

**АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
НЕФТЯНАЯ АКАДЕМИЯ**

**НИИ «ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
НЕФТИ, ГАЗА И ХИМИЯ»**

На правах рукописи

КЕРИМОВ ВЛАДИМИР ИРАХМАН ОГЛЫ

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
ПАРЫ ШИБЕР – СЕДЛА ПРЯМОТОЧНЫХ ЗАДВИЖЕК
ФОНТАННЫХ АРМАТУР С УПЛОТНЕНИЕМ ТИПА
«МЕТАЛЛ – МЕТАЛЛ»**

Специальность: 3334.01 – Морские нефтегазопромысловые сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание ученой степени доктора
философии по технике

Баку – 2014

Работа выполнена в проблемной лаборатории «Надежность и эффективность работы нефтяного оборудования для суши и моря» НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия»

Научный руководитель:

Заслуженный деятель науки
Азербайджанской Республики,
доктор технических наук, профессор

С.Г. БАБАЕВ

Официальные оппоненты:

д.т.н., профессор **МАМЕДОВ В.Т.**
д.ф.т., доцент **АРАБОВ Р.Б.**

Ведущее предприятие:

«АЗИНМАШ»

Защита состоится 12 марта 2014 г. в 11⁰⁰ на Заседании Диссертационного совета Д.02.111 НИИ «Геотехнологические проблемы Нефти, Газы и Химия» по адресу: AZ1010, Баку, пр. Азадлыг, 20.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии

Автореферат разослан 06 февраля 2014 г.

Отзывы в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по указанному адресу Ученому Секретарю Диссертационного Совета

Ученый Секретарь Диссертационного
Совета Д. 02. 111, доктор
философии по технике

Г.К. ГАДЖИЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Перспективы дальнейшего развития нефтяной и газовой промышленности республики предопределяют освоение и ввод в эксплуатацию новых морских высокодебитных скважин и в связи с этим производство машиностроительными предприятиями экономичных и долговечных машин, повышение уровня их конкурентоспособности и дальнейшее совершенствование технологических процессов изготовления. Учитывая, что добыча нефти и природного газа на море осуществляется фонтанным способом, становится очевидной роль оборудования для обвязки устья скважин.

Надежность и эффективность устьевого оборудования, устанавливаемого на скважинах с газлифтной и фонтанной эксплуатацией, в основном зависит от применяемых запорных устройств. Наибольшее производство и применение в республике получили прямоточные задвижки с затвором типа «металл–металл». Конструкция этого типа задвижек является наиболее отработанной и обладает рядом несомненных достоинств.

Опыт эксплуатации отечественной и зарубежной фонтанной и трубопроводной арматуры показывает, что наиболее ненадежным узлом задвижек данного типа является узел затвора, детали которого подвергаются при эксплуатации воздействию высоких давлений, коррозионной и абразивосодержащей среды.

Исследованию работоспособности задвижек посвящено большое количество работ, по результатам которых достигнуто определенное повышение износостойкости деталей узла затвора задвижек в различных условиях эксплуатации. В то же время, промышленными обследованиями, наряду с потерей герметичности запорного узла в результате износа деталей, выявлены также факты внезапных отказов задвижек из-за полной потери их управляемости, в особенности когда элементы затвора длительный период находились в закрытом состоянии.

Учитывая имеющее место на задвижках фонтанных арматур вибрации, вызванные пульсациями давления добываемой продукции, выдвинуто предположение, что отказы могут возникать в результате определенного сочетания физических, химических, или физико-химических процессов. Поэтому для повышения ресурса устьевого оборудования при разработке и конструировании необходимо

учитывать воздействие всех негативных факторов на элементы прямоточных задвижек.

В связи с этим является актуальной постановка исследований узла затвора задвижек в условиях максимально приближенных к эксплуатационным, а именно с учетом имеющих место пульсаций давления и параметров откачиваемой продукции.

Указанным вопросам проблемы и посвящена настоящая диссертационная работа.

Целью работы является исследование влияния эксплуатационных факторов на закономерности изнашивания деталей затвора прямоточных задвижек и разработка практических рекомендаций по повышению работоспособности фонтанной арматуры.

В соответствии с указанной целью были поставлены и решены следующие задачи:

1. Детальное исследование и анализ условий эксплуатации прямоточных задвижек фонтанных арматур и основных информативных характеристик скважин при газлифтной и фонтанной нефтедобыче.

2. Разработка методики испытаний задвижек высокого давления и соответствующей лабораторно-стендовой установки с возможностью регулирования и контроля рабочего давления, амплитуды и частоты пульсаций среды в необходимом диапазоне.

