

РАЗРАБОТКА ШАРОВЫХ КРАНОВ С УПРАВЛЯЕМЫМИ СЕДЛАМИ для газотранспортной системы, обладающих увеличенным ресурсом и сниженной стоимостью



Логанов Юрий Дмитриевич,
генеральный директор ОАО «МосЦКБА».

Мороз Владимир Вадимович,
технический эксперт ОАО «МосЦКБА»

Московское Центральное Конструкторское Бюро арматуростроения (ОАО «МосЦКБА») работает на рынке промышленной трубопроводной арматуры с 1952 года, является членом Научно-промышленной Ассоциации Арматуростроителей и активно участвует в ее деятельности.

Сегодня ОАО «МосЦКБА» – это известная инженеринговая компания, уделяющая большое внимание исследовательской деятельности, о результатах которой (а именно о создании шаровых кранов с управляемыми седлами) было рассказано на конференции МГ ARMTOORG, проведенной 23 октября 2018 года в рамках выставки «РСVEхро-2018».

Шаровые краны с управляемыми седлами предназначены для комплектования объектов газотранспортной системы (ГТС). Общеизвестно, что ГТС сегодня представляет собой большой комплекс предприятий, осуществляющих эксплуатацию скважин, добычу и переработку природного газа, газового конденсата и нефти, транспортировку и распределение, подземное хранение газа и т. д. [1]. Аварии на ГТС приводят к большим материальным потерям, поэтому ее надежная работа имеет стратегическое значение для страны, а ее безопасность обеспечивается, в том числе, надежной работой запорных шаровых кранов [2]. Научно-исследовательская работа, проводимая в ОАО «МосЦКБА» по созданию шаровых кранов с управляемыми седлами, направлена на решение следующих задач:

- 1) снижение стоимости крана за счет использования более простого запорного органа;
- 2) снижение стоимости крана за счет снижения момента, необходимого для его управления, и использования в результате этого менее мощных и более дешевых приводов;
- 3) увеличение ресурса уплотнений крана и повышение их надежности;
- 4) снижение затрат при внедрении инновации за счет максимального использования элементов серийной продукции, применяемой сегодня на объектах ГТС.

В настоящей статье техническая суть проекта демонстрируется на базе классической конструкции разборного шарового крана DN 300 PN 100, разработанного в соответствии с требованиями СТО Газпром 2-4.1-212-2008 «Общие технические требования к арматуре, поставляемой на объекты ОАО «Газпром» [3].

Для решения поставленных задач в конструкцию серийного шарового крана вносятся минимальные изменения, поэтому новый и серийный кран внеш-

не мало чем отличаются друг от друга. Шаровой кран с управляемыми седлами имеет габаритные и присоединительные размеры, аналогичные размерам классической конструкции разборного шарового крана. Внешним отличием является наличие дополнительных точек подвода управляющей среды в патрубках крана (рис. 1).

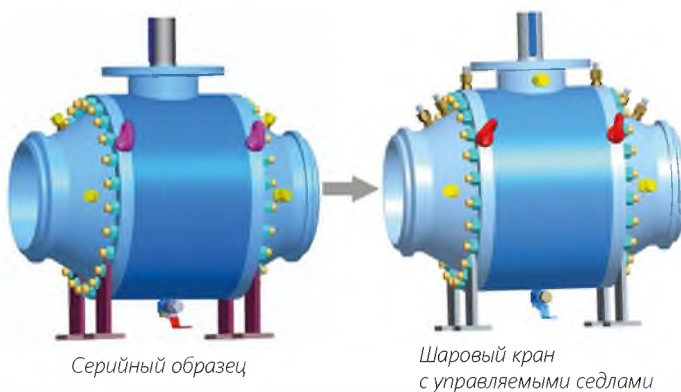


Рис. 1. Внешние отличия шарового крана традиционной конструкции от шарового крана с управляемыми седлами

В рамках реализации проекта определено два основных исполнения шаровых кранов с управляемыми седлами, и разработаны схемы управления для каждого из них.

