

О создании диагностического паспорта трубопроводной арматуры

В.В. Макаров, к.т.н., исполнительный директор ОАО «Икар»,
А.П. Андреев, к.т.н., генеральный директор ЗАО «Фирма «Союз-01»,
С.И. Васильев, инж., начальник отдела Росатома

Новая трубопроводная арматура, прошедшая приемо-сдаточные испытания и соответствующая техническим условиям, считается годной к эксплуатации.

Арматура, после определённого периода эксплуатации пришедшая в предельное состояние или состояние отказа, является непригодной к эксплуатации.

Механизм жизненного цикла арматуры известен: приработка, оптимальный участок работы, начало и развитие деструктивных процессов, а затем отказ. Все это сопровождается изменениями (механический износ, эрозия, коррозия, усталость металла, деформация деталей, термическое коробление и т.д.), т.е. происходит изменение механического состояния арматуры.

Целью диагностики является определение состояния арматуры и ее обслуживание не по времени в соответствии с регламентом, а по фактическому состоянию. Задача актуальна для арматуры, установленной в опасных или труднодоступных местах, а также для арматуры, обслуживание и ремонт которой влечет остановку технологического объекта.

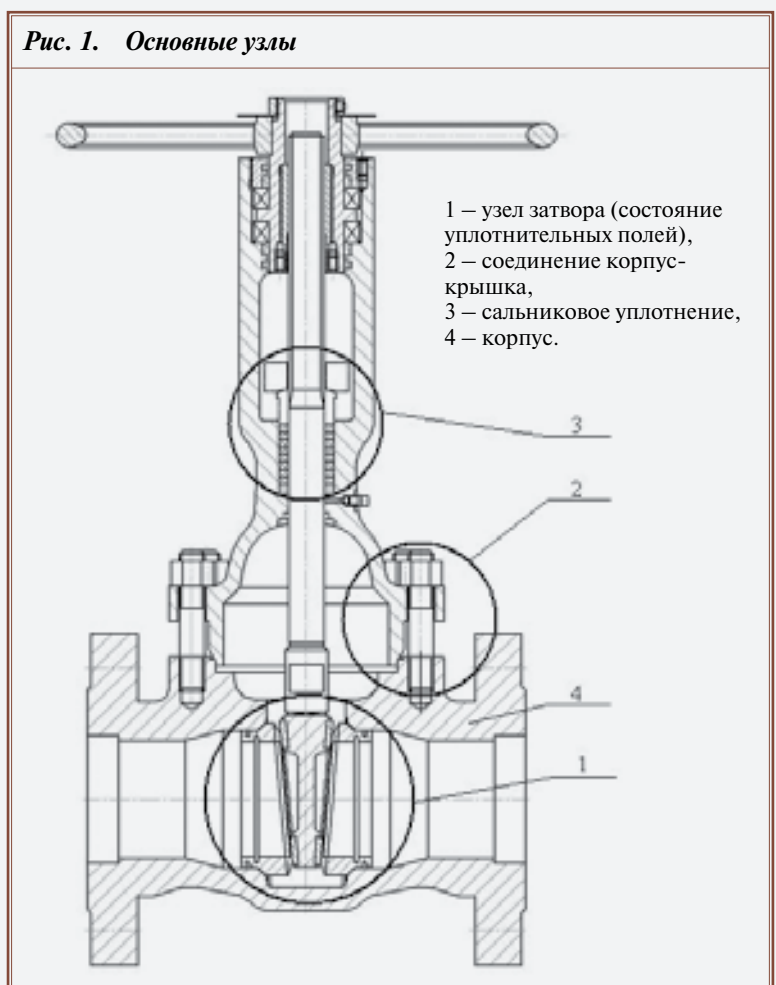
Целью нашего проекта является создание базы и средств для осуществления такого рода диагностики. Мы предлагаем создать персональный диагностический паспорт трубопроводной арматуры, который будет являться уникальным для каждого изделия и должен поставляться вместе с арматурой потребителю.