3. Раскрытие механизма изнашивания деталей задвижек с затвором типа «металл–металл», а также установление причин потери герметичности и явления неуправляемости задвижек.

4. Обоснование и выбор износостойких материалов и методов упрочнения деталей затвора применительно к различным условиям эксплуатации.

5. Исследование влияния на изнашивание деталей затвора задвижек макро- и микрогеометрии уплотняющих поверхностей.

6. Исследование эффективности применения при восстановлении изношенных поверхностей шибера и седел задвижек метода плакирования.

7. Совершенствование конструкции запорного узла прямоточных задвижек, применяемых в арматурах высокого давления.

Методы исследования и достоверность полученных результатов.

Достоверность исследований, на которые опираются выносимые на защиту научные положения, обоснована с использованием известных и специальных методов и методик. Обработка и анализ статистических данных проводились с применением имеющихся методических положений и стандартных компьютерных программ. Стендовые

испытания серийных и опытных задвижек выполнялись в условиях максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации, за счет использования созданной лабораторно-стендовой установки с виброприставкой, обеспечивающей пульсацию рабочего давления и относительное колебательное перемещение запорных элементов. Для оценки влияния основных параметров отдельных факторов использовались современные приборы и аппаратура, в том числе средства профилографического анализа изменения шероховатости поверхностей.

Научная новизна. Впервые, по разработанной методике на специально созданной лабораторно-стендовой установке, исследован механизм изнашивания сопряженных поверхностей элементов запорного узла прямоточных задвижек с уплотнением типа «металл-металл» в условиях пульсации давления.

Проведенными экспериментами установлено, что при существующих конструкциях задвижек с плоскопараллельным шибером, имеет место разрушение контактных поверхностей в результате фреттинг-коррозии. На интенсивность изнашивания помимо других факторов ощутимое влияние оказывают применяемые материалы, макро- и микрогеометрия уплотняющих поверхностей, а также конструктивные параметры узла.

С учетом выявленных требований, для эффективного предупреждения возникновения фреттинг-коррозии, даны рекомендации в части совершенствования конструкции запорного узла задвижек высокого давления, наиболее устойчивых в нефтяной среде к этому виду изнашивания материалов, а также рациональной шероховатости уплотняемых поверхностей и других требований.

Практическая ценность работы. На основе проведенных исследований создана и подтверждена патентом лабораторно-стендовая установка, позволяющая проводить исследования на изнашивание, и в том числе при фреттинг-коррозии, задвижек и другой арматуры различных исполнений в широком диапазоне рабочих параметров.

Разработаны и подтверждены патентами три новые конструкции задвижек для фонтанных арматур высокого давления. Стендовые испытания одной из них – прямоточной задвижки с увеличенной площадью сопряжения шибера с седлами, подтвердили значительное повышение его работоспособности.

Наряду с проведенными исследованиями, на созданной лабораторно-стендовой установке совместно с ОАО «Бакинское нефтепромысловое оборудование» были испытаны и подтверждены

высокие эксплуатационные качества запорного узла задвижек с упрочнением шиберов и седел плакированием.

Реализация результатов работы. Получены патенты на стендовую установку и три новые конструкции прямооточных задвижек высокого давления, отвечающие современным требованиям. По итогам совместного обсуждения результатов стендовых испытаний с компанией по энергетическим операциям «Bahar» новая конструкция прямооточной задвижки высокого давления с увеличенной площадью сопряжения шиберов с седлами рекомендована к внедрению. Кроме того, по результатам стендовых и промысловых испытаний, на ОАО «Бакинское нефтепромысловое оборудование» реализован технологический процесс плакирования рабочих поверхностей шиберов и седел серийных задвижек.

Разработанные конструкция стенда и методика испытаний могут быть использованы при дальнейшем совершенствовании конструкции задвижек арматур высокого давления.

Выносимые на защиту основные положения по диссертации:

1. Результаты детальных исследований и анализа основных информативных характеристик скважин и применяемых фонтанных арматур при газлифтной и фонтанной нефтедобыче.

2. Метод испытаний задвижек высокого давления и созданная лабораторно-стендовая установка с возможностью регулирования рабочего давления, амплитуды и частоты пульсаций среды.

3. Результаты лабораторно-стендовых испытаний прямооточных задвижек, раскрытия механизма изнашивания деталей затвора, установления причин преждевременной потери герметичности и явления неуправляемости задвижек.

