

УДК 629.7.04

СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕКОСА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОСЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ КЛАПАННО-СЕДЕЛЬНОЙ ПАРЫ НА ГЕРМЕТИЗИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ И РЕСУРС КЛАПАННОГО УПЛОТНЕНИЯ

© 2012 О. П. Мулюкин¹, С. В. Кшуманев¹, В. Н. Самсонов²¹ Самарский государственный университет путей сообщения² Самарский государственный аэрокосмический университет

имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Представлены результаты анализа различных способов устранения влияния перекоса геометрических осей элементов клапанной системы на её выходные характеристики. В основу положен учёт конструкторско-технологических и эксплуатационных факторов при обеспечении необходимой герметизирующей способности и ресурса.

Клапанно-седельная пар, уплотнение, герметизирующая способность, ресурс, перекося геометрических осей элементов клапанно-седельной пары, центрирование, конструкторско-технологические и эксплуатационные факторы.

В состав пневмогидравлических систем входят агрегаты, обеспечивающие в изменяющихся условиях эксплуатации удовлетворительную работу систем энергетических установок (ЭУ). Агрегаты представляют собой совокупность размещённых в едином корпусе исполнительных механизмов, обеспечивающих автоматическое управление системами объекта, регулирование их параметров и обслуживание. Конструктивно исполнительные механизмы представляют собой ряд функционально связанных золотников, клапанных устройств, распределителей и других органов, открывающих и закрывающих проход газа или жидкости в рабочем тракте в соответствии с циклограммой работы ЭУ.

Клапанные устройства представляют собой клапанно-седельную пару (КСП). Они состоят из неподвижного запирающего элемента, обычно жёстко закреплённого в корпусе исполнительного механизма, и подвижного запирающего элемента (запорного органа-клапана), приводимого в действие вручную, автоматически под действием перепада давления рабочей среды или дистанционно при помощи управляющего приводного механизма, а также размещённого между седлом и клапаном уплотняющего элемента - клапанного уплотнения (КУ). При работе

клапанного устройства поток рабочей среды перекрывается при посадке запорного органа на седло с последующей герметизацией по КУ из упругого материала (эластомер, полимер или металл). Герметизация по КУ обеспечивается при помощи усилия, создаваемого пружиной, либо приводом или перепадом давления на запорном органе [1, 2].

Практика эксплуатации клапанных устройств показывает, что наличие в них перекоса геометрических осей элементов КСП (пружина-направляющая клапана-клапан-седло), обуславливает [3]:

1) снижение точности центрирования герметизирующего усилия в уплотнительном соединении «клапан-седло», что приводит к неравномерности нагружения отдельных участков клапанного уплотнения с ухудшением его герметизирующей способности;

2) уменьшение в момент контакта клапана с седлом фактической площади касания (ФПК) уплотнительных поверхностей, которое увеличивает удельное контактное давление в отдельных зонах клапанного уплотнения, что, с одной стороны, негативно влияет на текущие показатели его герметизирующей способности, а, с другой стороны, снижает срок службы клапанно-седельной пары, наиболее «слабым» звеном которой

является динамически нагруженное клапанное уплотнение.

В настоящей работе представлены результаты систематизации известных и предложенных авторами способов устранения негативного влияния перекоса геометрических осей элементов КСП на ее выходные характеристики. Такие способы обеспечивают повышение точности центрирования герметизирующего усилия на элементах КСП и снижение динамической нагруженности КУ.

Величина перетечек рабочей среды через уплотнение клапана в значительной мере определяется характером изменения ФПК уплотнительных элементов при эксплуатации агрегата. Изменение ФПК уплотнительных элементов происходит чаще всего вследствие нарушения центровки герметизирующего усилия. Это нарушение может быть следствием проявления конструкторско-технологических или эксплуатационных факторов. К конструкторско-технологическим относится несоосное приложение герметизирующего усилия к запорному органу вследствие геометрического перекоса осей и несоосности направляющих поверхностей силового и запорного органов, неперпендикулярность положения плоскости тарели относительно оси направляющего хвостовика клапана, искривления при сжатии геометрической оси пружины с большим числом витков. К эксплуатационным факторам относится увеличение зазоров в сопряжениях запорного и силового органов с ответными направляющими элементами корпусной арматуры вследствие изнашивания контактирующих поверхностей в процессе работы [4].

