

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ЗАДВИЖЕК ШИБЕРНЫХ)

WAYS TO IMPROVE RELIABILITY OF STOP VALVES FOR MAIN PIPELINES THROUGH THE EXAMPLE OF SLIDE GATE VALVES

Самые разрушительные по своим последствиям аварии на трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов, происходят из-за отказов оборудования связанных с разливом перекачиваемой среды.

До 50% отказов запорной арматуры, возникающих при ее эксплуатации, связаны с потерей герметичности фланцевого разъема «корпус-крышка» и сальникового уплотнения.

Повысить надежность аппаратуры, механизмов и машин в процессе их эксплуатации чрезвычайно трудно. Это объясняется тем, что надежность механизма закладывается при его проектировании и изготовлении, а при эксплуатации она только расходуется. Наиболее эффективным является повышение надежности механизмов и машин на стадии их проектирования и изготовления за счет оптимальных конструктивных решений узлов механизмов и технологических решений при их изготовлении. Основными путями повышения надежности разъемных соединений запорной арматуры и сальникового уплотнения являются: резервирование элементов узлов запорной арматуры, защита элементов узлов арматуры от коррозии.

Устранение выявленных причин отказов является важным направлением повышения надежности запорной арматуры.

В статье рассмотрены принципы работы разъемных фланцевых соединений и сальникового уплотнения запорной арматуры, основные конструктивные и технологические решения, направленные на повышение надежности разъемных соединений запорной арматуры и сальникового уплотнения (на примере задвижек шиберных), а также методы лабораторных и стендовых исследований и испытаний, проведенных для подтверждения принятых технических решений (конструктивных и технологических).

Результатом проведенных исследований и испытаний стали предложения по актуализации нормативной документации

ПАО «Транснефть», регламентирующей требования к запорной арматуре.

Accidents with the most severe consequences at the pipeline transport of oil and petroleum products occur due to equipment failures related to the spill of the handled fluid. Up to 50% of valve failures during operation are related to the loss of sealing of the 'housing-cap' flange and packing seal.

It is extremely difficult to increase the reliability of equipment and machinery while they are in operation. This is because the reliability of machinery is created at the stages of design and manufacture and it is only used up during operation. The most effective option is to increase the reliability of equipment and machinery at the stages of design and manufacture by applying optimal design solutions of certain elements, mechanisms and technological solutions during their manufacture. The main ways to increase the reliability of detachable connections of valves and stuffing box packings are as follows: redundancy of the elements of block valve stations, corrosion protection of valve elements.

Elimination of the main courses of failures is an important set of activities aimed to improve reliability of valves.

The article describes the principles of operation of detachable flange joints and stuffing box packings of valves, the main design and technology solutions aimed to increase the reliability of detachable connections of valves and stuffing box packings (through the example of slide gate valves), as well as methods of laboratory and bench research and tests carried out to confirm the accepted technical solutions (design and technology).

The results of the research and tests have been converted into proposals to update the regulatory documents of Transneft, PJSC, which govern the requirements to the valves.

Казанцев М. Н., Флегентов И. А.
Петелин А. Н.
ООО «НИИ Транснефть», г. Москва,
Российская Федерация

M. N. Kazantsev, I. A. Flegentov,
A. N. Petelin
Transneft R&D, LLC, Moscow, the
Russian Federation

Ключевые слова: задвижка шиберная, безотказность, долговечность, бугельный узел, критерий отказа, фланцевое соединение, сальниковое уплотнение.

Key words: slide gate valves, reliability, durability, yoke, the criterion of failure, flanged connection, gland packing.

Наиболее тяжелые по своим последствиям аварии на трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов происходят из-за отказов оборудования, связанных с разливом перекачиваемой среды.

При анализе отказов запорной арматуры выявлено, что до 50% отказов запорной арматуры, возникающих при ее эксплуатации, связаны с потерей герметичности фланцевого разъема «корпус-крышка» и сальни-

кового уплотнения. Основными причинами отказов запорной арматуры являются:

— дефекты литых корпусных деталей оборудования, работающего под давлением;

— дефекты и недостатки конструкции разъемных соединений оборудования, находящихся под давлением среды;

— нарушение технологии установки уплотнительных материалов разъемных соединений оборудования;

— заводские дефекты оборудования, не выявленные при приемо-сдаточных испытаниях;

— коррозионное воздействие на металл основных деталей при длительной эксплуатации.

