

КЕНТАВРЫ на трубе

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



фото с сайта: www.pda.priwet.ru

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

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. В этой статье будут рассмотрены несколько новых гибридных конструкций трубопроводной арматуры и описаны основные преимущества, которые получит потребитель при их использовании.

ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИЙ ШАРОВОЙ КРАН С УПЛОТНЕНИЕМ «МЕТАЛЛ ПО МЕТАЛЛУ»

Для регулирования основных технологических параметров рабочей среды, таких как расход, давление, температура, уровень, в промышленности широко используется регулирующая трубопроводная арматура. Среди большого разнообразия ее конструкций наибольшее распространение получили регулирующие клапаны, которые бывают угловыми и проходными, односедельными и двухседельными, клеточными и золотниковыми, однако при всех имеющихся конструктивных отличиях большинство из них предназначено только для регулирования. Причиной такого ограничения является эрозионный износ уплотнительных поверхностей, возникающий в процессе регулирования, что не позволяет обеспечить требуемый для запорной арматуры класс «А» герметичности [2]. В запорной арматуре высокая герметичность обычно достигается за счет применения седел с эластомером, который при использовании в регулирующей арматуре быстро «вымывается» рабочей средой, кроме этого, эластомеры имеют ограничения по верхнему температурному пределу использования и чувствительны к наличию механических примесей в рабочей среде.

Тем не менее, несмотря на имеющиеся «противопоказания», с экономической точки зрения более рациональным является применение универсального клапана, то есть такого, который в одном корпусе одновременно совмещает функции как регулирования, так и запирания трубопровода. Такая арматура получила название запорно-регулирующей [1]. Типичным представителем такой арматуры является односедельный клапан, в котором имеется профильная часть для регулирования, а также уплотнительная поверхность для плотного контакта с седлом в положении «закрыто» (рис. 1). К недостаткам этого типа арматуры следует отнести неразгруженный затвор, что при больших перепадах давления и диаметрах трубопровода требует увеличения усилия привода и, следовательно, приводит к увеличению весогабаритных характеристик, снижению быстродействия срабатывания, плавности и точности регулирования.

Для решения этой проблемы в арматуростроении в последнее время появилась тенденция использования

для запорно-регулирующих клапанов разгруженных затворов. Примером таких конструкций могут быть клеточные запорно-регулирующие клапаны, производимые фирмой РУСТ-95 [3]. Достоинством этих клапанов является то, что за счет уравнивания затвора снижена величина перестановочного усилия на штоке. Однако, знакомясь с указанной продукцией, необходимо обратить внимание на то, что фирма-производитель *«настоятельно рекомендует изыскать возможность установить сетчатые фильтры перед клапанами, особенно при запуске в работу новых установок, так как твердые механические частицы, оставшиеся в трубопроводе после монтажных и сварочных работ, могут повредить идеально притертые уплотнительные кромки затвора клапана. Большое количество механической грязи может привести к заклиниванию клапанов и необходимости их разборки и промывки»*. Из этих рекомендаций следует, что проектировщик, руководствуясь желанием сэкономить средства, устанавливая взамен двух клапанов запорного и регулирующего один запорно-регулирующий клеточный клапан, должен приобрести у поставщика еще и сетчатый фильтр. Ожидаемый эффект экономии средств в этом случае снижается за счет необходимости применения дополнительного оборудования. Предлагаемое производителем решение с коммерческой точки зрения ему выгодно, так как с клапаном продается еще и фильтр, но целесообразность такого приобретения для потребителя – вопрос, требующий более внимательного рассмотрения.

Проанализировав работу клеточных клапанов, действительно обнаружим, что при отсутствии фильтра твердые включения, содержащиеся в рабочей среде, под действием перепада давления заполняют имеющиеся зазоры в плунжерной паре, в результате чего повышаются силы трения и увеличивается усилия перемещения плунжера, вплоть до его остановки. Персонал предприятий, эксплуатирующий трубопроводную арматуру, прекрасно представляет, что значит остановить технологический процесс для демонтажа и промывки клапана. Еще одним существенным недостатком клеточных клапанов (рис. 2) является ограниченное применение по температурному интервалу рабочей среды, так как плунжер по наружному

