



УДК 622.276.52

СОЗДАНИЕ НОВЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ И ТУРБИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАБОТЫ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ

CREATING OF NEW ENERGY-EFFICIENT COMPRESSOR AND TURBINE TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF HYDROCARBONS IN THE COMPLICATED CONDITIONS

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

Туманян Хорен Артурович

младший научный сотрудник
НИИ физики горных пород,
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
horen.tumanyan@mail.ru

Аннотация. Проводимые научные исследования ориентированы на приоритеты государственной энергетической политики, проведены поисковые научные исследования для создания перспективной и недорогой технологии и техники для добычи нефти и газа.

В лабораториях РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина развернуты научно-исследовательские и конструкторские работы по созданию новых научных принципов преобразования энергии в динамических машинах, для создания новой энергетически эффективной турбинной, насосной и компрессорной техники, адаптированной к осложненным условиям добычи углеводородов. Разработана перспективная компрессорная технология с применением эжекторных систем и сетчатых турбин. Выполнены исследовательские и конструкторские проработки, созданы 3D-модели и прототипы будущих изделий. В лабораторных условиях успешно проверена работоспособность прототипов.

Результаты исследований представляют практический интерес, поскольку позволяют вывести на новый уровень эксплуатационные показатели эжекторных систем высокого давления, с выходным давлением газа от 20 до 40 МПа. При этом стоимость новой разработанной компрессорной установки может быть в 16 ... 20 раз ниже по сравнению с современными компрессорами, при сходных рабочих параметрах.

Работы проводятся при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России в рамках государственного задания в сфере научной деятельности, номер темы FSZE-2020-0006.

Ключевые слова: добыча углеводородов, эжектор, турбина, компрессорная установка, 3D-моделирование.

Sazonov Yuri Appolonevich

Ph. D., Associate Professor,
Machinery and Equipment for Oil and
Gas Industry,
Gubkin University
ysaz60@mail.ru

Tumanyan Khoren Arturovich

Junior Researcher,
Research Institute of Rock Physics,
Gubkin University
horen.tumanyan@mail.ru

Annotation. The ongoing scientific research is focused on the priorities of the state energy policy, exploratory research has been carried out to create a promising and inexpensive technology and equipment for oil and gas production.

In the laboratories of the Gubkin University, research and development work was launched to create new scientific principles for converting energy in dynamic machines, to create new energy-efficient turbine, pumping and compressor equipment adapted to the complicated conditions of hydrocarbon production. The perspective compressor technology using ejector systems and mesh turbines. Research and design studies have been completed, 3D models and prototypes of future products have been created. The performance of prototypes has been successfully tested in laboratory conditions.

The research results are of practical interest, since they make it possible to bring to a new level the performance indicators of high-pressure ejector systems with an outlet gas pressure of 20 to 40 MPa. At the same time, the cost of a newly developed compressor unit can be 16 ... 20 times lower in comparison with modern compressors, with similar operating parameters.

The work has been performed with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the state contract in the sphere of scientific activities, topic number FSZE-2020-0006.

Keywords: hydrocarbon production, ejector, turbine, compressor unit, 3D modeling.

В России имеется потенциал энергосбережения, и существуют возможности значительного повышения экономической эффективности проектов в сфере энергетики [1]. Анализ научной информации позволил наметить перспективное направление исследований, применительно к решению актуальных проблем в области нефтяной и газовой промышленности, составляющей основу отечественной энергетики. И это направление связано с созданием компрессорной техники и импульсных турбин, имеющих сетчатую структуру проточных каналов [2].



Зарубежные компрессорные и турбинные технологии сейчас закрыты для российского рынка из-за введенных санкций. Вместе с тем применяемые технологии многоступенчатого сжатия отличаются чрезмерно высокой ценой на оборудование, что ставит под сомнение рентабельность реализации многих проектов по разработке месторождений углеводородов с применением компрессорной техники. В связи с этим, развитие работ [3–4], нацеленных на создание более дешевых компрессорных и турбинных технологий, являются весьма актуальными.