Устранение выявленных причин отказов является важным направлением повышения надежности запорной арматуры.

Обеспечение надежности запорной арматуры

На надежность трубопроводной арматуры влияют следующие потенциально возможные конструктивные и производственные отказы узлов и деталей, с учетом их критичности [1]:

— потеря герметичности по отношению к внешней среде:

а) разрушение, с выбросом рабочей среды в атмосферу;

б) потение, капельная течь, газовая течь;

в) разрушение уплотнительного элемента;

г) потеря герметичности, неустранимая подтяжкой;

— потеря герметичности по отношению к внешней среде по сальниковому уплотнению:

а) разрушение или утрата герметизирующих свойств сальника, с выбросом рабочей среды в атмосферу;

б) потеря герметичности в сальнике, неустранимая подтяжкой;

— потеря герметичности в затворе сверх допустимых пределов;

— невыполнение функций «открытия-закрытия»;

— не предусмотренное регламентом выполнение функции «открытия-закрытия»;

— несоответствие времени срабатывания, установленному в нормативной документации.

Наиболее эффективным является повышение надежности механизмов и машин на стадии их проектирования и изготовления. Повысить надежность аппаратуры, механизмов и машин в процессе их эксплуатации чрезвычайно трудно. Это объясняется тем, что надежность механизма закладывается при его проектировании и изготовлении, а при эксплуатации она только расходуется. Скорость расхода надежности зависит от методов и условий эксплуатации, квалификации обслуживающего персонала. Задача эксплуатационников состоит не в повышении надежности системы, а в том, чтобы как можно дольше сохранить надежность аппаратуры, механизмов, машин, заложенную в процессе их проектирования и изготовления.

Одним из действенных методов повышения надежности задвижки на стадии проектирования и обеспечения безотказности отдельных узлов является резервирование элементов узла.

В общем случае задвижку можно представить как последовательность элементов (систем) (рисунок 1) [2], выполняющих определенные функции, отказ одного из которых приводит к отказу арматуры в целом (последовательная схема, резервирование отсутствует).



Рисунок 1. Последовательная схема системы отказов

$$P_c = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n = \prod_{i=1}^n (1 - P_i)$$

где, P_c — вероятность безотказной работы арматуры; P_i — вероятность безотказной работы элемента (системы);

i (от 1 до n) — номер элемента (системы) в схеме;

n — количество последовательных элементов в схеме.

При применении параллельной схемы системы отказов для узлов арматуры (рисунок 2) [2], отказ узла наступает при отказе всех элементов (систем).

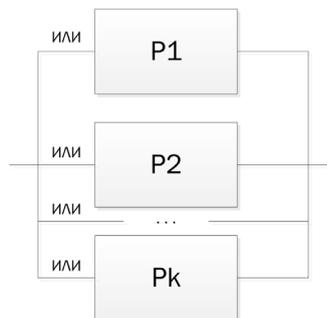


Рисунок 2. Параллельная схема системы отказов

$$P_c = 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2) \cdot \dots \cdot (1 - P_n) = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - P_i)$$

где, i (от 1 до k) — номер элемента (системы) в схеме; k — количество параллельных элементов в схеме.

Также важным направлением повышения надежности арматуры является повышение надежности отдельных узлов арматуры за счет повышения их эксплуатационных характеристик и устранения причин возникновения отказов, что повышает вероятность безотказной работы отдельных узлов задвижки и повышает надежность изделия в целом:

— снижение коррозионного износа уплотнительных поверхностей деталей узла затвора;

— исключение попадания продуктов коррозии со стойки задвижки в сопряжение шпиндель — ходовая гайка бугельного узла;

— повышение коррозионной стойкости деталей бугельного узла, контактирующих с внешней средой при хранении и эксплуатации задвижки.