Под диагностическим паспортом мы понимаем некий носитель информации, в котором собраны все первоначальные характеристики изделия, полученные в процессе создания новой конструкции или проведении специальных ресурсных испытаний действующих конструкций. Именно с этими данными будет происходить сравнение аналогичных характеристик в процессе эксплуатации арматуры. **Допустимый разброс характеристик является эталонным диапазоном. Крайние границы диапазона являются предельными допустимыми величинами.** С помощью этих данных будет вестись наблюдение за состоянием арматуры. Такой паспорт должен содержать различные электрические (мощ-

ность, ток, ультразвук) и механические характеристики состояния арматуры.

Трубопроводная арматура – это сложный механизм (Рис.1), и невозможно каким-то одним методом прове-

Рис. 1. Основные узлы



рить состояние всего изделия. Выделим четыре основных узла (См. таблицы 1-4), требующих ответственного контроля и диагностики при эксплуатации.

Решение задачи контроля и диагностирования арматуры при эксплуатации можно разделить на две основные подзадачи.

Первая – это проведение контроля и диагностики с помощью управляющего устройства – привода с встроенными датчиками момента, перемещения, скорости вращения и т.п., с возможностью передачи данных на ЭВМ

Таблица 1

Контроль и диагностирование корпуса арматуры	
Объем контроля и диагностирования	Возможный инструментарий для решения проблемы
Определение предельного значения и/или контроль уменьшения толщины стенок из-за коррозии (включая электрохимическую), эрозии и скрытых дефектов	1. В процессе моделирования определения мест наибольшей нагрузки, подверженных износу, наиболее уязвимых коррозии и эрозии. 2. Использование сканер-дефектоскопа. 3. Использование акустико-диагностической системы.

Таблица 2

Контроль и диагностирование соединения корпус-крышка	
Объем контроля и диагностирования	Возможный инструментарий для решения проблемы
Разгерметизация соединения корпус-крышка	1. Визуальное наблюдение. 2. Использование тензодатчиков. 3. Использование крепежа специальной конструкции. 4. Снятие характеристик напряжения с крепежа. 5. Использование акустико-диагностической системы. 6. Использование виброакустического устройства.

Таблица 3

Контроль и диагностирование сальникового уплотнения	
Объем контроля и диагностирования	Возможный инструментарий для решения проблемы
Протечки через сальниковый узел	1. Визуальное наблюдение. 2. Контроль крутящего момента. 3. Контроль количества наработанных циклов. 4. Применение датчика реагирующего на проводимую среду. 5. Покрытие шпинделя в районе сальника каким-либо веществом, которое окрашивает шпиндель в процессе износа (индикаторный способ). 6. Использование акустико-диагностической системы.

Таблица 4

Контроль и диагностирование узла затвора (состояние уплотнительных полей)	
Объем контроля и диагностирования	Возможный инструментарий для решения проблемы
Обнаружение времени появления дефекта. Протечки в затворе	1. Визуальный обзор состояния уплотнительных полей с помощью специального зонда. 2. Использование ультразвукового устройства. 3. Использование акустико-шумового устройства. 4. Использование виброакустического устройства. 5. Контроль изменения крутящего момента. 6. Контроль количества наработанных циклов. 7. Использование датчиков давления в узле уплотнения. 8. Покрытие веществом, которое стирается в процессе наработки циклов (окрашивание – индикаторный способ).

верхнего уровня. Для чего необходим интеллектуальный привод, позволяющий осуществлять контроль и диагностику. Такой привод может использоваться как в электроприводной, так и в ручной арматуре.

Вторая – это непрерывный контроль – как периодический, так и постоянный – и диагностика арматуры средствами различных датчиков, позволяющих получать информацию о её техническом состоянии. Решение такой подзадачи можно провести аналогично описанным в техническом проекте РД «Методика контроля и диагностики электроприводной арматуры АЭС» [1], в основу которой заложено использование электрических и механических параметров контроля.

