

Создание нового поколения запорно-регулирующих шаровых кранов с двумя затворами Creating New Generation of Shutoff and Control Ball Valves with Two Trims

М.М. Тверской, д. т. н., В.Н. Андрианов, к. т. н., А.В. Соколов, инженер,
ООО «ПГ «УралАрм»

M. Tverskoy, V. Andrianov, A. Sokolov

АННОТАЦИЯ

Шаровые краны как вид запорной трубопроводной арматуры получили широкое распространение благодаря таким исключительным преимуществам, как минимальные габариты, полнопроходность (отсутствие деформации потока) и, как следствие, малое гидравлическое сопротивление, высокая степень герметичности затвора вследствие его самозапираемости под действием давления в трубопроводе. В последнее время в мировой практике арматуростроения наметилась тенденция к использованию запорных шаровых кранов в качестве одновременно и регулирующих. 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.

ABSTRACT

Ball valves as type of shutoff and control valves has become widely spread due to such exceptional advantages as: minimum dimensions, full-opening valve (no flow deviation) and as a result small flow resistance, tight shut-off due to its self-locking ability under the pipeline pressure. In recent time a new tendency has come out globally – a tendency to use shut-off ball valves as control valves simultaneously. However, it is not possible to use conventional ball valves for controlling working fluid rate. This is due to the fact that when the valve is not fully opened, laminar-to-turbulent transition happens along with cavitation and intense noise. In this case discharge characteristic of the valve is not strictly linear, seal seats suffer erosion and fail to function quickly.

Другой крупный недостаток регулирующих шаровых кранов связан с хладотечностью фторопласта, из которого обычно изготавливаются седла, и его недостаточной стойкостью к абразивному износу. При частичном открытии крана в течение некоторого отрезка времени его седла

контактируют со сферической пробкой не по всей своей рабочей сферической поверхности. Под действием давления потока пробка вдавливается в седло, на котором с течением времени образуется кольцевая «ступенька». При дальнейшем повороте сферической пробки эта «сту-



пенька» сминается или срезается кромкой пробки, что приводит к постепенному искажению формы рабочей поверхности седел и потере герметичности затвора. 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.

Для повышения долговечности седел их изготавливают не из «чистого» фторопласта, а из углеродно-фторопластовых композиций или из металлических сплавов, стойких к абразивному износу. Однако достигнуть и сохранить требуемую герметичность затвора с металлическими седлами гораздо сложнее, чем с фторопластовыми. А добавки к фторопласту углерода, дисульфата молибдена и других материалов увеличивают его износостойкость и модуль упругости, снижают хладотекучесть и коэффициент теплового расширения, но не решают кардинальным образом проблему его хладотекучести и недостаточной износостойкости.

Проблемы с седлами запорно-регулирующих шаровых кранов вынуждают в ряде случаев отказаться от использования седел и сделать шаровый кран только регулирующим. Такие краны созданы на заводе «Самараволгомаш» [1]. Сферическая пробка установлена на цапфах. Зазор между сферической поверхностью пробки и внутренней сферической поверхностью корпуса крана минимален. При повороте сферической пробки поток деформируется и частично перекрывается, расход рабочей среды уменьшается. Наличие утечек через зазор между сферической пробкой и корпусом позволяет уменьшить турбулентность потока и снизить шум.

Совмещение функций полного перекрытия потока и его регулирования в шаровых кранах с единственным затвором не нашло пока в мировой практике арматуростроения удовлетворительного конструктивного решения.

Совмещение функций регулирования и перекрытия потока может быть достигнуто введением в конструкцию шарового крана дополнительного затвора, выполняющего функции регулирования потока. Такое решение реализовано в балансировочных кранах фирм Broen [2] и Danfoss [3]. Перекрытие потока осуществляется шаровым затвором. В шпindel сферической пробки затвора вмонтирован винтовой механизм, перемещающий шибер. Шибер частично перекрывает цилиндрическое отверстие в сферической пробке. Поворотом рукоятки крана можно повернуть сферическую пробку на 90°, полностью перекрыв поток, не меняя регулировки крана (положения шибера). Недостатком такой конструкции является консольное закрепление регулирующего шибера. При использовании такого крана в качестве регулирующего в процессе непрерывной работы не исключены вибрации шибера и его заклинивание. Кроме того, наличие шибера, частично перекрывающего поток, увеличивает гидравлическое сопротивление крана.