С целью устранения причин отказов запорной арматуры, в рамках соглашения о сотрудничестве с отечественными заводами-изготовителями запорной арматуры, была проведена научно-исследовательская работа (НИР) «Повышение надежности конструкций разъемных соединений и узлов с трущимися деталями шиберных задвижек». В рамках выполнения данной научно-исследовательской работы проведены следующие операции:

а) разработка конструкции разъемного соединения «корпус-крышка»;

б) разработка конструкции сальникового уплотнения шпинделя задвижки;

в) разработка технологии нанесения металлического защитного покрытия на детали бугельного узла, поса-

дочные места седла узла затвора в корпусе арматуры трубопроводной и сальниковой камеры шпинделя;

г) разработка технологии нанесения лакокрасочного антикоррозионного покрытия (АКП) на внутреннюю поверхность стойки арматуры запорной.

Технические решения, направленные на повышение надежности запорной арматуры

Разъемное соединение «корпус-крышка»

Фланцевые соединения в трубопроводах имеют чрезвычайно широкое распространение, они применяются для самых разнообразных сред, давлений и температур. Фланцевое соединение состоит из трех элементов: фланцев; крепежных изделий; прокладки.

Герметичность фланцевого соединения обеспечивается путем предварительного обжатия прокладки между уплотняющими поверхностями фланцев за счет соответствующей затяжки крепежных изделий (рисунок 3).

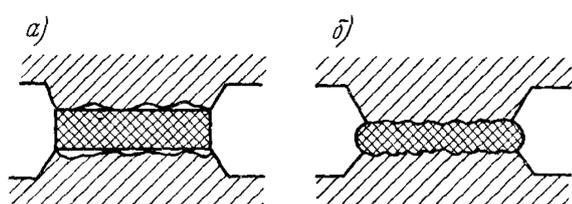


Рисунок 3. Схема обжатия прокладки: а) до обжатия; б) после обжатия

Предварительно обжатая прокладка обеспечивает герметичность соединения в силу своей упругости. Усилие обжатия прокладки с учетом упругости элементов фланцевого соединения рассчитывается по формуле [3]

$$Q_{об} = LBq_0k_{\phi},$$

где L — длина периметра прокладки по средней линии;

B — ширина прокладки;

k_{ϕ} — коэффициент формы (для круглого фланца $k_{\phi} = 1,0$; для овального $k_{\phi} = 1,2$; для прямоугольного $k_{\phi} = 1,3$);

q_0 — удельное давление на прокладку, необходимое для создания плотности и зависящее от материала прокладки, ее ширины и толщины.

Наряду с плоскими торцевыми прокладками для уплотнения фланцевых соединений запорной арматуры применяются также самоуплотняющиеся прокладки (рисунок 4). Такие прокладки чаще всего представляют собой кольцо из эластомера круглого сечения, которое закладывается в канавку прямоугольного или иного сечения.

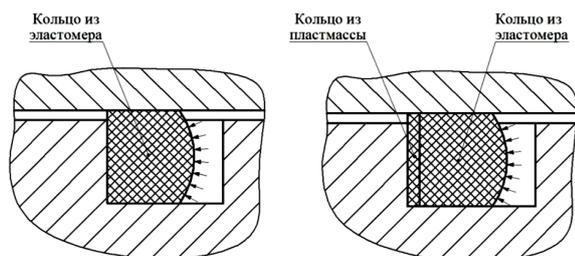


Рисунок 4. Типы самоуплотняющихся прокладок

Для повышения надежности отечественными и зарубежными заводами изготовителями в конструкции фланцевого разъема «корпус-крышка» реализована параллельная схема системы отказов, уплотнение разъема «корпус-крышка» состоит из двух уплотняющих колец:

- первичное уплотнение из эластомера;
- вторичное уплотнение из эластомера или терморасширенного графита (ТРГ).

В процессе эксплуатации запорной арматуры на герметичность фланцевых соединений влияют следующие факторы: релаксация напряжений в крепеже и прокладке, вибрации трубопровода, температурные колебания, изменения упругих свойств прокладки со временем. Несмотря на применение дублирующих уплотнений и обжатие прокладок с определенным усилием при затяжке фланцевого соединения, в процессе эксплуатации при действии давления среды возможно разуплотнение торцевых уплотнений фланцевого соединения.