В лабораториях РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина развернуты научно-исследовательские и конструкторские работы по созданию новых принципов преобразования энергии в динамических машинах, для создания новой энергетически эффективной турбинной, насосной и компрессорной техники, адаптированной к осложненным условиям добычи углеводородов.

Объектом проводимых научных исследований является энергоэффективные компрессорные и турбинные технологии, нацеленные на повышение рабочего давления, производительности и энергетической эффективности эжекторных систем.

В рамках исследований разработаны программы и методики физических экспериментов, создан стенд для испытаний новой компрессорной установки, схема которой представлена на рис. 1. Технической проблемой, на решение которой направлена эта разработка, является расширение рабочего диапазона регулирования производительности компрессорной установки и повышение её энергетической эффективности.

Компрессорная установка содержит рабочую камеру 1 и эжектор с камерой смешения 2, подключенные к жидкостному насосу 3, перепускной трубопровод 4, всасывающий газовый клапан 5 и нагнетательный газовый клапан 6, которые отделяют полость рабочей камеры 1 от газопровода низкого давления 7 и газопровода высокого давления 8, соответственно. Рабочая камера 1 выполнена в виде газо-жидкостного сепаратора. Камера смешения 2 эжектора сообщается с жидкостным насосом 3 через сопло 9 эжектора. Вход жидкостного насоса 3 гидравлически связан с источником рабочей жидкости 10. Жидкостный насос 3 подключен к электроприводу 11. Вход в камеру смешения 2 эжектора связан через перепускной трубопровод 4 с нижней частью газо-жидкостного сепаратора 1. Выход камеры смешения 2 эжектора гидравлически связан с входным каналом 12 турбогенератора 13.

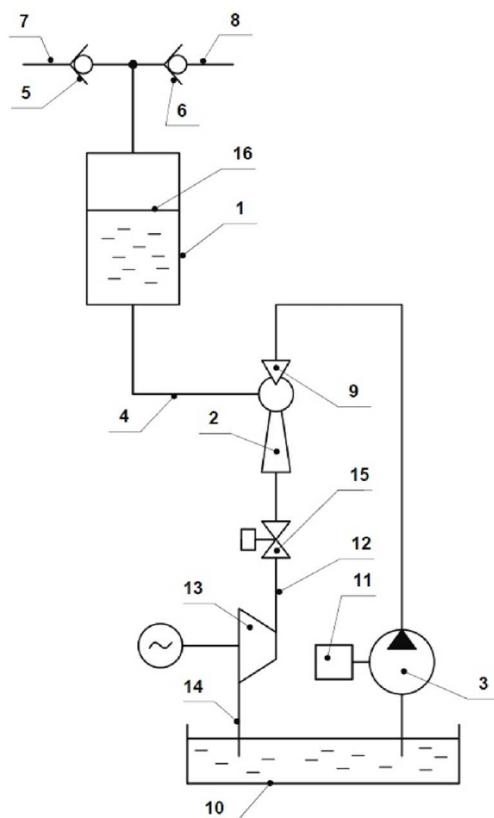


Рисунок 1 – Схема компрессорной установки [5]

Выходной канал 14 (у турбогенератора 13) сообщается с источником рабочей жидкости 10. Входной канал 12 оснащен регулируемой задвижкой 15. В верхней части газо-жидкостного сепаратора 1 размещен нагнетательный газовый клапан 6, отделяющий газо-жидкостной сепаратор 1 от газопровода высокого давления 8. Верхняя часть газо-жидкостного сепаратора 1 заполнена газом, а ниж-



няя часть газожидкостного сепаратора 1 заполнена рабочей жидкостью, на рисунке 1 показана граница раздела 16 между газообразной фазой и жидкой фазой. В качестве источника рабочей жидкости 10 может быть использована емкость, через которую постоянно циркулирует рабочая жидкость, как показано на рисунке 1.