Первое исполнение: кран, который работает только в режиме управляемых седел; ему соответствует схема управления № 1.

Второе исполнение: универсальный кран, который может работать как в режиме управляемых седел, так и в режиме обычного крана (седла работают с двойным поршневым эффектом – **DUBLE PISTON EFFECT**); ему соответствует схема управления № 2.

Схема управления № 1 запатентована (патент РФ № 2613010 на изобретение «Система автоматического управления положением седел шарового крана» [4]), и на нее получен охранный документ.

Разработанные схемы управления шаровыми кранами обеспечивают отвод седел от запорного органа при его повороте, используя для этого штатную систему управления пневмогидравлическим (пневматическим, струйным) приводом. Основными элементами системы управления приводами перечисленных типов серийных шаровых кранов ГТС являются блок управления и блок конечных выключателей.

Блок управления содержит в своем составе два электромагнитных клапана, один предназначен для подачи управляющей среды при открытии крана, другой –

для подачи управляющей среды при закрытии. Клапаны срабатывают в автоматическом режиме при поступлении управляющего сигнала на соленоиды напряжением **24, 110 или 220 В постоянного тока**. Для управления приводами шаровых кранов на блок управления могут подаваться: воздух низкого давления; специально подготовленный импульсный газ; газ, взятый непосредственно из трубопровода (технологический). Подвод управляющей среды в блок управления осуществляется через индивидуальный фильтр-осушитель, установленный на приводе крана. Для управления шаровыми кранами применяются различные типы блоков управления отечественного и зарубежного производства.

При разработке схем управления седлами шаровых кранов было обеспечено выполнение следующих требований **СТО Газпром 2-4.1-212-2008 к системе управления приводом**:

- пункт 7.3.1.23, предусматривающий возможность отбора технологического газа для управления приводом с обоих патрубков крана и установку на обвязке запорных шаровых кранов;
- пункт 7.7.2.32, предусматривающий изготовление трубопроводной обвязки системы управления из коррозионностойкой стали с применением шаро-ниппельных соединений;
- пункт 7.7.2.39, устанавливающий комплектность системы управления приводом шарового крана;
- пункт 7.7.2.40, предусматривающий подачу давления в привод только при повороте шаровой пробки крана, после чего управляющая среда сбрасывается в атмосферу;
- пункт 7.7.2.41, устанавливающий, что подвод управляющей среды к блоку управления осуществляется после фильтра-осушителя.

Как уже отмечалось выше, **схема № 1 предназначена для управления краном, который работает только в режиме управляемых седел**. Данная схема может иметь два варианта исполнения: **схема № 1-1** (рис. 2) с