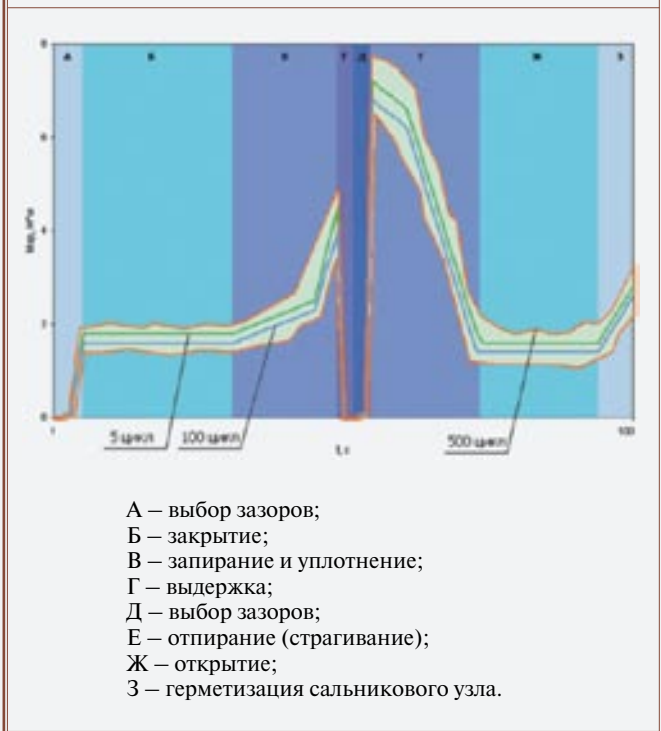
Электрическими параметрами могут являться потребляемая приводом активная электрическая мощность в функции времени или тока. А также скорость вращения и число оборотов выходного звена привода в функции времени и многие другие параметры. Механическими

же параметрами могут являться линейное перемещение шпинделя или усилие на шпинделе (крутящий момент) в функции времени и т.д.

Использование объединённой системы контроля и диагностики арматуры позволит:

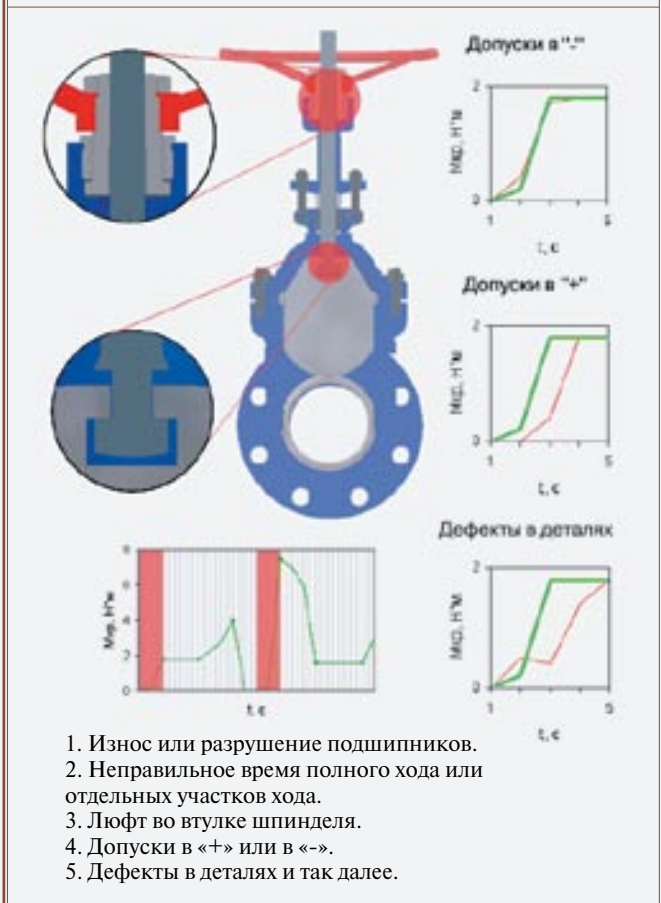
1. Осуществлять непрерывное накопление информации о состоянии арматуры в реальном времени, в том числе и в межремонтный период.
2. Обнаруживать дефекты на начальной стадии их развития без остановки и разборки оборудования.
3. Исключить проведение ремонтных и регламентных работ для арматуры, исходя из срока установленного в НД и ТД, а выполнять ремонтные работы только той арматуры, техническое состояние которой требует этого.
4. Установить связь с ЭВМ по проводной линии или с помощью радиоканала.
5. Отделять при диагностике неисправность арматуры от неисправностей электропривода.

