СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛАСТОМЕРА СТАТОРА ВИНТОВОГО НАСОСА**STAND FOR RESEARCH OF SCREW PUMP STATOR ELASTOMER****Э. О. Тимашев**
Eduard O. TimashevУфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская ФедерацияUfa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation**К. Р. Уразакوف**
Kamil R. UrazakovУфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская ФедерацияUfa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation**Б. М. Латыпов**
Bulat M. LatypovУфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская ФедерацияUfa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Винтовые насосные установки широко используются для добычи и транспортировки высоковязких жидкостей, в том числе высоковязкой нефти, нефти, содержащей механические примеси, газ и прочие агрессивные компоненты. Описаны основные эластомерные материалы, используемые для изготовления обкладки статора. В статье рассматриваются вопросы, связанные с выбором материала эластомера обкладки статора винтового насоса, находящегося под интенсивным воздействием механических и физико-химических факторов, таких как: износ (в том числе от механических примесей, содержащихся в жидкости), химическая деградация (от агрессивных компонентов в жидкости и газе), набухание, температурное расширение. Перечисленные осложняющие факторы оказывают негативное влияние на долговечность обкладки статора и на надежность винтовой насосной установки в целом. Кроме того, набухание эластомера обкладки статора изменяет расходно-напорные характеристики винтовой пары. В статье предложен метод подбора материала эластомера для обкладки статора винтового насоса с учетом потенциального влияния осложняющих факторов. Предлагается вариант конструкции экспериментального стенда, позволяющего моделировать воздействие осложняющих факторов на материал обкладки статора. Стенд обеспечивает возможность испытания винтового насоса при перекачке жидкости, содержащей газ, механические примеси и агрессивные компоненты. Кроме того, экспериментальный стенд предусматривает возможность выдержки обкладки статора винтового насоса под высоким давлением в агрессивной газовой среде. В статье приводится принципиальная схема экспериментального стенда для испытания винтового насоса, монтажная схема лабораторного оборудования на стенде и методика проведения экспериментальных исследований.

Screw pump installations are widely used for the extraction and transportation of highly viscous liquids, including high-viscosity oil, oil containing mechanical impurities, gas and other aggressive components. The basic elastomeric materials used to make the stator lining are described. The article deals with issues related to the choice of elastomer material of the stator lining of a screw pump, which is under the intense influence of mechanical and physicochemical factors, such as: wear (including mechanical impurities contained in a liquid), chemical degradation (from aggressive components in liquid and gas), swelling, thermal expansion. The listed complicating factors have a negative effect on the durability of the stator plate and on the reliability of the screw pump installation

Ключевые словавинтовые насосы,
добыча нефти,
лабораторный стенд,
эластомеры, нитрил**Key words**screw pump installations,
oil production, laboratory stand,
elastomers, nitrile

as a whole. In addition, the swelling of the elastomer of the stator facing changes the flow-pressure characteristics of the screw pair. The article proposes a method for selecting an elastomer material for the stator lining of a screw pump, taking into account the potential influence of complicating factors. A variant of the design of an experimental test bench is proposed, which makes it possible to simulate the effect of complicating factors on the material of the stator lining. The stand provides the ability to test the screw pump when pumping a liquid containing gas, mechanical impurities and aggressive components. In addition, the experimental stand provides for the possibility of holding the stator lining of a screw pump under high pressure in an aggressive gaseous environment. The article provides a schematic diagram of an experimental test bench for a screw pump, a wiring diagram of laboratory equipment on a test bench, and a methodology for conducting experimental research.

