

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 27.06.2014 № 14.574.21.0068 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 1 в период с 27.06.2014 по 31.12.2014 выполнялись следующие работы:

– **За счет средств субсидии:**

- 1.1 Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему технических и технологических решений конструкций агрегатированных машин для сжатия газов и жидкостей, в том числе: обзор научных информационных источников: статьи в ведущих зарубежных и (или) российских научных журналах, монографии и (или) (патенты) - не менее 15 научно-информационных источников за период 2009 – 2013 гг, в том числе обоснование выбора направления исследования.
- 1.2 Проведение патентных исследований в соответствии с ГОСТ 15.011-96.
- 1.3 Теоретическое исследование путей создания гибридных энергетических машин объемного действия.
- 1.4 Разработка схемы совместной работы агрегатов ПГЭМОД и РГЭМОД для сжатия газов и жидкостей (одновременно и попеременно) и описание режимов работы.
- 1.5 Разработка методики и алгоритмов расчета рабочих процессов компрессорной и насосной полостей в гибридных энергетических машинах объемного действия в сопряженной постановке.
- 1.6 Разработка математической модели, моделирующей рабочие процессы ПГЭМОД, и выбор рациональных значений основных конструктивных параметров.
- 1.7 Разработка ЭКД экспериментального образца ПГЭМОД.

– **За счет внебюджетных средств:**

1.8 Выполнение работ по обоснованию, выбору и приобретению оборудования, комплектующих изделий и материалов, для изготовления экспериментального образца ПГЭМОД.

1.9 Изготовление экспериментального образца ПГЭМОД.

При этом были получены следующие результаты:

Проведен анализ литературных и патентных источников областей использования одновременного и попеременного сжатого газа и жидкости под давлением, а также проведен анализ преимуществ и недостатков впрыска охлаждающей жидкости в рабочую полость компрессора объемного действия и анализ областей одновременного и попеременного использования жидкости и газа под давлением. В результате проведенного анализа эффективности впрыска охлаждающей жидкости в рабочую камеру компрессора были выявлены его основные недостатки и предложена идея организации охлаждения рабочих органов и поверхностей рабочих камер компрессора за счет их непосредственного контакта с охлаждающей жидкостью. Предложен способ реализации данной идеи путем использования, одной из полостей компрессора в качестве насосной полости. Работа насосной полости, в данном случае, осуществляется за счет движения рабочего органа компрессорной машины. Результатом данного решения помимо повышения энергоэффективности компрессорной части за счет ее охлаждения и снижения активного трения в зоне рабочих органов, является приобретение машиной дополнительной функции - функции насоса. Таким образом, появляется техническое решение, обладающее функциями и насоса и компрессора или способное выполнять эти две функции как совместно, так и попеременно. Кроме того, при объединении функций насоса и компрессора в одном агрегате повышается компактность агрегата, а также существенно расширяется область его применения и улучшаются энергетические характеристики, в сравнении с неагрегатированными машинами. Анализ областей одновременного использования под давлением газа и жидкости показал, что большое

количество объектов как отечественной, так и зарубежной промышленности нуждается в совместном потреблении жидкости и газа под давлением, что свидетельствует об актуальности и перспективности разработки нового технического решения, способного выполнять функции насоса и компрессора как одновременно, так и попеременно. Данное техническое решение получило название – гибридная энергетическая машина объёмного действия или насос-компрессор.

Проведены патентные исследования по направлению «Машины объёмного действия поршневого и ротационного типов для одновременного и попеременного сжатия газов и жидкостей». При проведении патентных исследований были просмотрены патенты следующих стран: Россия, Украина, Китай, США, Испания, Япония, Германия, Мексика. Патентный поиск выполнен с глубиной 10 лет (2004-2014гг.). Было просмотрено более 350 патентов и литературных источников, в результате чего для более детального анализа было отобрано 23 источника (патенты и литературные источники).

В результате патентных исследований были выявлены конструктивные решения объёмных неагрегатированных и агрегатированных машин для сжатия газа и жидкости одновременно и попеременно. На основе проведенного анализа выявлены перспективные гибридные конструкции объёмных машин, которые способны сократить энергозатраты и снизить их материалоемкость по сравнению с неагрегатированными существующими машинами объёмного действия осуществляющих производство сжатого газа и жидкости под давлением. Показана новизна, отсутствие полных аналогов и патентноспособность настоящих разработок. А также сделан вывод о том, что все разработки в области ГЭМОД принадлежат авторам данного ПНИ, сотрудникам Омского государственного технического университета.

Проведены теоретические исследования путей создания гибридных энергетических машин объёмного действия. В результате исследований было выявлено, что наиболее универсальной гибридной энергетической объёмной машиной, как с точки зрения развиваемого давления, так и с точки зрения

диапазона производительности по жидкости (поршневым машинам практически нет альтернативы в области малых и сверхмалых расходов), является поршневой вариант. Было замечено, что поршневые ГЭМОД для сжатия газов и жидкости также обладают очень широким диапазоном давлений и производительности. Однако, несмотря на весьма привлекательные свойства ПГЭМОД, эти машины имеют достаточно низкие значения удельного расхода и удельной мощности (отношение данных характеристик к весу машины) по сравнению с ротационными, к тому же в РГЭМОД по сравнению с поршневыми вариантами отсутствует сложный привод (кривошипно-шатунный механизм, в случае ПГЭМОД) их рабочего органа.