Для устранения вышеуказанных негативных факторов и возможности контроля первичного и вторичного уплотнений фланцевого соединения «корпус-крышка» была разработана конструкция основного разъема задвижки (рисунок 5), обеспечивающая:

- герметичность при ослаблении обжатия уплотнений разъема и незначительном раскрытии фланцевого соединения (за счет применения первичного уплотнения поршневого типа);
- контроль герметичности первичного соединения в процессе эксплуатации;
- контроль герметичности и правильности сборки фланцевого соединения после сборки.

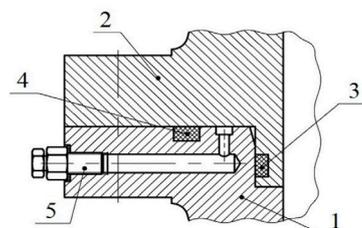


Рисунок 5. Разъемное соединение «корпус-крышка»:

- 1 — корпус; 2 — крышка; 3 — первичное уплотнение из эластомера;
- 4 — вторичное уплотнение из ТРГ; 5 — травмобезопасная пробка

Сальниковое уплотнение шпинделя задвижки

В арматуре наиболее часто применяются сальниковые уплотнения с мягкой набивкой. С начала 90-х гг. началось применение для уплотнения соединений арматуры колец, изготовленных из ТРГ. Опыт эксплуатации ТРГ в качестве материала для уплотнения арматуры показал, что он наиболее полно отвечает требованиям обеспечения герметичности узлов арматуры, так как материал не выгорает, не стареет, не затвердевает, его свойства не изменяются в процессе длительной эксплуатации, мягкость и низкий коэффициент трения позволяют увеличить ресурс и межремонтный период [4].

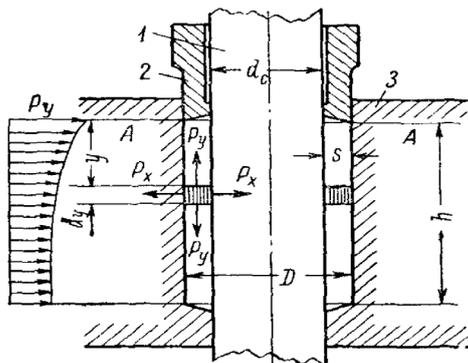


Рисунок 6. Схема сальникового уплотнения шпинделя:
1 — шпиндель; 2 — втулка нажимная; 3 — крышка задвижки

Герметичность сальникового уплотнения достигается за счет уплотнения сальниковой набивки нажимным кольцом 2 (рисунок 6). Герметичность сальникового уплотнения будет достигнута при условии, что на нижнем кольцевом участке радиальное давление будет превышать рабочее давление среды. Усилие затяжки сальника рассчитывается по формуле [3]

$$Q_c = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_c^2) P_c,$$

где Q_c — усилие затяжки сальника;

D — диаметр сальниковой камеры;

d_c — диаметр шпинделя;

P_c — давление необходимое для затяжки сальника.

В процессе эксплуатации арматуры происходит релаксация напряжений в материале набивки (рост деформаций ползучести, уменьшение упругой энергии) вследствие чего для обеспечения герметичности сальника необходимо производить периодическую подтяжку уплотнения или применять упругие элементы в крепежных системах. Также традиционная конструкция сальникового уплотнения (рисунок 6) не позволяет произвести замену уплотнения при давлении рабочей среды в корпусе задвижки.

Применение в конструкции сальника задвижки комбинированного уплотнения, состоящего из первичного самоуплотняющегося уплотнения и вторичного из ТРГ, позволит повысить надежность работы сальникового уплотнения, а наличие верхнего уплотнения шпинделя «металл-металл» — замену уплотнений сальника задвижки без остановки трубопровода (рисунок 7).