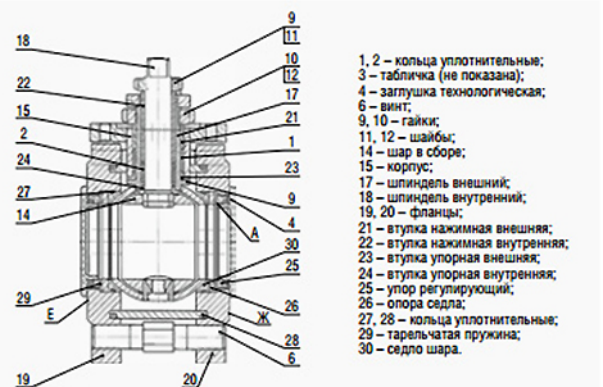


Рисунок 1 – Кран шаровый запорно-регулирующий DN 40-65 PN 16



Более удачным решением является комбинированный запорно-регулирующий кран [4]. Кран содержит корпус, в котором на опорных цапфах, одной из которых служит «приводная ось» (шпиндель), установлена шаровая запорная пробка, внутри которой размещен регулирующий орган с приводным шпинделем. Запорная пробка выполнена со сферической внутренней поверхностью, а регулирующий орган выполнен в виде шара с проходным отверстием, равным проходному отверстию в запорной пробке, и установлен с зазором относительно сферической внутренней поверхности пробки.

Одним из недостатков данной конструктивной схемы запорно-регулирующего шарового крана является способ базирования запорной сферической пробки в корпусе крана. Пробка устанавливается на две цапфы, одной из которых является шпиндель («приводная ось»). Шпиндель жестко соединен с пробкой и одновременно служит для поворота пробки на 90°. Такая «цапфовая» схема в основном используется при высоких давлениях рабочей среды, поскольку обеспечивает разгрузку седел крана от сил давления рабочей среды. Эти силы воспринимаются опорами цапф. Однако при этой конструктивной схеме кран лишается свойств самозапираемости, а для обеспечения требуемой герметичности и долговечности затвора требуется с высокой точностью обеспечить такое взаимное расположение поверхностей, при котором общая ось цапф пробки пересекалась бы с общей осью седел в центре наружной сферической поверхности пробки. Кроме этого, неподвижно закрепленные седла не обеспечивают самозапираемость затвора и компенсацию износа своих уплотнительных элементов, а также упругих и температурных деформаций деталей крана, что приводит к по-

тере герметичности его затвора.

В ответственных конструкциях седла устанавливаются в корпус крана с возможностью смещения вдоль своей оси и прижимаются к пробке силами давления рабочей среды и упругими силами пружин (чаще всего тарельчатых). Однако при подвижных седлах установка сферической пробки на цапфы теряет смысл, поскольку подвижные седла не разгружены от сил давления среды, протекающей через кран.

Повышение технологичности предлагаемой конструкции запорно-регулирующего крана, степени его герметичности и ресурса (долговечности) достигается за счет установки запорной сферической пробки не на цапфы, а непосредственно между двух подпружиненных седел («плавающая» шаровая пробка).

Поставленная задача достигается тем, что в запорно-регулирующем шаровом кране, содержащем корпус, запирающий шаровый затвор, в сферическую пробку которого встроен поворотный регулирующий элемент в виде шара с проходным отверстием, равным проходному отверстию в сферической пробке, сферическая пробка запирающего шарового затвора выполнена плавающей и центрируется в корпусе крана с помощью двух подпружиненных седел.

