

Кентавры на трубе

В.В. Мороз, технический эксперт ОАО «МосЦКБА»

Продолжение. Начало в № 6 (93), 2014, с. 36

Если вернуться из мира античных мифов в наше время, то кентавры получили бы другое название – гибриды (греч. «помесь»), то есть объекты, сочетающие в себе свойства других (двух или более) объектов. В технике это название применяется часто, но наиболее известным оно стало в автомобилестроении при классификации автомобилей с гибридными силовыми установками, состоящими из обычного двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя. В арматуростроении гибридной можно назвать, например, запорно-регулирующую трубопроводную арматуру [1], совмещающую одновременно функции запорной и регулирующей, могут быть и другие варианты комбинирования функций – арматура, совмещающая в одном корпусе функции запорной и обратной и т. д.

Кентавры – в греческой мифологии полулюди-полулошади, обитатели гор и лесных чащ, отличаются буйным нравом и невоздержанностью или, как Хирон (воспитатель героев греческих мифов Ахиллеса и Эскулапа), – являются воплощением мудрости и благожелательности.



Фото с сайта: www.pda.rivnet.ru

Часть 2.

Запорно-регулирующий шаровой кран

В первой части статьи «Кентавры на трубе» [2] были названы аргументы в пользу разработки гибридной арматуры, а именно запорно-регулирующих шаровых кранов. В статье была подробно описана новая конструкция и преимущества гибридного шарового крана для загрязненных сред с «плавающей пробкой». Однако, несмотря на все перечисленные его достоинства, необходимо отметить, что применение такого конструктивного типа кранов ограничено давлением рабочей среды и размерами проходного сечения, поэтому для условий с более высокими параметрами необходимо переходить к другой конструкции – к крану с «пробкой в опорах». В настоящее время в газовой промышленности на КС, ГРС, подземных хранилищах газа, нефтеперерабатывающих заводах и на тех объектах, где рабочие давления достигают значений 10–24 МПа, имеется потребность в новом недорогом и надежном универсальном запорно-регулирующем шаровом кране. Для удовлетворения этой потребности перед разработчиками поставлена задача создания крана, в конструкции которого для обеспечения эффективного обслуживания и ремонта должна быть обеспечена унификация основных узлов с типовыми узлами серийных запорных шаровых кранов и регулирующих клапанов. Кроме этого, кран должен быть удобным в обслуживании, герметичным, надежным и ремонтпригодным, а для его управления должны подходить серийные пневматические и электрические приводы, устанавливаемые на запорной и регулирующей арматуре тех же объектов.

Во второй части статьи «Кентавры на трубе» предложено одно из возможных решений поставленной задачи и подробно рассмотрены вопросы создания такой конструкции для технологических линий высокого давления.

Вначале, для лучшего понимания развития конструкторской мысли в этом направлении, рассмотрим наиболее интересные ранее предложенные решения. К одной из первых подобных конструкций необходимо отнести *комбинированный запорно-регулирующий кран*, описанный в авторском свидетельстве СССР № 1596162 [3] (см. **рис. 1**). Целью этого изобретения было повышение надежности работы арматуры за счет предохранения уплотнения от износа путем исключения его из процесса регулирования.

Запорно-регулирующий кран работает следующим образом: под воздействием ручного или автоматического привода приводная ось 3, поворачиваясь на подшипниках 6, вращает пробку 2 и перекрывает (или открывает) проходное сечение Д крана и трубопровода. При выполнении процесса регулирования запорная пробка 2 находится в открытом положении,