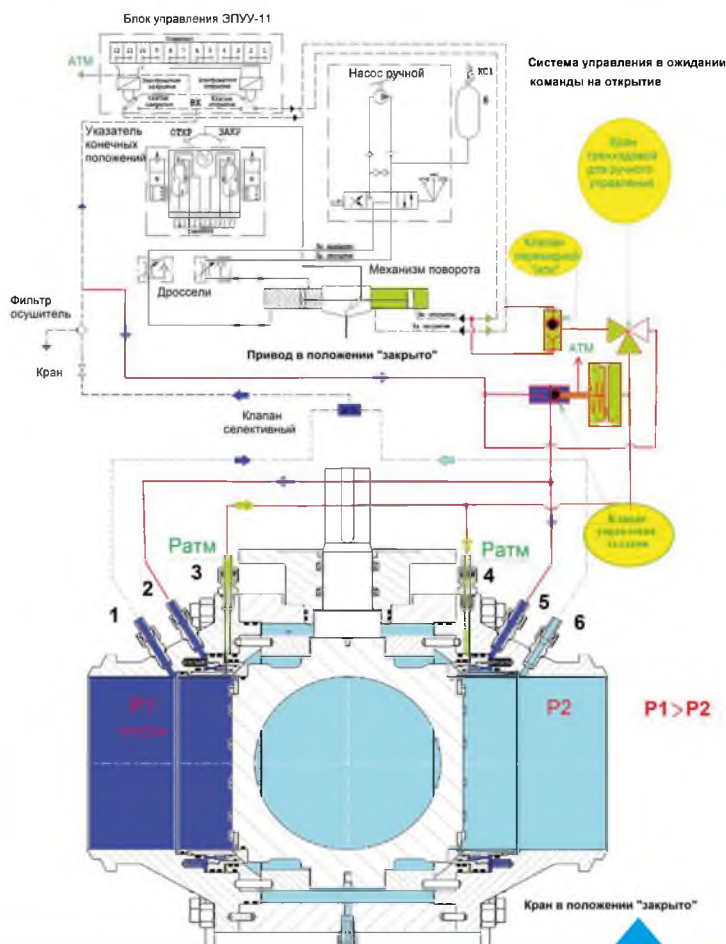
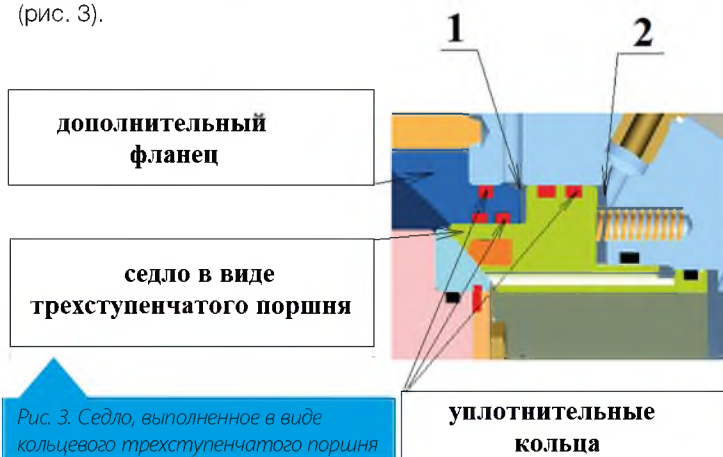


Рис. 2. Схема № 1-1, шаровый кран в положении «закрыто»

подачей на привод управляющей среды непосредственно из трубопровода (технологический газ из патрубков крана); **схема № 1-2** с подачей на привод специально подготовленного импульсного газа или воздуха от отдельного источника. **Схема № 1-2** может применяться, если шаровой кран устанавливается на трубопроводах с загрязненной средой, например, на сепараторах КС, в обвязке ПХГ, а также на трубопроводах с агрессивной средой (содержащей сероводород и т. п.). Преимуществом **схемы управления № 1-2** является то, что седла крана могут управляться даже тогда, когда в трубопроводе отсутствует давление рабочей среды, так как питание механизма управления седлами осуществляется автономно.

Особенностью конструкции шарового крана, который работает только в режиме управляемых седел по вариантам **схемы № 1**, является то, что седла в нем выполнены в виде кольцевого трехступенчатого поршня (рис. 3).



Благодаря установке уплотнительных колец на наружной поверхности выступа седла и фиксации седла дополнительным фланцем в патрубке крана образуются две замкнутые полости 1 и 2, изменение давления в которых позволяет перемещать седло либо к поверхности запорного органа, либо от неё (рис. 4).

