

Некоторые особенности технических решений на конструкции клиновых задвижек для магистральных трубопроводов предприятий атомной, тепловой энергетики, нефтегазовой промышленности

А. С. Васильев, И. Р. Шегельман, П. О. Щукин

Петрозаводский государственный университет

По данным ЗАО «НПФ «ЦКБА», ведущего экспертизы промышленной безопасности трубопроводной арматуры, эксплуатируемой на различных предприятиях химии, нефтехимии, нефтепереработки, транспортировки и добычи нефти и газа, объектах морского регистра, атомного флота и энергетики, в т. ч. атомной, более половины обследованной трубопроводной арматуры большинства предприятий и объектов, введенных в действие в 60-70 гг. прошлого столетия, имеют срок эксплуатации 30 и более лет и по техническому состоянию близки к полному исчерпанию ресурса [1].

В системах добычи, транспорта и хранения газа и нефти запорная арматура играет исключительно важную роль в обеспечении надежности систем на всех режимах функционирования. В процессе эксплуатации конструктивные элементы трубопроводных систем различного назначения находятся под действием широкого спектра нагрузок и воздействий, обуславливающих сложные процессы трения, износа, усталости и старения. Несмотря на систематические совершенствования конструкций запорной арматуры решение проблемы обеспечения их работоспособности все еще не отвечает современным требованиям надежности и безопасности трубопроводных систем [2], [3].

В связи с этим в последние годы усилилось внимание к вопросам создания новых технических решений на конструкции трубопроводной арматуры и, в особенности, запорной арматуры, являющейся важнейшим элементом магистральных трубопроводов предприятий атомной, тепловой

энергетики, нефтегазовой промышленности. При этом обострились конкуренция и поиск новых технических решений в области арматуростроения [4], [5],[6], [7].

В Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) оценка и разработка технических решений в этой сфере ведется в рамках совместных исследований совместно с ОАО «Петрозаводскмаш» и ЗАО «АЭМ-технологии» [8], [9].

Широкое распространение в числе большого количества видов запорной трубопроводной арматуры получили клиновые задвижки, благодаря своим достоинствам: незначительному гидравлическому сопротивлению при полностью открытом проходе, простоте обслуживания, возможности подачи сырья в любом направлении и др. [10].

Оценка особенностей технических решений на конструкции клиновых задвижек для магистральных трубопроводов предприятий атомной, тепловой энергетики, нефтегазовой промышленности выполнена на основании патентного поиска [11].

Важной особенностью технических решений является то, что повышение герметичности и надежности работы клиновых задвижек, в том числе и в условиях наличия абразивных частиц (отложений) (патент RU 2147703), достигается в основном за счет совершенствования геометрической формы затвора (например, патент RU 2264573) и его уплотнительных поверхностей (например, авторское свидетельство SU 1691638).

Выделяются технические решения, основанные на применении специальных материалов и покрытий для уплотнительных поверхностей затвора и седла, например, ТР на задвижку клиновую (патент RU 19891), содержащую корпус с уплотнительными поверхностями с расположенными в нем дисками, закрепленными на подвижном штоке.

Патентом RU 83573 защищено техническое решение на покрытия конструктивных элементов клиновых задвижек. Следует обратить внимание

на патент RU 83573, в котором с целью снижения мощности привода при повышении ресурса работы задвижки предлагается уплотнительные поверхности тарелок и шпиндель покрывать пленкой толщиной до 6 мкм с содержанием 10 % Cr и 90 % C, нанесенной методом ионной имплантации. Техническое решение по патенту RU 2290557 направлено на изготовление корпуса и фланцев задвижки из ограниченно свариваемых и несвариваемых материалов, обладающих разными свойствами, применение которых необходимо для различных климатических исполнений клиновой задвижки. В патенте RU 21631 предлагается литой корпус задвижки изготавливать из стали 20ГЛ. В техническом решении, предложенном в патенте RU 58645 и направленном на создание затвора задвижки, обладающей двухсторонней гарантированной плотностью, взаимодействующие уплотнительные поля затвора, либо запорного органа, либо корпуса снабжены кольцевыми канавками с помещенными в них эластичными элементами.