Рис. 2. Характеристики крутящего момента при испытании арматуры



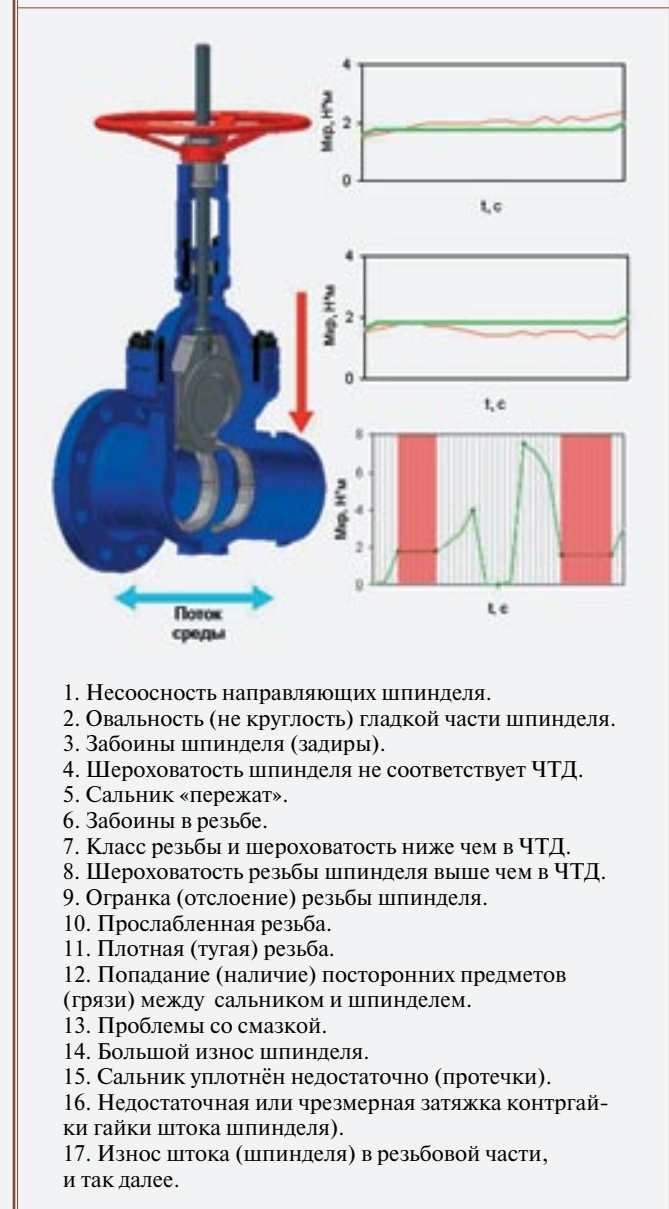
Упомянутые электрические и механические параметры возможно использовать для формирования диагностического паспорта трубопроводной арматуры, но необходимо

Рис. 3. Характеристики крутящего момента в зонах А и Д — выбор зазоров



определить диапазон изменения величин при нормальной работе арматуры, определить так называемые высшие и низшие пределы значений, выход за которые будет означать отказ или сбой в работе изделия. Для более точного определения значений (диапазона) необходимо проводить испытания партии изделий (как минимум 6 шт.).

