СИСТЕМА ДЛЯ НАГРЕВА ВЕРХНЕГО ПЛАСТА ПРИ ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

UPPER LAYER HEATING SYSTEM AT DUAL COMPLETION

К. Р. Уразакوف
Kamil R. Urazakov

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Р. В. Усманов
Ruslan V. Usmanov

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Н. А. Абдуллин
Nail A. Abdullin

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

На поздней стадии разработки нефтяных месторождений в условиях снижения рентабельности добычи особенную актуальность приобретает одновременно-раздельная эксплуатация (ОРЭ) пластов, различающихся геологическими и фильтрационными характеристиками. В работе рассматриваются пути повышения эффективности однолифтовой установки ОРЭ для эксплуатации двух пластов штанговым и электроцентробежными насосами. Вариант ОРЭ, при котором верхний пласт эксплуатируется штанговым насосом, включает возможность естественного прогрева призабойной зоны верхнего пласта за счет тепловой энергии жидкости нижнего пласта. Для повышения эффективности теплообмена предложена усовершенствованная конструкция установки ОРЭ с теплообменным устройством в интервале верхнего продуктивного пласта.

С целью исследования оптимальных геометрических и технологических параметров теплообменника проведено моделирование температурного поля в системе скважина — теплообменник — продуктивные пласты. Теоретически обосновано, что применение теплообменника способствует увеличению интенсивности передачи теплоты от жидкости нижнего пласта, проходящей через теплообменник, к жидкости верхнего пласта в межтрубном пространстве. Увеличение эффективности теплопередачи происходит благодаря увеличению поверхности теплообменного устройства за счет пластин оребрения, размещенных на боковой поверхности корпуса теплообменника. Рассчитана оптимальная величина высоты пластин, для которых достигается максимальный разогрев жидкости в межтрубном пространстве в интервале верхнего пласта.

Показано, что совокупность взаимосвязанных процессов (ускорение движения потока и рост гидродинамического трения за счет снижения диаметра корпуса относительно диаметра насосно-компрессорной трубы, турбулизация при прохождении через завихритель), предусмотренных устройством теплообменника, способствует повышению температуры жидкости в теплообменнике и увеличению его эффективности. Исследовано влияние внутреннего поперечного сечения корпуса теплообменника на температуру его поверхности. В результате совместного учета двух противоположных по эффективности факторов: положительного (увеличение скорости жидкости в теплообменнике и рост температуры на поверхности корпуса теплообменника при снижении диаметра корпуса) и отрицательного (увеличение гидравлических потерь в теплообменнике и напора электроцентробежного насоса) выбран оптимальный диаметр корпуса теплообменного устройства.

Ключевые слова

одновременно-раздельная
эксплуатация; скважинный
штанговый насос;
электроцентробежный насос;
температура;
прогрев призабойной зоны пласта;
теплопроводность;
теплообменник; завихритель

At a late stage of oil field development under declining profitability of production, dual completion of layers, varying in geological and filtration characteristics, is particularly relevant. The paper considers ways to improve the efficiency of a single-lift dual completion installation for the operation of two layers with rod and electric centrifugal pumps. A variant of dual completion with the upper layer operated by a rod pump, includes the possibility of natural heating of the bottom-hole zone of the upper layer due to the thermal energy of the lower layer liquid. To increase the efficiency of heat exchange, an improved design of an installation with a heat exchange device in the upper productive layer interval is proposed. In order to study the optimal geometric and technological parameters of the heat exchanger in system well-heat exchanger-productive, the temperature field was simulated. It is theoretically proved that the use of a heat exchanger contributes to an increase in the intensity of heat transfer from the lower layer liquid passing through the heat exchanger to the upper layer liquid in the inter-tube space. The increase in heat transfer efficiency is due to an increase in the surface of the heat exchange device due to fins placed on the side surface of the heat exchanger housing. The optimal value of the height of the plates for which the maximum heating of the liquid in the inter-tube space in the upper layer interval is achieved is calculated.