Винтовые насосы широко используются для добычи высоковязкой нефти. В отличие от динамических насосов винтовые относятся к объемным и обеспечивают высокий коэффициент полезного действия при перекачке высоковязкой продукции [1–9]. Конструкция рабочих органов насоса состоит из винтовой пары: ротор — статор. Ротор выполнен из стали с различным покрытием рабочей поверхности. Статор представляет собой металлический корпус с внутренней обкладкой из эластомера. На практике для изготовления статора чаще используются смеси на основе бутадиен-нитрильных каучуков, реже на основе фторкаучуков [1, 2]. Как и у всех эластомеров, при воздействии агрессивных сред

могут измениться физико-механические свойства, что может привести к таким видам отказов, как набухание, отслоение от корпуса статора, затвердевание эластомера, что приводит к интенсивному изнашиванию или усталостному разрушению [2]. Все перечисленные последствия воздействия агрессивных сред (рисунок 1), отражаются на изменении КПД механического (увеличиваются потери на трение) и КПД объемного (уменьшается полезный объем камер при набухании, либо растут утечки при износе). Для обеспечения надежности и приемлемого КПД винтовой пары насоса необходим правильный подбор эластомера [10, 11].

Рисунок 1. Осложняющие факторы, влияющие на эластомер

Подбор эластомера, обеспечивающего надежную работу винтового насоса, должен осуществляться с учетом оценки влияния всех осложняющих факторов (механические примеси, агрессивные компоненты в откачиваемой жидкости, газ, вода, температура).

В Уфимском государственном нефтяном техническом университете на кафедре

«Машины и оборудование нефтегазовых промыслов» разработан проект экспериментального стенда для проведения испытаний винтовых насосов в различных осложненных условиях. Стенд позволяет оценить изменения физико-химических характеристик винтовой пары в условиях, приближенных к промышленным (рисунки 2, 3).

1 — блок управление приводом; 2 — блок контроля параметров работы винтового насоса; 3 — блок очистки отработанной жидкости; 4 — блок подготовки и нагнетания жидкости; 5 — блок подготовки газа с барокамерой; 6 — блок смешения жидкости

Рисунок 2. Принципиальная схема экспериментального стенда для испытания винтового насоса

Стенд работает следующим образом. На станции управления выбирается режим работы из следующего перечня: исследование влияния газа на работу винтового насоса, исследование влияния механических примесей на работу винтового насоса, обычный режим.

На обычном режиме, на станции управления запускается в работу центробежный насос 28 до достижения необходимого давления на приеме винтового насоса 9. Предварительно установленный винтовой насос 9 в блок кон-

троля и регулирования параметров работы винтового насоса, запускается в работу мотор-редуктором 1. Жидкость из винтового насоса 9 поступает в выкидную линию 19 и через блок очистки 6 поступает обратно в емкость с рабочей жидкостью 27. С датчиков давления, температуры и вибрации 15, 16, 17, а также крутящего момента и осевой силы с датчиков 12 и 13 информация поступает на станцию управления. Данный режим позволяет получить данные для построения расходно-

Рисунок 3. Монтажная схема оборудования на стенде

напорной характеристики (РНХ) насоса и определения его КПД. Для оценки влияния агрессивных компонентов на работу насоса данные фиксируются до и после воздействия осложняющего фактора (на данном режиме оценивается только влияние температурного расширения, набухания и воздействия агрессивных компонентов при однофазном течении жидкости).

На режиме исследования влияния газа на работу винтового насоса, на станции управления 7 запускается в работу центробежный насос 28 до достижения необходимого давления на приеме, а также компрессор 23. Компрессор 23 нагнетает воздух из атмосферы или газ из баллона 24 в буферную емкость 30, откуда газ через выкидную линию емкости 32, расположенную в верхней части емкости, поступает на вход блока контроля и регулирования параметров работы винтового насоса 2. Жидкость, нагнетаемая под давлением из буферной емкости 30 через выкидную линию 31, расположенную в нижней части емкости, поступает на вход блока контроля и регулирования параметров работы винтового насоса 2, смешиваясь с газом, поступающим по выкидной линии

32 буферной емкости 30. Предварительно установленный винтовой насос 9 в блок контроля и регулирования параметров работы винтового насоса запускается в работу мотор-редуктором 1. Жидкость из винтового насоса 9 поступает в выкидную линию 19 и через блок очистки 6 поступает обратно в емкость с рабочей жидкостью 27. При этом с датчиков давления, температуры и вибрации 15, 16, 17, а также крутящего момента и осевой силы с датчиков 12 и 13, а также расхода жидкости и газа с расходомеров 36 и 37 информация поступает на станцию управления. Данный режим позволяет произвести оценку изменения расходно-напорной характеристики и КПД при увеличении газосодержания на приеме насоса. Кроме того, стенд содержит камеру 41, позволяющую проведение испытания статора на взрывную декомпрессию, после которой возможно проведение ресурсных испытаний винтовой пары в обычном режиме.