Поскольку надежность работы задвижки во многом определяется надежностью работы привода затвора задвижки патентом RU 61383 предлагается техническое решение в котором привод затвора задвижки содержит встроенные в корпус кинематически связанные между собой, посредством муфт свободного хода двустороннего действия, электродвигатель, планетарно-цевочный редуктор, дифференциально-независимый ручной дублер.

Снижение габаритов привода и повышение надежности клиновой задвижки достигается техническим решением (авторское свидетельство SU 631730), согласно которому на запорных дисках выполнены выступы и пазы, а на штоке привода установлены оси качания, свободно размещенные в пазах, и направляющие поверхности, взаимодействующие с выступами. В другом техническом решении, направленном на снижение необходимого усилия привода и уменьшение износа уплотнительных поверхностей (патент RU 65163) задвижка содержит корпус с двухдисковым клиновым затвором и приводом перемещения дисков. Диски снабжены наружными

уплотнительными поверхностями. Привод перемещения выполнен в виде размещенной между дисками тяги, конец которой снабжен разнонаправленными клином и клиновыми элементами.

Ряд технических решений направлен на создание клиновой задвижки с самоустанавливающимися седлами. Например, патент RU 73049, направлен на создание самоустанавливающегося узла клиновой задвижки надежно загерметизированного относительно корпуса. Патенты RU 75446, RU 2378548 направлены на создание клиновой задвижки с самоустанавливающимися седлами с высокой степенью ремонтпригодности.

Создаются технические решения, направленные на ускорение процесса сборки. Например, авторское свидетельство SU 624037 в котором с целью повышения надежности и ускорения процесса сборки клиновой задвижки, состоящей из двухдискового затвора, шарнирно соединенного с тягой, предлагается шарнирное соединение затвора с тягой выполнить в виде стаканов с отверстием в виде дна, причем стаканы соединить наружной поверхностью с каждым их дисков затвора, а внутри стаканов расположить стержень с бобышками, соединяющий стаканы с тягой.

Выделяются технические решения, направленные на повышение работоспособности при перекрывании потока рабочей среды с высокими температурными параметрами. Например, патент RU 2306471, в котором для этого снижается степень деформации упругого клина в положении задвижки «закрыто».

Для повышения стойкости элементов задвижки к абразивной эрозии, предложен ряд технических решений, например, патент RU 2059907 в котором для этого предложена конструкция клина, снижающая турбулентность обтекающего клин потока рабочей среды.

Серьезное внимание в технических решениях уделяется увеличению ремонтпригодности (снижению трудоемкости ремонта). Например, патентом RU 68086 предусмотрена возможность полной замены запорного узла, который выполнен съемным и представляет собой вставку в виде

цельнолитой детали цилиндрической формы, установленной в корпус задвижки, а внутри корпуса вставки установлены посадочные кольца и запорный элемент клиновидной формы, кинематически связанный с приводом запорного узла. Техническое решение согласно патенту RU 95773 позволяет обеспечить ремонт задвижки с заменой сальника без остановки процесса перекачки в магистрали и без попадания рабочей среды из магистрали в окружающую атмосферу. В этом техническом решении шпindel задвижки содержит запорный узел, установленный с возможностью полного открытия задвижки, и включающий упорное кольцо и уплотнительное кольцо, причем упорное кольцо, выполненное из металла, жестко соединено со шпинделем и имеет по центру цилиндрическую выемку, а уплотнительное кольцо, выполненное из эластичного материала, имеет выступ, соответствующий по форме выемке упорного кольца, и надето на него сверху. В качестве эластичного материала используется, в зависимости от агрессивности и степени давления перекачиваемой среды, резина, или фторопласт, или паранит, или алюминий. Упорное кольцо может быть выполнено из стали. Другим примером решения данной задачи может служить техническое решение (патент RU 102726), в котором создание узла затвора клиновой задвижки с повышенной степенью ремонтпригодности достигается тем, что пята состоит из двух равных по высоте частей с точкой взаимодействия последней расположенной на линии оси шпинделя, а седла снабжены глухим каналом нормально расположенным к наружной поверхности седел в который помещены болт, ввернутый в тело корпуса, при этом седла загерметизированы относительно корпуса, например резиновым кольцом.

