

УДК 622.276.53

А.В. Деговцов¹, e-mail: haertsss@rambler.ru; **Н.Н. Соколов¹**; **А.В. Ивановский¹**, e-mail: alivan95@yandex.ru;
Г.А. Лупский¹, e-mail: war366@yandex.ru; **И.Н. Мамалиев¹**, e-mail: 13_imam@mail.ru; **А.Ю. Аксенов¹**,
 e-mail: aksenov.212@mail.ru

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

О влиянии вязкости перекачиваемой жидкости на комплексную характеристику малогабаритных ступеней установок электроцентробежных насосов с открытыми рабочими колесами

Электроприводные центробежные насосы в большинстве случаев эксплуатируются в нефтяных скважинах с вязкостью жидкостей, значительно большей, чем вязкость воды. На работу электроцентробежных насосов вязкость оказывает негативное влияние – возрастает потребляемая мощность, а подача, напор и коэффициент полезного действия насоса и всей установки в целом снижаются. Исходные характеристики насоса, учитывающие его работу на воде, приходится пересчитывать с учетом реальных условий эксплуатации.

Разработка новых конструкций рабочих органов насосов, материалов и технологий изготовления рабочих колес и направляющих аппаратов требует пересмотра классической методики пересчета характеристик электроцентробежных насосов при работе с вязкими жидкостями, насчитывающей более 50 лет. Кроме того, актуален вопрос о точности пересчета характеристик современных ступеней электроцентробежного насоса при работе с вязкой жидкостью, особенно работающего по принципу центробежно-осевого движения жидкости.

В статье рассматривается влияние вязкой жидкости на характеристику насоса центробежно-осевого типа в габарите 2А (диаметр корпуса – 60 мм). Определены коэффициенты пересчета основных рабочих показателей ступеней при их работе с вязкими жидкостями, проведен сравнительный анализ коэффициентов пересчета, полученных на основании иных методик. Представлены новые данные о величинах пересчетных коэффициентов для малогабаритных ступеней насосов центробежно-осевого типа, работающих на вязкой жидкости.

Ключевые слова: электроприводной центробежный насос, центробежно-осевой насос, эксплуатация скважин, добыча нефти, рабочая характеристика насоса, вязкость, коэффициенты пересчета.

.....

А.В. Degovtsov¹, e-mail: haertsss@rambler.ru; **N.N. Sokolov¹**; **A.V. Ivanovskiy¹**, e-mail: alivan95@yandex.ru;
G.A. Lupskiy¹, e-mail: war366@yandex.ru; **I.N. Mamaliev¹**, e-mail: 13_imam@mail.ru; **A.Yu. Aksenov¹**, e-mail: aksenov.212@mail.ru

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

On the Influence of the Pumped Liquid Viscosity on the Complex Characteristics of Small-Sized Stages of Electric Submersible Pumps with Open Impellers

Electric submersible pumps are usually operated in oil wells where liquid has a viscosity much greater than a viscosity of water. The viscosity of pumped liquid negatively influences on the operation of electric submersible pumps, in particular, the power consumption increases, whereas, the delivery, head and efficiency of the pump and the whole plant reduce. The initial characteristics of the pump, taking into account its work on the water, have to be recalculated according to the actual operating conditions.

The development of new designs for the working parts of pumps, materials and technologies of the manufacture of impellers and guide apparatus requires a revision of the classical, created more than 50 years ago, technique for recalculating the

characteristics of electric centrifugal pumps working with viscous liquids. In addition, the issue of the accuracy of the recalculation of the characteristics of modern stages of an electric centrifugal pump working with a viscous liquid, and especially working on the principle of centrifugal-axial fluid motion, is also relevant.

The article considers the influence of viscous liquid on the characteristics of submersible centrifugal-axial pump with the 2A dimension (diameter of the body is 60 mm) The recalculation coefficients of the main working parameters of the stages during their operation on viscous liquids are determined, and a comparative analysis of the conversion factors obtained on the basis of other methods was carried out. The scientific novelty of the presented article can be attributed information on the values of the recalculation coefficients for small-sized centrifugal-axial-type steps operating on a viscous liquid. The paper presents new data on the values of the conversion factors for small-sized stages of centrifugal-axial pumps operating on a viscous liquid.

Keywords: electric submersible pump, centrifugal-axial pump, well operation, oil production, pump performance, viscosity, correction factors of recalculation.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПРАВЛЯЮЩЕГО АППАРАТА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТИПА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН, ОСЛОЖНЕННЫХ ВЫНОСОМ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ИЛИ БОЛЬШИМ ГАЗОСОДЕРЖАНИЕМ

В настоящее время производители погружных электроприводных центробежных насосов для добычи нефти ведут работы по созданию малогабаритных установок 3-го и 2А габаритов, в том числе для эксплуатации скважин с боковыми стволами малого диаметра. В качестве рабочих колес в малогабаритных установках используются центробежные ступени закрытого типа с малыми проходными каналами, ширина которых, как правило, составляет 3,5–4,5 мм, что негативно сказывается на работе насоса при эксплуатации скважин, осложненных выносом механических примесей или большим газосодержанием.