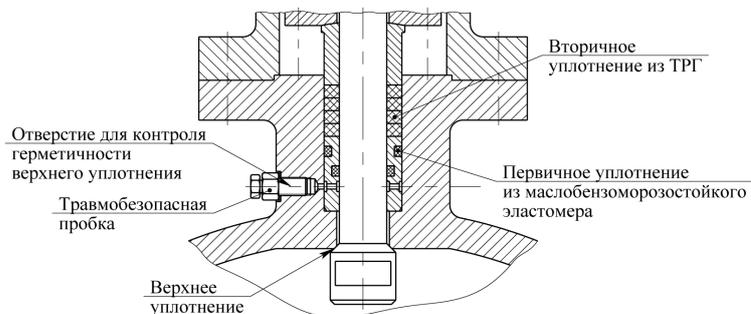


Рисунок 7. Сальниковый узел задвижки

Втулка сальника, крышка сальника и промежуточные втулки должны быть изготовлены из коррозионно-стойких сталей или бронзы. Расточка под сальниковое уплотнение в крышке задвижки имеет металлическое защитное покрытие по ГОСТ 9.301 [5] или иное коррозионно-стойкое покрытие с аналогичными параметрами. Применение коррозионно-стойких материалов и покрытий для деталей сальникового узла исключает возникновение коррозионного износа в период хранения и эксплуатации. Штуцер контроля позволит оценить герметичность верхнего уплотнения до начала демонтажа вторичного уплотнения.

Защита элементов узла затвора и бугельного узла от коррозии

В ходе выполнения НИР разработаны технические решения, направленные на исключение возникновения коррозионного износа и влияния продуктов коррозионного износа на работоспособность задвижки в период хранения и эксплуатации:

— поверхности мест размещения седел в корпусе должны иметь металлическое защитное покрытие по ГОСТ 9.301 [5] или иное коррозионно-стойкое покрытие с аналогичными параметрами;

— внутренние поверхности и поверхности сопряжения с приводом корпуса бугельного узла должны иметь металлическое защитное покрытие по ГОСТ 9.301 [5] или иное коррозионно-стойкое покрытие с аналогичными параметрами;

— внутренняя поверхность стойки задвижки должна иметь лакокрасочное антикоррозионное покрытие.

Методы проводимых исследований

Для подтверждения принятых технических решений (конструктивных и технологических) были проведены лабораторные и стендовые исследования.

а) стендовые исследования стойкости разъемного соединения «корпус-крышка» и деталей сальникового узла шпинделя к воздействию циклической нагрузки;

б) лабораторные исследования образцов с металлическими защитными покрытиями;

в) лабораторные исследования лакокрасочного антикоррозионного покрытия внутренней поверхности стойки.

Объем и методы проводимых исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Объем исследований деталей арматуры

№ п/п	Вид контроля	Метод контроля
1	2	3
	Стендовые исследования стойкости разъемного соединения «корпус-крышка» и деталей сальникового узла шпинделя к воздействию циклической нагрузки	
	Визуально измерительный контроль	РД 03-606-03 [6]
	Гидравлические испытания на прочность корпусных деталей	Выдержка под пробным давлением 1,5 РН в течение 60 мин
	Гидравлические испытания на герметичность разъемных соединений	Выдержка под пробным давлением 1,1 РН в течение 30 мин
	Ресурсные испытания	Наработка 1500 циклов при перепаде давления на затворе ΔР 8,0 МПа
	Испытания разъемного соединения на циклическую стойкость	Выполнение 1500 циклов подъема и сброса давления в корпусе задвижки от 0 МПа до 1,1 РН
	Лабораторные исследования образцов с металлическими защитными покрытиями	
	Контроль внешнего вида покрытия	Конструкторская документация (КД), ГОСТ 9.302 [7]
	Контроль толщины покрытия	КД, ГОСТ 9.302 [7]
	Контроль защитных свойств покрытия	Испытания на стойкость к постоянной конденсации влаги в течение 650 ч Температура испытания — (40±3) °С Относительная влажность воздуха- (97±3)%
	Сравнительные испытания защитных свойств в камере соляного тумана	ГОСТ 9.908 [8]
	Лабораторные исследования лакокрасочного антикоррозионного покрытия внутренней поверхности стойки	
	Внешний вид покрытия ¹⁾	ГОСТ 9.032 [7] ГОСТ 9.407 [9]
	Толщина покрытия ¹⁾	ГОСТ 31993 [10]
	Диэлектрическая сплошность ¹⁾	ASTMG62 [11]
	Адгезия методом Х-образного надреза (для покрытия толщиной свыше 250 мкм) ²⁾	ASTM D 3359 [12]
	Адгезия методом решетчатых надрезов (для покрытия общей толщиной до 250 мкм вкл) ²⁾	ISO 2409 [13]
	Адгезионная прочность методом отрыва ²⁾	ISO 4624 [14]
	Прочность при обратном ударе ²⁾	ОТТ-23.080.00-КТН-137-09 [15]