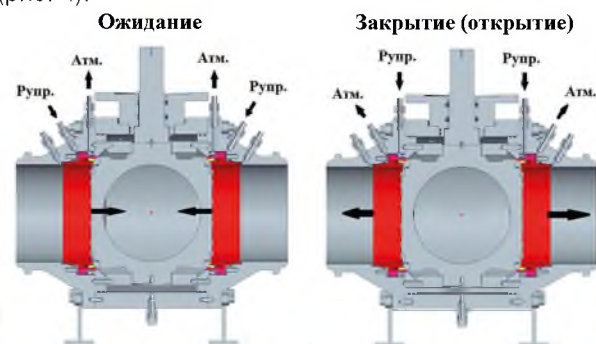


Рис. 4. Перемещение седла в шаровом кране, в котором реализована схема № 1

Основной задачей при управлении седлами шарового крана, в котором реализованы варианты **схемы № 1**, является необходимость обеспечить их перемещения синхронно с поворотом шаровой пробки приводом. При этом в период времени, когда кран находится в закрытом или открытом положении (режим ожидания), седла должны быть плотно прижаты к запорному органу, а как только в цилиндр привода поступает управляющая среда, седла автоматически отводятся от поверхности пробки (рис. 4). Такая синхронность перемещения седел с работой привода достигается тем, что управляющая среда в полости 1 и 2 (рис. 3) поступает из блока управления приводом только при срабатывании и открытии его электромагнитных клапанов.

Поступление управляющей среды в полости **1 и 2 крана** от блока управления приводом обеспечивается соответствующим их соединением ▶

между собой (рис. 2). Для реализации требуемой функции управления седлами крана применяемая сегодня в ГТС стандартная схема управления приводом доукомплектовывается дополнительными элементами: перекидным клапаном, трехходовым краном ручного управления, клапаном управления седлами. Для наглядности элементы схемы управления седлами, которые добавляются к стандартной схеме, на рисунке 2 выделены красным цветом. Согласно схеме № 1, чем выше давление в трубопроводе, тем больше перепад на седле и тем выше сила прижатия седел, и, следовательно, выше удельное давление в уплотнениях. Такой кран надежно закрыт и полностью герметичен.

Оба варианта схемы управления № 1 позволяют исключить трение между седлом и шаровой пробкой. Это дает возможность получить значительный экономический эффект при ее применении для кранов с уплотнением «металл по металлу», которые, как правило, используются для работы на абразивных средах. В настоящее время для таких условий применяются дорогостоящие **шаровые краны ORBIT фирмы CAMERON**. В этих кранах специальная конструкция штока отжимает шаровую пробку от седла для создания зазора между уплотнительными поверхностями. Отсутствие трения седла о пробку как в ходе открытия, так и закрытия позволяет крану **ORBIT** работать с загрязненными рабочими средами, обеспечивая высокую герметичность крана и износостойкость. Однако тот факт, что в шаровом кране ORBIT перемещается запорный орган, нагруженный по всей площади рабочим давлением, приводит к усложнению конструкции и требует применения мощного многооборотного привода. В отличие от этого схема управления № 1 обеспечивает перемещение разгруженных по давлению седел, используя штатную систему управления пневмогидравлическим приводом, мощность которого может быть меньше, чем мощность привода стандартного крана.

Также схема управления № 1 позволяет:

- снизить стоимость крана за счет использования более простого в изготовлении запорного органа (покрытие на пробке наносится только на ограниченные по площади поверхности, контактирующие с уплотнением крана в положении «закрыто»);
- повысить ремонтопригодность крана за счет использования запорного органа со съёмными уплотнительными элементами (для кранов больших типоразмеров).

С учетом новых возможностей в **ОАО «МосЦКБА»** в ходе создания шаровых кранов с управляемыми седлами по схеме № 1 был найден и запатентован ряд новых технических решений (рис 5, 6).

В первую очередь появилась возможность взамен обычных седел серийного шарового крана установить новые седла с подвижным полимерным уплотнением (рис. 5). В результате такого решения в кране реализовано двойное уплотнение: «металл по металлу» и «металл по полимеру». Это гарантирует высокую огнестойкость крана: если, например, выгорит полимерное уплотнение, то герметичность будет обеспечиваться в зоне контакта «сталь по стали». При открытии такого крана полимерное уплотнение «прячется» в седле и надежно защищено от эрозионного износа и разрушения от явления взрывной декомпрессии. Это решение запатентовано, получен охранный документ: **патент РФ № 2615239** на изобретение «**Уплотнительный узел запорного органа шарового крана**» [5].