Одним из технических решений данных проблем является применение ступеней с открытыми рабочими колесами и осевыми лопатками [1].

Особенностью конструкции открытых ступеней является наличие осевых лопаток, расположенных от области выхода потока жидкости из рабочего колеса до его входа в центробежный направляющий аппарат.



Рис. 1. Направляющие аппараты: а) осевого типа; б) центробежного типа
Fig. 1. Guide apparatus: a) axial-flow type; b) centrifugal type

Применение направляющих аппаратов осевого типа (рис. 1а) в таких ступенях не является эффективным, так как в таком аппарате происходят значительные потери давления, что ведет к снижению напора ступени. Кроме того, при ударном воздействии потока на лопасти направляющего аппарата осевого типа образуются вихри и происходит турбулентное течение жидкости, что снижает гидравлический коэффициент полезного действия (КПД) ступени.

Поэтому было принято решение применить направляющий аппарат центробежного типа (рис. 1б).

Направляющий аппарат центробежного типа позволяет переводить кинетическую энергию потока в потенциальную с минимальными потерями давления.

Такие аппараты значительно уменьшают скорость потока жидкости и увеличивают напор, а также повышают КПД ступени, что является преимуществом в сравнении с направляющими аппаратами осевого типа.

Ступень центробежно-осевого насоса имеет следующие преимущества перед стандартными центробежными ступенями:

- возможность перекачивать пластовую продукцию с высоким газосодержанием на приеме насоса;
- снижение вероятности засорения насоса механическими примесями;
- меньшие осевые габариты.

В РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина разработана центробежно-осевая ступень электроприводного погружного центробежного насоса для добычи нефти с открытым лопастным рабочим колесом в габарите 2А, с номинальной подачей 25 м³/сут – ЭЦНО-2А-25 (рис. 2).



Рис. 2. Центробежно-осевая ступень ЭЦНО-2А-25 из стали 40Х13
Fig. 2. Centrifugally-axial step ETsNO-2A-25 from 40H13 steel

Для цитирования (for citation):

Деговцов А.В., Соколов Н.Н., Ивановский А.В., Лупский Г.А., Мамалиев И.Н., Аксенов А.Ю. О влиянии вязкости перекачиваемой жидкости на комплексную характеристику малогабаритных ступеней установок электроцентробежных насосов с открытыми рабочими колесами // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2018. № 1–2. С. 54–60.

Degovtsov A.V., Sokolov N.N., Ivanovskiy A.V., Lupskiy G.A., Mamaliev I.N., Aksenov A.Yu. On the Influence of the Pumped Liquid Viscosity on the Complex Characteristics of Small-Sized Stages of Electric Submersible Pumps with Open Impellers. Territorija «NEFTEGAS» = Oil and Gas Territory, 2018, No. 1–2, P. 54–60. (In Russ.)

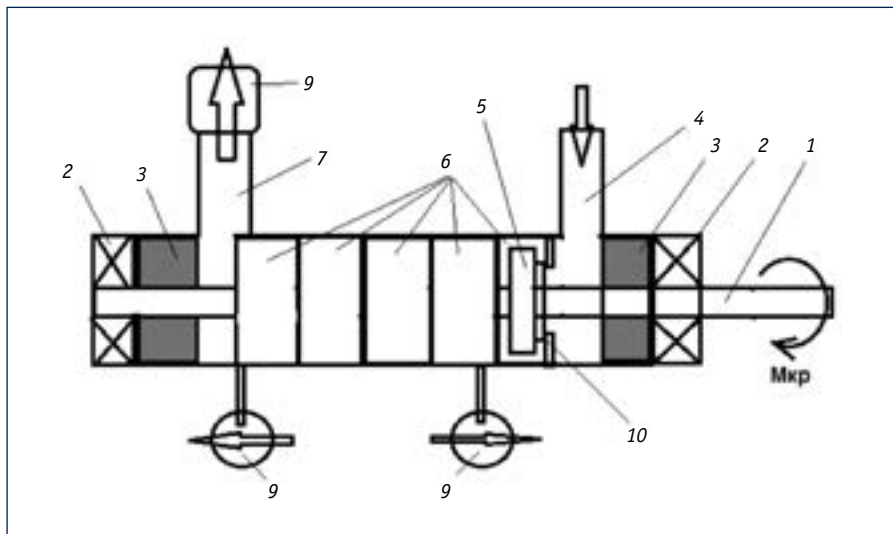


Рис. 3. Схема стэнда для испытания ступеней ЭЦН: 1 – приводной вал; 2 – подшипник вала; 3 – уплотнительный узел вала; 4 – входной патрубок; 5 – рабочее колесо; 6 – направляющие аппараты; 7 – нагнетательный патрубок; 8 – расходомер; 9 – манометры; 10 – узел опоры рабочего колеса на направляющий аппарат

