



УДК:622.276.53

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ РОТОРНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

### RESEARCH OF HYBRID ROTARY HYDRAULIC MACHINE

**Сазонов Юрий Апполоньевич**

доктор технических наук,  
профессор кафедры машин  
и оборудования нефтяной  
и газовой промышленности,  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина  
ysaz60@mail.ru

**Франков Михаил Александрович**

аспирант кафедры машин  
и оборудования нефтяной  
и газовой промышленности,  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина  
hameleon089@gmail.com

**Аннотация.** Добыча высоковязкой нефти остается актуальным вопросом для Российской Федерации. Одним из направлений решения данной проблемы является разработка нового эффективного оборудования. В РГУ нефти и газа ведутся работы по разработке и исследованию новой гибридной роторной гидравлической машины. Целью исследований является замена в конструкции гидравлической машины сложных винтовых поверхностей на технологически простые – цилиндрические и плоские. Разработаны новые микромодели гибридной роторной гидравлической машины, получены новые напорные характеристики. Ведутся работы направленные на усовершенствование конструкции статора и ротора. В ходе конструкторско-исследовательских работ разработан прототип лабиринтно-винтового насоса с применением аддитивных технологий, доказана его работоспособность.

**Ключевые слова:** гибридный насос, аддитивные технологии, высоковязкая нефть, роторный насос, лабиринтно-винтовой насос.

**Sazonov Yuriy Appolonievich**

Doctor of Engineering,  
Professor of the Department  
of Oil and Gas Machinery,  
Gubkin Russian State University  
of Oil and Gas (National Research University)  
ysaz60@mail.ru

**Frankov Michael Aleksandrovich**

Graduate student of the Department  
of Oil and Gas Machinery,  
Gubkin Russian State University  
of Oil and Gas (National Research University)  
hameleon089@gmail.com

**Annotation.** Production of high-viscosity oil remains a pressing issue for the Russian Federation. One of the ways to solve this problem is the development of new efficient equipment. The State University of Oil and Gas is working on the development and research of a new hybrid rotary hydraulic machine. The purpose of the research is to replace complex helical surfaces with technologically simple ones – cylindrical and flat in the design of the hydraulic machine. New micromodels of a hybrid rotary hydraulic machine have been developed, new pressure characteristics have been obtained. Work is underway aimed at improving the design of the stator and rotor. In the course of design and research work, a prototype of a labyrinth-screw pump was developed using additive technologies, and its efficiency was proved.

**Keywords:** hybrid pump, additive technologies, high viscosity oil, rotary pump, labyrinth screw pump.

Добыча высоковязкой нефти остается актуальным вопросом для Российской Федерации. Одним из направлений решения данной проблемы является разработка нового эффективного оборудования.

На сегодняшний день выделяют два основных метода добычи высоковязкой нефти: добыча холодным (естественным) способом и добыча с термическим (в том числе паровым) или химическим воздействием на флюид [1]. Основным оборудованием для добычи высоковязкой нефти холодным способом остаются винтовые насосы, но они имеют ряд недостатков, которые ограничивают область их применения. Добыча с воздействием на флюид требует использования дополнительного оборудования и технологий, что повышает стоимость и снижает рентабельность добычи высоковязкой нефти.

В РГУ нефти и газа ведутся работы по разработке и исследованию новой гибридной роторной гидравлической машины [2–4]. Целью исследований является замена в конструкции гидравлической машины сложных винтовых поверхностей на технологически простые – цилиндрические и плоские.

В ходе исследовательских работ разработаны микромодели гидравлической машины. На рисунках 1–3 представлена микромодель гидравлической машины.

Гибридная роторная машина (рис. 1) состоит из цилиндрического статора и расположенного эксцентрично в нем цилиндрического ротора (рис. 2). В пазах ротора расположены вкладыши (рис. 3) выполняющие функции замыкателей, которые разделяют последовательно установленные рабочие камеры.