It is shown that a set of interrelated processes (acceleration of flow motion and increase in hydrodynamic friction due to a decrease in the diameter of the body relative to the diameter of the tubing, turbulence when passing through a swirler), provided by the heat exchanger device, contributes to increase the temperature of the liquid in the heat exchanger and increase its efficiency. The influence of the internal cross-section of the heat exchanger body on its surface temperature is studied. As a result of taking into account two factors that are opposite in efficiency: a positive one (an increase in the speed of the liquid in the heat exchanger and an increase in the temperature on the surface the heat exchanger housing when the housing diameter decreases) and negative (increase in hydraulic losses in the heat exchanger and the head of the electric centrifugal pump) the optimal diameter of the heat exchanger housing is selected.

Введение

Для повышения рентабельности и технико-экономической эффективности разработки многопластовых залежей в настоящее время широкое распространение получила технология одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ). Технология ОРЭ позволяет производить одновременную разработку объектов с различными эксплуатационными характеристиками и свойствами пластовых флюидов, что способствует значительному снижению экономических затрат при добыче, а также повышению результирующего коэффициента извлечения нефти [1, 2].

При одновременно-раздельной эксплуатации двух пластов, продуктивность которых существенно различается, используется, как правило, схема одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ), включающая электроцентробежный и штанговый насосы (ЭЦН + СШН), причем штанговый насос эксплуатирует объект, характеризующийся низкой продуктивностью. Рассмотрим установку для одновременно-раздельной разработки двух

Key words

dual completion;
borehole sucker rod pump;
electric centrifugal pump;
temperature; bottom-hole formation
heating; thermal conductivity;
heat exchanger; swirler

продуктивных пластов, в которой нижний пласт высокой продуктивности эксплуатируется ЭЦН, а эксплуатация верхнего объекта ведется СШН. Данная схема ОРЭ включает возможность естественного прогрева призабойной зоны (ПЗП) верхнего пласта за счет тепловой энергии жидкости нижнего пласта, дополнительно разогреваемый при прохождении через ЭЦН (рисунок 1). Тепловое воздействие на призабойную зону позволяет достичь следующих результатов: снижение вязкости и увеличение подвижности пластового флюида, предупреждение выпадения парафинов, что в особенности актуально при добыче высоковязкой и парафинистой продукции. Необходимо подчеркнуть, что, в отличие от традиционных методов увеличения нефтеотдачи (закачка в пласт пара, растворителя, горячей воды или нефти, использование забойных нагревательных устройств — электропечи или погружной газовой горелки), для осуществления естественного прогрева верхнего пласта в рассмотренной схеме ОРЭ не требуется полной остановки работы установки ОРЭ и пре-

кращения добычи. Таким образом, исследование путей обеспечения максимально возможного прогрева ПЗП верхнего продуктивного пласта является актуальной задачей [3, 4].

В исследовании [5] авторами показано, что температурные условия при эксплуатации пластов существующей компоновкой ОРЭ СШН + ЭЦН не обеспечивают эффективного прогрева призабойной зоны верхнего пласта. Для повышения эффективности теплообмена между жидкостью в НКТ и верхним пластом предложена усовершенствованная конструкция установки ОРЭ с использованием в интервале верхнего продуктивного пласта теплообменного устройства (рисунок 1). Теплообменник включает в себя: входной и выходной патрубки для сообщения с насосно-компрессорными трубами (НКТ), завихритель для турбулизации потока, корпус, представляющий собой трубу малого диаметра, на боковой поверхности которой размещены пластины оребрения, для увеличения площади контакта теплообменника с жидкостью в межтрубном пространстве.

Для исследования оптимальных геометрических и технологических параметров теплообменника проводится моделирование температурного поля системы скважина — ЭЦН — СШН — теплообменник — продуктивные пласты.

Математическая модель установки ОРЭ

Расчет теплового эффекта установки ОРЭ СШН + ЭЦН проводится с использованием математической модели системы скважина — ЭЦН — СШН — продуктивные пласты, представленной в [5, 6], с учетом конвективного переноса тепла, термодинамических эффектов (эффекта Джоуля-Томсона) при движении жидкости в пласте, а также тепловыделения в погружных насосах. Отличием от моделей [5, 6] является наличие в системе теплообменного устройства, оказывающего значительное влияние на формирование температурного поля в интервале верхнего пласта. На рисунке 1 представлена расчетная схема системы.