Fig. 3. Scheme of bench for testing the electrical centrifugal pump steps: 1 – power shaft, 2 – shaft support bearing; 3 – shaft sealing assembly; 4 – inlet fitting; 5 – impeller, 6 – guide apparatus; 7 – discharge connection; 8 – flowmeter; 9 – manometers; 10 – impeller support assembly to the guide apparatus

ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ ПЕРЕКАЧИВАЕМОЙ ЖИДКОСТИ НА КОМПЛЕКСНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ МАЛОГАБАРИТНЫХ ОТКРЫТЫХ СТУПЕНЕЙ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Важным фактором, влияющим на характеристику лопастного насоса, является вязкость перекачиваемой жидкости. В настоящее время существуют различные методики пересчета характери-

ки центробежных насосов с воды на вязкую жидкость, причем наибольшее распространение получила методика, предложенная П.Д. Ляпковым [2]. Кроме того, существует зависимость характеристики насоса на вязкой жидкости от числа Рейнольдса Re : чем оно меньше, тем сильнее пересчетная характеристика отклоняется от характеристики насоса на воде [2–5]. Предложенные П.Д. Ляпко-

вым и другими авторами пересчетные коэффициенты были получены на основе испытаний определенных типов рабочих ступеней и не всегда дают хорошую сходимость при пересчете характеристики на вязкую жидкости. Так, П.Л. Янгулов, испытывая ступени 5-го габарита из чугуна и полимерных композитных материалов на разных вязкостях, получил настолько значительные расхождения с методикой П.Д. Ляпкина, что ему пришлось вывести новые формулы пересчета комплексной характеристики ступеней [6, 7].

Для изучения влияния вязкости перекачиваемой жидкости на комплексную характеристику малогабаритных открытых ступеней установок электроцентробежных насосов (УЭЦН) в лаборатории скважинных насосных установок кафедры машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина были проведены испытания опытных образцов ступеней ЭЦНО-2А-25, изготовленных из стали 40Х13 (рис. 2). Схема стэнда для снятия комплексной характеристики ступеней насосов представлена на рис. 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ СТУПЕНЕЙ ЭЦНО-2А-25, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СТАЛИ 40Х13

Испытания по получению комплексной характеристики проводились по специальной методике [7]. Количество уровней расходов жидкости (подачи насоса)

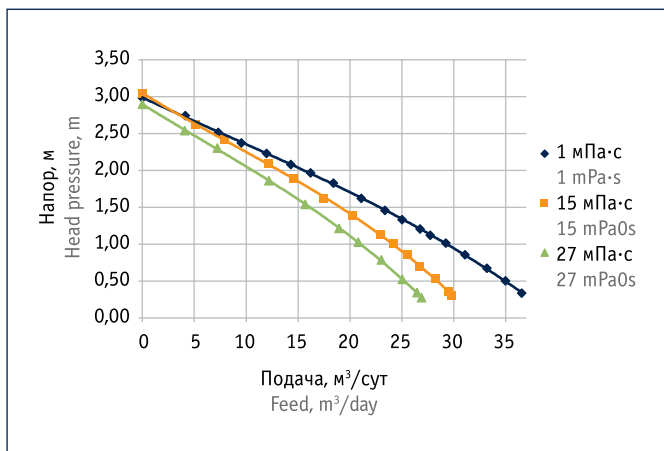


Рис. 4. Зависимость $H(Q)$ для ступени ЭЦНО-2А-25, изготовленной из стали 40Н13 при перекачке жидкости вязкостью 1; 15; 27 мПа·с
Fig. 4. Dependence of $H(Q)$ for the stage ETsNO-2A-25 made of 40H13 steel during transfer of fluid with viscosity of 1; 15; 27 mPa·s

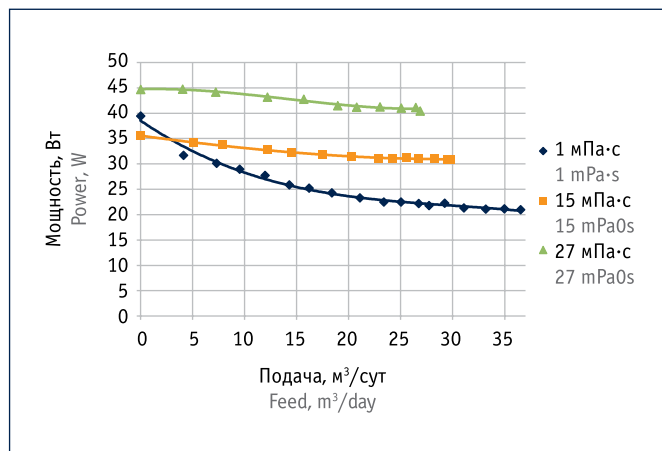


Рис. 5. Зависимость $N(Q)$ для ступени ЭЦНО-2А-25, изготовленной из стали 40Н13 при перекачке жидкости вязкостью 1; 15; 27 мПа·с
Fig. 5. Dependence of $N(Q)$ for the stage ETsNO-2A-25 made of 40H13 steel during transfer of fluid with viscosity of 1; 15; 27 mPa·s

