

УДК 629.7.064.3

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА ЭЛЕКТРОПНЕВМОКЛАПАНА ДЛЯ ГАЗООБРАЗНОГО КИСЛОРОДА С РАБОЧИМ ДАВЛЕНИЕМ 49 МПа. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

© 2011 Ф. А. Казанкин, И. Д. Кальницкий

Федеральное государственное унитарное предприятие
"Научно-исследовательский институт машиностроения", г. Нижняя Салда

В данной статье рассмотрена конструкция электропневмоклапана (ЭПК) для газообразного кислорода с рабочим давлением 49 МПа. Формулируются задачи, которые необходимо решить для обеспечения работоспособности ЭПК.

Кислород, электропневмоклапан, постановка задачи.

Введение

Существует множество способов оптимизации габаритно-массовых характеристик летательного аппарата (ЛА). Один из способов состоит в повышении давления в системе хранения компонентов топлива.

Кислород – один из самых распространенных окислителей в камерах сгорания различных ЛА. Кроме того, кислород широко используют в системах обеспечения жизнедеятельности при высотных и космических полетах.

В процессе получения, транспортировки и применения кислорода в результате его контакта с различными конструкционными материалами образуются горючие и взрывчатые системы. Недооценка этого часто является причиной взрывов кислородного оборудования и травматизма обслуживающего персонала.

Возможность образования горючих систем, вероятность возникновения взрывов и пожаров от случайных источников и интенсивность сгорания материалов и веществ повышаются в общем случае с увеличением давления, температуры, концентрации и расхода кислорода. Недооценка такой специфической особенности эксплуатации кислородных систем уже не раз приводила к авариям. Поэтому в настоящее время одна из главных задач состоит в проведении научных исследований в области горения материалов в кислороде и разработке методов и средств борьбы с загораниями кислородного оборудования.

Следует отметить, что несмотря на произошедшие за последние годы аварии, в том числе такие широко известные, как гибель американских астронавтов при испытании системы "Аполлон", до сих пор отсутствуют правила, регламентирующие требования к кислородному оборудованию, выполнение которых обеспечило бы безопасность работы с ним.

В настоящее время выявлены основные закономерности горения материалов в кислороде, даны практические рекомендации, разработаны методы соответствующих испытаний. В СССР, затем в России и ряде других стран созданы и совершенствуются стандарты по технике безопасности, в том числе относящиеся к методам и средствам борьбы с загораниями кислородного оборудования.

Однако до последнего времени в исследованиях не наметился единый подход к однозначному определению уровня опасности контакта материалов с кислородом, что не позволяет эффективно сравнивать и использовать результаты различных исследований. Кроме того, не ясно, каким образом данные, получаемые экспериментально, могут быть применены для выработки рекомендаций по безопасной эксплуатации конкретного оборудования, включающего широкий спектр различных материалов.

Вследствие вышеизложенного наблюдается как переоценка, так и недооценка действительной опасности работы с кисло-

родом, что приводит к нерациональным затратам.

При оценке совместимости материалов в контакте с кислородом возникает необходимость в определении условий, при которых использование материалов не представляет никакой опасности, и условий, когда существует принципиальная возможность загорания, но вероятность загорания и последствия его могут быть изучены и ограничены соответствующими требованиями, реализуемыми в процессе применения. Для выявления этих условий необходимо изучение большого числа параметров воспламенения и горения материалов, а также изучение влияния на сами параметры конструктивных факторов.

Конструкция ЭПК в составе двигательной установки космического аппарата (КА) должна быть работоспособной при давлении газообразного кислорода на входе в клапан до 49 МПа включительно. Однако в существующих литературных источниках, как правило, приводятся схемы контактов с газообразным кислородом с давлениями до 41,2 МПа, которые обеспечивают безопасность работы. Лишь очень малое количество описанных схем может обеспечить безопасность работы с кислородом под давлением 41,2 МПа [1].

Постановка задачи исследования

Основной задачей НИР является установление влияния основных параметров рабочего тела (давления, скорости и температуры) на характеристики ЭПК.

Это позволит сократить сроки проведения отработки как ЭПК, так и всего КА в целом, существенно сократит связанные с этими работами затраты.

Решение поставленной задачи требует детального моделирования рабочих процессов в элементах ЭПК по результатам его эскизной компоновки, а проведённые измерения помогут выработать рекомендации по получению безопасной конструкции ЭПК.