Рис. 4. Характеристики крутящего момента в зоне Б — закрытие затвора или зоне Ж — подъем клина

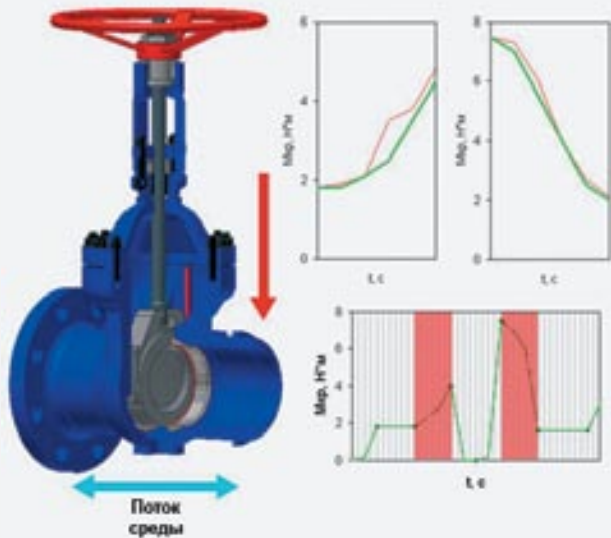


На рис. 2 представлен график изменения крутящего момента во времени. Открытие и закрытие задвижки, т.е. наработка цикла.

Для удобства понимания он разбит на восемь зон. Каждая зона имеет различные характеристики, в которых возможно появление различных типов отказов (дефектов). В процессе создания паспорта некоторые типы отказов могут быть классифицированы как основные, и им должно быть уделено больше внимания.

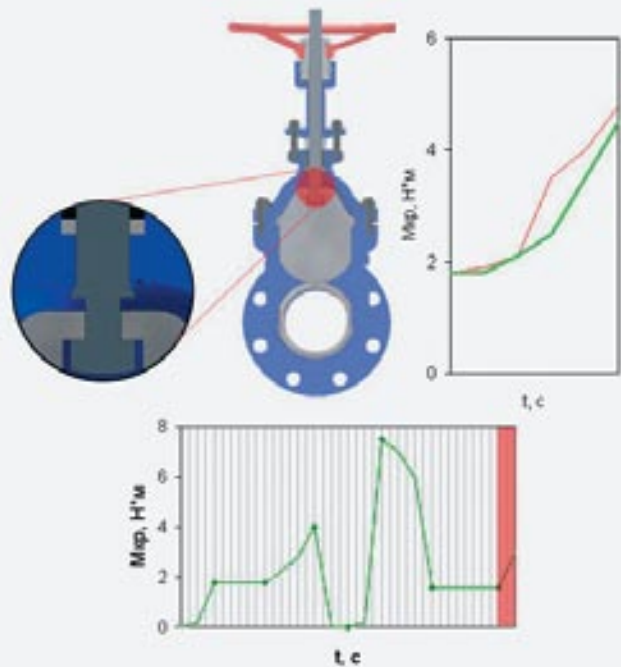
На рисунках 3-6 приведены примеры дефектов, которые могут быть обнаружены с помощью разнооб-

Рис. 5. Характеристики крутящего момента в зоне В – запирание и уплотнение затвора или зоне Е – страгивание клина