Таблица 1. Пересчетные коэффициенты при работе опытного образца ступени ЭЦН0-2А-25, изготовленной из стали 40Х13, на жидкости с различной вязкостью

Table 1. Scaling factors for the operation of the stage ETsN0-2A-25 prototype, made of 40H13 steel, on fluid with different viscosities

Вязкость, мПа·с Viscosity, mPa·s	$K_{0,8Q_v}$	K_{Q_v}	$K_{1,2Q_v}$	$K_{0,8H_v}$	K_{H_v}	$K_{1,2H_v}$	$K_{0,8\eta_v}$	K_{η_v}	$K_{1,2\eta_v}$
15	0,8000	0,8000	0,8000	1,0000	1,0526	1,0928	0,6390	0,5965	0,5979
27	0,6250	0,6280	0,6267	0,9886	1,1579	1,2680	0,3909	0,3743	0,4229

Таблица 2. Пересчетные коэффициенты при работе ступени ЭЦН0-2А-25 на жидкости с различной вязкостью, рассчитанные по методике П.Д. Ляпкина [2, 8]

Table 2. Scaling factors for the operation of a stage ETsN0-2A-25 prototype on fluids with different viscosities, calculated by the method of P.D. Lyapkov [2, 8]

Вязкость, мПа·с Viscosity, mPa·s	$K_{0,8Q_v}$	K_{Q_v}	$K_{1,2Q_v}$	$K_{0,8H_v}$	K_{H_v}	$K_{1,2H_v}$	$K_{0,8\eta_v}$	K_{η_v}	$K_{1,2\eta_v}$
15	0,9591	0,9591	0,9591	1,0000	1,0000	1,0000	0,7930	0,7930	0,7930
27	0,9327	0,9327	0,9327	1,0000	1,0000	0,9999	0,7382	0,7382	0,7382

Таблица 3. Пересчетные коэффициенты при работе ступени ЭЦН0-2А-25 на жидкости с различной вязкостью, рассчитанные по методике П.Д. Ляпкина [2, 8] с учетом числа Рейнольдса [9]

Table 3. Scaling factors for the operation of a stage ETsN0-2A-25 prototype on fluids with different viscosities, calculated by the method of P.D. Lyapkov [2, 8], with allowance for the Reynolds number [9]

Вязкость, мПа·с Viscosity, mPa·s	$K_{0,8Q_v}$	K_{Q_v}	$K_{1,2Q_v}$	$K_{0,8H_v}$	K_{H_v}	$K_{1,2H_v}$	$K_{0,8\eta_v}$	K_{η_v}	$K_{1,2\eta_v}$
15	0,8233	0,8233	0,8233	0,9962	0,9970	0,9977	0,5013	0,5013	0,5013
27	0,6878	0,6878	0,6878	0,9928	0,9936	0,9949	0,3642	0,3642	0,3642

**XV МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ОСВОЕНИЕ ШЕЛЬФА
РОССИИ И СНГ 2018**
18 мая, Москва, «Балчуг Кемпински»

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

ОРГАНИЗАТОР

www.rpi-conferences.com

СПОНСОРЫ

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ФОКУС В 2018! ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ШЕЛЬФОВЫХ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ СЛОЖИВШЕЙСЯ ЦЕНОВОЙ КОНЬЮНКТУРЫ

- Государственные и корпоративные планы по развитию офшорных проектов и созданию сопутствующей инфраструктуры
- Освоение шельфа южных, арктических и дальневосточных морей: перспективы нефтегазоносности месторождений, опыт реализации проектов, проблемы и пути их решения
- 4 года санкций для нефтегазовой отрасли РФ – первые итоги импортозамещения. Оборудование и технологические решения для реализации шельфовых нефтегазовых проектов
- Экономические и нормативно-правовые аспекты освоения месторождений на шельфе РФ. Как достичь экономической эффективности проектов в современных российских условиях и снизить риски?