Объект исследования

На рис. 1 дана схема ЭПК с эквивалентным проходным сечением 12мм, рассчитанного для работы под давлением 49 МПа. При разработке КД на ЭПК учитывался опыт ФГУП "НИИМаш" по проекти-

рованию, отработке и изготовлению электропневмоклапанов 6РТ.200 ($d_y=6$ мм, $P_k=5,88$ МПа) и 14Ц71 ($d_y=0,75$ мм, $P_k=34,3$ МПа).

С целью выполнения требований к массе ЭПК (не более 2 кг) в его конструкции предусмотрены элементы, позволяющие значительно снизить давление рабочего тела на якорь при открытии. Это привело к значительному уменьшению массы и габаритов катушки электромагнита (ЭМ) и обеспечило выполнение требований к массе ЭМ.

ЭПК данного класса – устройство многократного срабатывания нормально закрытого типа, предназначенное для использования в качестве запорного органа с дистанционным управлением потоками газообразных рабочих тел (например, газообразного кислорода с температурой от минус 100°С до +100°С), а также таких технологических рабочих тел, как воздух, азот, гелий, и их смесей с температурой от минус 50°С до +50°С.

ЭПК имеет два клапанных узла – основной и вспомогательный, управляющую А, входную Б и выходную Г полости, загрузочный и перепускной каналы а и б соответственно. Входная и управляющая полости разделяются фторопластовой манжетой. Уплотнение в запорных парах – «фторопласт по металлу».

При обесточенном электромагните (ЭМ) ЭПК закрыт, входная Б и управляющая А полости заполнены рабочим телом, при этом рабочее тело поступает в управляющую полость через загрузочный канал а. Основной 2 и вспомогательный 3 клапанные узлы под действием пружин 5 и 6 и давления рабочего тела поджаты к седлам 8,5 соответственно, перепускной канал б закрыт. Для снижения нагрузки на фторопластовом уплотнителе основного клапанного узла выходная полость Г сообщена с полостью В, полость В отделена от управляющей А и входной Б полостей уплотнением 8. При этом диаметр полости В равен герметизирующему диаметру седла основного клапанного узла. Таким образом исключается дополнительная нагрузка на уплотнитель основного клапанного узла, а герметичность с учетом погрешности изготовления полости В и герметизирующего седла, обеспечивается пружиной 7.

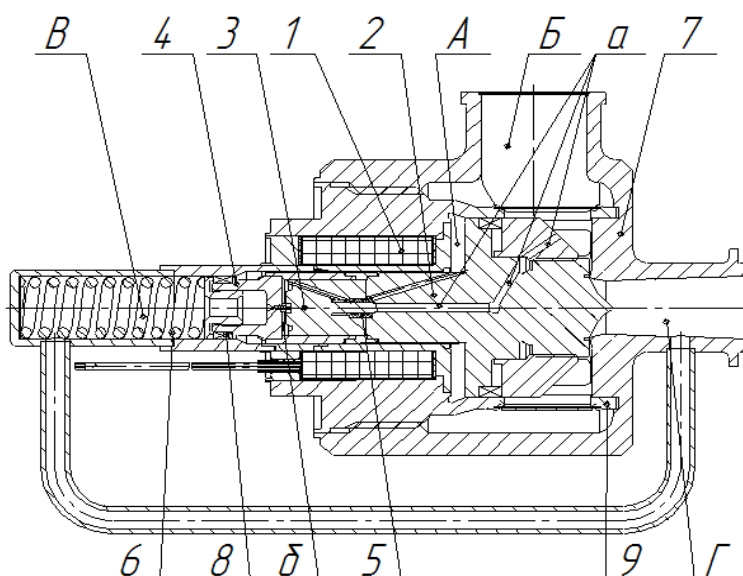


Рис. 1. Общий вид ЭПК d_y12 на 49 МПа:

1 – электромагнит; 2 – основной клапанный узел; 3 – вспомогательный клапанный узел; 4 – седло вспомогательного клапанного узла; 5; 6 – пружины; 7 – седло основного клапанного узла; 8 – уплотнение; 9 – фильтр. а – загрузочный канал, б – перепускной канал

После подачи напряжения питания постоянного тока на обмотку ЭМ вспомогательный клапанный узел 3 притягивается к основному клапанному узлу 2, при этом загрузочный канал а перекрывается, отсекая управляющую полость от входной, и открывается перепускной канал б, сообщая управляющую полость с выходной. Давление в управляющей полости уменьшается, и за счет разности давлений во входной и управляющей полостях основной клапанный узел 2 начинает двигаться, открывая клапан.