4. Разработанные конструкции запорного узла прямооточных задвижек, результаты выбора износостойких материалов и методов упрочнения деталей затвора применительно к различным условиям эксплуатации.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались: на международной научно-технической конференции «Проблемы машиностроения на пороге XXI века» (Баку, май 2000г); на выездной научно-технической конференции «Надежность и эффективность работы нефтяного оборудования для суши и моря» в НГДУ «Сураханынефть», посвященной 80-летию Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии (Баку, сентябрь 2000 г.); на IV Международной научно-практической

конференции «Хазарнефтьгазятаг-2000» (Баку, октябрь 2000 г.); на научно-технической конференции «Создание нефтегазопромыслового оборудования и пути повышения его надежности», посвященной 75 летию АЗИНМАШа (Баку, 2005 г); на международной научно-практической конференции «Хазарнефтьгазятаг-2012» (Баку, декабрь 2012 г.)

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 16 научных работ и получено 4 патента Азербайджанской Республики.

Структура и объем работы Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 120 страницах, содержит 32 рисунка, 10 таблиц, 121 наименование литературных источников, а также 31 страницу приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы выполненной работы, определены цель и задачи исследований, сформулированы научная новизна, практическая ценность и выносимые на защиту основные положения по диссертации.

В первой главе рассмотрены конструктивные особенности прямоточных задвижек фонтанных и трубопроводных арматур высокого давления и предъявляемые к ним требования.

Выполненный анализ опубликованной литературы, патентных и других материалов показал, что повышению работоспособности задвижек фонтанной арматуры посвящено значительное число работ. Большинство из них связано с исследованием узла затвора задвижек, от которого в значительной степени зависит ресурс арматуры в целом.

Показано, что затворы прямоточных задвижек различаются как по конструкции, так и по принципу уплотнения. Из применяемых конструктивных исполнений наибольшее распространение получил тип уплотнения «металл-металл», при котором необходимая герметичность затвора достигается за счет высокого класса точности и шероховатости уплотняющих поверхностей.

В большинстве выполненных работ указывается, что износ и разрушение элементов фонтанных арматур, и в том числе уплотняющих поверхностей деталей затвора прямоточных задвижек, в основном происходят в результате абразивного изнашивания и коррозионного воздействия добываемой продукции.

Наряду с этим, в том числе и собственными исследованиями, выявлены факты полной потери управляемости задвижек, особенно в случаях, когда запорные органы длительный период находились в статическом режиме, т.е. в закрытом состоянии. При детальном осмотре вышедших из строя задвижек, на шиберах большинства из них были отмечены достаточно глубокие кольцеобразные отпечатки уплотняющей поверхности седла.

Это дало основание предположить наличие физико-химических процессов, происходящих в эксплуатации в зоне контакта шибера и седел, соответствующих фреттинг-коррозии, когда развитие изнашивания происходит на поверхностях соприкасающихся элементов, в результате малых относительных колебаний. В данном случае источником колебаний являются вибрации, возникающие из-за пульсаций давления добываемой продукции.

Для определения механизма подобного вида изнашивания в течение длительного времени проводились исследования причин отказов прямооточных задвижек (типа 3М), установленных на рабочих струнах фонтанных арматур на скважинах НГДУ «Абшероннефть» и «Нефтьдашлары». Результаты этих исследований позволили выявить причины нарушения работоспособности запорного узла и уточнить задачи дальнейших исследований.

Вторая глава посвящена исследованию параметров вибрации задвижек на фонтанных арматурах и выбору направлений и методики исследований по повышению их работоспособности.

Исследования параметров вибраций проводились на задвижках рабочих струн при помощи цифрового промышленного виброметра ВВМ-201. Замерами, произведенными на фонтанных арматурах на 59 скважинах НГДУ «Абшероннефть» и «Нефтьдашлары», на большинстве задвижек были выявлены значительные вибрации с разбросом частоты вибрации от 3 до 273 Гц из-за различия характеристик скважин и состава добываемой продукции.

В связи с этим, важным является установление существования связи между параметрами вибрации и факторами, определяющими эксплуатационный режим скважин. С этой целью, для выявления наиболее информативных факторов и степени влияния на исследуемый процесс каждого из них и их сочетаний, был проведен ассоциативный анализ данных по 59 скважинам НГДУ «Абшероннефть» и «Нефтяные камни». В качестве исследуемых факторов были рассмотрены: буферное давление от 0,2 до 9,8 МПа; дебит от 2 до 65 тонн/сут.;

пластовая вода от 1 до 60 тонн/сут.; механические примеси от 0,01 до 0,3%; глубина подвески труб от 240 до 2149 м.