15
ЛЕТ

ВЕДУЩЕМУ
МЕРОПРИЯТИЮ ОТРАСЛИ,
ЕЖЕГОДНО ПРОХОДИЩЕМУ
ПРИ ПОДДЕРЖКЕ
ПАД «ГАЗПРОМ»

130+

ВЕДУЩИХ ИГРОКОВ
ОТРАСЛИ

20+

АВТОРИТЕТНЫХ
СПИКЕРОВ-ЭКСПЕРТОВ

+7 (495) 502 54 33; +7 (495) 778 93 32

Konstantinova.Elena@rpi-inc.ru

www.rpi-conferences.com

на правах рекламы

Таблица 4. Пересчетные коэффициенты при работе ступени ЭЦНО-2А-25 на жидкости с различной вязкостью, рассчитанные по методике П.Л. Янгюлова [7]

Table 4. Scaling factors for the operation of a stage ETsN0-2A-25 prototype on fluids with different viscosities, calculated by the method of P.L. Yangulov [7]

Вязкость, мПа·с Viscosity, mPa·s	KQ_v	KN_v	$K\eta_v$
15	0,245709	0,7154005	0,177231
27	0,11895	0,6802249	0,0534

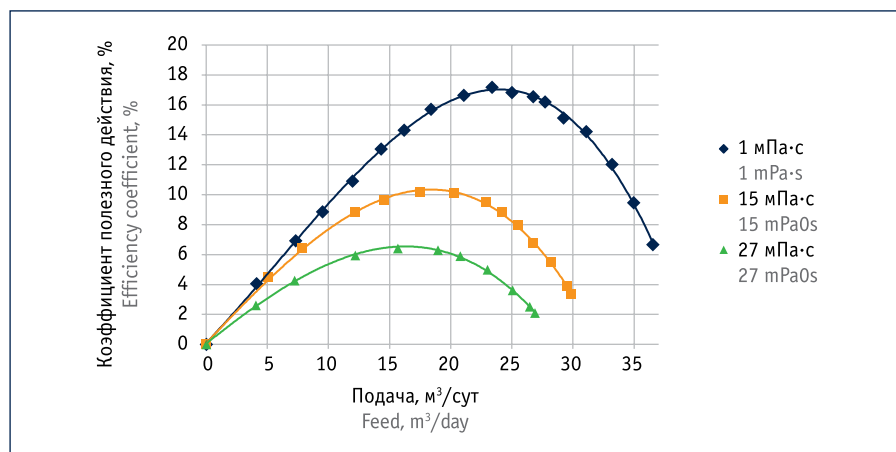


Рис. 6. Зависимость $\eta(Q)$ для ступени ЭЦНО-2А-25, изготовленной из стали 40Х13 при перекачке жидкости вязкостью 1; 15; 27 мПа·с

Fig. 6. Dependence of $\eta(Q)$ for the stage ETsN0-2A-25 made of 40H13 steel during transfer of fluid with viscosity of 1; 15; 27 mPa·s

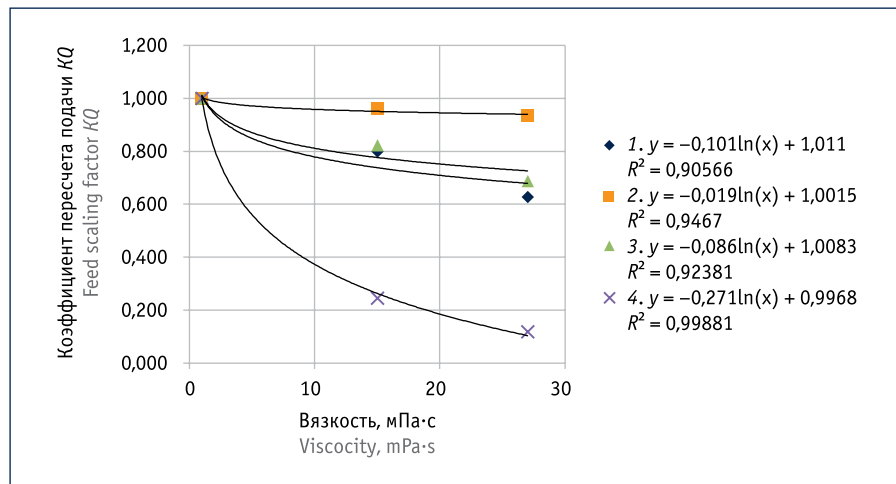


Рис. 7. Зависимость коэффициента пересчета подачи KQ от вязкости для ступени ЭЦНО-2А-25, изготовленной из стали 40Х13: 1 – пересчет на основе эксперимента и по формулам (1); 2 – пересчет по методике П.Д. Ляпкина [2, 8]; 3 – пересчет по методике П.Д. Ляпкина с учетом числа Рейнольдса [9]; 4 – пересчет по методике П.Л. Янгюлова [7]

Fig. 7. Dependence of the KQ feed scaling factor on the viscosity for the stage ETsN0-2A-25 made of 40H13 steel: 1 – recalculation on the basis of experiment and by formulas (1); 2 – recalculation by the method of P.D. Lyapkov [2, 8]; 3 – recalculation by the method of P.D. Lyapkov with allowance for the Reynolds number [9]; 4 – recalculation by the method of P.L. Yangulov [7]

составляло не менее восьми. Испытания начинались при полностью закрытой задвижке на нагнетательном патруб-

ке 7 (рис. 4) и проводились до режима «полностью открытая задвижка». Число повторов экспериментов, составляющих

серию для построения осредненной комплексной характеристики, было равно пяти. При испытании в сборке использовалось шесть рабочих ступеней.

