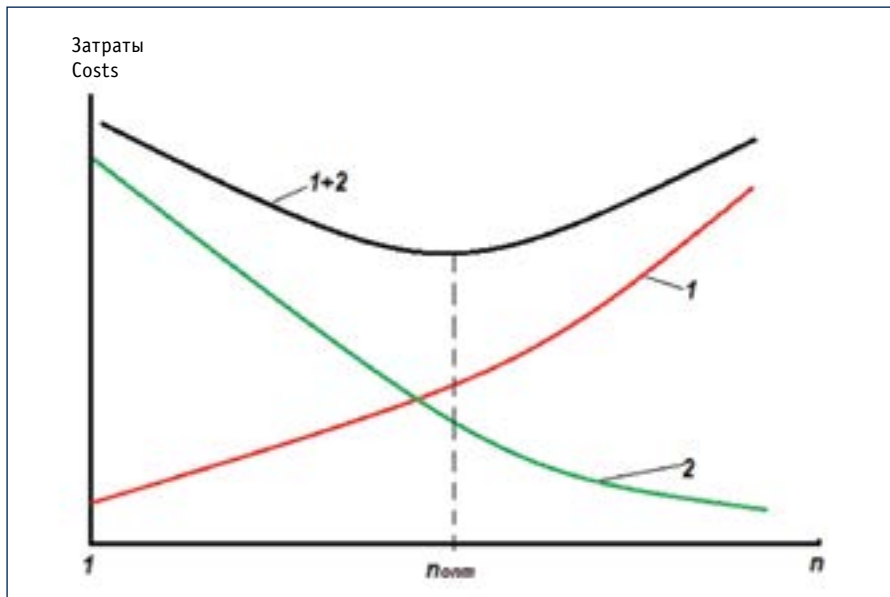


Рис. 2. График для выбора оптимального числа типоразмеров насосов в параметрическом ряду [3]
 Fig. 2. The graph for selecting the optimum number of sizes in parametric range [3]

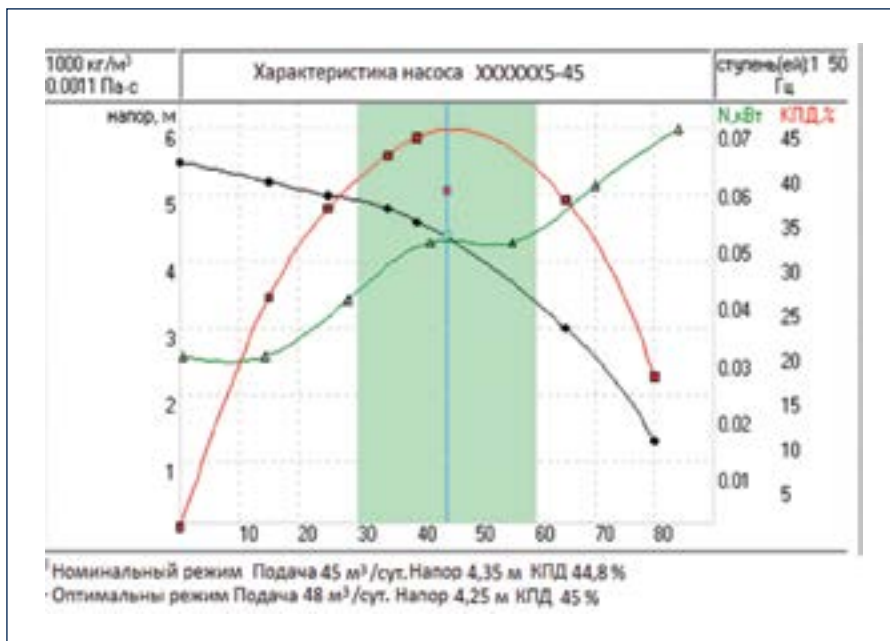


Рис. 3. Характеристики ступеней ЭЦН «разных» типоразмеров. Зеленым цветом обозначены рабочие части характеристик (рабочие диапазоны), указанные фирмами-производителями
 Fig. 3. The characteristics of ESP stages «of different» sizes. The working parts of characteristics (operating range) specified by the manufacturers are marked green