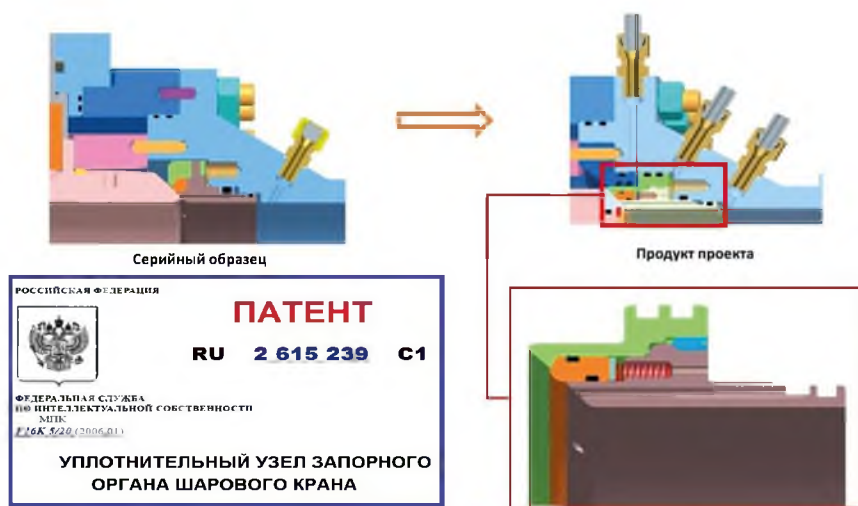


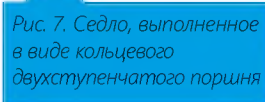
Рис. 5. Седло с подвижным полимерным уплотнением

Вторая инновация в конструкции – это возможность **замены шаровой пробки на более простую в изготовлении** (рис. 6). Благодаря тому, что седла отводятся от запорного органа в момент его поворота, покрывать всю сферу шаровой пробки хромом и шлифовать нет смысла, достаточно обработать только сферическую поверхность колец, остальная поверхность пробки может быть «из-под литья», т. е. без механической обработки. Такая конструкция шаровой пробки со сменными кольцами позволяет осуществлять ремонт в условиях КС путем простой замены колец. Данное решение запатентовано, получен охранный документ: **патент РФ № 2617649** на изобретение «**Запорный элемент – пробка шарового крана**» [6].

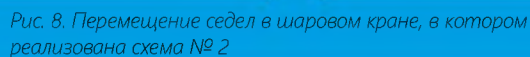


Рис. 6. Ремонтируемый запорный орган шарового крана

Схема № 2 предназначена для крана, который может работать как в режиме управляемых седел, так и в обычном режиме. Данная схема также имеет два варианта исполнения: схема № 2-1 с подачей на привод управляющей среды непосредственно из трубопровода (технологический газ из патрубков крана); схема № 2-2 с подачей на привод специально подготовленного импульсного газа от отдельного источника. Как уже отмечалось, преимуществом использования для управления краном схемы № 2-2 по сравнению со схемой № 2-1 является то, что седла крана могут перемещаться даже тогда, когда в трубопроводе отсутствует давление рабочей среды. В результате того, что по схеме № 2 управляющая среда из привода попадает в полость 1 корпуса крана и смешивается с рабочей средой, использование в качестве управляющей среды воздуха в данном случае не допускается.



Благодаря установке дополнительного уплотнительного кольца на наружной поверхности выступа седла в патрубке образуется изолированная от внутренней полости корпуса замкнутая полость 2, изменение давления в которой позволяет перемещать седло либо к запорному органу, либо от него (рис. 8).