Испытания проводились при следующих значениях динамической вязкости: 1; 15 и 27 мПа·с. Изменения вязкости модельной жидкости в процессе испытаний составляли не более 5 %. Частота вращения вала электродвигателя поддерживалась с помощью станции управления «Электрон-5» на уровне 2910 об/мин.

При испытаниях на стенде определялись:

- величины давления жидкости на входе и выходе из сборки ступеней;
- расход модельной жидкости;
- момент на валу стенда, частота вращения ротора насоса.

На основании этих величин строятся такие характеристики ступеней, как зависимость напора H , мощности N и КПД насоса η от расхода $Q - H(Q), N(Q), \eta(Q)$. Комплексные характеристики опытного образца ступени ЭЦНО-2А-25, полученные в результате исследований, представлены на рис. 4–6.

В ходе испытаний получены следующие результаты:

- для воды с вязкостью 1 мПа·с при оптимальной подаче насоса $Q = 25 \text{ м}^3/\text{сут}$ напор одной ступени $H = 1,33 \text{ м}$, КПД = 17,2 %;
- для жидкости с вязкостью 15 мПа·с при оптимальной подаче насоса $Q = 20 \text{ м}^3/\text{сут}$ напор одной ступени $H = 1,4 \text{ м}$, КПД = 10,2 %;
- для жидкости с вязкостью 27 мПа·с при оптимальной подаче насоса $Q = 15,7 \text{ м}^3/\text{сут}$ напор одной ступени $H = 1,54 \text{ м}$, КПД = 6,4 %.

Анализ результатов испытаний показал, что в ряде случаев при работе на вязкой жидкости характеристики ступеней центробежно-осевого насоса значительно отличаются от пересчетных характеристик, построенных для этих же ступеней с использованием формул П.Д. Ляпкина.

По полученным в результате эксперимента характеристикам были определены коэффициенты пересчета основных рабочих показателей ступеней при их работе на вязких жидкостях. Для этого брались значения в рабочих

точках, соответствующих оптимальному режиму (максимальный КПД), а также точки с подачами, равными 0,8 и 1,2 от оптимальной подачи. Для этих точек определялись значения напора, мощности и КПД, после чего определялись пересчетные коэффициенты по каждому из рабочих параметров по формулам (1):

$$K_q = \frac{Q_y}{Q_{об}}; K_H = \frac{H_y}{H_{об}}; K_\eta = \frac{\eta_y}{\eta_{об}}. \quad (1)$$

Результаты определения пересчетных коэффициентов сведены в табл. 1. Анализ результатов определения коэффициентов пересчета при работе на вязкую жидкость показал, что при повышении вязкости коэффициенты пересчета уменьшаются (рабочие показатели снижаются до 16 % от первоначального своего значения). Авторами было проведено сравнение коэффициентов пересчета при работе насоса на вязкую жидкость, полученных на основании методик, предложенных П.Д. Ляпковым [2, 8, 9] и П.Л. Янгуловым [7]. Результаты сравнения представлены в табл. 2–4.

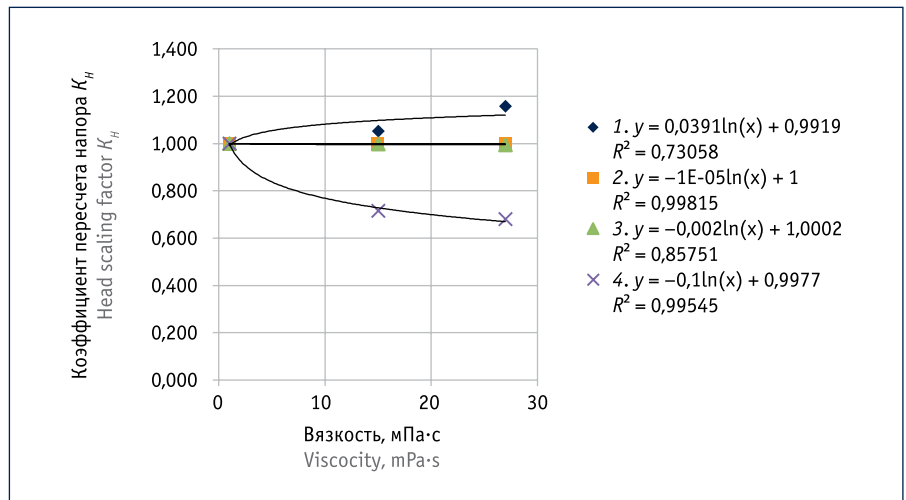


Рис. 8. Зависимость коэффициента пересчета напора K_H от вязкости для ступени ЭЦНО-2А-25, изготовленной из стали 40Х13: 1 – пересчет на основе эксперимента и по формулам (1); 2 – пересчет по методике П.Д. Ляпкина [2, 8]; 3 – пересчет по методике П.Д. Ляпкина с учетом числа Рейнольдса [9]; 4 – пересчет по методике П.Л. Янгулова [7]

Fig. 8. Dependence of the head scaling factor K_H on the viscosity for the stage ETsN0-2A-25, made of 40H13 steel: 1 – recalculation on the basis of experiment and by formulas (1); 2 – recalculation by the method of P.D. Lyapkov [2, 8]; 3 – recalculation by the method of P.D. Lyapkov with allowance for the Reynolds number [9]; 4 – recalculation by the method of P.L. Yangulov [7]

Коэффициенты пересчета, полученные по методике П.Л. Янгулова [7], сведены в табл. 4.