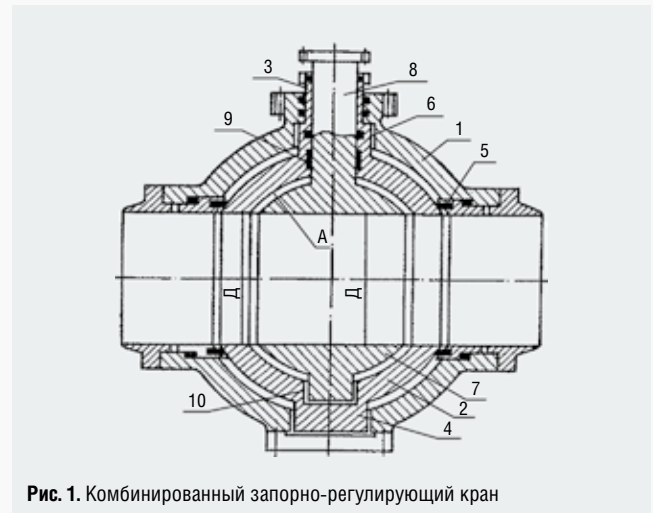


Рис. 1. Комбинированный запорно-регулирующий кран

при котором ее проходное сечение совпадает с сечением трубопровода. Регулирование осуществляется посредством поворота регулирующего органа 7 внутри пробки 2 воздействием на шпindelь 8. Уплотнительные кольца 5 выполняют функцию уплотнений лишь при работе запорной пробки 2 (т. е. при закрытии). Необходимо отметить, что эта конструкция в металле изготовлена не была, а к ее недостаткам следует отнести следующее:

- сложность изготовления «пробки в пробке»;
- шпindelь крана и регулирующего органа расположены соосно и выведены в одну сторону, что усложняет обслуживание уплотнений;
- требуется разработка специального привода для независимого управления функциями запирающего и регулирующего при автоматизации крана.

Следующим шагом в развитии конструкции типа «пробка в пробке» стал кран, описанный в статье [4] (см. **рис. 2**).

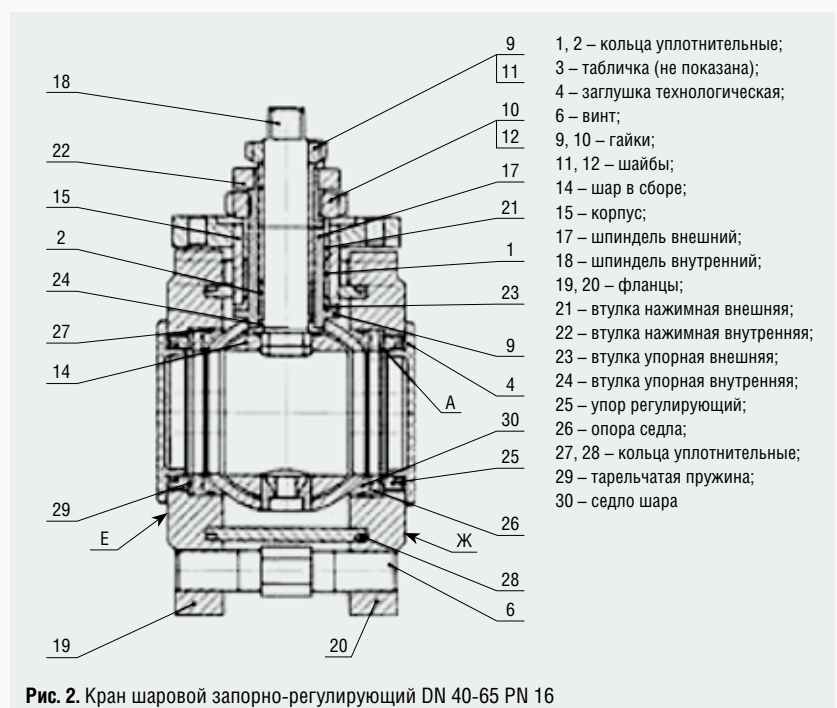


Рис. 2. Кран шаровой запорно-регулирующий DN 40-65 PN 16

Основным отличием от первой конструкции стал переход к «плавающей пробке», что в нашем случае (как упоминалось выше) для эксплуатации крана на высоких давлениях рабочей среды не подходит. В этом кране многие недостатки повторяются с названными выше недостатками *комбинированного запорно-регулирующего крана* (см. **рис. 1**):

- сложность изготовления «пробки в пробке»;
- шпindelь крана и регулирующего органа расположены соосно и выведены в одну сторону, что усложняет обслуживание сальниковых уплотнений;
- требуется разработка специального привода для независимого управления функциями запираения и регулирования при автоматизации крана.