1 — штанговый насос; 2 — теплообменник; 3 — верхний продуктивный пласт; 4 — пакер; 5 — ЭЦН; 6 — нижний продуктивный пласт; 7 — завихритель; 9 — электродвигатель

Рисунок 1. Схема одновременно-раздельной эксплуатации

Жидкость нижнего пласта, пластовая температура которой превышает температуру жидкости в интервале верхнего пласта благодаря геотермическому распределению, дополнительно разогревается при прохождении ЭЦН. Далее вследствие теплообмена с межтрубным пространством жидкость нижнего пласта охлаждается по мере подъема в НКТ.

Процесс распространения тепла в верхнем продуктивном пласте и в скважине в интервале верхнего пласта обусловлен конвективным теплопереносом тепла жидкостью верхнего пласта, эффектом Джоуля-Томсона, теплопроводностью. Значительное влияние на температуру жидкости, движущейся в верхнем пласте, оказывает теплообмен с более горячей жидкостью нижнего пласта, проходящей через теплообменник. Контакт более горячей (в сравнении с окружающей средой) жидкости с корпусом теплообменника обуславливает увеличение температуры его поверхности. На боковой поверхности корпуса дополнительно размещены пластины оребрения, предназначенные для увеличения площади контакта теплообменника с жидкостью верхнего пласта в межтрубном пространстве.

Распределение температуры в интервале верхнего продуктивного пласта рассчитывается в соответствии с двумерным уравнением теплопроводности с учетом конвективного теплопереноса, вертикальной и радиальной составляющих теплопроводного механизма [7, 8]:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial(r\rho c v_r T)}{\partial r} + \frac{\partial(\rho c v_z T)}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \lambda_r^* \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z^* \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q, \quad (1)$$

где T — температура; ρ , c — плотность и удельная теплоемкость среды соответственно;

v — скорость движения жидкости; λ^* — эффективный коэффициент теплопроводности; r , z — радиальная и вертикальная компоненты соответственно; Q — источниковое слагаемое, принимающее ненулевое значение в пласте и обусловленное тепловым эффектом дросселирования по пути фильтрации пластовой жидкости.

В качестве граничных условий задаются: температура жидкости нижнего пласта на выкиде ЭЦН (или на входе в теплообменник), пластовая температура для жидкости верхнего пласта (или температура притекающей в скважину жидкости в межтрубном пространстве). На границах сред внутри области выполняются условия равенства температур и тепловых потоков.

Уравнение (1) решается численно при помощи расчетной схемы, явной по времени и неявной по пространственным координатам, причем дискретизация уравнения теплового баланса проводится методом контрольных объемов.

Результаты расчетов

Рассмотрим установку ОРЭ СШН — ЭЦН — теплообменник, эксплуатирующую продуктивные пласты, залегающие на глубинах 1050 и 1650 м соответственно. Глубина подвески СШН — 1000 м, ЭЦН — 1600 м. Температура жидкости на выкиде УЭЦН 110 °С, температура жидкости на входе в теплообменник 82 °С, температура в межтрубном пространстве 87–110 °С, скорость потока жидкости нижнего пласта в НКТ 1,2 м/с. На рисунке 2 показано расчетное распределение температуры в теплообменнике и межтрубном пространстве в интервале верхнего продуктивного пласта при различной высоте пластин оребрения.

1 — температура жидкости в межтрубном пространстве; 2 — температура на поверхности теплообменника; T_1^I и T_1^{II} — максимальная и минимальная температуры на поверхности теплообменника; T_2^I и T_2^{II} — максимальная и минимальная температуры жидкости в межтрубном пространстве в интервале верхнего продуктивного пласта

Рисунок 2. Распределение температуры в теплообменнике

Из рисунка 2 следует, что с увеличением высоты пластин оребрения температура жидкости в межтрубном пространстве закономерно увеличивается за счет роста площади контакта жидкости с теплообменником. Максимальный разогрев жидкости в межтрубном пространстве наблюдается при увеличении высоты пластин оребрения до 700 мм. При дальнейшем увеличении высоты пластин тем-

пература жидкости практически не изменяется, поскольку в условиях контакта пластины с более холодной жидкостью межтрубного пространства ее дальний конец не успевает прогреваться.

