

Безродный И.И.

Самарский университет

34, Московское шоссе,
Самара, Российская Федерация
443086,

bezrodny95@gmail.com

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ КЛАПАННЫХ УПЛОТНЕНИЙ ДЛЯ
АГРЕГАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ СВЕРХНИЗКИХ
ТЕМПЕРАТУРАХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ**

Потребность использования водорода, как полноценную замену керосина, возрастает с каждым днем. Еще с прошлого века ведутся, во всем мире исследования по разработке топливной системы, в которой используется водород. Множество технических проблем возникает при использовании данного вещества, как сопоставление авиационному керосину. Одной из важных проблем, является разработка конструкции уплотнения, для клапанов, которая способна за счет своей конструкции и материала из которого сделано КУ, обеспечить максимальный ресурс работы, а также уменьшить усилие привода для герметизации.

Ключевые слова: водород; клапан; сильфон

1 Введение

В настоящее время, проблема поиска альтернативных источников энергии становится все более актуальной. Ограниченность природных запасов и возрастающая сложность добычи ископаемого топлива, в совокупности с глобальным загрязнением окружающей среды, а также рост энергопотребления из за развития промышленности, являются основными факторами, которые стимулируют человечество в поисках новых источников энергии. В связи с не возобновлением традиционных источников энергии, таких как углеводородное топливо, может привести к их сильному подорожанию. По данным европейского сообщества при современном употреблении углеводородных топлив, получаемого из нефти, доказанных запасов нефти может хватить на 40 – 50 лет. Особенно остро проблема ограниченности природных запасов встала перед авиацией, поскольку прогнозируется в будущем увеличение количества авиаперевозок. В качестве наиболее перспективных видов топлив в настоящее время рассматриваются жидкий водород и сжиженный природный газ [4].

Для криогенного топлива к общим проблемам можно отнести, обеспечение пожаро- и взрывобезопасности, контроль утечек топлива, способ поддержания давления в баках, работу насосов, создание криогенных регулирующих и управляющих агрегатов с минимальными весовыми характеристиками, подбор уплотнительных материалов, для герметизации по запорным органам, а также для баков и коммуникаций топливных магистралей. Создание высококачественной низкотемпературной теплоизоляции, предотвращающей вскипание криогенного топлива и обледенения конструкции. Стоит отметить, что существующие наработки при использовании этих видов топлив в наземных условиях из за их значительных весовых характеристик в авиации неприемлемо. Для данных видов топлива (метан, водород), необходимо использовать вакуумную изоляцию из- за их высокой летучести.

2 Применения криогенных топлив в авиации

К достоинствам для данных источников энергии авиации, является использование их в качестве хладагента, как и для различных

узлов двигателей, так и при полете самолета на больших скоростях, повышение дальности полета на 20% - 30% без увеличения объема топливных баков. Главным достоинством, является увеличенный ресурс работы двигателя (при работе на метане увел. на 25%). При создании агрегатов управления для работы в условии сверхнизких температур, возникают проблемы сверхпроводимости (использовании различных электроприводов электромагнитные, электрогидравлический), по этому в качестве приводов чаще всего используют сильфонный привод, роль данного привода, как разделитель сред. При применении поршневого сильфонного привода, возрастает роль динамики нагружения КУ на ресурс уплотнительного элемента и при значительном уплотнении полимерного уплотнителя в условиях сверхнизких температур, использовании последнего становится проблематично. В частности жесткость фторопласта при $t = -254^{\circ}\text{C}$ возрастает в 6-8 раз, что естественно не существенно увеличивает усилие привода [2, 3].

3 Перспективы клапанных уплотнений для криогенных сред

При работе в сверхнизких температурах к КУ предъявляют более жесткие требования, такие как:

- работа при диапазоне температур (от -253 до $+250$)
- конструкция клапанных уплотнений должна компенсировать значительные изменения свойств применяемых материалов.
- клапанные уплотнения должны быть герметичны, как при экстремальной температуре рабочей и окружающей среды, так и в нормальных условиях.

При выборе материала в качестве уплотнителя Ду запорного органа агрегата, необходимо учитывать следующие факторы влияющий на герметичность уплотнителя (рисунок 1) с учетом влияния изменение температурного диапазона при работе

уплотнителя.