В дополнение к названным, появились новые проблемы: шпindelь соединен с запирающей пробкой с зазором для того, чтобы она могла «плавать» на ход прогиба тарельчатой пружины, следовательно, и регулирующая пробка со своим шпindelем должна быть также соединена с зазором. Из описания конструкции неясно, как выполнено это соединение: если как обычно, на шпindelе выполнены лыски, а в пробке паз, то в этом случае запорная пробка «плавает» только в положении крана «закрыто», но тогда и регулирующая пробка при закрытии крана также должна находиться в строго определенном положении – при котором лыски шпindelя расположены вдоль паза пробки. Если, к примеру, при закрытии крана регулирующая пробка будет находиться в промежуточном положении, то она не даст возможности переместиться и самоуплотниться запорной пробке.

Похожее, но несколько другое решение предложено в статье [5] (см. **рис. 3**), где описана конструкция запорно-регулирующего крана, предназначенного для использования на производствах компонентов топлив и масел. В статье говорится об успешном опыте использования шаровых кранов на эстакадах налива нефтепродуктов в железнодорожные цистерны, где по мере их заполнения необходимо постепенно уменьшать расход продукта через кран во избежание переполнения цистерн.

Из статьи известно, что был разработан и изготовлен запорно-регулирующий шаровой кран, в проходном отверстии шаровой пробки которого встроена регулирующая дисковая заслонка. В этом кране седла запорной пробки также защищены от эрозионного износа, вызванного воздействием загрязненной рабочей среды в процессе регулирования.



Рис. 3. Шаровая пробка со встроенной регулирующей дисковой заслонкой



Рис. 4. Запорно-регулирующий шаровой кран JIP BaBV Danfoss

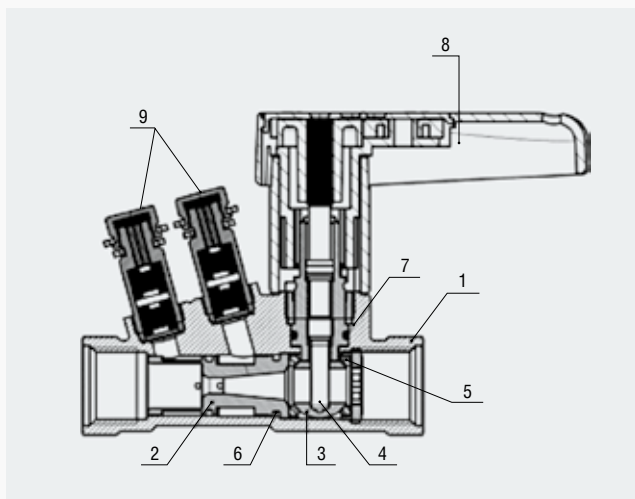


Рис. 5. Балансировочный клапан BALLOREX для систем отопления, охлаждения и кондиционирования

К недостаткам такой конструкции следует отнести следующее:

- дисковая заслонка применяется для регулирования при небольших перепадах давления рабочей среды, характеристика регулирования при этом нелинейная;
- шпindelь крана и регулирующего органа расположены соосно и выведены в одну сторону, что усложняет обслуживание сальников;
- требуется разработка специального привода для независимого управления функциями запираения и регулирования при автоматизации крана.

Для разработки новой конструкции представляет интерес универсальный запорно-регулирующий шаровой кран, выпускаемый фирмой Danfoss [6] (см. **рис. 4**), который предназначен для регулирования подачи теплоносителя в системах отопления зданий и сооружений.

Похожая конструкция серийно выпускается еще одной фирмой – Broen [7] (см. **рис. 5**).