Распределение температуры жидкости и поверхности корпуса по длине теплообменника показано на рисунке 3.

Рисунок 3. Распределение температуры в расчетной модели

Как видно из рисунка 3, на входе в теплообменник температура жидкости составляет 82–87 °С, далее за счет ускорения движения потока, турбулизации при прохождении через завихритель, гидродинамического трения, температура жидкости в корпусе теплообменника существенно возрастает. Благодаря значительной поверхности контакта жидкости в межтрубном пространстве со стенкой корпуса теплообменника происходит интенсивная теплоотдача, в результате чего в интервале теплообменника поток жидкости отдает существенную часть тепла в межтрубное пространство. Разница между температурой жидкости на входе и выходе составляет от 10 °С до 25 °С. Таким образом, оборудование скважины теплообменником в интервале верхнего продуктивного пласта позволяет обеспечить эффективный прогрев ПЗП пласта за счет увеличения поверхности теплообмена.

Закручивание потока жидкости на входе в корпус теплообменника, диаметр которого меньше диаметра НКТ, позволяет ускорить движение жидкости и обеспечить турбулентный режим ее движения, что способствует

более интенсивной передаче тепла (рисунок 4). На выходе теплообменника скорость жидкости снижается и режим ее течения становится ламинарным [5–9].

При моделировании движения потока флюида внутри теплообменника исследовалось также влияние внутреннего поперечного сечения корпуса теплообменника на температуру его поверхности (рисунок 5). Видно, что при прочих равных условиях при снижении диаметра корпуса скорость жидкости в теплообменнике увеличивается (рисунок 6), в результате интенсивность теплообмена и температура на поверхности корпуса теплообменника возрастают. С другой стороны, при уменьшении диаметра корпуса увеличиваются гидравлические потери в теплообменнике, что приводит к росту напора ЭЦН. В результате совместного учета этих факторов был выбран оптимальный диаметр корпуса 50 мм.

Для более эффективного прогрева ПЗП верхнего продуктивного пласта целесообразно периодически останавливать работу скважинного штангового насоса, поскольку прогрев пласта значительно осложнен возник-

Рисунок 4. Модель движения потока жидкости

1 — 50 мм; 2 — 45 мм; 3 — 40 мм

Рисунок 5. Зависимость температуры на поверхности корпуса от температуры жидкости на входе в теплообменник при различных диаметрах корпуса

1 — 30 м³/сут; 2 — 20 м³/сут; 3 — 10 м³/сут

Рисунок 6. Изменение скорости жидкости в теплообменнике от диаметра корпуса при различном дебите нижнего пласта

новением постоянного конвективного оттока тепла из пласта за счет притока жидкости в скважину. Одним из важных факторов, определяющих необходимость выдержки, является более интенсивный прогрев поверхности пластин оребрения в период остановки эксплуатации верхнего пласта. За счет передачи тепла через стоячую жидкость в межтрубном пространстве в отсутствие конвективного оттока тепла нагрев ПЗП пласта будет более эффективным.

Выводы

Для повышения эффективности прогрева призабойной зоны верхнего пласта тепловой энергией жидкости нижнего пласта при одновременно-раздельной эксплуатации предложена усовершенствованная конструкция установки ОРЭ штанговый насос-электроцентробежный насос (СШН + ЭЦН) с использованием в интервале верхнего продуктивного пласта теплообменного устройства.

Проведено моделирование температурного поля системы скважина — ЭЦН — СШН — теплообменник — продуктивные пласты для исследования оптимальных геометрических и технологических параметров теплообменника. Показано, что применение теплообменника, использующего тепло жидкости нижнего пласта, способствует росту интенсивности передачи теплоты жидкости верхнего пласта в межтрубном пространстве благодаря увеличению поверхности корпуса теплообменника за счет пластин оребрения. Макси-

мальный разогрев жидкости в межтрубном пространстве наблюдается при увеличении высоты пластин оребрения до 700 мм. При дальнейшем увеличении высоты пластин температура жидкости практически не изменяется, поскольку в условиях контакта пластины с более холодной жидкостью межтрубного пространства ее дальний конец не успевает прогреваться.