Рисунок 1 – Демонстрационный модель гидравлической машины

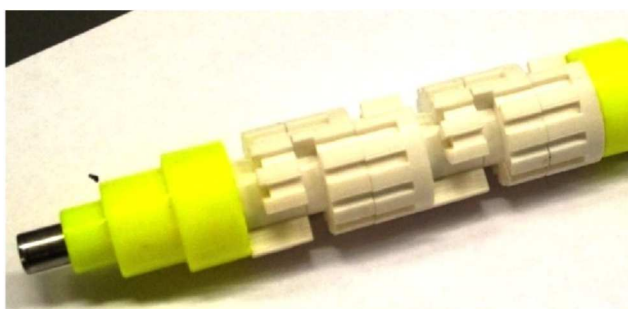


Рисунок 2 – Микромодель ротора гидравлической машины



Рисунок 3 – Микромодель вкладыша гидравлической машины

В ходе стендовых испытаний подтверждена возможность работы машины в следующих режимах: работа в режиме насоса объемного типа, работа в режиме насоса динамического типа, работа в режиме объемного гидравлического двигателя [5].

Гибридная машина (в режиме насоса) объединяет в себе положительные качества различных роторных насосов, таких как винтовой насос и шиберный насос. Такой гибридный насос способен перекачивать высоковязкие жидкости и имеет ряд преимуществ: отсутствие вибраций ротора при работе насоса, все рабочие поверхности выполнены технологически простыми (это цилиндрические и плоские поверхности).

Ведутся работы направленные на усовершенствование конструкции статора и ротора гибридного насоса и его исследованию в режиме работы насоса динамического типа. Разработаны новые микромодели роторов (с внешним диаметром 30 мм), получены их напорные характеристики. Испытания проводились при перекачке воды, проведено сравнение характеристик гибридного насоса и лабиринтно-винтового насоса. На рисунке 4 представлена напорная характеристика одного из исполнений гибридного насоса и напорная характеристика лабиринтно-винтового насоса (рис. 5) с аналогичными геометрическими параметрами.

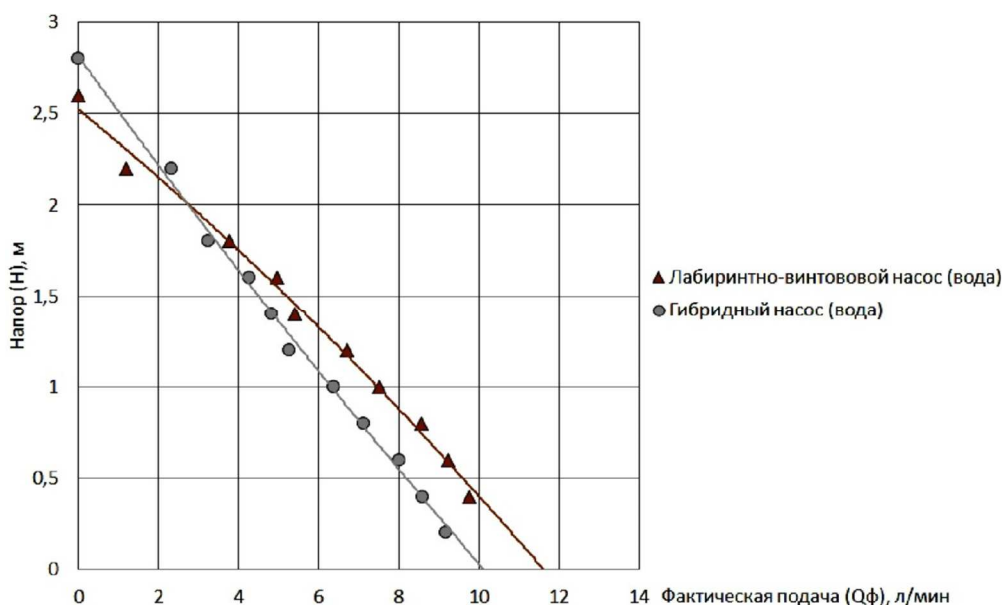


Рисунок 4 – Результаты физического эксперимента



**Рисунок 5** – Ротор микромодели лабиринтно-винтового насоса

При разработке нового оборудования целесообразно использовать новые технологии производства, такие как аддитивные технологии [6]. В ходе конструкторско-исследовательских работ был разработан прототип конструкции лабиринтно-винтового насоса с применением метода аддитивных технологий «SheetLamination» – «соединение листовых материалов» или послойное формование изделия из листовых строительных материалов (по классификации аддитивных технологий ASTM в версии 2012 г. [7]). Ротор такого насоса (рис. 6) содержит установленные на приводном валу лопастные колеса (секции), каждое последующее лопастное колесо установлено с угловым смещением относительно предыдущего лопастного колеса, с образованием многозаходных винтовых каналов [8].