Примечание:

¹⁾ Испытания проводятся на изделии.

²⁾ Испытания проводятся на образцах.

В качестве объектов исследований выбраны:

— опытный образец задвижки шиберной DN 500 РН 8,0 МПа, изготовленный ООО «Гусар» с учетом принятых технических решений (рисунок 8);

— образцы с металлическим защитным покрытием мест установки седел и деталей бугельного узла;

— образцы с лакокрасочным антикоррозионным покрытием, вырезанные из средней части стоек задвижек шиберных DN 100, DN 300, DN 500.

При проведении стендовых испытаний была подтверждена надежность деталей арматуры в течение назначенного ресурса, а также обеспечение герметичности разъема «корпус-крышка» при ослаблении обтяжки вторичного уплотнения из ТРГ.

Лабораторные испытания защитных свойств проводились для следующих видов защитных покрытий:

— гальваническое цинковое покрытие;

— газотермическое покрытие (алюминий-хром-никель);

— ионно-плазменное покрытие (медь).

По результатам анализа результатов визуально-измерительного контроля защитного металлического покрытия выявлено:

— газотермическое покрытие имеет неудовлетворительную шероховатость поверхности, для достижения требуемой герметичности затвора требуется дополнительная механическая обработка;

— при ионно-плазменном нанесении покрытия получена большая разнотолщинность покрытия на образцах (до 90 мкм).

По результатам лабораторных исследований защитных свойств металлического покрытия выявлено:

— на гальваническом и газотермическом покрытиях выявлены следы коррозионных поражений, нарушающие декоративные свойства покрытий, коррозионных покрытий основного металла не выявлено (рисунки 9, 10);

— на лазерно-плазменном покрытии выявлена коррозия основного металла, использование в качестве защитного покрытия не рекомендуется (рисунок 11).

По результатам сравнительных лабораторных исследований защитных свойств металлических покрытий в камере соляного тумана выявлено:

— наилучшими защитными свойствами обладает медное лазерно-плазменное покрытие, газотермическое покрытие (алюминий-хром-никель);



Рисунок 8. Общий вид задвижки шиберной DN 500 PN 8,0 МПа



а)



б)

Рисунок 9. Общий образец с цинковым гальваническим покрытием: а) исходное состояние образца; б) состояние образца после выдержки в камере влажности в течение 650 ч

— наилучшими защитными свойствами обладает цинковое гальваническое покрытие.

Лабораторные испытания АКП подтвердили возможность нанесения покрытия в соответствии с требованиями ПАО «Транснефть» на внутренние поверхности стоек запорной арматуры от DN 100 и стабильность параметров покрытия.

Выводы

1. Уплотнение разъема «корпус-крышка» должно состоять не менее чем из двух уплотнительных колец:

— первичное уплотнение поршневого типа из маслобензозоустойчивой резины;

— вторичное уплотнение торцевого типа из ТРГ или маслобензозоустойчивой резины.



а)



б)

Рисунок 10. Общий образец с газотермическим покрытием (алюминий-хром-никель):

а) исходное состояние образца; б) состояние образца после выдержки в камере влажности в течение 650 ч



а)



б)

Рисунок 11. Общий образец с лазерно-плазменным покрытием (медь):

а) исходное состояние образца; б) состояние образца после выдержки в камере влажности в течение 650 ч

Задвижка должна быть оснащена устройством контроля герметичности уплотнительных колец фланцевого соединения в процессе эксплуатации. В состав устройства должна входить травмобезопасная пробка, обеспечивающая сброс давления до ее демонтажа.