Показано, что совокупность взаимосвязанных процессов (ускорение движения потока и рост гидродинамического трения за счет снижения диаметра корпуса относительно диаметра НКТ, турбулизация при прохождении через завихритель), предусмотренных устройством теплообменника, способствует повышению температуры жидкости в теплообменнике и увеличению его эффективности.

Исследовано влияние внутреннего поперечного сечения корпуса теплообменника на температуру его поверхности. Показано, что при прочих равных условиях при снижении диаметра корпуса скорость жидкости в теплообменнике увеличивается, в результате интенсивность теплообмена и температура на поверхности корпуса теплообменника возрастают. С другой стороны, при уменьшении диаметра корпуса увеличиваются гидравлические потери в теплообменнике, что приводит к росту напора ЭЦН. В результате совместного учета этих факторов был выбран оптимальный диаметр корпуса 50 мм.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Уразаков К.Р. Механизированная добыча нефти (сборник изобретений). Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2010. 327 с.
2. Уразаков К.Р., Жулаев В.П., Булюкова Ф.З., Молчанова В.А. Насосные установки для малodeбитных скважин. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2014. 236 с.
3. Пат. 2159867 РФ, МПК F 04 B 51/00. Установка для испытания скважинных штанговых и винтовых насосов / К.Р. Уразаков, Н.Х. Габдрахманов, М.Д. Валеев, М.М. Ахтямов, Т.С. Галиуллин, Ю.Х. Кутлуяров, И.А. Маков. 99105651/06, Заявлено 15.03.1999; Опубл. 27.11.2000. Бюл. 33.
4. Топольников А.С., Уразаков К.Р., Вахитова Р.И., Сарачева Д.А. Методика расчета параметров струйного насоса при совместной эксплуатации с ЭЦН // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. № 3. С. 134–146. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Topolnikov/Topolnikov_1.pdf (дата обращения: 24.04.2020).
5. Бахтизин Р.Н., Уразаков К.Р., Усманов Р.В., Давлетшин Ф.Ф. Повышение эффективности одновременно-раздельной эксплуатации скважин установками

штангового и электроцентробежного насосов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2018. № 6 (116). С. 28–41. DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-6-28-41.

6. Ключин И.Г., Уразаков К.Х., Сливка П.И., Байбурун Б.Х., Усманов Р.В. Тепловой режим работы скважинной насосной установки для одновременно-раздельной эксплуатации пластов // Научно-технический вестник «НК «Роснефть». 2016. № 2 (43). С. 68–71.

7. Уразаков К.Р., Габдулов Р.Р., Усманов Р.В. Тепловой режим работы оборудования для одновременно-раздельной добычи на базе УЭЦН-УСШН // Нефть. Газ. Новации. 2016. № 7. С. 53–56.

8. Бахтизин Р.Н., Уразаков К.Р., Усманов Р.В., Тугунов П.М. Исследование термического режима продуктивного пласта при одновременно-раздельной эксплуатации установками штангового и электроцентробежного насосов // Нефтяное хозяйство. 2019. № 4. С. 80–83. DOI: 10.24887/0028-2448-2019-4-80-83.

9. Уразаков К.Р., Латыпов Б.М., Исмагилов Р.Р. Экспериментальные исследования коэффициента трения элементов штанговой колонны винтовых насосных установок // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 3. С. 256–270. URL: <http://ogbus.ru/>

files/ogbus/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p256-270_UrazakovKR_ru.pdf (дата обращения: 25.04.2020).