На режиме исследования влияния механических примесей на работу винтового насоса, на станции управления 7 запускается в работу центробежный насос 28 до заполнения необходимого уровня буферной емкости 30.

В емкость 30 через люк 33 загружаются абразивные компоненты. Для достижения однородной концентрации механических примесей запускается в работу шнек 34. Предварительно установленный винтовой насос 9 в блок контроля и регулирования параметров работы винтового насоса запускается в работу мотор-редуктором 1. Жидкость из винтового насоса 9 поступает в байпасную линию и обратно на вход насоса (задвижка 21 закрыта, 20 открыта). С датчиков давления, температуры и вибрации 15, 16, 17, а также крутящего момента и осевой силы с датчиков 12 и 13, а также расхода жидкости и газа с расходомеров 36 и 37 информация поступает на станцию управления. После окончания эксперимента открывается задвижка 21, закрывается задвижка 20. Жидкость сливается в емкость 38 и далее через фильтр 40 в емкость хранения

рабочей жидкости 27. Механические примеси после отстоя удаляются из отстойника. Данный режим позволяет определить ресурс винтовой пары при наличии механических примесей, а также изменение РНХ и КПД насоса в зависимости от уровня износа эластомера статора.

Таким образом, три режима работы разработанного стенда позволяют исследовать влияние осложняющих факторов на состояние эластомера винтового насоса, ресурс винтовой пары, изменение РНХ и КПД винтовой пары.

Вывод

Предложен экспериментальный стенд, позволяющий моделировать условия работы винтового насоса в условиях, приближенных к скважинным, с учетом осложняющих факторов, возникающих при эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тимашев Э.О., Ямалиев В.У. Анализ причин разрушения эластомеров обойм винтовых насосов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2005. № 2. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Timashev/Timashev_1.pdf.

2. Тимашев Э.О., Ямалиев В.У., Брот А.Р., Виноградов Д.Г., Батищев О.В. Стендовые исследования работоспособности одновинтовых многозаходных насосов при низких частотах вращения винта // Нефтегазовое дело. 2008. № 6–1. С. 137–141.

3. Уразаков К.Р., Латыпов Б.М., Исмагилов Р.Р. Методика расчета штанговых колонн для винтовых насосных установок // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 4. С. 72–94. URL: http://ogbus.ru/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p72-94_UrazakovKR_ru.pdf.

4. Латыпов Б.М., Топольников А.С., Комков А.Г., Исмагилов Р.Р. Влияние условий эксплуатации наработку штанговых винтовых насосных установок // Нефтегазовое дело. 2016. Т. 14. № 2. С. 55–60.

5. Латыпов Б.М. Установка штангового винтового насоса для добычи нефти в осложненных условиях // Нефтегазовое дело. 2012. Т. 10. № 1. С. 13–15.

6. 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/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p256-270_UrazakovKR_ru.pdf.

7. Уразаков К.Р., Валеев А.М., Абуталипов У.М., Закиров А.Ф. Применение винтовых насосов с поверхностным приводом для добычи нефти // Нефтяное хозяйство. 2003. № 6. С. 108–110.

8. Уразаков К.Р., Топольников А.С., Абрамова Э.В. Область эффективного применения винтовых насосов для добычи нефти // Территория Нефтегаз. 2011. № 2. С. 16–21.

9. Насосные установки для малодебитных скважин / Уразаков К.Р., Жулаев В.П., Булюкова Ф.З., Молчанова В.А. Уфа, 2014. Сер. Библиотека нефтяного университета.