Сферическая запирающая пробка самоустанавливается между седлами в такое положение, при котором центр ее наружной сферической поверхности располагается на общей оси рабочих поверхностей седел. При этом шпиндель «плавающей» сферической запирающей пробки не препятствует ее самоустановке между седлами, так как соединен с пробкой с зазором.

Компенсация износа седел, температурных и упругих деформаций деталей крана, нарушающих плотность прилегания седел к «плавающей» пробке, дости-



гается за счет постоянного поджима седел с помощью пружин.

Краны шаровые запорно-регулирующие DN 40-65, PN 16 (рис. 1) [6] сборной конструкции устроены следующим образом.

Внутри корпуса крана 15 с соединительными фланцами 19 и 20, стянутыми винтами 6, располагаются: шпиндельный узел, шар в сборе 14, седла 30. Корпус крана 15 представляет сварную конструкцию, состоящую из корпуса, корпуса шпинделя и фланца под привод. Шпиндельный узел состоит из шпинделя внешнего 17, шпинделя внутреннего 18, колец уплотнительных 1 и 2, упорных втулок 23 и 24, нажимных втулок 21 и 22, гаек 9 и 10 с шайбами 11 и 12. Шар в сборе 14 состоит из внутреннего регулирующего шара и наружной сферической оболочки, служащей запорным элементом крана. В нижней части внутреннего шара и наружной оболочки имеются отверстия для размещения подшипника скольжения, состоящего из цанги, втулки конической, шайбы конической и винта. Седла 30 служат для уплотнения запорного элемента крана (наружной сферической оболочки) и поджимаются к сферической поверхности шара в сборе 14 тарельчатыми пружинами 29 через опоры седел 26 регулирующими упорами 25. Контактные поверхности седел 30 и фланцев 19, 20 уплотнены кольцами уплотнительными 27, а корпуса и фланцев – кольцами уплотнительными 28. Для предохранения от попадания пыли и грязи во внутренние полости при транспортировке и хранении служат заглушки 4.

Разработаны три модификации запорно-регулирующих кранов с различными приводами регулирующего и запорного элементов.

У крана с ручным приводом (рис. 2а) имеются верхняя 31 и нижняя 33 рукоятки, закрепленные на внутреннем и на-

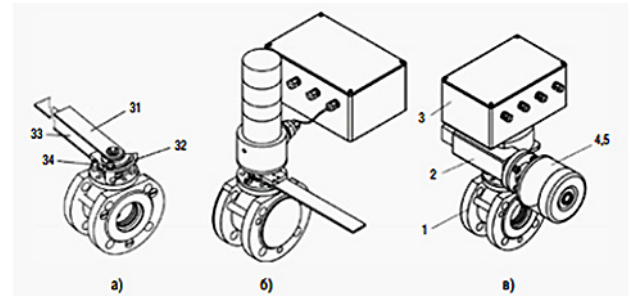


Рисунок 2 – Различные модификации запорно-регулирующих шаровых кранов нового поколения: а) с ручным приводом; б) с ручным запирающим и с электроприводом регулирующего элемента; в) с полным электроприводом как регулирующего, так и запорного элементов

ружном шпинделях соответственно. В открытом положении рукоятки располагаются вдоль оси крана. Для регулирования расхода используется верхняя рукоятка 31, угол поворота которой составляет 90°. Положение этой рукоятки фиксируются с помощью гайки 32. Для полного перекрытия проходного сечения крана используется нижняя рукоятка 33, закрепленная на наружном шпинделе. Рукоятка имеет два положения «открыто» и «закрыто», определяемых упорами 34. Расположение нижней рукоятки в промежуточном положении недопустимо.

Для изменения расхода необходимо расстопорить рукоятку верхнюю 31, ослабив гайку 32, повернуть на необходимый угол рукоятку 31 и застопорить ее гайкой 32. Угол поворота контролируется визуально по шкале.

Для полного перекрытия трубопровода служит рукоятка нижняя 33, которую необходимо повернуть по часовой стрелке на 90° между упорами 34.