актуальным вопрос о типоразмерном ряду УЭЦН. Типоразмерный, или параметрический ряд – это ряд значений главного параметра или главных параметров оборудования. Как известно, создание обоснованных параметрических рядов обеспечивает рациональное применение оборудо-

вания с наименьшим количеством типоразмеров машин при широком поле параметров. Как всякая работа по созданию оборудования, она начиналась со сбора данных по потребности в установках ЭЦН и условиям эксплуатации этого вида оборудования. Эти данные собираются по требуемым параметрам (подача, ди-

аметр скважин, напор), характеристике откачиваемой жидкости, возможным условиям эксплуатации и ремонта. На базе опыта создания и применения используемых типоразмеров ЭЦН в свое время было выполнено технико-экономическое сравнение с другими типами насосов и определены предпочтительные области применения ЭЦН. Сначала, в 1960–1970-е гг., были определены нижний предел подач (около 40 м³ жидкости в сутки) и физико-химические свойства откачиваемого пластового флюида: малые и средние по вязкости жидкости, наличие механических примесей твердостью до 5 баллов по шкале Мооса – не более 0,1 г/л и т. д. Для установок ЭЦН был выбран главный параметр для ряда насосов – подача. Анализ конструкции и продуктивности нефтяных скважин и конструктивная проработка различных исполнений насоса выявили возможные пределы главного параметра (40–700 м³/сут), рациональные диаметры насоса (90–130 мм) и дали базу для анализа коэффициента полезного действия насоса. В принципе для всего диапазона подач (40–700 м³/сут) можно было бы использовать всего один насос (рис. 1, кривая 1). При этом эксплуатация при разных подачах (например, при 40 или 600 м³/сут) велась бы с весьма малым КПД. Для устранения областей нерационально низкого КПД необходимо увеличить число типоразмеров насосов (рис. 2, кривые 2 и 3) [3]. Анализ потребности в установках ЭЦН с разными подачами дал требуемое количество установок для каждой области подач (40 м³/сут, 100 м³/сут и т. д.). Это позволило определить затраты на освоение и ремонт различного количества типоразмеров насосов (рис. 1, кривая 1). Чем больше в производстве число типоразмеров n , тем больше затрат на освоение производства насосов (больше проектной документации, больше моделей для литья рабочих органов, приспособлений для изготовления и сборки других элементов насосных установок, больше номенклатура запчастей, приспособлений для ремонта и пр.). Энергетические затраты (рис. 2, кривая 2) с увеличением числа типоразмеров



Высокоэффективные уплотнения «Аксиос» – для надежной герметизации оборудования



Ассоциация компаний «Аксиос» – это инновационное производство уплотнений для всех видов промышленности и пример успешной работы в импортозамещении

400005, г. Волгоград,
ул. Бакинская, 15
Тел./факс: (8442) 23-9991
E-mail: aksios-34@aksios.com

www.aksios.com

Более четверти века Ассоциация компаний «Аксиос» на своей высокотехнологичной производственной базе занимается производством продукции РТИ по инновационным технологиям. На предприятии используется самое современное оборудование, только оригинальное сырье высокого качества.

Мы оперативно решаем проблемы там, где присутствует большая номенклатура уплотнителей, где нужны нестандартные решения или не подходят обычные материалы.

ПРЕИМУЩЕСТВА УСТАНОВКИ УПЛОТНИТЕЛЕЙ АССОЦИАЦИИ КОМПАНИЙ «АКСИОС»:

- увеличение срока эксплуатации уплотнительных элементов в десятки раз;
- повышение работоспособности и производительности;
- увеличение экономической рентабельности производства;
- сокращение временных затрат;
- предотвращение выхода из строя и простоя оборудования и связанных с этим финансовых издержек;
- надежность работы оборудования – повышение герметичности узлов;
- долговечность работы систем и высокая производительность;
- выход на новый уровень конкурентоспособности.