В этой трубопроводной арматуре для регулирования расхода используется шток, расположенный соосно со шпindelем с возможностью перемещаться вдоль его оси. Недостатками этих конструкций является:

- консольное закрепление регулирующего органа;
- конструктивное исполнение крана с «плавающей» шаровой пробкой, что требует значительных усилий для ее поворота при больших перепадах давления;



Рис. 6. Серийный запорный шаровой кран DN 80 PN 100

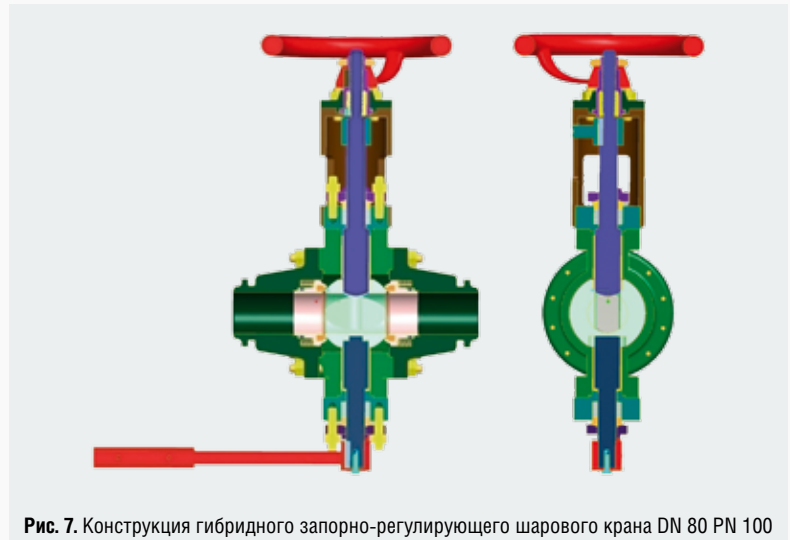


Рис. 7. Конструкция гибридного запорно-регулирующего шарового крана DN 80 PN 100

- шпindelь крана и шток регулирующего органа расположены соосно и выведены в одну сторону, что усложняет обслуживание сальников;
- при повороте рукояткой запорной шаровой пробки одновременно с ней вращается и шток регулирующего органа, что существенно затрудняет установку двух приводов для независимого управления функциями запирания и регулирования при автоматизации крана.

Итак, исходя из результатов анализа имеющегося на сегодня уровня техники, перед конструктором поставлена задача разработать такой новый гибридный кран, в котором должны отсутствовать недостатки перечисленной выше трубопроводной арматуры.

В первую очередь, с целью обеспечения унификации основных узлов с типовыми узлами серийных запорных шаровых кранов и регулирующих клапанов, за основу конструкции нового крана взят обычный серийный запорный шаровой кран для природного газа с пробкой в опорах (см. рис. 6), изготовленный в соответствии с требованиями СТО Газпром 2-4.1-212-2008.

Шпindelь для поворота шаровой пробки, сальниковый узел в новом кране остались без изменения (см. рис. 7). При необходимости автоматизации на гибридный кран, как и на его запорный «родитель», может быть установлен тот же серийный пневматический или электрический привод. В новом кране шпindelь дополнительно играет роль одной из опор шаровой пробки, вторая опора выполнена выдвигной и является одновременно штоком регулирующего клапана. В кране, в отличие от описанных ранее конструкций, шпindelь запорной пробки и шток регулирующего клапана разнесены друг относительно друга, такое решение позволяет контролировать состояние сальниковых уплотнений в кране и своевременно реагировать и устранять возможные протечки. Кроме этого, такое конструктивное решение позволяет без проблем устанавливать и обслуживать приводы. Большинство электрических и пневматических приводов могут иметь монтажное положение – выходным валом вверх, поэтому нет смысла

стремиться разместить их именно сверху крана. При такой схеме кран может располагаться, например, у стенки технологического блока, при этом сохраняется доступ для обслуживания, подключения и управления обоими приводами и их комплектующими. В качестве пневматического регулирующего привода может быть применен мембранный привод (в этом случае шток выполняется без резьбы), укомплектованный ручным дублером, электропневматическим позиционером и датчиком положения. Шаровая пробка в этом случае управляется четвертьоборотным пневматическим приводом, укомплектованным ручным дублером, блоком управления и блоком конечных выключателей. Другой вариант управления краном – это управление запорной шаровой пробкой с помощью четвертьоборотного электропривода, а управление штоком регулирующего клапана – с помощью многооборотного электропривода.