На рис. 7–9 представлены графики зависимости пересчетных коэффициентов от вязкости перекачиваемой жидкости

КАЛЕНДАРЬ 2018

НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ

ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ OIL & GAS BLACK SEA CONFERENCES



26 - 31 МАРТА
АНАПА, РОССИЯ

**7-я Международная научно-практическая конференция
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССАХ СБОРА,
ПОДГОТОВКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И ГАЗА.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ - 2018**

ОРГАНИЗАТОР
**НИТРО
NITRO**
ООО «НПФ «Нитро»

21 - 26 МАЯ
СОЧИ, РОССИЯ

**13-я Международная научно-практическая конференция
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА
СКВАЖИН И ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ - 2018**

ОРГАНИЗАТОР
**НИТРО
NITRO**
ООО «НПФ «Нитро»

24 - 29 СЕНТЯБРЯ
СОЧИ, РОССИЯ

**9-я Международная научно-практическая конференция
СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕМОНТ СКВАЖИН - 2018**

ОРГАНИЗАТОР
**НИТРО
NITRO**
ООО «НПФ «Нитро»
Отраслевой журнал
«Нефтегазовая вертикаль»

22 - 27 ОКТЯБРЯ
СОЧИ, РОССИЯ

**6-я Международная научно-практическая конференция
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ:
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТ СКВАЖИНЫ
ДО МАГИСТРАЛЬНОЙ ТРУБЫ - 2018**

ОРГАНИЗАТОРЫ
**НИТРО
NITRO**
ООО «Издательский дом
«Нефть, Газ, Новорусия»

при оптимальной подаче, полученных в результате эксперимента и по различным методикам пересчета.

Для вязкости 27 мПа·с отклонение пересчетных коэффициентов, полученных по методике П.Д. Ляпкина [2, 8], от экспериментальных доходит до 97,23 %; для коэффициентов, полученных по методике П.Д. Ляпкина с учетом Re [9], – до 14,19 %; для коэффициентов, полученных по методике П.Л. Янгулова [6], – до 85,73 %.

Из этого был сделан вывод о том, что при создании малогабаритных ступеней с открытыми рабочими колесами пересчет характеристик при работе на вязкой жидкости по существующим методикам дает очень большие погрешности. Поэтому на сегодняшний день есть необходимость экспериментального определения коэффициентов пересчета характеристик при работе на вязкой жидкости для данного вида ступеней лопастных насосов.

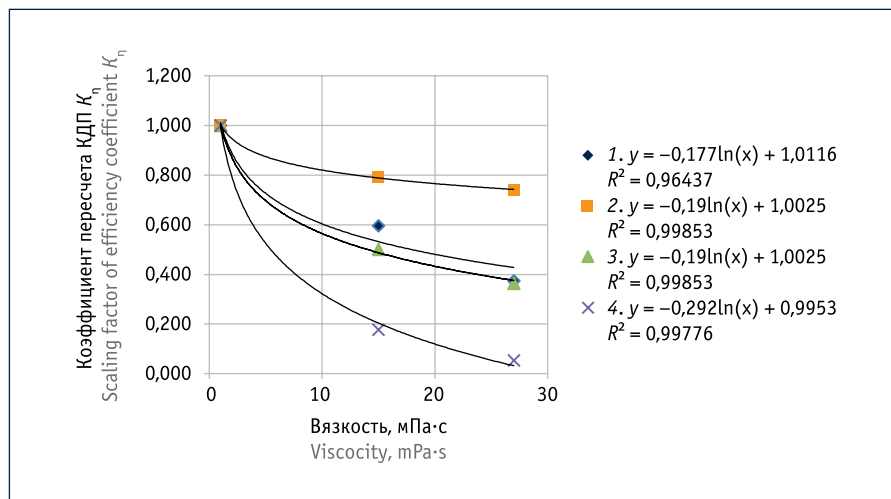


Рис. 9. Зависимость коэффициента пересчета КПД K_n от вязкости для ступени ЭЦНО-2А-25, изготовленной из стали 40Х13: 1 – пересчет на основе эксперимента и по формулам (1); 2 – пересчет по методике П.Д. Ляпкина [2, 8]; 3 – пересчет по методике П.Д. Ляпкина с учетом числа Рейнольдса [9]; 4 – пересчет по методике П.Л. Янгулова [7]