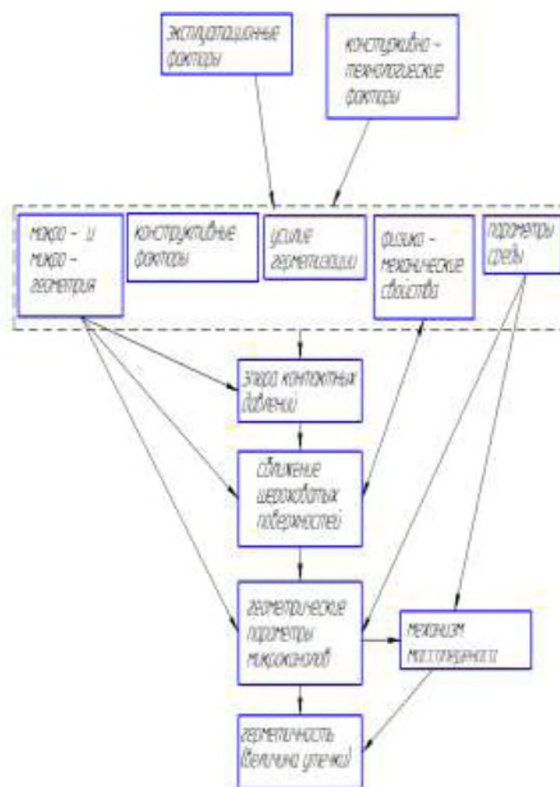


Рисунок 1 - Факторы влияющие на герметичность

Произведен расчет параметров КУ на основе упругой кромки для агрегатов перекрывного с $du = 50$ мм. Такое конструктивное решение КУ при использовании его в агрегате для жидкого водорода позволяет существенно снизить требуемое контактное давление для герметизации по сравнению с использованием в качестве уплотнения фторопласт и при этом уменьшит рабочее усилие в том числе снизить управляющее давление для поддавливания с целью обеспечения герметизации. Одним из перспективных направлений для герметизации криогенных сред, является уплотнения на основе метал - метал с упругой кромкой на рисунке 2 [5].

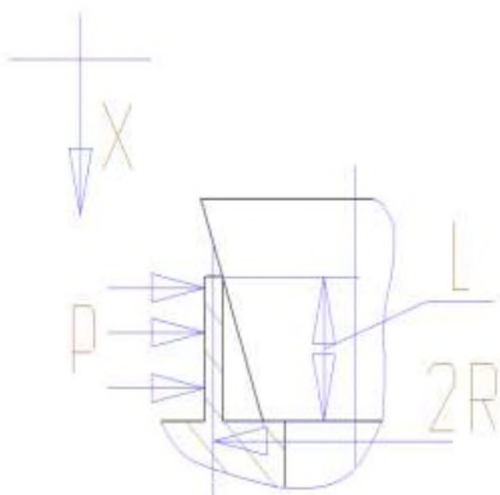


Рисунок 2 - КУ на основе упругой кромки

При этом возникают следующие варианты нагружения клапанного уплотнения, показанные на рисунке 3.

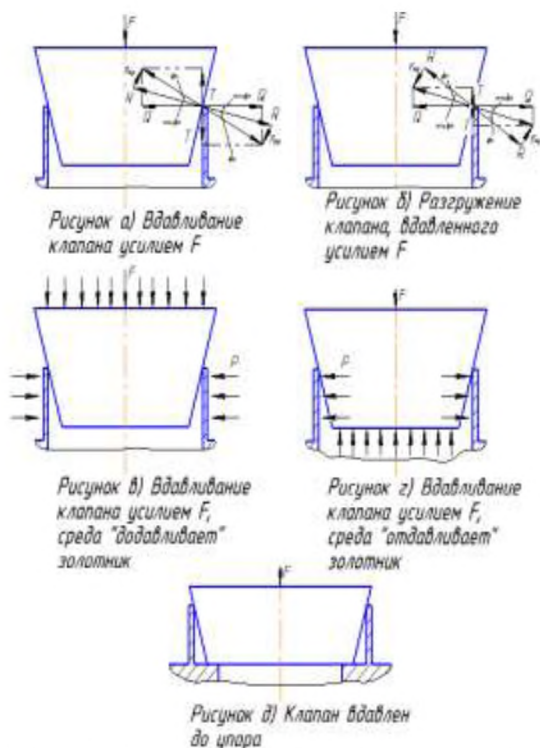


Рисунок 3 - Варианты нагружения клапанного уплотнения

Определения нагрузок действующих в зоне упругого контакта применительно к схеме нагружения, которая изображена на рисунке 3а, можно рассчитать следующим образом:

Действующие на оболочечное седло распределенная нагрузка T и радиальная Q

находятся из выражений:

$$T = \frac{F}{2\pi \cdot R \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)},$$

где F - усилие создаваемое приводом для обеспечения требуемой степени герметичности;

$$Q = \frac{F}{2\pi \cdot R \cdot (\alpha + \varphi)}.$$

Реакция в контакте (необходима для определения герметичности затвора):

$$R = \sqrt{T^2 + Q^2} = \frac{T}{\sin(\alpha + \varphi)}.$$

Сила трения в контакте:

$$F_{\text{тр}} = R \times \sin \varphi = T \frac{\sin \varphi}{\sin(\alpha + \varphi)}.$$

Проекция силы трения на вертикальную ось:

$$F_{\text{тр}}^B = F_{\text{тр}} \times \cos \alpha = T \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \varphi}.$$

Учитывая высокую скорость посадки запорного органа на седло, происходит их соударение, возникают большие контактные нагрузки, вызывающие пластическую деформацию седла, поэтому в клапанах используются уплотнения на основе упругой кромки, при динамических нагрузках используются упоры ограничивающие в радиальном направлении деформацию седла, что в целом такого рода конструктивные решения, при различных контактирующих материалов затвора и упругого седла с учетом условий эксплуатации, обеспечивают надежную герметизацию по затвору при сверхнизких температурах и минимальных усилий привода для герметизации [5].