При отработке КУ широкопроходных агрегатов (с диаметром седла более 100 мм) иногда наблюдается рост утечки среды при давлении, меньшим расчётного. Такая утечка может быть обусловлена неравномерным распределением усилия сжатой пружины по кольцевой уплотнительной поверхности. Известно, что при сжатии пружин с большим количеством витков возможно искривление её геометрической оси (выпучивание). В этом случае возникает боковая сила, которая

стремится сдвинуть и приподнять тарель клапана. Это обуславливает неравномерность распределения уплотнительного давления по герметизируемому стыку, что приводит к утечкам среды в местах с меньшим удельным давлением.

В работе [5] отмечается, что даже незначительное ($\sim 0,05$ мм) смещение от центра «отпечатка» седла на тарели при неточной центровке приводит к потере герметичности. В тоже время ужесточение допусков при центровке приводит к заеданию подвижных соединений. Уменьшение зазоров неприемлемо для подвижных сопряжений криогенной арматуры вследствие возможного коробления их элементов при захлаживании конструкции криогенным продуктом. Величина минимального зазора в таких устройствах выбирается в зависимости от диаметра сопряжения и может составлять от 15...50 мкм до 250...280 мкм [4]. Опытами установлено, что исключить утечку среды, вызываемую указанным фактором, можно, приблизив точку приложения герметизирующего усилия к плоскости контакта клапана с седлом (рис. 1).

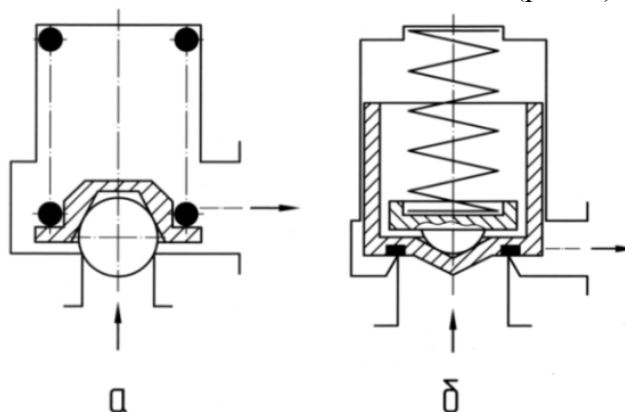


Рис. 1. Конструктивные схемы пружинных клапанов с максимальным приближением точки приложения герметизирующего усилия к плоскости контакта клапана с седлом: а – шариковый клапан; б – тарельчатый клапан

Для устранения нежелательных последствий искривления пружин на герметичность КУ широко применяют специальные типы опор, передающих усилие герметизации к уплотнению тарели клапана. Практика показала, что наиболее надёжны

сферические (шаровые) опоры, обладающие к тому же максимальной несущей способностью (рис.2).

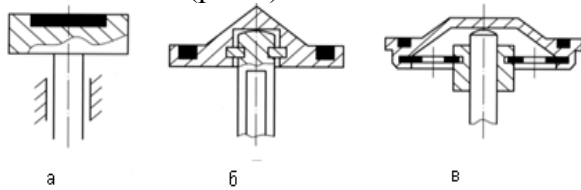


Рис. 2. Схемы центровки тарелки клапана:
а – по направляющей; б – по направляющей со свободнокачающейся тарелью; в – по упругоподвешенной втулке; г – с помощью сферического шарнира

Эффективным также является применение шарнирных муфт или компенсационных соединительных устройств (рис.3) с подвеской подвижного элемента в направляющей поверхности на разрезных кольцах, которые обычно выполняются из полимерного материала (фторопласт-4, капрон, капролан, полиамид, поликарбонат) или из бронзовых сплавов.