Ряд технических решений посвящен снижению металлоемкости (веса) задвижки. В техническом решении по патенту RU 49155 снижение металлоемкости задвижки достигается за счет того, что центральная часть жесткого клина выполнена в виде плоской мембраны с двухсторонними ребрами причем наружный диаметр ее равен или меньше внутреннего

диаметра уплотнительных полей клина, и ребра расположены радиально, а в центре замыкаются на кольцо. В техническом решении по авторскому свидетельству SU 426097 затвор клиновой задвижки выполнен в виде двух удерживаемых с помощью тарелкодержателей под углом тарелок, имеющих взаимодействующие с промежуточным закладным элементом сферические выступы, находящиеся в отверстии обоймы тарелкодержатели выполняются в виде двух закладных полуколец, оппозитно расположенных в обойме, охватывающей сферические выступы тарелок. Техническое решение по патенту RU 50623 направлено на создание задвижки, размеры внутренней камеры, образованной крышкой и средним патрубком корпуса которой оптимизируют весовые характеристики задвижки.

Техническое решение, направленное на повышение технологичности изготовления задвижки защищено патентом RU 2243436, согласно которому в корпусе размещены седла и запорный орган и выполнены направляющие для запорного органа в виде выступов с фигурным профилем сечения. Запорный орган выполнен с кольцевыми пазами под наплавку износостойкого слоя и продольными пазами для взаимодействия с направляющими выступами корпуса. Другой пример конструкции задвижки, позволяющей повысить ее технологичность и надежность, описан в патенте RU 2223434.

Снижение коэффициента гидравлического сопротивления обеспечивается техническим решением по патенту RU 84078, согласно которому существенное уменьшение гидравлического сопротивления задвижки обеспечивается благодаря тому, что корпус задвижки выполняется таким образом, что расстояние (L) между зеркалами седел и диаметр проходного сечения седла (D) связаны соотношением:

$$\frac{L}{D} = 0.55 \dots 0.65.$$

Повышение срока службы задвижки обеспечивается техническим решением по патенту RU 2153115 согласно которому задвижка содержит корпус, крышку, жесткий клин и самоустанавливающиеся седла. Седла

уплотнены относительно корпуса кольцом из пластичного материала, например графлексом, поджатием клина. Такое выполнение позволяет повысить герметичность задвижки при высоких давлениях рабочей среды, повысить срок службы и снизить трудоемкость ее изготовления.

Многие технические решения направлены на решение сразу ряда задач. В патенте RU 67215 техническое решение направлено на уменьшение высоты и металлоемкости задвижки, исключение возможности протечек, повышение ее надежности и технологичности изготовления. Техническое решение по патенту RU 2225555 обеспечивает ремонтпригодность, высокую герметичность и надежность работы клиновой задвижки. Техническое решение по патенту RU 2371621 направлено одновременно на сохранение работоспособности затворного узла при работе задвижки на высоких параметрах с одновременным повышением степени ремонтпригодности. Для этого затвор клиновой задвижки с самоустанавливающимися седлами содержит корпус, крышку, жесткий клин и взаимодействующие с ним цилиндрические самоустанавливающиеся с зазором в расточке корпуса посредством стопоров седла. Относительно корпуса седла уплотнены кольцом. Кольцо выполнено из эластомерного материала, например полиуретана. Стопора могут быть выполнены в виде винтов. В техническом решении по патенту RU 57410 снижение износа уплотнительных поверхностей и уменьшение усилия привода при открытии достигается за счет того, что привод перемещения выполнен в виде установленных между запорными дисками двух однонаправленных клиньев, соединенных между собой тягой.