При применении поликарбоната марки ПК-2-М в качестве уплотнителя в среде жидкого водорода, жесткость поликарбоната возрастает приблизительно в 3 раза, что естественно требует снижения усилия привода обеспечивающего требуемую герметичность по КУ. Однако в обоих случаях использование фторопласта и поликарбоната, при динамических нагрузках, в условиях знакопеременных температурных режимах и ресурсных испытаний, у такого вида уплотнительных материалов возникают большие внутренние напряжения снижающие ресурс работы агрегата, это подтвердили испытания в среде

жидкого водорода. Ресурсные испытания агрегата представленного на рисунке 4.

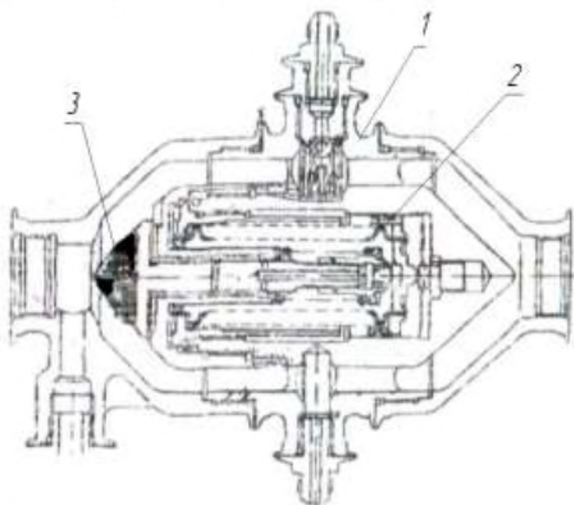


Рисунок 4 - Клапан перекрывной (1 - корпус; 2 - сифонный привод; 3- уплотнительный элемент)

В расчете КУ из 5 вариантов стали (BC25, 07X16H6, сплав АВ, 07X21ГАН5, БрАЖ9-4), была выбрана сталь 07X16H6, из которой можно изготовить КУ с минимальными размерами $L = 10,5 \dots 16$ мм, $h = 1,9$ мм, (h – толщина седла, L – длина оболочечного седла). Было произведено сравнение материала 07X16H6 с фторопластом (таблица 1).

Таблица 1 - сравнение материала 07X16H6 с фторопластом

	Рабочая температура, C°	Предел прочности, МПа
07X16H6	-250...+400	720
Фторопласт	-200 ...+210	32

Данный материал (07X16H6) превосходит фторопласт по таким параметрам, как рабочая температура и предел прочности, что в некоторой степени повлияет на работу клапана.

Оценку конструктивных решений можно производить в специальной установки для ресурсных испытаний клапанных уплотнений, принципиальная схема, которой представлена на рисунке 5.

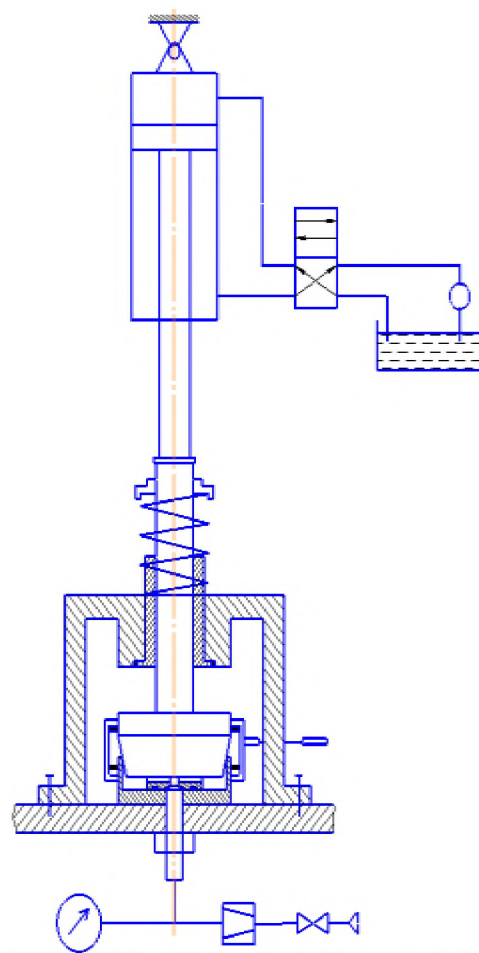


Рисунок 5 - Принципиальная схема установки для ресурсных испытаний клапанных уплотнений

4 Экспериментальные исследования многослойных сифонов

При данном эксперименте исследовались различные типа размеры сифонов на машине ZMG1 250, для определения изменения жесткости сифонов в криогенных средах (таблица 2).