СОТРУДНИЧЕСТВО С АССОЦИАЦИЕЙ КОМПАНИЙ «АКСИОС» – ЭТО:

- высокая надежность благодаря большому опыту работы с 1990 года;
- гарантия качества используемых материалов – все исходное сырье проходит ультразвуковой контроль качества;
- высокая точность изготовления (от 0,01 мм);
- изготовление по любому стандарту – как импортному, так и отечественному;
- оперативность и индивидуальный подход – возможность поставки продукции в кратчайшие сроки, под размер конкретного оборудования;
- экспертная консультация и сопровождение;
- возможность изготовления изделий количеством от 1 шт.;
- предоставление образцов продукции на испытание.

НАША ПРОДУКЦИЯ:

- Штоковые уплотнения
- Поршневые уплотнения
- Роторные уплотнения
- Направляющие кольца
- Скрепки, грязесъемники
- Опорные кольца



«Мы с теми, кто считает деньги и время, кто бережет ресурсы и окружающую среду!»

Татьяна СКЛЯРОВА, директор Ассоциации компаний «Аксиос»,
член Экспертного совета по взаимодействию ТЭК со смежными отраслями промышленности
при Госдуме РФ, член Координационного совета по импортозамещению при Минпромторге РФ

уменьшаются в связи с возможностью подбора насосных установок с более высоким КПД в области его применения. По минимуму суммы этих затрат (ординаты по кривой 1 + ординаты по кривой 2) было определено оптимальное число типоразмеров насосных установок, составившее 8 типоразмеров ЭЦН. Это число было взято за основу при выборе ряда значений главного параметра в пределах 40–700 м³/сут. При этом были использованы предпочтительные ряды чисел, построенные по геометрическому ряду с коэффициентом $\varphi = 10^{1/k}$. Степень k берется равной 5, 10, 20, 40 и т. д. Соответственно, ряды обозначаются R_5 , R_{10} и т. д. Могут быть и производные ряды, где коэффициент φ берется в степени, например в третьей: $\varphi = 10^{3/k}$.

Для определения номинальных подач УЭЦН были выбраны числа из рядов R_5 и $R_{20/3}$.

В результате был получен следующий параметрический ряд главного параметра насосов ЭЦН (подача в номинальном режиме): R_5 4063100160250; $R_{20/3}$ 360500700.

Создание параметрического ряда насосов ЭЦН позволило при разработке провести широкую унификацию деталей: для всех типоразмеров насосов изготавливалось только 15 типов ступеней, использовалось четыре размера вала по диаметру, три размера корпусов по диаметру и три размера корпусов по длине. Такая унификация существенно облегчала и снижала стоимость изготовления и ремонта ЭЦН.

Однако в дальнейшем количество представителей параметрических рядов насосов ЭЦН по значению подачи в номинальном режиме стало стремительно расти, появились номинальные подачи в 15; 18; 20; 25; 30; 35; 45; 50; 60; 80; 125; 200; 320; 400; 800; 1000; 1500; 2000 м³/сут и более*. Такое расширение параметрического ряда было связано с политическими причинами (например, с «подготовкой трудового подарка»

* Разработки ЭЦН, в обозначении которых введены условные номинальные подачи в 79; 124 и т. д. м³/сут для того, чтобы потребители отличали эти насосы от изделий фирм-конкурентов, не указаны в качестве отдельных представителей параметрического ряда.