REFERENCES

1. Urazakov K.R. *Mekhanizirovannaya dobycha nefi (sbornik izobretenii)* [Mechanized Oil Production (Collection of Inventions)]. Ufa, «Neftegazovoe delo» Publ., 2010. 327 p. [in Russian].
2. Urazakov K.R., Zhulaev V.P., Bulyukova F.Z., Molchanova V.A. *Nasosnye ustanovki dlya malodebitnykh skvazhin* [Pumping Units for Low Debit Wells]. Ufa, UGNTU Publ., 2014. 236 p. [in Russian].
3. Urazakov K.R., Gabdrakhmanov N.Kh., Valeev M.D., Akhtyamov M.M., Galiullin T.S., Kutluyarov Yu.Kh., Makov I.A. *Ustanovka dlya ispytaniya skvazhinnykh shtangovykh i vintovykh nasosov* [Installation for Testing Well Sucker-Rod and Screw Pumps]. Patent RF, No. 2159867, 2000. [in Russian].
4. Topolnikov A.S., Urazakov K.R., Vakhitova R.I., Saracheva D.A. Metodika rascheta parametrov struinogo nasosa pri sovместной эксплуатации s ETsN [The Method of Calculation of Parameters of Jet Pump Attached to Joint Operation with Submersible Electric Pump]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» — Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2011, No. 3, pp. 134–146. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Topolnikov/Topolnikov_1.pdf (accessed 24.04.2020). [in Russian].
5. Bakhtizin R.N., Urazakov K.R., Usmanov R.V., Davletshin F.F. Povyshenie effektivnosti odnovremennorazdel'noi ekspluatatsii skvazhin ustanovkami shtangovogo i elektrosentrobezhnogo nasosov [Efficiency Improvement of Dual Completion by Rod Pump and Electric Centrifugal Pump Units]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov — Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2018, No. 6 (116), pp. 28–41. DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-6-28-41. [in Russian].
6. Klyushin I.G., Urazakov K.Kh., Slivka P.I., Baidurin B.Kh., Usmanov R.V. Teplovoi rezhim raboty skvazhinnoi nasosnoi ustanovki dlya odnovremennorazdel'noi ekspluatatsii plastov [Thermal Mode of Operation of the Downhole Pumping Unit for Dual Completion Recovery]. *Nauchno-tehnicheskii vestnik «NK «Rosneft'» — Scientific and Technical Bulletin of «Rosneft'»*, 2016, No. 2 (43), pp. 68–71. [in Russian].
7. Urazakov K.R., Gabdulov R.R., Usmanov R.V. Teplovoi rezhim raboty oborudovaniya dlya odnovremennorazdel'noi dobychi na baze UETsN-USShN [Thermal Operation of Equipment for Simultaneous and Separate Production on the Basis of ESP-USHN]. *Neft'. Gaz. Novatsii — Oil. Gaz. Novation*, 2016, No. 7, pp. 53–56. [in Russian].
8. Bakhtizin R.N., Urazakov K.R., Usmanov R.V., Tugunov P.M. Issledovanie termicheskogo rezhima produktivnogo plasta pri odnovremennorazdel'noi ekspluatatsii ustanovkami shtangovogo i elektrosentrobezhnogo nasosov [The Study of the Reservoir Temperature Regime in Case of Dual Pumping Wells Operation Using Sucker-Rod and Electric Centrifugal Pumps]. *Neftyanoe khozyaistvo — Oil Industry*, 2019, No. 4, pp. 80–83. DOI: 10.24887/0028-2448-2019-4-80-83. [in Russian].
9. Urazakov K.R., Latypov B.M., Ismagilov R.R. Eksperimental'nye issledovaniya koeffitsienta treniya elementov shtangovoi kolonny vintovykh nasosnykh ustanovok [Experimental Studies of the Friction Coefficient for the Elements of the Progressing Cavity Pumps]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» — Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2015, No. 3, pp. 256–270. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p256-270_UrazakovKR_ru.pdf (accessed 25.04.2020). [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ ABOUT THE AUTHORS

Уразакوف Камил Рахматуллович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Kamil R. Urazakov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Oil and Gas Field Machinery and Equipment Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

email: urazakk@mail.ru

Абдуллин Наиль Ахиярович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Nail A. Abdullin, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Fire and Industrial Safety Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: 1_jane@mail.ru

Усманов Руслан Валерьевич, аспирант кафедры «Технологические машины и оборудование», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Ruslan V. Usmanov, Postgraduate Student of Oil and Gas Field Machinery and Equipment Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

email: usmanovrv@mail.ru