В гибридном кране для уплотнения штока и шпинделя вместо резиновых уплотнительных колец применены сальниковые уплотнения с набором манжет. Это решение позволяет в процессе эксплуатации при поджатии сальниковой камеры компенсировать износ уплотнения, восстанавливая тем самым без разборки герметичность крана относительно внешней среды, что существенно упрощает его обслуживание. В гибридном кране шток и шпindelь имеют одинаковые диаметры, следовательно, их сальниковые узлы идентичны, это сокращает номенклатуру деталей, повышает унификацию, упрощает изготовление и ремонт. Шток в кране не вращается, а только перемещается вдоль своей оси, это достигается за счет применения вращающейся ходовой гайки. От поворота штока фиксирует упор, установленный на нем на шпонке и заведенный в паз на стойке регулирующей части крана. На торце упора нанесена стрелка, а на стойке рядом с пазом установлена шкала (см. рис. 11), это позволяет визуально определять точное положение регулирующего органа крана. На рис. 7 шток показан в верхнем положении, при котором кран открыт на 100%. Проход-

ное отверстие при этом имеет прямоугольную форму, что позволяет получить линейную характеристику регулирования. На **рис. 8** – шток показан в нижнем положении, при котором кран закрыт, но не герметичен. Перемещая шток между крайними положениями, выполняется регулировка расхода через кран, при этом седла с мягким уплотнением из полиуретана постоянно прижаты к сферической поверхности пробки и защищены от воздействия скоростного потока дросселируемой среды. Если необходимо использовать кран в качестве запорного с обеспечением герметичности по классу «А» – необходимо повернуть запорную пробку на угол 90° (см. **рис. 9**).

Преимуществом конструктивного решения, при котором шпindelь запорной пробки и шток регулирующего органа разнесены друг относительно друга, является еще и то, что процесс регулирования и процесс запираания крана не зависят друг от друга. Кран может быть быстро закрыт при любом положении штока, это удобно в аварийных ситуациях, когда времени на перестановку регулирующего органа крана нет. Кроме этого, при автоматизации крана регулирующий многооборотный и запорный четвертьоборотный электроприводы работают независимо друг от друга и не оказывают взаимного влияния, поэтому они могут быть задействованы в разных системах, например, регулирующий привод – в технологическом процессе управления, а четвертьоборотный – в аварийной системе безопасности.

Чтобы исключить при консольном расположении штока его вибрацию в процессе дросселирования рабочей среды, шаровая пробка гибридного крана имеет



Рис. 10. Шаровая пробка гибридного запорно-регулирующего шарового крана DN 80 PN 100

дополнительные элементы (см. **рис. 10**). Первым таким элементом для свободного вращения шаровой пробки на неподвижном штоке при закрытии и открытии крана, а также одновременно и для свободного осевого перемещения штока при неподвижной пробке является бронзовый подшипник, запрессованный в верхней ее части. Вторым элементом является наличие в отверстии пробки двух приливов, которые позволяют получить прямоугольную форму проходного отверстия (линейная расходная характеристика) и обеспечить направляющие для штока, фиксируя его при любом вылете от смещения и вибрации. Приливы могут быть получены одновременно с изготовлением шаровой пробки методом литья или штамповкой, или же приварены позднее после расточки проходного отверстия в пробке, изготовленной из проката. Тот факт, что приливы заужают проходное сечение крана, не является критичным параметром, вот цитата из классики по проектированию трубопроводной арматуры [8]: «Регулирующая арматура эффективно работает только тогда, когда гидравлическое сопротивление регулирующего органа достаточно велико по сравнению с гидравлическим сопротивлением системы. Поэтому вполне уместно использовать регулирующие клапаны с условным диаметром прохода меньшим, чем диаметр трубы, при условии, что не требуется проходимость арматуры по каким-либо дополнительным требованиям».