**Рисунок 6** – Прототип ротора лабиринтно-винтового насоса, изготовленный методом аддитивных технологий «SheetLamination»

Применение данного метода конструирования ротора насоса позволит повысить технологичность его изготовления.

В ходе исследовательских работ разработаны новые микромодели гибридной роторной гидравлической машины, получены новые напорные характеристики. Ведутся работы направленные на усовершенствование конструкции статора и ротора. Разработан прототип лабиринтно-винтового насоса с применением аддитивных технологий, доказана его работоспособность.

*Работы проводятся при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России. Уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57717X0269.*

#### **Литература:**

1. Черкасова Е.И., Сафигуллин И.И. Особенности добычи высоковязкой нефти // Вестник технологического университета – 2015 – Т. 18. – № 6 – С. 105–108.
2. Патент РФ № 177705. Винтовая машина / Ю.А. Сазонов, М.А. Мохов, М.А. Франков, Д.Ю. Иванов; заявка на полезную модель № 2017121807; заявл. 21.06.2017. – Оpubл. 06.03.2018. – Бюл. № 7.



3. Патент РФ № 165039. Винтовая машина / Ю.А. Сазонов, М.А. Мохов, И.Н. Рыбанов, М.А. Франков, В.В. Воронова; заявка на полезную модель № 2016112161; заявл. 31.03.2016. – Оpubл. 27.09.2016. – Бюл. № 27.
4. Патент РФ № 182639. Насос / Ю.А. Сазонов, М.А. Мохов, М.А. Франков, В.В. Воронова, О.В. Деньгаева; заявка на полезную модель № 2018111988; заявл. 03.04.2018. – Оpubл. 24.08.2018. – Бюл. № 24.
5. Сазонов Ю.А., Франков М.А., Иванов Д.Ю. Исследование гибридного роторного насоса // Территория «НЕФТЕГАЗ» – 2017 – № 10 – С. 68–72.
6. Франков М.А. Применение современных технологий для конструирования гибридных роторных насосов // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2018. – № 7–8. – С. 60–63.
7. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – М. : ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.
8. Патент РФ № 185434. Насос / Ю.А. Сазонов, М.А. Мохов, М.А. Франков, Х.А. Туманян, К.И. Азарин, В.В. Воронова; заявка на полезную модель № 2018119495; заявл. 28.05.2018. – Оpubл. 05.12.2018. – Бюл. № 34.

#### References:

1. Cherkasova E.I., Safigullin I.I. Features of production of high-viscosity oil // Bulletin of the University of Technology – 2015 – V. 18. – № 6. – P. 105–108.
2. Patent RF № 177705. Screw-Rotor Machine / Yu.A. Sazonov, M.A. Mokhov, M.A. Frankov, D.Yu. Ivanov. – Published on March 6, 2018. – Bul. № 7.
3. Patent RF № 165039. Screw-Rotor Machine / Yu.A. Sazonov, M.A. Mokhov, I.N. Rybanov, M.A. Frankov, V.V. Voronova. – Published on September 27, 2016. – Bul. № 15.
4. Patent RF № 182639. Pump / Yu.A. Sazonov, M.A. Mokhov, M.A. Frankov, V.V. Voronova, O.V. Denigaeva. – Published on August 24, 2018. – Bul. № 24.
5. Sazonov Yu.A., Frankov M.A., Ivanov D.Yu. Investigation of Hybrid Rotary Pump // Territorija NEFTEGAS = Oil and Gas Territory. – 2017. – № 10. – P. 68–72.
6. Frankov M.A. Application of modern technologies for the construction of hybrid rotary pumps // Territorija NEFTEGAS = Oil and Gas Territory. – 2018. – № 7–8. – P. 60–63.
7. Zlenko M.A. Additive technologies in mechanical engineering – М. : GNC RF FGUP «NAMI», 2015. – 220 p.
8. Patent RF № 185434. Pump / Yu.A. Sazonov, M.A. Mokhov, M.A. Frankov, Kh.A. Tumanyan, K.I. Azarin, V.V. Voronova. – Published on December 05, 2018. – Bul. № 34.