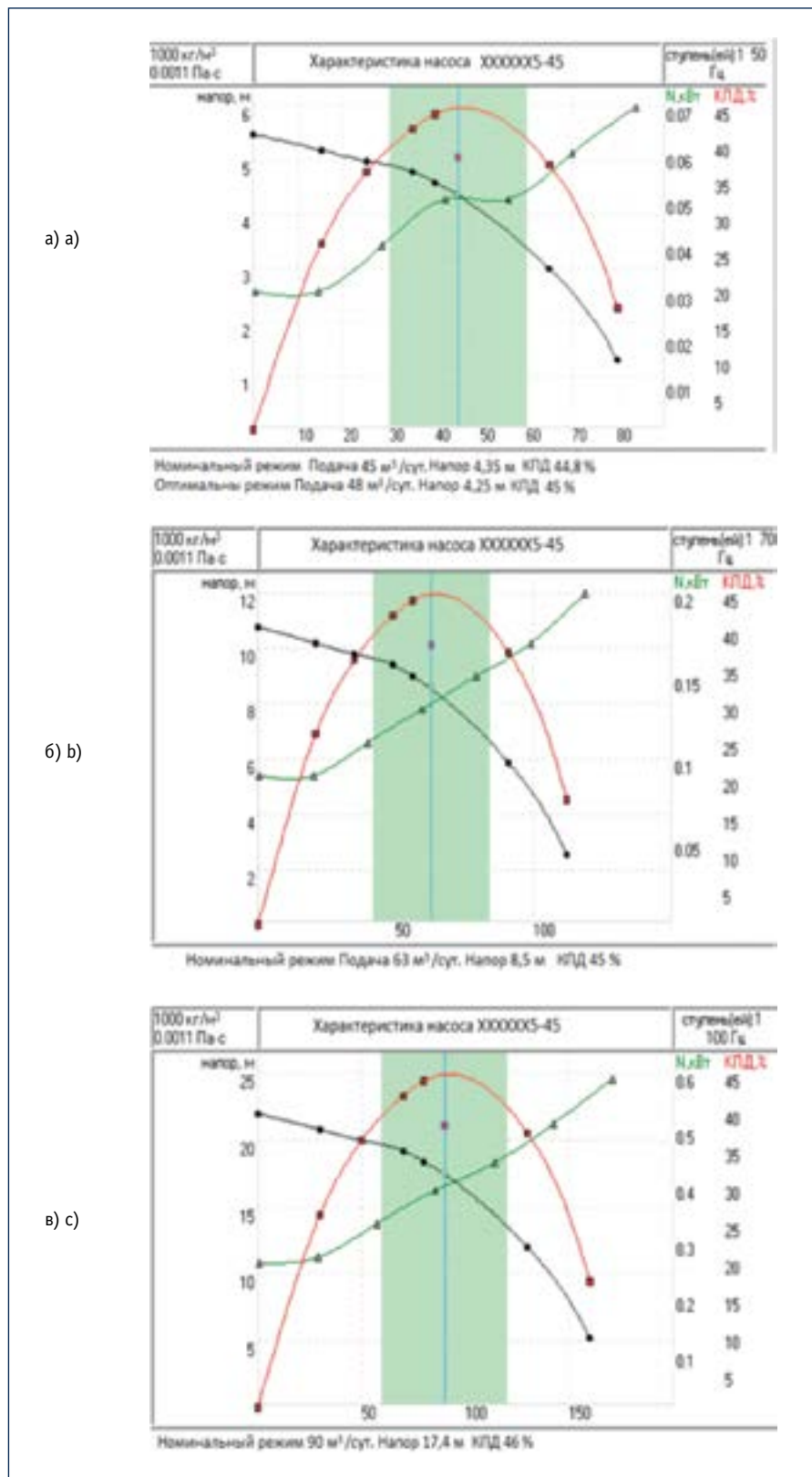


Рис. 4. Характеристики насосной ступени при различных частотах вращения рабочего колеса:

а) при частоте тока 50 Гц; б) при частоте тока 70 Гц; в) при частоте тока 100 Гц
 Fig. 4. The characteristics of the pump stage at different rotational speeds of the impeller:
 а) at current frequency 50 Hz; б) at the current frequency of 70 Hz; в) at the current frequency of 100 Hz

Результат подбора электроприводного насоса (Qж=25 м³/сут) использовалась поправка "Вогель-вода"

Центробежный насос: 10.13ЦНМ5-30-1850 (БОРЕЦ)