При снятии напряжения питания вспомогательный клапанный узел 3 под действием пружины 5 закрывает перепускной канал б и открывает загрузочный канал а. Давление рабочего тела в управляющей и входной полостях выравнивается, и под действием пружины 6 клапан закрывается.

Цель исследования

Целью исследования является создание методики расчета, позволяющей еще на ранней стадии проектирования определить основные параметры процессов, проходящих в полостях элементов ЭПК под воздействием газообразного кислорода.

При этом поставлены следующие задачи исследований:

- разработка математической модели перемещения подвижных элементов ЭПК за счет пневматического воздействия на них рабочего тела;

- разработка математической модели течения кислорода в полостях элементов ЭПК с учетом теплообмена при закрытом и открытом ЭПК;

- разработка математической модели течения кислорода в полостях элементов ЭПК с учетом теплообмена при закрытии и открытии ЭПК;

- проведение расчетов по разработанным математическим моделям;

- установление по результатам расчетов влияния основных параметров кислорода на состояние и работоспособность как отдельных элементов ЭПК так и самого ЭПК в целом;

- экспериментальное подтверждение адекватности математических моделей и эффективности предложенных методик.

Планируемая научная новизна:

- новые математические модели влияния кислорода на элементы конструкции с определенными параметрами;

- результаты расчета процессов, проходящих в полостях элементов ЭПК на различных этапах его работы;

- результаты испытаний экспериментального ЭПК;

- методика численного моделирования процессов, проходящих в полостях элементов ЭПК на различных этапах его работы;

- новые зависимости влияния основных параметров кислорода на работоспособность как отдельных элементов ЭПК, так и самого ЭПК в целом.

Практическая ценность

Разработанные математические модели и методики расчета могут быть использованы при проектировании элементов систем подачи, работающих с газообразным кислородом.

На основе полученных зависимостей влияния основных параметров кислорода на работоспособность как отдельных элементов ЭПК, так и самого ЭПК в целом будут

разработаны рекомендации по проектированию оборудования, работающего с газообразным кислородом.

Библиографический список

1. Иванов, Б.А. Безопасность применения материалов в контакте с кислородом [Текст] / Б.А. Иванов – М.: ХИМИЯ, 1974. – 288 с.

CHARACTER CREATOR OF ELECTROPNEUMATIC VALVE FOR 49MPa GASEOUS OXYGEN WORKING PRESSURE. STATEMENT OF PROBLEMS AND PROBLEM SOLVING WAYS

© 2011 F. A. Kazankin, I. D. Kalnitsky

Federal State Unitary Enterprise Research and Development Institute of Mechanical Engineering, Nizhnyaya Salda

This paper describes an electropneumatic valve (EPV) structure for gaseous oxygen with 49 MPa working pressure and defines problems which are necessary to be solved in order to provide EPV working capacity.

Oxygen, electropneumatic valve, statement of problem.

Информация об авторах

Казанкин Филипп Андреевич, заместитель главного конструктора Научно-исследовательского института машиностроения, г. Нижняя Салда. Тел.: (34345) 36-4-14. E-mail: niimash@list.ru. Область научных интересов: поисковые расчетно-теоретические и экспериментальные исследования по созданию перспективных образцов ракетно-космической техники.

Кальницкий Игорь Дмитриевич, инженер-конструктор конструкторского отдела Научно-исследовательского института машиностроения, г. Нижняя Салда. Тел.: (34345) 36-5-72. E-mail: bezymaot@mail.ru, niimash@list.ru. Область научных интересов: расчетно-теоретические и экспериментальные исследования рабочих процессов в жидкостных ракетных двигателях малой тяги.

Kazankin Filip Andreevich, Deputy of Chief Designer of Research and Development Institute of Mechanical Engineering, Nizhnyaya Salda. Phone: (34345) 36-414. E-mail: niimash@list.ru. Area of research: design-theoretical and experimental investigations for rocketry promising technology creation.

Kalnitsky Igor Dmitrievich, design engineer of design-engineering department of Research and Development Institute of Mechanical Engineering, Nizhnyaya Salda. Phone: (34345) 36-516. E-mail: bezymaot@mail.ru, niimash@list.ru. Area of research: design-theoretical and experimental investigations of thrusters operation processes.