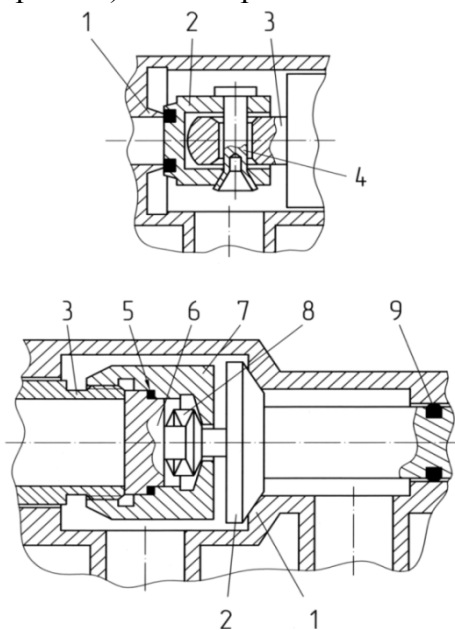


Рис. 3. Конструктивные схемы шарнирной муфты (а) и компенсационного соединительного устройства:
1 - седло корпуса; 2 - клапан; 3 - шток поршня; 4 - штифт; 5 - уплотнительное кольцо; 6 - П-образная втулка; 7 - переходник; 8 - сферический зацеп; 9 - кольцо направляющее

В работе [6] отмечается, что стабилизация величины перетечек через КСП в ходе выработки эксплуатационного ресурса с одновременным повышением срока службы КУ достигается при газостатическом центрировании

направляющих поверхностей запорных и силовых органов.

Этой же цели служит исполнение КСП на базе W-образного седла (рис.4).

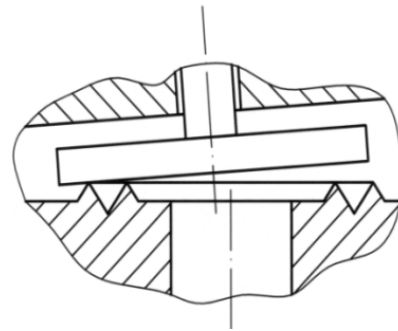


Рис. 4. Конструктивная схема КСП с W-образным седлом

В этой конструкции одно из седел (большого диаметра) подвергается воздействию ударных нагрузок в момент касания с клапаном при несоосности или перекосе последнего относительно ответной направляющей корпуса. Это разгружает седло меньшего диаметра, предназначенное для герметизации уплотняемого стыка, от ударных нагрузок.

С целью защиты КУ от ударных нагрузок в ряде случаев между его соударяющимися элементами устанавливаются поглотители энергии в виде упругих прокладок самой различной формы, например, гофрированных пластин. Заслуживает внимание использование в качестве поглотителей энергии элементов из упругопористого материала МР (рис.5) [7].

На рис.5,а представлена конструкция демпфера клапана. Она включает корпус 1, клапан 2, седло 3. В теле клапана 2 последовательно (относительно седла 3) размещены уплотнитель 4, полимерный диск 6, цилиндр 7 из материала МР, металлический диск 8 и упругий гофрированный металлический диск 9. Данный набор элементов уплотнительно-демпфирующего устройства в теле клапана 2 закреплён при помощи гайки 5.

На рис.5,б представлена конструкция задемпфированного седла. Конструкция включает корпус 1, в котором сцентрирован клапан 2. В корпусе 1 размещено седло 3, которое с жёстко закреплённой с корпусом опорной втулкой 7 связано при помощи цепочки элементов: металлического диска 4, втулки 5 из материала МР, стопорного

кольца 11, опоры 10, на которую передаётся усилие пружины 6. Пружина 6 опирается на нижнюю опору 9, зафиксированную стопорным кольцом 8.