Чтобы исключить люфты штока в пробке, после запрессовки подшипника в пробку отверстие в нем и в направляющих приливах растачивается с одной установки на станке. С противоположной от подшипника стороны в пробке выполнены глухое отверстие для центрирования ее на шпинделе и паз – для передачи крутящего момента.

Описанный выше новый запорно-регулирующий шаровый кран для природного газа высокого давления (**рис. 11**) как и кран, описанный ранее в первой части статьи [2], представляет собой типичную гибридную конструкцию, в которой в одном корпусе используются основные узлы от серийных запорных шаровых кранов и регулирующих

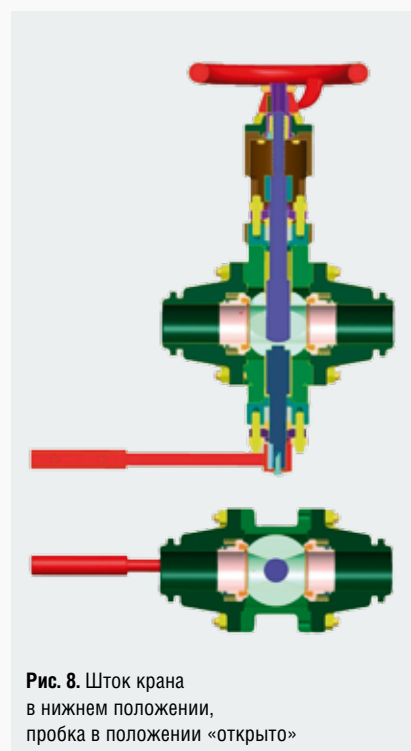


Рис. 8. Шток крана в нижнем положении, пробка в положении «открыто»



Рис. 9. Шток крана в нижнем положении, пробка в положении «закрыто»

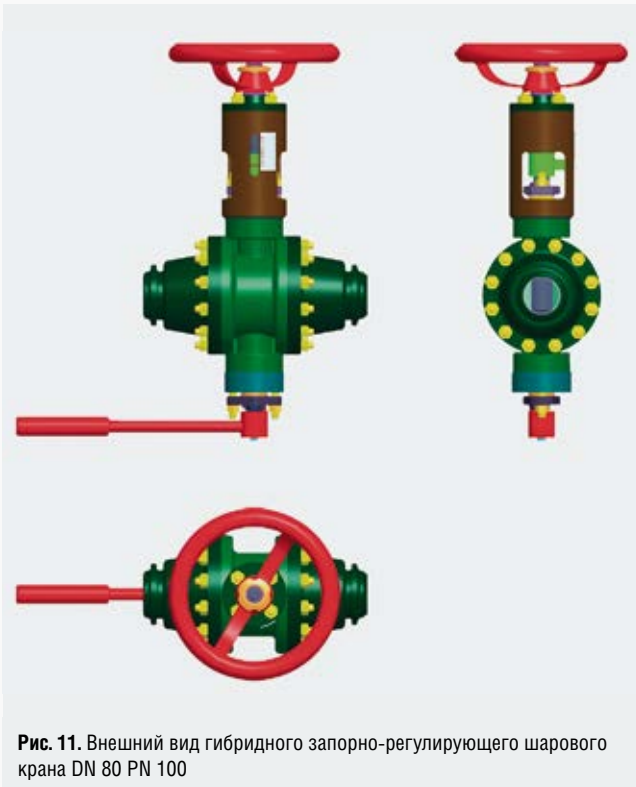


Рис. 11. Внешний вид гибридного запорно-регулирующего шарового крана DN 80 PN 100

клапанов.¹ Его, следуя упомянутым ранее терминам древнегреческой мифологии, с уверенностью можно назвать еще одним арматурным «кентавром», который, несмотря на необычный внешний вид, тем не менее, обладает рядом существенных преимуществ:

- 1) кран одновременно может выполнять функции как запорной, так и регулирующей арматуры, поэтому на трубопроводе может быть установлено одно изделие вместо двух. Такое решение позволяет: сэкономить место в обвязке агрегатов (важно для судов, нефте- и газодобывающих платформ, различных передвижных установок и т. д.); сэкономить средства потребителя на стоимости корпусных деталей арматуры; уменьшить затраты на выполнение и контроль сварных швов при соединении с трубопроводами высокого давления (два шва вместо четырех);
- 2) в новой конструкции отсутствуют экзотические ноу-хау типа «пробка в пробке», и так как для изготовления крана используется много деталей обычных серийных запорных кранов и клапанов, то его изготовление, обслуживание и ремонт доступны и не затратны как для производителя, так и для эксплуатации на местах;
- 3) запорно-регулирующий кран может применяться для управления средами высокого давления, при этом за счет конструктивного исполнения «пробка в опорах» момент при закрытии и открытии крана – относительно небольшой. Наличие трапециевидной резьбы на регулирующем штоке позволяет прикладывать к маховику небольшие усилия при регулировании и за счет само-

¹ На наш взгляд, в данной конструкции использована идея скорее шибберной задвижки, нежели клапана (прим. ред.).

- торможения в резьбе сохранять под воздействием вибрации выбранное положение регулирующего органа;
- 4) в новой конструкции для уплотнения шпинделя и штока применены сальники с фторопластовыми манжетами, это позволяет в ходе эксплуатации компенсировать износ уплотнения и восстановить герметичность крана поджатием сальниковой набивки. Тот факт, что шпиндель и шток разнесены между собой, обеспечивает свободный доступ к сальниковым уплотнениям для контроля и обслуживания;
 - 5) в отличие от классического односедельного регулирующего клапана новый запорно-регулирующий кран является прямоточным и имеет меньший коэффициент сопротивления рабочей среде.
 - 6) седла запорно-регулирующего крана постоянно поджаты пружинами к шаровой пробке, что обеспечивает отсутствие протечек в широком диапазоне давлений рабочей среды. Кроме этого, в открытом и закрытом положении шаровой пробки сальниковые узлы отсечены седлами от воздействия рабочей среды, т. е. разгружены. При условии установки уплотнительного кольца под запрессованный подшипник в пробке для герметизации штока появляется возможность замены сальниковых колец в кране, находящемся под давлением рабочей среды;
 - 7) кран может быть автоматизирован, для чего необходимо его шпиндель соединить с серийным двухпозиционным электро – или пневмоприводом, таким же приводом, что используется для управления обычными запорными шаровыми кранами на аналогичные параметры, а шток – с серийным регулирующим электроприводом.

Продолжение следует

☛ Список литературы

1. ГОСТ Р 52720-2007 Арматура трубопроводная. Термины и определения.
2. Мороз В.В. Кентавры на трубе // Арматуростроение, 2014, № 6 (93), с. 36–40.
3. Комбинированный запорно-регулирующий кран авторское свидетельство СССР № 1596162 опубликовано 30.09.90. Бюл. № 36.
4. Тверской М.М., Андрианов В.А., Соколов А.В. Создание нового поколения запорно-регулирующих шаровых кранов с двумя затворами // Арматуростроение, 2013, № 3 (84), с. 52–55.
5. Шафоростов О.Д. Опыт разработки и эксплуатации запорной и запорно-регулирующей шаровой арматуры с уплотнением из фторопласта, терморасширенного графита и металла на нефтеперерабатывающих предприятиях // Арматуростроение, 2009, № 4 (61), с. 61–63.
6. <http://www.danfoss-rus.ru> Каталог VD.KD/K1.02 Danfoss 09/2012.
7. <http://www.broen.ru> Каталог балансировочные клапана BROEN BALLOREX.
8. Гуревич Д.Ф., Ширяев В.В., Пайкин И.Х. Арматура атомных станций. Справочное пособие. М.: Энергоиздат, 1982, с. 51.