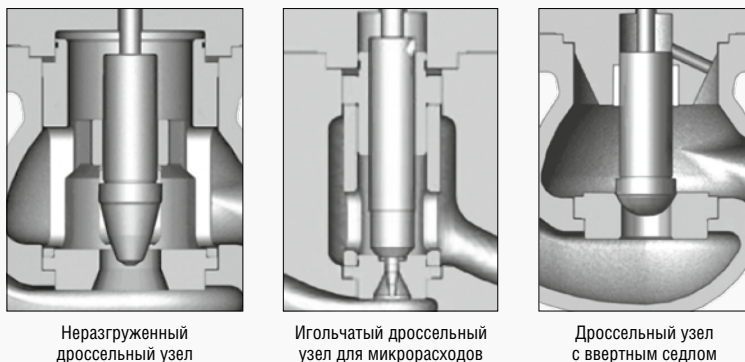


Рис. 1. Клапан с неразгруженным затвором

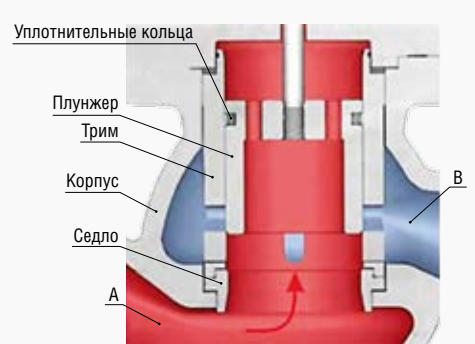


Рис. 2. Клапан запорно-регулирующий клеточный

диаметру должен быть уплотнен, и для этого обычно применяются мягкие материалы (резина, эластомер). К тому же изменение ходового зазора в плунжерной паре при изменении температуры рабочей среды в широком диапазоне также может привести к ее заклиниванию.

Из вышеизложенного напрашивается вывод, что существующие конструкции односедельных и клеточных запорно-регулирующих клапанов, несмотря на широкую распространенность, все же имеют ряд существенных недостатков, которые ограничивают возможность их применения и, следовательно, необходим поиск новых решений, что и является полем деятельности для изобретателя.

В первой части статьи о гибридной арматуре вниманию читателя предложено одно из возможных конструктивных решений проблемы, которое базируется на доработке шарового крана – наиболее распространенного и современного вида трубопроводной арматуры. В наши дни шаровые краны в качестве запорной арматуры значительно расширили сферу применения, как по температуре, так и по составу рабочей среды, и стали наиболее востребованными, поэтому неудивительно, что производство шаровых кранов сегодня освоено на большом количестве арматуростроительных предприятий. В то же время, в качестве регулирующей арматуры они используются значительно реже. С чем это связано, описано в статье [4]: «Однако, для регулирования расхода рабочей среды шаровые краны обычного конструктивного исполнения применены быть не могут. Это объясняется тем, что при неполном открытии крана происходит турбулизация потока, возникает кавитация и порождаемый ею сильный шум. Расходная характеристика крана при таком применении сугубо нелинейная, а уплотнения седел подвергаются эрозии и быстро выходят из строя. Кроме того, при частичном открытии крана его седла находятся под воздействием рабочей среды, в которой неизбежно содержатся твердые частицы. Происходит абразивный износ седел, уменьшающий срок службы крана. По указанным причинам фирмы-производители, как правило, запрещают использование своих запорных шаровых кранов в качестве регулирующих». Во многом соглашаясь с авторами статьи относительно шаровых кранов обычного конструктивного исполнения рассмотрим, как фирмы-производители решают перечисленные проблемы.

Тезис первый: «при неполном открытии крана происходит турбулизация потока, возникает кавитация и порождаемый ею сильный шум».

Для исключения этого явления в проходном отверстии шаровой пробки 1 крана устанавливаются параллельные перфорированные пластины 2 (рис. 3) [5], которые обеспечивают плавное падение давления на регулирующем органе, снижение уровня шума и исключение кавитации.