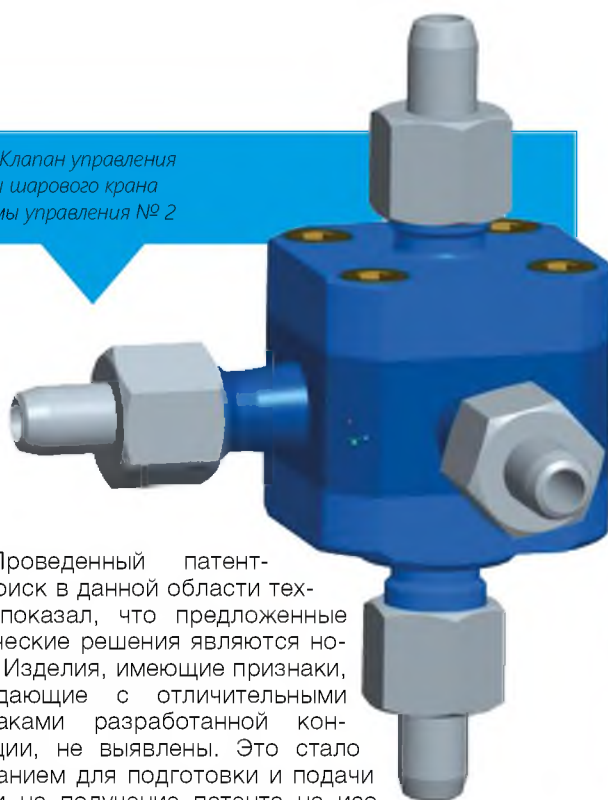


Синхронность перемещения седел крана, в котором реализованы варианты схемы № 2, с работой привода достигается тем, что сброс управляющей среды из полостей осуществляется клапаном управления седлами в тот момент, когда в его поршневую полость

Рис. 9. Схема управления № 2-1, шаровой кран в положении «закрыто»

Для комплектования схемы управления № 2 в ходе выполнения **НИОКР** был разработан компактный клапан управления седлами шарового крана (рис. 10). ►

Рис. 10. Клапан управления седлами шарового крана для схемы управления № 2



Проведенный патентный поиск в данной области техники показал, что предложенные технические решения являются новыми. Изделия, имеющие признаки, совпадающие с отличительными признаками разработанной конструкции, не выявлены. Это стало основанием для подготовки и подачи заявки на получение патента на изобретение, описывающее конструкцию клапана управления седлами. В настоящее время проводится работа по оформлению охранного документа.

Для отработки принятых конструктивных решений разработана конструкторская документация на макет схемы управления шаровыми кранами с управляемыми седлами.

Макет схемы управления седлами был изготовлен и смонтирован на **серийном шаровом кране DN 300 PN 80**, временно предоставленном **ЗАО «САЗ»** (рис. 11, 12). В состав макета схемы управления седлами вошли пневмогидравлический **привод ППГ-200**, **блок управления БУК-160** и **клапан управления седлами шарового крана**, разработанный в **ОАО «МосЦКБА»**.



Рис. 11. Макет схемы управления шаровыми кранами с управляемыми седлами, подготовленный к проведению испытаний (фронтальный вид)

Испытания макета схемы управления шаровыми кранами с управляемыми седлами проводились на испытательном оборудовании **ЗАО «САЗ»**. При проведении испытаний на макете моделировались два режима работы шарового крана. Первый режим работы соответствовал режиму ожидания, когда кран шаровой находится в статическом состоянии в положении «закрыто» (или «открыто»). На макете схемы управления была проверена возможность седел шарового крана работать в режиме **«DOUBLE PISTON EFFECT»**, одновременно проверялось отсутствие утечек

в канале клапана управления седлами. Второй режим работы соответствовал открытию или закрытию шарового крана, когда его запорный орган перемещается относительно седел. На макете схемы управления моделировалась возможность седел шарового крана отводиться от запорного органа.