Длина подвески	2356 м	Темп набора кривонны	0.203 °/10м
Зенит	15 °	Макс. откл. от вертикали	28.75 °
Азевул	304 °	Отривка/Олт.	1
Св. газ на приеме	10.08 %	КЛД	32.33 %
Давление на приеме	4.5 МПа	КЛДпривода/КЛДнаос.	0.92
Температура на вых.	68.76 °С	Мощность насоса	19.35 кВт
Забойное давление	6.17 МПа		
Динамический уровень	1601 м		

Газосепаратор: не установлен [К.сеп. =0.44]

Двигатель: ЭДБ24-95 В5 (БОРЕЦ)

Рабочая частота	50 Гц	Скорость вращ. вала	2917 1/мин
Скорость жидк.	0.095 м/с	Мин. допустимая	0.1 м/с
Мощность двигателя	24 кВт	Гидрозащита	1.652
Мощность потребленная двигателем	24.37 кВт		

Кабель [основной кабель используется до 80°C]

Мощность потерь в кабеле:	3.34 кВт
Основной:	++QY9F5 (16 мм, 90 °С)
Идеальный:	++QY9F6 (13 мм, 90 °С)
Мощность с учетом потерь	28.31 кВт
Суточное потребление энергии	679 кВт*час

а) а)

Результат подбора электроприводного насоса (Qж=25.8 м³/сут) использовалась поправка "Вогель-вода"

ПЕРИОДИКАЛ откл.ка 0.15час, накопление 0.42час, Нстат. 0м

Центробежный насос: 02153ЦНАКН5А-125М-1950 (АЛНАС Р)

Длина подвески	2356 м	Темп набора кривонны	0.203 °/10м
Зенит	15 °	Макс. откл. от вертикали	28.75 °
Азевул	304 °	Отривка/Олт.	1.57
Св. газ на приеме	12.22 %	КЛД	54.31 %
Давление на приеме	3.04 МПа	КЛДпривода/КЛДнаос.	0.95
Температура на вых.	62.87 °С	Мощность насоса	61.31 кВт
Забойное давление	5.55 МПа		
Дин. макс. зрнь	1700 м	Дин. макс. зрнь	1650 м

Газосепаратор: не установлен [К.сеп. =0.44]

Двигатель: ПЗДН70-117-2000/В4 (Новомет)

Рабочая частота	50 Гц	Скорость вращ. вала	2917 1/мин
Скорость жидк.	0.081 м/с	Мин. допустимая	0.3 м/с
Мощность двигателя	70 кВт	Гидрозащита	7.3452
Мощность потребленная двигателем	74.51 кВт		

Кабель [основной кабель используется до 80°C]

Мощность потерь в кабеле:	3.91 кВт
Основной:	++QY9F5 (16 мм, 90 °С)
Идеальный:	++QY9F6 (13 мм, 90 °С)
Мощность с учетом потерь	78.42 кВт
Суточное потребление энергии	283 кВт*час

б) б)

Рис. 5. Результаты работы УЭЦН при добыче нефти из малодобитной скважины:

а) при постоянной эксплуатации малодобитной насосной установкой; б) при УПР высокодобитной насосной установкой

Fig. 5. The results of ESP operation in the oil extraction from marginal wells:

а) at a constant operation of the marginal pump unit; б) at the conditionally-constant operation of high capacity pumping unit

к очередному съезду правящей партии), с решением коммерческих задач (предложение потребителям «новых видов» оборудования), а также с появлением новых объектов нефтедобычи, для которых применение других видов скважинных насосных установок или иных видов механизированной добычи нефти становилось экономически нецелесообразным. При этом существенно возросло количество типов ступеней (центробежно-вихревые, центробеж-

но-осевые, полуоткрытые, открытые, двухпорные и т. д.), диаметральных размеров корпусов, ступеней и валов насосов. Аналогичные процессы происходили в создании приводных электродвигателей, гидрозащиты, кабельной продукции и станций управления. Необходимо отметить, что есть случаи, когда имеющие совершенно разные обозначения изделия обладают практически идентичными рабочими

характеристиками (рис. 3). Фирмы-производители зачастую просто смещают в нужную сторону границы рабочей части характеристик насосов и указывают значения номинальных значений подачи, вписанные в обозначение насоса ЭЦН. Все более широкое использование в установках ЭЦН частотно-регулируемого привода (ЧРП), в том числе на основе синхронных электродвигателей на постоянных магнитах (вентильные