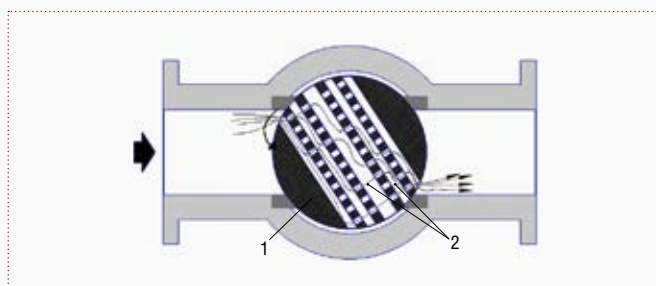


Рис. 3. Схема движения рабочей среды через перфорированные пластины в регулирующем шаровом кране

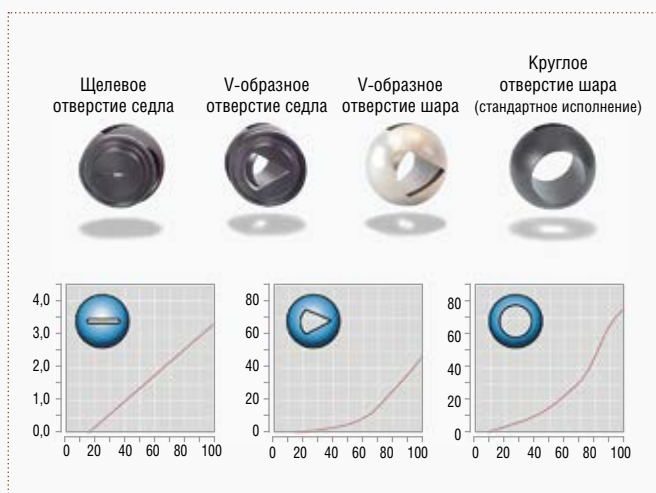


Рис. 4. Расходные характеристики в зависимости от профиля отверстия в пробке или седле регулирующих шаровых кранов производства фирмы «Хабоним» (Израиль)

Тезис второй: «расходная характеристика крана сугубо нелинейная». В шаровом кране линейная или пропорциональная расходная характеристика достигается изменением конфигурации проходного отверстия в пробке или в седлах. Для примера на рис. 4 [6] показаны расходные характеристики регулирующих шаровых кранов для разных профилей проходного отверстия.

Тезис третий: «при частичном открытии крана его седла находятся под воздействием рабочей среды». Для исключения движения потока рабочей среды вдоль уплотнительной поверхности седла в регулирующем шаровом кране устанавливается вместо седел сплошные сферические регулировочные диски (рис. 5) [7] или, как вариант, в шаровой пробке взамен проходного отверстия выполняется перфорация.

Как видно из приведенных примеров, конструктивные решения названных недостатков регулирующих шаровых

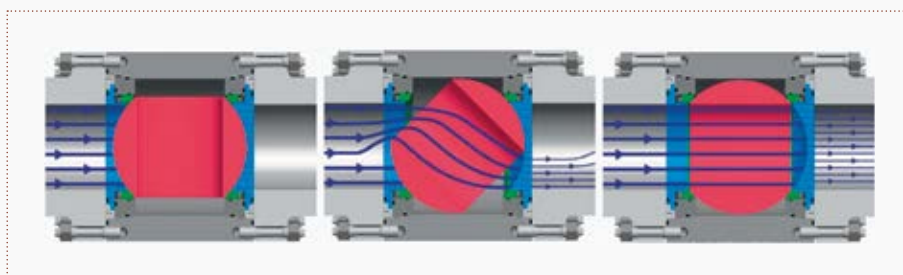


Рис. 5. Схема движения рабочей среды в регулирующем шаровом кране ARTES типа G (Германия)



Рис. 6. Новый запорно-регулирующий шаровый кран гибридной конструкции

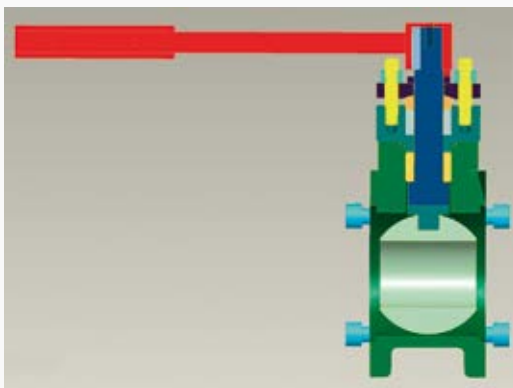


Рис. 7. Часть запорного шарового крана, используемая в гибридной конструкции

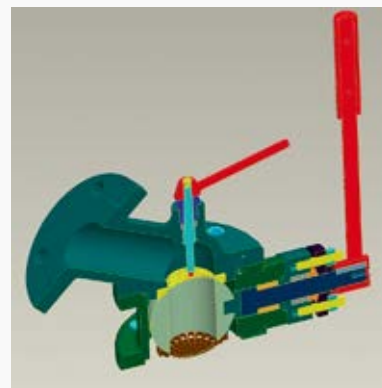


Рис. 8. Часть запорного шарового крана с установленным специальным патрубком, штоком и сплошными сферическими седлами с перфорацией