Рис. 12. Макет схемы управления шаровыми кранами с управляемыми седлами, подготовленный к проведению испытаний (вид слева)

Комиссией было принято решение признать макет схемы управления шаровыми кранами с управляемыми седлами выдержавшим испытания в полном объеме, по результатам чего был **составлен соответствующий акт**, в котором отмечено:

- технические характеристики макета, полученные при проведении испытаний, соответствуют требованиям КД;
- конструкция макета отвечает требованиям действующих в РФ стандартов, норм и правил промышленной безопасности;
- конструкция макета выполнена на современном техническом уровне;
- конструкция макета обеспечивает требуемую работоспособность и безопасность при эксплуатации;
- технические решения, реализованные и проверенные на макете, рекомендуются для применения в системе управления седлами при изготовлении опытных образцов шаровых кранов **DN 300 PN 80** и **DN 400 PN 100** с управляемыми седлами.

В дальнейшем **ОАО «МосЦКБА»** планирует продолжить исследовательскую деятельность: изготовить опытные образцы шаровых кранов **DN 300 PN 80** и **DN 400 PN 100** и провести с ними полный комплекс стендовых и натурных испытаний.

Ожидаемый итог от использования шарового крана с управляемыми седлами заключается в следующем:

- в результате отсутствия износа уплотнения от трения о поверхность запорного органа увеличивается ресурс и надежность шарового крана;
- в результате отвода седел от запорного органа при его повороте отсутствует трение между уплотнением и поверхностью запорного органа, за счет чего снижается момент при управлении шаровым краном;

- снижается трудоемкость изготовления запорного органа, повышается ремонтопригодность, а значит, снижается как стоимость самого крана, так и затраты на его последующий ремонт.

Ожидается, что наибольший эффект созданная по проекту конструкция шарового крана с управляемыми седлами, в которой реализована схема управления № 2, даст при ее внедрении на магистральных цельносварных шаровых кранах **DN 700, 1000, 1200, 1400**, так как изготавливать и ремонтировать их очень дорого и возможно только в условиях специализированного предприятия [7].

Разработанная в **ОАО «МосЦКБА»** инновационная технология отвода седла от шаровой пробки во время ее поворота может быть внедрена при изготовлении серийной продукции на предприятиях-изготовителях традиционных шаровых кранов для газотранспортной системы, таких как **АО «Тяжпромарматура», АО «Пензтяжпромарматура», ОАО «Волгограднефтемаш», ООО «Самараволгомаш»** и др.

И в заключении данной статьи необходимо отметить: на конференции **МГ ARMTORG**, где был сделан доклад о результатах исследовательской работы, выполненной специалистами **ОАО «МосЦКБА»**, прозвучало мнение, что технология управления седлами усложняет конструкцию шарового крана, а это, по мнению некоторых коллег, негативно отразится на его надежности, с чем мы, авторы настоящей статьи, категорически не согласны.

Недоверие к новому, которое зачастую возникает у технических специалистов, в принципе, нам понятно. По мнению **Макса Эйта** (немецкий инженер, занимавшийся философией изобретательства, которую считал ядром философии техники), существует три основных этапа становления изобретения [8]. Сначала возникает творческая мысль – техническая идея. Это первый акт изобретения. Второй акт – собственно работа изобретателя – осуществление данной мысли. И, наконец, последний, третий акт изобретения состоит в том, чтобы заставить мир использовать изобретение. Именно третий этап самый сложный, так как предполагает борьбу со сложившимися стереотипами и движение против «нежелающего принять изобретение мира».

На самом деле возрастание сложности технических систем – это закономерность [9, 10]. Безусловно, одна из главных задач изобретателя заключается в снижении сложности техники (многие изобретения являются результатом решения этой задачи), однако в целом сложность технических систем нелинейно возрастает, что следует учитывать при обосновании различных прогнозов и планов. Этот закон наглядно просматривается в развитии живой природы. Ведь природа – это лучший изобретатель, с которого нам всем нужно брать пример. Так, она ведь неспроста продублировала все системы высокоразвитых живых организмов: у каждого два легких, две почки, два глаза и т. д. Разве можно это считать неоправданным усложнением системы? А венец ее творения – человек, наиболее сложное и высокоорганизованное создание, ведь только он смог покорить все стихии и научился управлять ими.