Техническое решение по патенту RU 2151938 одновременно обеспечивает упрощение процесса сборки и снижение металлоемкости. Примером конструкции направленной на повышение потребительских свойств задвижки путем снижения весовых характеристик и снижения коэффициента гидравлического сопротивления задвижек с кованным корпусом может служить патент RU 63895.

Выполненный анализ позволил определить тенденции разработки технических решений на клиновые задвижки:

- повышение герметичности и надежности работы задвижек;
- выбор покрытий для конструктивных элементов задвижек;
- повышение надежности работы и совершенствование конструкции привода затвора задвижек;
- создание клиновых задвижек с самоустанавливающимися седлами;
- ускорение процесса сборки задвижек;
- повышение работоспособности задвижек при перекрывании потока рабочей среды с высокими температурными параметрами;
- повышение стойкости элементов задвижек к абразивной эрозии;
- увеличение ремонтпригодности (снижение трудоемкости ремонта);
- снижение металлоемкости задвижек;
- повышение технологичности изготовления задвижек;
- снижение коэффициента гидравлического сопротивления потока жидкости;
- повышение срока службы задвижек;
- разработка технических решение, направленных на решение одновременно многофункциональных задач.

Результаты выполненной работы могут использоваться для оценки технического уровня запорной арматуры для АЭС, ТЭС и для магистрального трубопроводного транспорта.

Настоящая работа подготовлена в рамках реализации Программы стратегического развития ПетрГУ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по договору № 02.G25.31.0031 по реализации комплексного проекта «Создание высокотехнологичного производства шибберных и клиновых штамповарных задвижек для предприятий атомной, тепловой энергетики и нефтегазовой отрасли с применением наноструктурированного защитного покрытия».

Список литературы:

1. Доможиров, В. Т., Токмаков, О. А. Экспертиза промышленной безопасности трубопроводной арматуры [текст] // Арматуростроение. Межотраслевой журнал, 2010, № 6(69). – С. 22-26.
2. Мустафин, С. Ю. Исследование износостойкости подвижных сопряжений запорной арматуры газо-нефтепроводов [текст]: дис. канд. техн. наук: 05.02.04 / Мустафин Салават Юлаевич. – М., 2002. – 228 с.
3. Белобородов, А. В. Совершенствование методики проектирования запорной арматуры с использованием численных методов [текст]: дис. канд. техн. наук: 25.00.19 / Белобородов Анатолий Владимирович. – Тюмень, 2005. – 148 с.
4. ValveWorldAmericasExpo&Conference [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.valveworldexpoamericas.com/> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. англ.
5. HowValveManufacturersHelpMaintainGeothermalPowerPlants [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gwcvalve.com/news/industrynews.php> (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. англ.
6. Обзор российских патентов в арматуростроении [текст] // Арматуростроение. Межотраслевой журнал, 2012, № 6 (81). – С. 31-35.
7. Севастьянин, Г. И. Задвижки: конструкции, новые разработки. Выбор в зависимости от условий и параметров эксплуатации [текст] // Арматуростроение. Межотраслевой журнал, 2006, № 5. – С. 41-43.
8. Шегельман, И. Р., Щукин, П. О., Васильев, А. С. Специфика комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства в рамках интеграции университета и машиностроительного предприятия [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона, 2012, № 3. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/911> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

9. Shegelman, I.R., Romanov, A.V., Vasiliev, A.S., Shchukin, P.O. Scientific and technical aspects of creating spent nuclear fuel shipping and storage equipment [текст]// Nuclear Physics and Atomic Energy, Volume 14, Issue 1, 2013. – Pages 33-37.

10. Иванова, Е. К. Совершенствование методики прочностного расчета деталей клиновых задвижек с учетом параметров технологического потока [текст]: дис. канд. техн. наук: 05.02.13 / Иванова Екатерина Ивановна. – Уфа, 2008. – 124 с.

11. Шегельман, И. Р., Васильев, А. С., Щукин, П. О. Патентный поиск в области конструкций запорной арматуры для АЭС, ТЭС и для магистрального трубопроводного транспорта [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона, 2013, № 2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1770> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.