кранов отработаны. Что касается работы шарового крана в качестве запорной арматуры, то в отличие от других ее типов, в шаровом кране нет возможности управлять силой прижима затвора к седлу, как это происходит при управлении клапаном или клиновой задвижкой. Другими словами, в случае негерметичности затвора невозможно закрыть кран «посильнее». Эта проблема на сегодня остается нерешенной, хотя попытки в этом направлении постоянно предпринимаются [8].

Предлагаемая новая гибридная конструкция регулирующего шарового крана позволяет, как и у клапана, при необходимости управлять силой прижима затвора к седлу (рис. 6).

За основу гибридной конструкции взят обычный серийный шаровый кран с плавающей пробкой (рис. 7). С крана демонтированы классические патрубки с седлами и взамен их установлены специальные патрубки, повернутые под углом 45° относительно оси прохода в шаровой пробке (рис. 8).

По аналогии с регулирующими шаровыми кранами ARTES (см. рис. 5), седла выполнены в виде сплошных сферических дисков с перфорацией, форма последней выполняется в зависимости от требуемой расходной характеристики (по аналогии с регулирующими шаровыми кранами «Хабоним» (см. рис. 4)). Для управления силой прижима шаровой пробки к седлу в гибридной конструкции используется шток, подобный штоку запорного клапана. Шток установлен на трапецидальной резьбе в одном из патрубков соосно с седлом, в которое он упирается через шарик, что позволяет при вращении рукоятки получить осевое перемещение седла без его поворота (рис. 8). Требуемое осевое перемещение седла имеет незначительную величину и составляет половину шага трапецидальной резьбы, при этом максимальный угол поворота рукоятки штока равен 180° , что достаточно для того, чтобы либо полностью зафиксировать шаровую пробку между седлами, создав необходимые удельные давления в уплотнении, либо – пол-

ностью ее освободить, обеспечив гарантированный зазор между седлом и пробкой. Шток может фиксировать шаровую пробку в любом требуемом положении: «открыто», «закрыто» или промежуточном. Благодаря этому в кране отсутствуют пружины, что снижает крутящий момент на рукоятке при повороте пробки. Так как шаровая пробка в регулирующем шаровом кране должна «плавать» при любом ее положении, то сопряжение шпинделя с пробкой выполнено через промежуточную муфту (рис. 9). Тот факт, что специальные патрубки повернуты под углом 45° относительно оси прохода в шаровой пробке, позволяет при необходимости легко трансформировать проходной запорно-регулирующий шаровый кран в угловой поворотом патрубка на 180° (рис. 10). Дополнительная рукоятка, кроме того что заменяет пружины, создавая в положении крана «закрыто» необходимые для начала герметизации удельные давления в уплотнениях (далее кран с плавающей пробкой самоуплотняется под действием перепада давления рабочей среды), также позволяет зафиксировать шаровую пробку крана в требуемом промежуточном положении в процессе регулирования.



Рис. 9. Промежуточная муфта в соединении шпинделя с шаровой пробкой



Рис. 10. Новый запорно-регулирующий шаровый кран гибридной конструкции в угловом варианте сборки



Рис. 11. Новый запорно-регулирующий шаровой кран гибридной конструкции

Предлагаемая новая конструкция (рис. 11) представляет собой гибрид шарового крана и клапана с заимствованием у них части деталей и совмещением в одном устройстве – таком себе арматурном «кентавре». Необходимо отметить, что именно посещение Первого Международного Арматуростроительного Форума-2013 стало катализатором создания новых конструктивных решений, которые описываются в этой статье [9]. Для подтверждения этого достаточно посмотреть на логотип форума и увидеть в нем профиль описываемого гибридного крана, ну а если серьезно, то все же необходимо перечислить те преимущества, которые имеет эта арматура.

1. Кран выполняет функции запорной и регулирующей арматуры, поэтому на трубопроводе может быть установлено одно изделие вместо двух.