Исходя из достоинств, которыми обладают поршневая и ротационная конструкции и с целью охвата большего количества областей будущего использования ГЭМОД в качестве перспективных объектов разработки и исследования были приняты:

Поршневая гибридная энергетическая машина объёмного действия с П-образным поршнем.

Ротационная гибридная энергетическая машина объёмного действия с катящимся ротором и двумя рабочими полостями.

Для представленных к разработке поршневой и ротационной ГЭМОД, с учетом их технических особенностей, были разработаны пневмогидравлические схемы и дано краткое описание их работы. Разработанные пневмогидравлические схемы имеют в своем составе:

Систему очистки всасываемого воздуха от мелких твердых и пылеватых частиц и капельной жидкости, находящихся в окружающей среде.

Систему обеспечения отсутствия значительных пульсаций сжатого воздуха, подаваемого потребителю.

Систему контроля над сжимаемым газом, прекращение сжатия воздуха при достижении в ресивере заданного давления нагнетания и обеспечение аварийного сброса давления при его превышении в 1,3 раза.

Систему очистки сжатого воздуха от конденсата и капельной влаги.

Данные схемы предусматривают освобождения гидравлических магистралей машины от охлаждающей или рабочей жидкости с одновременным сливом ее в источник поступления, а также организуют работу машины в режимах «Компрессор», «Насос», «Насос-компрессор». Переключение режимов работы осуществляется одним золотниковым распределителем.

На основании существующих методик по математическому моделированию рабочих процессов поршневого и ротационного компрессора, а также математическому моделированию рабочих процессов поршневого насоса, авторами данной работы, была разработана методика расчета рабочих процессов компрессорной и насосной полостей в гибридных энергетических машинах объемного действия. Данная методика позволяет создать математические модели рабочих процессов ГЭМОД, по которым можно рассчитать основные расходные, режимные и конструктивные параметры, влияющие на работу конструкций ГЭМОД, а также рассчитать основные характеристики ГЭМОД.

Разработанная методика расчета рабочих процессов ГЭМОД может быть реализована на любом алгоритмическом языке и может применяться для создания математических моделей рабочих процессов других типов объемных машин (компрессоров и насосов).

Для перспективной конструкции ПГЭМОД, представленной к разработке была разработана математическая модель рабочих процессов. Разработанная математическая модель направлена в основном на получение сведений о рабочих процессах ПГЭМОД, так как именно они определяют экономическую и конструктивную эффективность работы гидропневматической схемы агрегата, а также все статические и динамические нагрузки, которые несет его конструкция. При реализации разработанной математической модели, могут быть получены: индикаторные диаграммы рабочих полостей ПГЭМОД, диаграммы движения запорных элементов самодействующих клапанов, диаграммы положения линии раздела фаз в щелевых уплотнениях агрегата,

производительность насосной и компрессорной полости. Математическая модель позволяет рассчитать как мгновенную, так и интегральную подачу газа и жидкости. Таким образом, параметры, которые получает в свое распоряжение исследователь или проектировщик ПЭГМОД при использовании разработанной математической модели, дают ему возможность как исследовать рабочие процессы машины, так и рассчитывать ее характеристики при проектировании, а также производить оптимизационные расчеты для получения наилучшего конструктивного варианта.

Для подтверждения заявленных параметров (уменьшение материалоемкости до 30 %, и повышение энергоэффективности не менее 5%, по сравнению с не агрегатированными машинами) ПГЭМОД и проверки работоспособности конструкции, а также проверке адекватности разработанной математической модели была разработана конструкторская документация на изготовление экспериментального образца ПГЭМОД. Общая компоновка ПГЭМОД была спроектирована в виде традиционной схемы «подкатного» (передвижного) компрессора, которая наиболее часто используется при проектировании и производстве компрессоров малой производительности, применяющихся на различных ремонтных предприятиях.

Для изготовления экспериментального образца ПГЭМОД по разработанной конструкторской документации, были проведены работы по обоснованию, выбору и приобретению оборудования, комплектующих изделий и материалов за счет внебюджетных средств получателя субсидии, «Омского государственного технического университета». На работы по обоснованию, выбору и приобретению оборудования, комплектующих изделий и материалов было потрачено 1 480 000,00 рублей.

По разработанной технической документации, за счет средств промышленного партнера, был изготовлен и собран экспериментальный образец ПГЭМОД, в составе: рама; гидравлический бак; нагнетающий узел; предохранительная система; пневмогидрораспределитель; ресивер, для

сжимаемого газа; комплект контрольно-измерительной аппаратуры; блок подготовки воздуха; электродвигатель.

Основные узлы (рама, нагнетающий узел, пневмогидрораспределитель, ресивер, для сжимаемого газа, гидравлический бак) поршневой ГЭМОД были изготовлены на производственных мощностях индустриального партнера. Стоимость изготовления составила 520 000 рублей.

Предохранительная система, комплект контрольно-измерительной аппаратуры, электродвигатель и блок подготовки воздуха, ввиду своей специфики и сложностью изготовления (большая себестоимость изготовления), были приобретены за счет внебюджетных средств получателем субсидии.

Для контроля процесса сборки и проведения необходимых проверок экспериментального образца ПГЭМОД была создана комиссия. По результатам работы комиссии было установлено, что экспериментальный образец ПГЭМОД пригоден для проведения исследовательских испытаний.

Результаты работы полностью соответствуют Техническому заданию проекта и план-графику исполнения обязательств

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.