Таблица 2 - Определения изменения жесткости сифонов в криогенных средах

Типоразмер сифона	ГОСТ	Температур испытаний в Кельвинах		
		293	203	77
		α	α	α
27-9-0,16×6	21744-66	1,0	1,04	1,11
38-8-0×6	21744-66	1,0	1,05	1,18
38-13-0×6	21744-66	1,0	1,03	1,12
48-13-0,2×10	21744-66	1,0	1,04	1,14
63-6-0,25	24553-81	1,0	1,02	1,05

α – безразмерный коэффициент учитывающий изменение жесткости сильфона при изменении температуры.

В данном эксперименте 293 К – среда воздух, 203 К – среда азот, 77 К – среда водород.

В этом исследовании было установлено, что изменение жесткости сильфонов незначительно и составляет 10 – 18% в сторону увеличения.

При изменении температуры до криогенной, существенно изменяется усилие потребное для герметизации по затвору, это связано прежде всего, в частности при использовании сильфонового привода, а точнее с изменением жесткости сильфона о чем говорят исследования (см. выше), этот фактор необходимо учитывать при герметизации.

5 Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что при переходе на альтернативный источник энергии, необходимо провести оценку

эффективности на основе результатов, полученных при испытании системы топливопитания в целом, а также при создании этого объекта использовать современные методы проектирования и новые материалы.

Список литературы

- [1] Клапанные уплотнения пневмогидроагрегатов / Б. В. Кармугин, Г. Г. Стратиневский, Д. А. Мендельсон. - М. : Машиностроение, 1983. - 153 с.
- [2] Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник-учебник / Л. А. Кондаков, А. И. Голубев, В. Б. Овандер и др.; Под общ. ред. А. И. Голубева, Л. А. Кондакова.-М.: Машиностроение, 1986.-464 с., ил.
- [3] Гольдман А.Я. Прочность конструкционных пластмасс. Л.: Машиностроение, ленингр. отделение, 1979. - 320 с.
- [4] Внимание: газы. Криогенное топливо для авиации: Справочник-воспоминание для всех / Андреев В., Борисов В., Климов В. [и др.]; [Науч. ред.-В.Т. Климов]. - М. : Моск. рабочий, 2001. - 223 с.
- [5]] А.С. 1634913 Кондрашов Ю.И. и др.16К 1/42 зарег. 15 ноября 1990 г.

**THE PERSPECTIVE USE OF VARIOUS VALVE SEAL
DESIGNS FOR COMPONENTS, FUNCTIONING UNDER
ULTRALOW TEMPERATURE AND DYNAMIC FORCE**

Ilya I. Bezrodnyy

Samara University
34, Moskovskoe shosse,
Samara, Russian Federation
443086,
bezrodny95@gmail.com

The need for the use of hydrogen as a proper substitution for kerosene-based aviation fuel is constantly growing. Research has been carried out to develop a fuel system that uses hydrogen since the previous century. The use of this fuel instead of kerosene-based fuel creates numerous technical issues. One of the most important issues is designing a seal for the valves, that would, by their design and the materials used, provide maximum durability and reduce the actuating force for sealing.

Key words: *hydrogen; valve; bellows valve*

Reference

- [1] Klapannyye uplotneniya pnevmogidroagregatov / B.V. Karmugin, G.G. Stratinevsky, D. A. Mendelson, - M. : Mashinostroyeniye, 1983. - 153 p.
- [2] Uplotneniya i uplotnitelnaya tekhnika: spravochnik uchebnik / L.A. Kondakov, A. I. Golubev, V. B. Ovander i dr.; Pod obshch. red. A. I. Golubeva, L.A. Kondakova, - M. : Mashinostroyeniye, 1986. - 464 p.
- [3] Goldman, A. Y. Prochnost konstruktsionnykh plastmass. L.: Mashinostroyeniye, leningr. otdelenie, 1979. - 320 p.
- [4] Vnimaniye gazu. Kriogennoe toplivo dlya aviatsii : Spravochnik - vospominanie dlya vsekh / Andreev V., Borisov V., Klimov V. [i dr.]; [Nauch. red.- V.T. Klimov,]. -M.: Moskv. rabochiy, 2001. - 223 p.
- [5] A.S. 1634913 Kondrashov, Y.I. i dr. 16k 1/42 zareg. 15 noyabrya 1990 y.