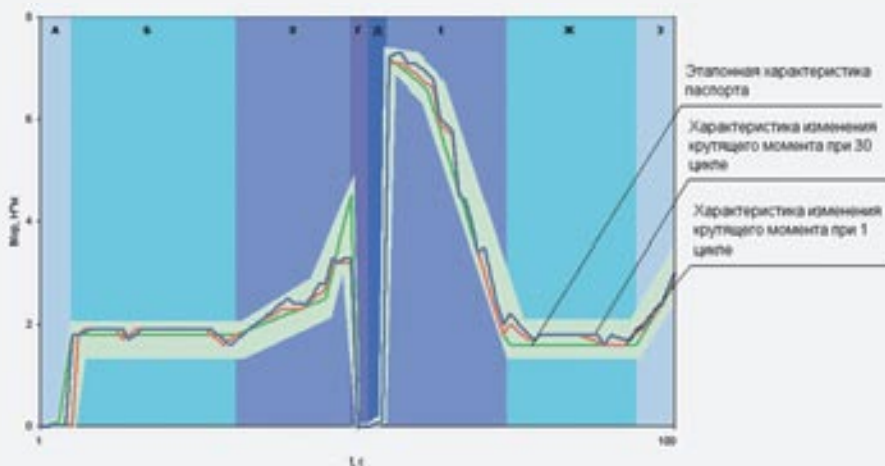
1. Несовпадение геометрических размеров.
2. Искривление направляющих.
3. Заклинивание (зазор между направляющими корпуса и клина), попадание посторонних предметов (грязи).
4. Шероховатость направляющих ниже, чем в ЧТД.
5. Шероховатость уплотнительных полей выше, чем в ЧТД.
6. Проседание клина в процессе износа уплотнительных полей.
7. Задиры на уплотнительных поверхностях.
8. Разность твердости больше допустимого значения.
9. Физическое разрушение уплотнительных полей (сколы, трещины).
10. Недостаточная плотность сальниковой набивки штока (шпинделя).
11. Недостаточная или чрезмерная затяжка контргайки гайки штока (шпинделя).
12. Износ штока (шпинделя) в резьбовой части.
13. Искривление или обрыв штока (шпинделя).
14. Проблемы со смазкой.
15. Заедание диска, клапана с седлом (включая термическое заедание).
16. Гидравлическое залипание клапана.
17. Износ или дефект подшипников гайки штока (шпинделя).
18. Износ седла, запорного элемента и так далее.

Рис. 6. Характеристики крутящего момента в зоне З – герметизация сальникового узла



1. Несовпадение геометрических размеров.
2. Недостаточная плотность сальниковой набивки штока (шпинделя).
3. Недостаточная или чрезмерная затяжка контргайки гайки штока (шпинделя).
4. Износ штока (шпинделя) в резьбовой части.
5. Искривление или обрыв штока (шпинделя).
6. Проблемы со смазкой.
7. Износ или разрушение подшипников.
8. Неправильное время полного хода или отдельных участков хода.
9. Износ или дефект подшипников гайки штока (шпинделя).
10. Увеличение или снижение коэффициента трения гайки штока и так далее.

Рис. 7. Сопоставленные характеристики крутящего момента, полученного в процессе испытания арматуры с «эталонными» характеристиками



С увеличением количества циклов происходит изменение крутящего момента в сторону увеличения.

Зоны А и Д показаны условно.

В зонах Б, В, Е, Ж и З колебание момента характеризуется наличием биения шпинделя и пониженным классом шероховатости его поверхностей.

разных методов неразрушающего контроля. В каждой зоне может быть свой дефект, для которого может потребоваться отдельный метод контроля. Зелёная линия означает поле допусков изменения крутящего момента при нормальной работе (отсутствие дефектов), а красная – наличие дефектов. Поле допусков как раз и является диапазоном изменения величин при работе арматуры.