2. Задвижки должны иметь верхнее уплотнение шпинделя. Верхнее уплотнение задвижки должно обеспечивать герметичность относительно внешней среды до 1,1·PN при принудительном поджатии шпинделя усилием, приведенным в РЭ. Уплотнительные поверхности элементов верхнего уплотнения должны быть изготовлены из коррозионностойкой стали или иметь коррозионностойкую наплавку. Задвижки должны быть оснащены устройством для контроля герметичности верхнего уплотнения.

3. Седла, поверхности мест размещения седел в корпусе, внутренние поверхности и поверхности сопряжения с приводом корпуса бугельного узла должны иметь металлическое защитное покрытие по ГОСТ 9.301 [5] или иное коррозионностойкое покрытие, обеспечивающее сохранность своих характеристик в рабочих средах, а также в условиях хранения и

транспортирования. Защитные свойства металлических защитных покрытий должны подтверждаться испытаниями.

4. Для защиты резьбы шпindel-ходовая гайка от продуктов коррозии стойки задвижки, на внутренние поверхности стойки должно быть нанесено лакокрасочное антикоррозионное покрытие.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ Р 55020-2012. Арматура трубопроводная. Задвижки шиберные для магистральных нефтепроводов. Общие технические условия. Введ. 2013-03-01. М.: Стандартинформ, 2013. С.12.

2 СТ ЦКБА 008-2014. Арматура трубопроводная. Расчёт и оценка надёжности и безопасности на этапе проектирования. Введ. 2015-07-01. СПб.: ЗАО «НПФ «ЦКБА», 2014. 84 с.

3 Гуревич Д. Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры. Л.: Машиностроение, 1968. 888 с., ил.

4 Какузин В. Б., Исаев О. Ю. Пути повышения надёжности сальниковых уплотнений арматуры // Энергетик. 2003. № 2. С.18-19.

5 ГОСТ 9.301-86. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования. Введ. 1987-07-01. М.: Стандартинформ, 2010. 15 с.

6 РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. Введ. 2003-07-02. М.: ФГУП «НТЦ ПО Безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. С.14.

7 ГОСТ 9.302-88 (ИСО 1463-82, ИСО 2064-80, ИСО 2106-82) Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля. Введ. 1990-01-01: сб. ГОСТ. М.: Изд-во стандартов, 1990. 38 с.

8 ГОСТ 9.908-85 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости. Введ. 1987-01-01: сб. ГОСТ. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. 17 с.

9 ГОСТ 9.407-2015 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида. Введ. 2016-03-01. М.: Стандартинформ, 2015. 40 с.

10 ГОСТ 31993-2013 (ISO 2808:2007) Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия. Введ. 2014-08-01. М.: Стандартинформ, 2015. 40 с.

11 ASTM G 62-07 Standard Test Methods for Holiday Detection in Pipeline Coatings (Стандартные методы контроля сплошности защитных покрытий). ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007, www.astm.org

12 ASTM D 3359-09 Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test

(Стандартный метод определения адгезии липкой лентой). ASTM International: ЗАО «Технорматив», 2009. 16 с.

13 ISO 2409:2013 Paints and varnishes — Cross-cut test (Краски и лаки. Испытание методом решетчатого надреза). М.: Стандартинформ, 2014. 14 с.

14 ISO 4624:2002 Paints and varnishes — Pull-off test for adhesion (Краски и лаки. Определение адгезии методом отрыва). М.: Стандартинформ, 2007. 18 с.

15 ОТТ-23.080.00-КТН-137-09 Трубы с силикатно-эмалевым покрытием для систем пожаротушения. Общие технические требования. М.: ОАО «АК Транснефть», 2009. 26 с.

REFERENCES

1 GOST R 55020-2012. Pipeline fittings. Knife gate valves for trunk pipelines. General technical conditions. Intr. 2013-03-01. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 12 p. [in Russian].