2. В отличие от односедельного и клеточных клапанов новый запорно-регулирующий кран имеет меньший коэффициент сопротивления рабочей среде.

3. В отличие от клеточного клапана, новый запорно-регулирующий кран не требует установки дополнительных фильтров и предназначен для работы на загрязненных средах (при заблокированной пробке в нем нет ходовых

зазоров). При необходимости кран легко очистить, для этого достаточно разблокировать штоком шаровую пробку (создав ходовой зазор) и сделать рукояткой несколько поворотов в разные стороны, удалив посторонние включения с поверхности шара и седел. При этом кромки седел и пробки выполняют роль скребков.

4. Запорно-регулирующий кран предназначен для управления высокотемпературными средами (в конструкции нет эластомеров, в сальнике применены графитовые кольца).

5. Блокирующий пробку шток имеет самотормозящуюся трапецидальную резьбу, что позволяет четко фиксировать требуемое ее положение при регулировании, исключая самопроизвольное изменение настройки под воздействием возможной вибрации трубопровода.

6. Седла запорно-регулирующего крана не поджаты пружинами, как в обычном шаровом кране «металл по металлу» на аналогичные параметры, поэтому усилие для поворота рукоятки значительно меньше.

7. Поворот пробки запорно-регулирующего крана происходит в разблокированном «свободном» состоянии, что уменьшает износ седел и пробки и увеличивает срок службы крана.

8. В случае негерметичности затвора имеется возможность закрыть запорно-регулирующий кран «посильнее», аналогично клапану или задвижке.

9. При необходимости кран может быть легко трансформирован из проходного в угловой поворотом выходного патрубка на 180°.

10. Для исключения кавитации и шума при больших перепадах давления в проходном отверстии шаровой пробки крана могут быть установлены параллельные перфорированные пластины.

11. Для изготовления крана используются детали обычных серийных запорных кранов, что снижает затраты на его изготовление.

12. Кран может быть автоматизирован, для чего необходимо шпindel соединить с регулирующим электроприводом, а подпружиненный шток (без резьбы) – с электромагнитным приводом, синхронизировав при этом их работу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52720-2007 Арматура трубопроводная. Термины и определения.
2. ГОСТ Р 54808-2011 Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов.
3. www.roost.ru ЗАО «РУСТ-95».
4. М.М. Тверской, В.А. Андрианов, А.В. Соколов. Создание нового поколения запорно-регулирующих шаровых кранов с двумя затворами // Арматуростроение, 2013, № 3 (84), с. 52–55.
5. Е.Н. Савченко, А.И. Сидорев, И.И. Сидорев. Антипомпажный регулирующий клапан центробежного нагнетателя природного газа // Вестник СумГУ, 2009, № 4, с. 83–89.
6. www.habonim.com фирма «HABONIM» каталог Контроль и автоматизация, с. 3.
7. www.artes-valve.de фирма «ARTES VALVE» каталог Регулировочный шаровой кран типа G.
8. В.В. Мороз Новый взгляд на конструкцию шарового крана // Арматуростроение, 2013, № 4 (85), с. 46–49.
9. <http://valve-forum.ru/main/comments/> Отзыв Мороза В.В.

ПРОМАРМАТУРА

О Т К Р Ы Т Ы Й М И Р

Номенклатура серийно выпускаемой продукции:

- Клапаны запорные PN 1,6-6,3 МПа, DN 6-200 мм
- Клапаны обратные PN 1,6-4,0 МПа, DN 20-600 мм
- Клапаны отсечные PN 1,0-10,0 МПа, DN 20-450 мм
- Клапаны регулирующие PN 1,6-16,0 МПа, DN 15-300 мм
- Краны шаровые PN 1,6-4,0 МПа, DN 10-200 мм
- Задвижки PN 1,6-16,0 МПа, DN 50-2000 мм
- Затворы дисковые поворотные PN 0,6-4,0 МПа, DN 50-2000 мм
- Затворы обратные PN 1,6-16,0 МПа, DN 25-600 мм
- Фильтры PN 1,0-16,0 МПа, DN 25-500 мм
- Конденсатоотводчики PN 4,0-10,0 МПа, DN 10-50 мм

www.promarmatura.ua



ул. Симферопольская, 17
Днепропетровск, 49005, Украина
+ 38 0562 35-66-01, 35-66-24
e-mail: pa@promarmatura.dp.ua