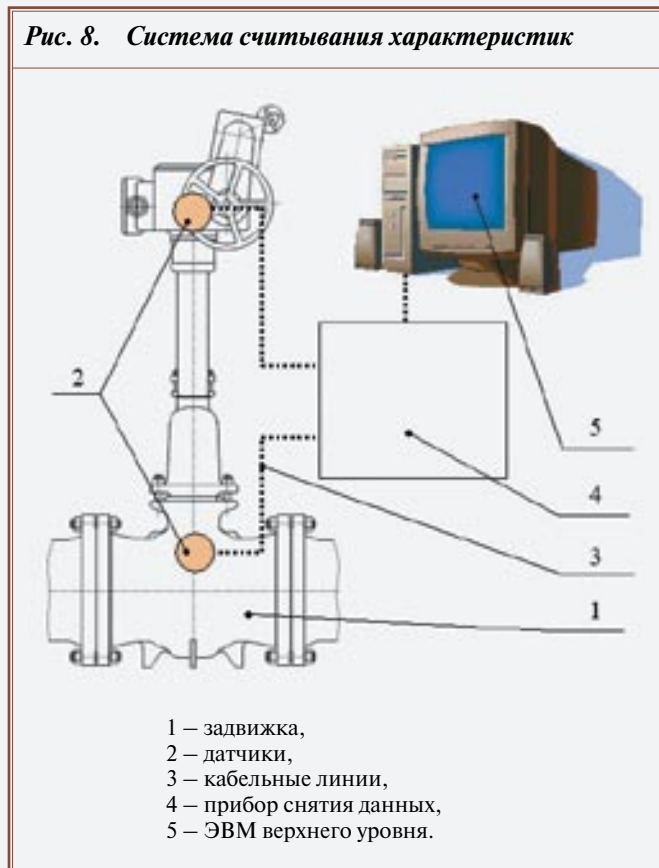
Для подтверждения изложенного проведены работы совместно с ОАО «ЗЭИМ» в испытательной лаборатории ОАО «ИКАР» по диагностике задвижки ЗКС160-080М, DN 80, PN 4,0 МПа и испытанию интеллектуального привода ПЭМ-А-11-У2 на стенде «Большое гидравлическое кольцо».

При этом получены характеристики на полное открытие и закрытие затвора при давлении среды от 0 МПа до 1,1 МПа при максимальной и пониженной скоростях потока испытательной среды. Характеристики изменения крутящего момента и перемещения шпинделя во времени переданы на ЭВМ верхнего уровня. Проведён анализ и сопоставление с теоретической «эталонной» характеристикой первого и тридцатого циклов испытаний (Рис. 7).

Проведённые работы подтверждают возможность создания персонального диагностического паспорта арматуры. Как ранее говорилось, паспорт будет уникальным для каждого изделия, её «эталонном», её «отпечатком», её «кардиограммой», и в будущем в процессе диагностики и мониторинга на объекте именно с этими паспортными данными и будут производиться сравнения.

Создание системы получения такого паспорта и системы считывания-сравнения на объекте (Рис. 8) позволит вести постоянный мониторинг состояния арматуры, предотвращать поломки и отказы, а также выполнять

Рис. 8. Система считывания характеристик



ремонтные работы только той арматуры, техническое состояние которой требует этого.

Для получения подробной базы данных необходимо провести моделирование отказов (неисправностей), искусственно создавая механические неполадки и анализировать изменение характеристик работы арматуры, уже зная, в чём проблема. Эти данные позволят более точно определять тип неисправности у эксплуатируемой трубопроводной арматуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика контроля и диагностики электроприводной арматуры АЭС, ГУП ВНИИАМ, д.т.н. И.Н. Острецов, к.т.н. А.П. Андреев к.т.н., Ю.С. Панчева, Москва 2002 г.

2. Методика диагностирования состояния задвижек Ду 50...1200 мм, Ру 1,6...8,0 МПа в процессе эксплуатации, до и после капитального ремонта с применением методов неразрушающего контроля. Руководящий документ РД 153-39.4-053-00. А.М. Николаев ООО НТЦ «Нефтепромдиагностика», Самара, 2000 г.

3. Диагностирование – важнейшее направление повышения конкурентоспособности приводов для арматуры. О.Н. Шпаков, технический эксперт НПАО, к.т.н. Арматуростроение. 2005, №3 (35) с. 50.

4. www.diapac.ru

5. www.npptec.ru

6. www.zeim.ru

7. www.alcor.ru

8. Патент №2275610

Бросая в воду камешки, смотри на круги, ими образуемые:
иначе такое бросание будет пустою забавой.

Козьма Прутков