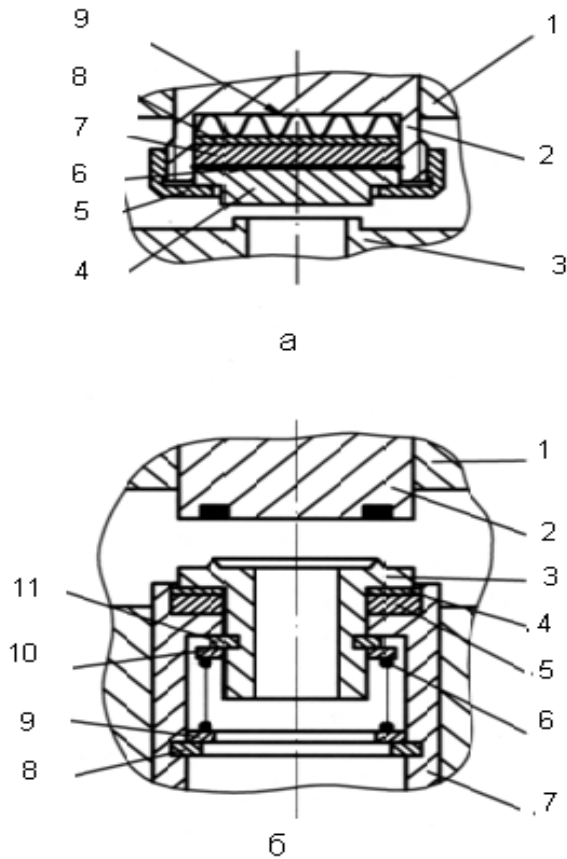


Рис. 5.- Примеры конструкторской реализации конструктивного демпфирования в клапане (а) и седле (б) клапанно-седельной пары

Одновременное демпфирование клапана и седла используется при значительных динамических нагрузках в зоне уплотнительного соединения с учётом принятого типа пружины и её силовой характеристики.

Следующей разработкой является конструкция автоматического пружинного клапана с оригинальной КСП, в которой звенья кинематической цепи «направляющая-клапан-седло» соединены закладными шарнирами пространственного положения (рис.6).

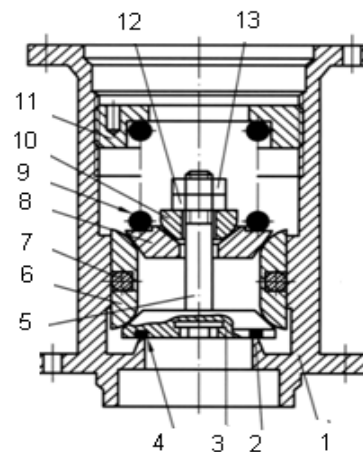


Рис.6. Пружинный клапан с соединением звеньев «направляющая-клапан-седло» закладными шарнирами пространственного положения 1 - корпус; 2 - седло; 3 - клапан; 4 - клапанное уплотнение; 5 - резьбовой хвостовик клапана; 6 - набор разрезных полушайб; 7 - браслетная пружина; 8 - закладной конус; 9 - пружина; 10 - закладная сфера; 11 - резьбовой пружинный подпятник; 12 - гайка; 13-контргайка

На основе анализа представленных технических решений разработана классификационная схема способов снижения влияния перекоса геометрических осей элементов КСП на герметизирующую способность и ресурс КУ (рис.7).

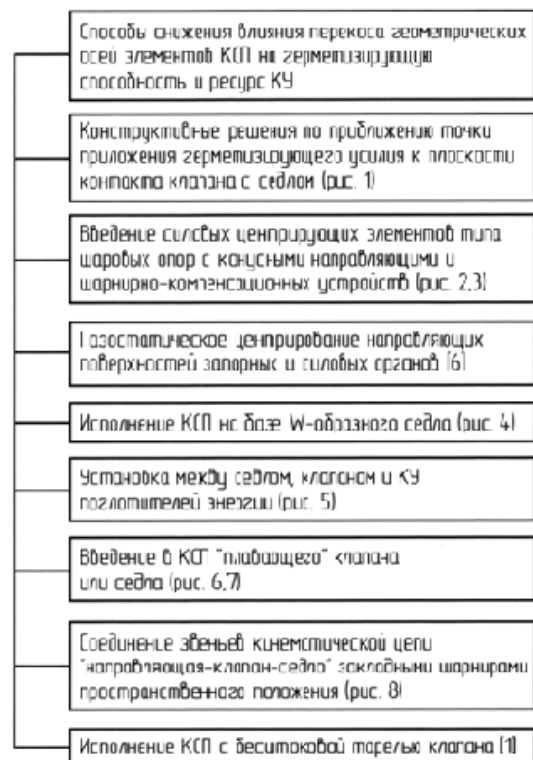


Рисунок 7 – Классификация способов снижения влияния перекоса геометрических осей элементов КСП на герметизирующую способность и ресурс КУ

Разработанная классификационная схема обеспечивает:

- проведение на этапе эскизного проектирования целенаправленного выбора способа или комбинации способов для устранения негативного влияния переноса геометрических осей элементов КСП на герметизирующую способность и ресурс КУ;
- сокращение срока создания высокоэффективных конструкций пневмогидроарматуры за счёт исключения потребности проведения доводки КСП на соответствие предъявляемым к ней требованиям по качеству выходных параметров.