Если мы снова вернемся к технике, то здесь также можно выбрать наиболее наглядные примеры, такие, например, как автомобиль или самолет. Степень их усложнения в ходе эволюции технической мысли очевидна, но сегодня ни одному критику и в голову не придет призывать всех пересечь с современными автомобилями или самолетами, начиненными электроникой и сверхсложными механизмами и системами, на их простых «прадедушках» и «прабабушках». Все прекрасно понимают, что эта сложность гарантирует комфорт, надежность, безопасность и экономичность.

Исходя из вышеизложенных закономерностей развития техники, специалисты **ОАО «МосЦКБА»** полагают, что скачок развития шаровых кранов, об-

условленный развитием технологий мехобработки и новых уплотнительных материалов, достиг своего потолка, и сегодня требуется качественное изменение подхода к конструкции крана. Теперь необходимо рассматривать кран с приводом как единую систему. Именно поэтому **ОАО «МосЦКБА»** продолжит свою работу «по преодолению сопротивления мира» и будет дальше показывать и доказывать, что наши идеи не только повышают надежность работы шаровых кранов, но позволяют также снизить их стоимость. И мы готовы для этого провести все необходимые исследования и испытания.

Уже сегодня мы призываем специалистов ведущих производителей **шаровых кранов для ГТС** подключиться к этой работе, установить систему управления седлами на своей продукции как дополнительную опцию. Эта система не противоречит требованиям нормативных документов и не сложнее применяемых сегодня в конструкции шаровых кранов систем подвода уплотнительной смазки к уплотнениям седла и шпинделя, а наоборот, в будущем позволит от них отказаться как от малоэффективных и устаревших.



ЛИТЕРАТУРА

1. Генеральная схема развития газовой отрасли России на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Energyland.info. URL: <http://www.energyland.info/files/library/112008/7579b56758481da282dd7e0a4de05fd1.pdf> (дата обращения 30.09.2018).
2. Колотовский, А.Н. Эксплуатация запорной арматуры на объектах магистральных газопроводов ОАО «Газпром» // Арматуростроение. – 2006. – № 2 (41). – С. 62-65.
3. Общие технические требования к трубопроводной арматуре, поставляемой на объекты ОАО «Газпром»: документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром». Стандарт организации. – Введ. 14.06.2008. – М., 2008.
4. Система автоматического управления положением седла шарового крана: пат. 2613010 Рос. Федерация: МПК F16K 5/20, F16K 31/42, F15B 9/03 / Мороз В. В., Логанов Ю. Д. – № 2016113432; заявл. 08.04.16; опубл. 14.03.17, Бюл. № 8.
5. Уплотнительный узел запорного органа шарового крана: пат. 2615239 Рос. Федерация: МПК F16K 5/20 / Мороз В. В., Логанов Ю. Д. – № 2016113434; заявл. 08.04.16; опубл. 04.04.17, Бюл. № 10.
6. Запорный элемент-пробка шарового крана: пат. 2617649 Рос. Федерация: МПК F16K 5/06 / Мороз В. В., Логанов Ю. Д. – № 2016113433; заявл. 08.04.16; опубл. 25.04.17, Бюл. № 12.
7. Мороз, В.В. Разрыв шаблона / В.В. Мороз, Ю.Д. Логанов // Арматуростроение. – 2016. – № 1 (100). – С. 47-54.
8. Euth, Max. Zur Philosophie der Erfinders // Lebendige Krafte. Sieben Vortrage aus dem Gebiete der Technik. Berlin: Verlag von Julius Springer. – 1924. – S. 232-233.
9. Кравцов, А. Г. Законы развития науки и техники / А. Г. Кравцов. – М.: Мир, 2010.
10. Тригуб, А. А. Законы развития технических систем: история создания, структура, проявления [Электронный ресурс]: методический материал для преподавателей ТПИЗ / А.А. Тригуб // www.jlproj.org. URL: https://jlproj.org/new/index_.php?page=25&url_archive_full&choose=jlprj&sort_field=author&sort_dir=asc (дата обращения 30.09.2018). ■