В ходе экспериментальных исследований установлено, что при реализации циклического низкочастотного рабочего процесса, выходное давление газа может сравняться с давлением рабочей жидкости, а параметр соотношения давлений достигает значения 1, и этот результат подтвержден экспериментально при проведении стендовых испытаний новой эжекторной системы в лабораторных условиях [6]. Результаты исследований представляют практический интерес, поскольку позволяют вывести на новый уровень эксплуатационные показатели эжекторных систем высокого давления, с выходным давлением газа от 20 до 40 МПа.

В ходе исследовательской работы активно использовались технологии быстрого прототипирования. Прототип сетчатой турбины создан с использованием 3D-моделирования и аддитивных технологий, в соответствии с патентом РФ № 192513. Запланировано использование подобной турбины в составе компрессорной установки, представленной на рисунке 1 – позиции 13.

Результаты выполненных научных исследований можно считать основой для перспективной технологии, позволяющей осуществлять одноступенчатое изотермическое сжатие газа без ограничений по степени повышения давления. При этом стоимость новой разработанной компрессорной установки может быть в 16 ... 20 раз ниже по сравнению с современными компрессорами, при сходных рабочих параметрах.

На основе подобной технологии имеется перспектива развивать и другие отрасли науки и техники, включая газотурбинные установки различного назначения, поскольку известно, что сегодня уже практически полностью исчерпаны научные и технические резервы для дальнейшего усовершенствования известных газотурбинных установок.

Литература:

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года // Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р.
2. Рехтен А.В. Струйная техника: основы, элементы, схемы. – М. : Машиностроение, 1980. – 237 с.
3. Патент № 192513. Двигатель // Ю.А. Сазонов, М.А. Мохов, Х.А. Туманян, М.А. Франков, В.Г. Тимошенко. – Заявка: 2019120602, 02.07.2019. – Опубликовано: 18.09.2019. – Бюл. № 26.
4. Патент РФ № 2714989. Компрессорная установка // Ю.А. Сазонов, М.А. Мохов, Х.А. Туманян, М.А. Франков, В.А. Мун, С.И. Маркелов. – Заявка: 2019130889, 01.10.2019. – Опубликовано: 21.02.2020. – Бюл. № 6.
5. Разработка перспективных технологий с применением эжекторных систем и сетчатых турбин / Ю.А. Сазонов [и др.] // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2021. – № 4. – С. 49–60. – doi: 10.33285/2073-9028-2020-4(301)-49-60
6. Development of an Automated Compressor Unit for Gas Compression at the Periodic Connection of an Ejector / I.A. Sazonov [et al.] // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. Publisher: American Scientific Publishers. – 2019. – Vol. 16. – № 12. – P. 5378–5383.

References:

1. Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035 // Approved by Decree of the Government of the Russian Federation № 1523-r of June 9, 2020.
2. Rehten A.V. Jet Technique: fundamentals, elements, schemes. – M. : Mashinostroenie Publisher, 1980. – 237 p.
3. Patent № 192513. Engine // Yu.A. Sazonov, M.A. Mokhov, Kh.A. Tumanyan, M.A. Frankov, V.G. Timoshenko. – Application: 2019120602, 02.07.2019. – Published: 18.09.2019. – Bulletin № 26.
4. Patent of the Russian Federation № 2714989. Compressor unit // Yu.A. Sazonov, M.A. Mokhov, H.A. Tumanyan, M.A. Frankov, V.A. Moon, S.I. Markelov. – Application form: 2019130889, 01.10.2019. – Published: 21.02.2020. – Bulletin № 6.
5. Development of promising technologies using ejector systems and net turbines / Yu.A. Sazonov [et al.] // Proceedings of the Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin. – 2021. – № 4. – P. 49–60. – doi: 10.33285/2073-9028-2020-4(301)-49-60
6. Development of an Automated Compressor Unit for Gas Compression at the Periodic Connection of an Ejector / I.A. Sazonov [et al.] // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. Publisher: American Scientific Publishers. – 2019. – Vol. 16. – № 12. – P. 5378–5383.