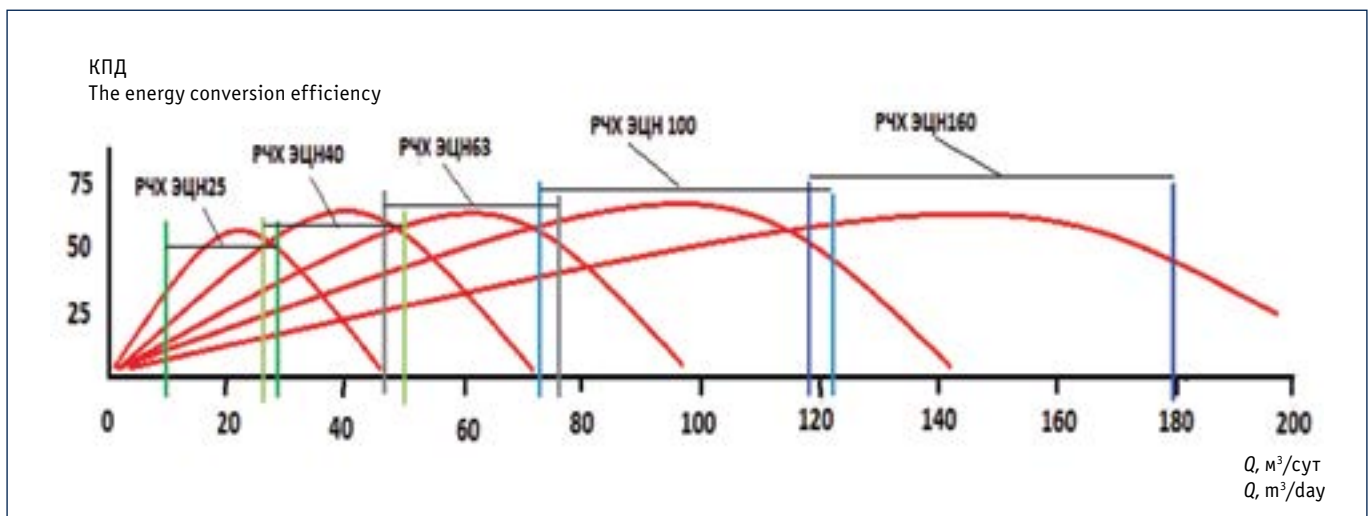


Рис. 6. Графики КПД представителей параметрического ряда ЭЦН при частоте вращения 2910 об/мин. РЧХ – рабочая часть характеристики.

Значения КПД и границ РЧХ даны условно

Fig. 6. The graphs of energy conversion efficiency of representatives of the parametric ESP series at a rotation speed of 2910 rpm. РЧХ (WPC) – is the working part of the characteristic. Values of energy conversion efficiency and WPC boundaries are given conditionally

электродвигатели), позволило некоторым разработчикам оборудования выдвинуть тезис о возможности существенного сокращения необходимого числа представителей параметрического ряда ЭЦН. Применение ЧРП позволяет за счет изменения частоты вращения роторов ЭЦН получать различные, отличающиеся в 1,2–4,0 раза от первоначальных, значения подачи насоса в оптимальном (или номинальном) режиме. Следовательно, считают эти разработчики оборудования, можно существенно расширить рабочие области применения любого представителя типоразмерного ряда ЭЦН и в несколько раз сократить оптимальное количество типоразмеров центробежных насосов для добычи нефти (рис. 4).

Другим фактором, позволяющим сделать вывод о возможности существенного сокращения необходимого числа представителей параметрического ряда ЭЦН, является научно обоснованное расширение применения циклической (периодической, условно-постоянной и т. д.) эксплуатации скважин с помощью УЭЦН [4].