2 ST CKBA 008-2014. Pipeline fittings. Calculation and evaluation of reliability and safety at the design stage. Intr. 2015-07-01. St. Petersburg, ZAO «NPF «CKBA» Publ., 2014. 84 p. [in Russian].

3 Gurevich D. F. *Raschet i konstruirovaniye truboprovodnoj armatury* [Calculation and design of pipeline valves]. Leningrad: Mashinostroyeniye Publ., 1968. 888 p. [in Russian].

4 Kakuzin V. B., Isaev O. Ju. Ways of increase of reliability of shaft seal fitting. *Jenergetik — Energetic*, 2003, no.2, pp.18-19. [in Russian].

5 GOST 9.301-86. Unified system of corrosion protection and ageing (ESSEX). Coating of metallic and non-metallic inorganic. General requirements. Intr. 1987-07-01. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 15 p. [in Russian].

6 RD 03-606-03. Instruction on visual and measuring inspection. Intr. 2003-07-02. Moscow, Federal state unitary enterprise «STC ON industrial Safety of Gosortekhnadzor of Russia» Publ., 2004. 14 p. [in Russian].

7 GOST 9.302-88 (ISO 1463-82, ISO 2064-80, ISO 2106-82) a unified system of corrosion protection and ageing (ESSEX). Coating of metallic and non-metallic inorganic. Methods of control. Intr. 1990-01-01: collection of GOST. Moscow, Publ. house of standards, 1990. 38 p. [in Russian].

8 GOST 9.908-85 unified system of corrosion and ageing (ESSEX). Metals and alloys. Methods of definition of indicators of corrosion and corrosion resistance. Intr. 1987-01-01. Moscow, IPK Publ. house of standards, 1999. 17 p. [in Russian].

9 GOST 9.407-2015 unified protection system against corrosion and ageing (ESSEX). Coating of paint. Method of appearance evaluation. Intr. 2016-03-01. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 40 p. [in Russian].

10 GOST 31993-2013 (ISO 2808:2007) paints and varnishes. Determination of coating thickness. Intr. 2014-08-01. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 40 p. [in Russian].

11 ASTM G 62-07 Standard Test Methods for Holiday Detection in Pipeline Coatings (Standard methods of testing protective coatings). ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007, www.astm.org.

12 3359-09 ASTM D Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test (the Standard method of determining the adhesion with adhesive tape). ASTM International, ZAO «Technorati» Publ., 2009. 16 p.

13 ISO 2409:2013 Paints and varnishes — Cross-cut test (Paints and varnishes. Test-cross-cut). Moscow, Standartinform Publ., 2014. 14 p. [in Russian].

14 ISO 4624:2002 Paints and varnishes — Pull-off test for adhesion (Paints and varnishes. Determination of adhesion by the method of separation). Moscow, Standartinform Publ., 2007. 14 p. [in Russian].

15 ОТТ 23.080.00-КТН-137-09 Pipes with silicate-enamel coating for fire extinguishing systems. General technical requirements. Moscow, ОАО «АК Транснефть» Publ., 2009. 17 p. [in Russian].

Казанцев М. Н., директор Центра механо-энергетического оборудования, нефте-нефтепродуктопроводов и энергоэффективных технологий ООО «НИИ Транснефть», г. Москва, Российская Федерация

M. N. Kazantsev, Director of the mechanical and energetic equipment, oil and oil product pipelines and energy-efficient technologies center, Transneft R&D LLC, Moscow, the Russian Federation

e-mail: KazantsevMN@niitmn.transneft.ru
Флегентов И. А., заведующий лабораторией механо-технологического оборудования ООО «НИИ Транснефть», г. Москва, Российская Федерация

I. A. Flegentov, Head of the mechanical technological equipment Laboratory, Transneft R&D, LLC, Moscow, the Russian Federation

Петелин А. Н., ведущий научный сотрудник сектора запорно-регулирующей арматуры ООО «НИИ Транснефть», г. Москва, Российская Федерация

A. N. Petelin, Leading research associate at the shutoff and control valves sector, Transneft R&D, LLC, Moscow, the Russian Federation
e-mail: PetelinAN@niitmn.transneft.ru