У крана с электрическим приводом регулирующего элемента (рис. 2б) имеется вентильный электродвигатель 1 со встроенным планетарным редуктором. Выходной вал редуктора соединен с внутренним шпинделем крана. Имеется специальный механизм, обеспечивающий без потребления энергии самотор-



можение привода для предотвращения смещения регулирующего элемента из заданного положения под действием рабочей среды.

Полное перекрытие потока по-прежнему осуществляется вручную – поворотом рукоятки 2, соединенной с наружным шпинделем крана. Такое решение позволяет использовать электродвигатель малой мощности.

У крана с полным электроприводом (рис. 2в) поворот и регулирующего, и запорного элементов осуществляется от вентильного электродвигателя 4 через червячный редуктор 2. Внутренний и наружный шпиндели крана соединены кинематической передачей, позволяющей осуществлять их поворот по заданному алгоритму от единого электропривода.

Экспериментальная зависимость [5] между расходом и перепадом давления на кране DN 50, PN 16 при различных угловых положениях регулирующего (внутреннего) шара, полученная при испытании крана, приведена на рис. 3. Наличие расхода при полностью закрытом регулирующем шаре (линия 9) объясняется наличием зазора между запирающим и регулирующим шарами, который необходим не только для обеспечения работоспособности конструкции затворов, но и, напомним, позволяет уменьшить турбулизацию потока и снизить шум. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе крана. Расходная характеристика крана близка к процентной.

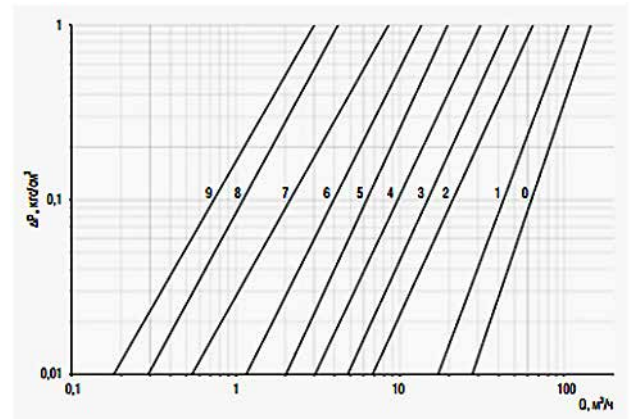


Рисунок 3 – Зависимость перепада давления от расхода при различных угловых положениях регулирующего шара для крана DN 50, PN 16 кгс/см² (0 – регулирующий шар полностью открыт, максимальный расход; 9 – регулирующий шар полностью закрыт (90°), минимальный расход)

Запорно-регулирующие шаровые краны описанной конструкции могут использоваться для регулирования скорости заполнения емкостей, в качестве балансировочных кранов в системах отопления. Краны с электроприводами – в качестве исполнительных устройств в различных системах автоматического управления расходом рабочей среды. За счет совмещения запорных и регулирующих функций в едином корпусе они обеспечивают уменьшение габаритов и упрощение монтажа трубопроводных систем различного назначения. Последнее обстоятельство может быть очень полезным для эффективного использования в мобильных системах: топливозаправщиках, пожарных машинах и т.п. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.samaravolgomash.ru/>
2. Каталог «Балансировочные клапаны BROEN BALLOREX®». – С. 3
3. Каталог RC.08.A8.50 © Danfoss 2008. – С. 31.
4. Авторское свидетельство на изобретение SU 1596162, МПК F16K 5/10, 30.09.1989. Бюл. № 36.
5. Протокол проливочных испытаний №ИЦКБ.ПТ4.030-125-2012 от 27.12.2012. Испытательный центр ОАО «ГРЦим. Макеева», г. Миасс. Аттестат аккредитации №РОСС.RU.0001.21АЯ16 от 6.08.2008.
6. Запорно-регулирующий шаровой кран//Положительное решение о выдаче патента на полезную модель от 11.02.2013 по заявке № 2012142036 от 02.10.12.