10. Пат. 2172868 Российская Федерация, МПК F 04 В 51/00. Стенд для испытаний винтовых насосов / К.Р. Уразаков, А.Ф. Закиров, Ю.Х. Кутлуяров, У.М. Абуталипов, А.М. Муталов, А.М. Валеев. 2000103701/06, Заявлено 15.02.2000; Опубл. 27.08.2001. Бюл. 24.

11. Пат. 2159867 Российская Федерация, МПК F 04 В 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.

REFERENCES

1. Timashev E.O., Yamaliev V.U. Analiz prichin razrusheniya elastomerov oboym vintovykh nasosov [Analysis of the Causes of Destruction of Elastomers Screw Pump Cages]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo»* — *Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2005, No. 2. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Timashev/Timashev_1.pdf [in Russian].

2. Timashev E.O. Stendovye issledovaniya rabotosposobnosti odnovintovykh mnogozakhodnykh nasosov pri nizkikh chastotakh vrashcheniya vinta [Bench Studies of the Performance of Single-Screw Multiple Pumps at Low Screw Speeds]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2008, Vol. 6, No. 1, pp. 137–142 [in Russian].

3. Urazakov K.R., Latypov B.M., Ismagilov R.R. Metodika rascheta shtangovykh kolonn dlya vintovykh nasosnykh ustanovok [Methodology for Calculating Sucker Rod String of Progressing Cavity Pump]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo»* — *Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2015, No. 4. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p72-94_UrazakovKR_ru.pdf [in Russian].

4. Latypov B.M., Topolnikov A.S., Komkov A.G., Ismagilov R.R. Vliyaniye uslovii ekspluatatsii na narabotku shtangovykh vintovykh nasosnykh ustanovok [Impact of Exploitation Conditions upon the Pump down Time of the Progressive Sucker Rod Pumping Units]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2016, Vol. 14, No. 2, pp. 55–60 [in Russian].

5. Latypov B.M. Ustanovka shtangovogo vintovogo nasosa dlya dobychi nefiti v oslozhnennykh usloviyakh [Progressing Cavity Pump for Oil Production under Complicated Conditions]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2012, Vol. 10, No. 1, pp. 13–15 [in Russian].

6. 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. 4. URL: http://ogbus.ru/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p256-270_UrazakovKR_ru.pdf [in Russian].

7. Urazakov K.R., Valeev A.M., Abutalipov U.M., Zakirov A.F. Primeneniye vintovykh nasosov s poverkh-

nostnym privodom dlya dobychi nefiti [Application of Screw Pump with Surface Drive for Oil Production]. *Neftyanoe hozyaistvo — Oil Industry*, 2003, No 6, pp. 108–110. [in Russian].

8. Topol'nikov A.S., Abramova E.V. Oblast' effektivnogo primeneniya vintovykh nasosov dlya dobychi nefiti [The Sphere of Effective Application of Progressive Cavity Pump for Oil Production]. *Territoriya Neftegaz — Territory Neftegaz*, 2011, No. 2, pp. 16–21. [in Russian].

9. Urazakov K.R., Zhulaev V.P., Bulyukova F.Z., Molchanova V.A. Nasosnye ustanovki dlya malodebitnykh skvazhin [Pumping Installations for Low-Yield Wells]. Ufa, UGNTU Publ., 2014. 236 p. [in Russian].

10. Urazakov K.R., Zakirov A.F., Kutluyarov Yu.Kh., Abutalipov U.M., Mutalov A.M., Valeev A.M. Stend dlya ispytaniya vintovykh nasosov [Stand for Screw Pumps]. Patent RF, No. 2172868, 2000. [in Russian].

11. 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 [Stand for Downhole Sucker Rod and Screw Pumps]. Patent RF, No. 2159867, 1999. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Тимашев Эдуард Олегович, канд. техн. наук, докторант, УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Eduard O. Timashev, Candidate of Engineering Sciences, Doctoral Candidate, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: timashev@mail.ru

Уразакое Камил Рахматуллоевич, 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 of Machinery and Equipment for Oil and Gas Industry Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: urazakk@mail.ru

Латыпов Булат Маратович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Bulat M. Latypov, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Machinery and Equipment for Oil and Gas Industry Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: bulatti@hotmail.com