Fig. 9. Dependence of the scaling factor of efficiency coefficient K_n on the viscosity for the stage ETN0-2A-25 made of 40H13 steel: 1 – recalculation on the basis of experiment and by formulas (1); 2 – recalculation by the method of P.D. Lyapkov [2, 8]; 3 – recalculation by the method of P.D. Lyapkov with allowance made for the Reynolds number [9]; 4 – recalculation by the method of P.L. Yangulov [7]

Литература:

1. Ступень погружного многоступенчатого центробежного насоса: пат. RU63468U1. МПК F04D13/10 / Ю.А. Сазонов, Ф.Д. Балденко, М.Ю. Захаров, В.И. Заякин, М.А. Мохов. Заявка № RU2007100010U от 09.01.2007. Опубл. 27.05.2007, Бюл. № 15 [Электронный источник]. Режим доступа: www.freepatent.ru/images/img_patents/2/2518/2518713/patent-2518713.pdf (дата обращения 01.02.2018).
2. Ляпков П.Д. О влиянии вязкой жидкости на характеристику погружных центробежных насосов // Труды Всесоюзного нефтегазового науч.-техн. ин-та. Вып. XLI. Техника добычи нефти. М.: Недра, 1964. С. 71–107.
3. Ибатулов К.А. Пересчет характеристик центробежных насосов с воды на нефть. Баку: Азнефтеиздат, 1952. 80 с.
4. Шищенко Р.И., Бакланов Б.Д. Насосы в нефтяной промышленности. Баку: Азнефтеиздат, 1936. 135 с.
5. Суханов Д.Я. Работа лопастных насосов на вязких жидкостях. М.: Машгиз, 1952. 34 с.
6. Ивановский В.Н., Пекин С.С., Янгулов П.Л. Влияние вязкой жидкости на рабочую характеристику погружных электроцентробежных насосов // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2012. № 9. С. 48–55.
7. Янгулов П.Л. Усовершенствование методики определения характеристики центробежных насосов для добычи нефти при работе на вязкой жидкости: дис... канд. техн. наук. М.: Российский гос. ун-т нефти и газа имени И.М. Губкина, 2013. 25 с.
8. Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Каштанов В.С. и др. Скважинные насосные установки для добычи нефти. М.: Нефть и газ, 2002. 424 с.
9. Ляпков П.Д., Павленко В.П. Учебное пособие по дисциплине «Технология и техника добычи нефти». М.: Моск. ин-т нефти и газа им. И. М. Губкина, 1988. 90 с.

References:

1. Stage of Submersible Multistage Centrifugal Pump: Patent RU63468U1. International Patent Classification F04D13/10. Sazonov Yu.A., Baldenko F.D., Zakharov M.Yu., Zayakin V.I., Mokhov M.A. Application No. RU2007100010U of January 9, 2007. Published on May 27, 2007, Bul. No. 15 [Electronic source]. Access mode: www.freepatent.ru/images/img_patents/2/2518/2518713/patent-2518713.pdf (accessed date: February 1, 2018). (In Russian)
2. Lyapkov P.D. On the Influence of a Viscous Liquid on the Characteristics of Submersible Centrifugal Pumps. Proceedings of the All-Union Oil and Gas Scientific Technical Institute. Iss. XLI. Oil Production Technique. Moscow, Nedra, 1964, P. 71–107. (In Russian)
3. Ibatulov K.A. Recalculation of Characteristics of Centrifugal Pumps from Water to Oil. Baku, Aznefteizdat, 1952, 80 p. (In Russian)
4. Shishenko R.I., Baklanov B.D. Pumps in the Oil Industry. Baku, Aznefteizdat, 1936, 135 p. (In Russian)
5. Sukhanov D.Ya. Work of Impeller Pumps on Viscous Liquids. M.: Mashgiz, 1952, 34 p. (In Russian)
6. Ivanovsky V.N., Pekin S.S., Yangulov P.L. Influence of a Viscous Liquid on the Performance of Electrical Submersible Centrifugal Pumps. Territoriya NEFTEGAZ = Oil and Gas Territory, 2012, No. 9, P. 48–55. (In Russian)
7. Yangulov P.L. Improvement of the Technique for Determining the Characteristics of Centrifugal Pumps for Oil Extraction During Working on a Viscous Liquid. Extended Abstract of Dissertation of Candidate of Sciences (Engineering). Moscow, Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2013, 25 p. (In Russian)
8. Ivanovsky V.N., Darishev V.I., Kashtanov V.S., et al. Well Pump Units for Oil Production. Moscow, Neft i Gaz, 2002, 424 p. (In Russian)
9. Lyapkov P.D., Pavlenko V.P. Educational Book on the Discipline “Technology and Techniques for Oil Production”. Moscow, Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 1988, 90 p. (In Russian)