Условно-постоянный режим (УПР) работы УЭЦН позволяет использовать для эксплуатации мало- и среднеде-

битных скважин (с дебитами до 40–50 м³/сут) эффективные высокодебитные насосные установки, которые не только повышают энергоэффективность добычи нефти (рис. 5), но и увеличивают наработку до отказа скважинного насосного оборудования. На рис. 5а указана причина возможного быстрого отказа СНО – недостаточная скорость движения пластовой жидкости для охлаждения погружного электродвигателя.

Анализ представленной информации позволяет сделать вывод о необходимости пересмотра существующей практики создания параметрического ряда лопастных насосов для добычи нефти [5].

В частности, предлагается следующий параметрический ряд главного параметра скважинных лопастных насосов (подача в номинальном режиме при частоте вращения ротора насоса 2910 об/мин): 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 800; 1000; 1600; 2000; 2500; 3000; 4000; 5000; 6300; 8000 м³/сут.

При этом номинальные значения подачи не должны отличаться от подачи в оптимальном режиме более чем на 10–20 % (большее значение отклонения подачи относится к насосам с номинальной подачей до 63 м³/сут).

Для номинальных дебитов от 25 до 160 м³/сут графики КПД представителей параметрического ряда должны будут выглядеть следующим образом (рис. 6).

Уменьшение количества представителей типоразмерного ряда ЭЦН по основному параметру – подаче в номинальном режиме – позволит существенно снизить затраты не только фирм-производителей этого вида оборудования, но и сервисных компаний и нефтяников. Все это приведет к значительному снижению совокупной стоимости владения основным видом нефтедобывающего оборудования – установок электроприводных лопастных насосов.

В статье не освещены вопросы использования различных конструктивных и технологических приемов создания ступеней ЭЦН (использование рабочих колес с различными коэффициентами быстроходности и разных условных диаметров, применение различных технологий изготовления элементов ступеней, вариантов комплектации насосных секций или модулей ступенями разной конструкции и/или с разными величинами основного параметра и т. д.), которые автор планирует рассмотреть в следующей публикации.

Литература:

1. Ивановский В.Н., Сабиров А.А., Деговцов А.В. и др. Вопросы энергоэффективности установок электроприводных центробежных насосов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2016. № 4. С. 25–30.
2. Сабиров А.А., Ивановский В.Н., Герасимов И.Н. и др. Программный комплекс «АВТОТЕХНОЛОГ» – элемент системы импортозамещения программного обеспечения для нефтяной промышленности России // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 11. С. 22–26.
3. Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования / Под ред. Л.Г. Чичерова. М.: Недра, 1987. 422 с.
4. Ивановский В.Н. Учет условий эксплуатации при проектировании периодических режимов работы скважин, оборудованных УЭЦН // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2013. № 6. С. 23–29.
5. ГОСТ Р 56830-2015. Нефтяная и газовая промышленность. Установки скважинных электроприводных лопастных насосов. Общие технические требования.

References:

1. Ivanovskiy V.N., Sabirov A.A., Degotsov A.V., et al. The Issues of Energy Efficiency of Installations of Electrically Driven Centrifugal Pumps. *Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa = The Equipment and Technologies for Oil and Gas Complex*, 2016, No. 4, P. 25–30. (In Russian)
2. Sabirov A.A., Ivanovskiy V.N., Gerasimov I.N., et al. The Software Complex AVTOTEHNOLOG is an Element of the Software Import Substitution System for the Russian Oil Industry. *Territorija «NEFTEGAZ» = Oil and Gas Territory*, 2016, No. 11, P. 22–26. (In Russian)
3. *The Calculation and Design of Oilfield Equipment*. Ed. by L.G. Chicherov. Moscow, Nedra, 1987, 422 pp. (In Russian)
4. Ivanovskiy V.N. Accounting of Operating Conditions in the Design of Periodic Operating Modes of Wells Equipped with ESPs. *Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa = The Equipment and Technologies for Oil and Gas Complex*, 2013, No. 6, P. 23–29. (In Russian)
5. All-Union State Standard R 56830-2015. Oil and Gas Industry. Installations of Downhole Electric Centrifugal Pumps. General Technical Requirements. (In Russian)