Библиографический список

1. Чегодаев, Д.Е. Гидропневмотопливные клапанные агрегаты с управляемым качеством динамических процессов: Учебно-справочное пособие [Текст] / Д.Е. Чегодаев, О.П. Мулюкин, А.Н. Кирилин и др. - Самара: СГАУ, 2000. - 546 с. : ил.
2. Самсонов, В.Н. Исследование предельных возможностей пневматических пружин как опорных узлов систем обезвешивания объектов динамических испытаний с минимизацией обратного влияния объекта испытаний на источник

возбуждения [Текст] / В.Н. Самсонов, А.А. Черевань / *Авиация и космонавтика*. - М.: 2003. - С. 118-119.

3. Дудин, М.П. Способы предупреждения и снижения влияния перекоса геометрических осей элементов клапанно-седельных пар на их функциональные свойства в составе пневмогидросистем мобильной транспортной техники [Текст] / М.П. Дудин, А.Г. Ермоленко, О.П. Мулюкин // *Вестник Самарского государственного университета путей сообщения*. - Самара: Самарский государственный ун-т путей сообщения, 2010. - №3. - С. 85- 89.

4. Чегодаев, Д.Е. Гидропневмотопливные агрегаты и их надёжность: Монография [Текст] / Д.Е. Чегодаев, О.П. Мулюкин - Куйбышев: Кн. изд- во; 1990. - 104 с.

5. Бугаенко, В.Ф. Пневмоавтоматика ракетно- космических систем: Монография [Текст] В.Ф. Бугаенко - М.: Машиностроение, 1979. - 168 с.

6. Макушин, А.Б. Динамические характеристики клапана с газостатическим центрированием [Текст] / А.Б. Макушин, Д.Е. Чегодаев // *Гидрогазодинамика летательных аппаратов и их систем*: Сб. науч. тр. - Куйбышев: КуАИ, 1984. - С. 95- 105.

REDUCTION THE INFLUENCE OF GEOMETRIC AXES OF THE SKEW ELEMENTS OF A PAIR OF VALVE-SADDLE ON THE SEALING ABILITY AND RESOURCE OF THE VALVESEAL

© 2012 O. P. Mulyukin¹, S. V. Kshumanev¹, V. N. Samsonov²

¹ Samara State University of means of communication, ² Samara State Aerospace University (national research University),

² Samara State Aerospace University named after academical S.P. Korolyov (National Research University)

Presents the results of the analysis of various ways to eliminate the effect of skewing the geometrical axes element valve system at its output characteristics. In is based on the accounting of engineering-technological and operational factors, with the necessary sealing ability and resource.

Valve hardware steam; seal; sealing ability; resource; distortion geometric axis elements valve-saddlery pair; centering; design and technological and operational factors.

Информация об авторах

Мулюкин Олег Петрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной графики, Самарский государственный университет путей

сообщения. E-mail: om46@mail.ru. Область научных интересов: исследование и разработка методов и средств повышения функциональных возможностей и ресурса пневмогидроарматуры транспортных средств.

Самсонов Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и машин полиграфического производства, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: samsonov@ssau.ru. Область научных интересов: динамика и управление в сложных технических системах, виброзащита, гидравлические и пневматические силовые системы.

Кшуманёв Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности перевозок пассажиров и грузов, Самарский государственный университет путей сообщения. E-mail: om46@mail.ru. Область научных интересов: динамика узлов и деталей высоконагруженных агрегатов транспортных систем.

Mulyukin Oleg Petrovitch, doctor of technical sciences, professor, head of the engineering graphics, Samara State University of means of communication. E-mail: om46@mail.ru. Area of research: research and development of methods and means to improve the functionality and resource pnevmogidroarmatury vehicles.

Samsonov Vladimir Nikolayevitch, doctor of technical sciences, professor, head of the department of technology and machines, printing production, Samara State Aerospace University named after S.P. Korolyov (national research University). E-mail: samsonov@ssau.ru. Area of research: dynamics and management of complex technical systems, vibration protection, hydraulic and pneumatic power systems.

Kshumanev Sergej Vasilyevitch, cand. of technical sciences, the senior lecturer of Faculty of the safety of the transport of passengers and goods, Samara State University of means of communication. E-mail: om46@mail.ru. Area of research: dynamics of heavy-loaded parts and aggregates transport systems.