Анализ полученных результатов показал, что на частоту колебаний задвижек фонтанных арматур в продольном рабочей струне направлении наибольшее влияние оказывает: глубина подвески труб; затем следуют факторы – наличие пластовой воды, буферное давление и дебит. Практически не ощущается влияние такого фактора, как механические примеси.

В то же время выдвинутое предположение о том, что основной причиной преждевременных отказов задвижек фонтанных арматур является изнашивание при фреттинг–коррозии рабочих деталей запорного узла, получило определенное подтверждение из-за установленных произведенными замерами вибраций, создаваемых пульсациями откачиваемой из скважин продукции.

Выбор наиболее значимых из возможных направлений исследований выполнялся экспертной их оценкой методом ранжирования факторов. Наиболее значимыми по мнению специалистов-экспертов являются: необходимость совершенствования конструкции запорного узла задвижек, подбор износостойких материалов пары шибера–седла и подбор методов упрочнения рабочих поверхностей шибера и седел.

В третьей главе приводятся результаты лабораторно-стендовых исследований запорного узла прямооточных задвижек.

Для возможности стендовых испытаний серийных и опытных задвижек и исследования развития фреттинг–коррозионного процесса на уплотнительных поверхностях их запорных элементов, была спроектирована и запатентована специальная экспериментальная установка. Созданная лабораторно–стендовая установка (см. рис.) позволяет проведение экспериментальных исследований в среде нефти и пластовой воды или другой жидкости при рабочем давлении до 25 МПа. Регулировка размаха пульсаций давления осуществляется как ступенчато, так и плавно в пределах каждой ступени.

При постановке экспериментов исследуемые запорные элементы предварительно проверялись на неплоскостность и непараллельность; проводились замеры шероховатости (на электронном приборе «Профилограф – 296») и твердости. Сравнительные испытания велись на стендовой установке в среде агрессивной нефти и пластовой воды при давлении 4,0 МПа, размахе пульсаций давления 0,6 МПа с частотой пульсаций давления 42 Гц.

Заметные повреждения от фреттинг-коррозии контролировались до 10^6 циклов перемещений.

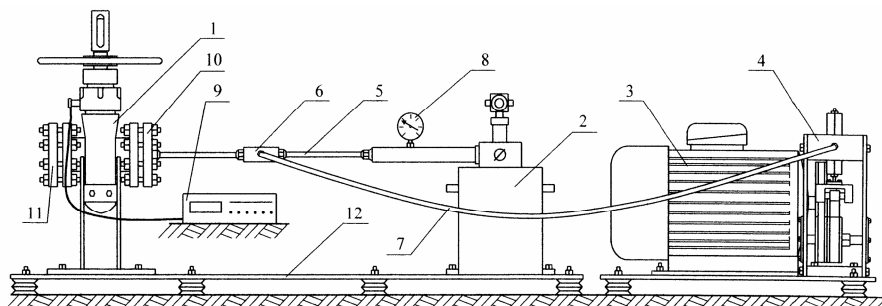


Рис. Лабораторно-стендовая установка для испытания задвижек высокого давления в условиях пульсаций давления добываемой продукции

1 – испытуемая задвижка; 2 – ручной гидравлический насос; 3 – электродвигатель; 4 – гидропульсатор; 5 – система трубопроводов; 6 – тройник; 7 – шланг высокого давления; 8 – манометр контроля рабочего давления; 9 – промышленный цифровой виброметр ВВМ-201; 10 – фланец ответный; 11 – фланец-заглушка; 12 – основание.

Износ уплотнительных поверхностей контролировался по 36-ти точкам на вертикальном оптиметре ИК-6 по внешнему и внутреннему периметру. С этой целью поверхность вокруг установочного гнезда была размечена через каждые 10° . По результатам промеров для оценки повреждений поверхностей строились графики разверток уплотняющих поверхностей седел по внешнему и внутреннему контурам.

Предварительными исследованиями было установлено, что взаимодействие поверхностных слоев металла деталей затвора задвижек с активной нефтяной средой проявляется в образовании пленок твердых растворов, химически адсорбированных пленок и химических соединений металла с кислородом. При этом роль фреттинга, как механического процесса, сводится к удалению этих пленок и продуктов коррозии.

Для раскрытия механизма изнашивания при фреттинг-коррозии, были проведены пять этапов испытаний задвижек с узлом затвора, детали которого были изготовлены из различных материалов: 1) шибер – сталь 20Х13; седла – сталь 38Х2МЮА; 2) шибер и седла – сталь 40Х (в статическом режиме); 3) шибер – сталь 38Х2МЮА; седла – сталь 20Х13; 4) шибер и седла – сталь 20Х13; 5) шибер и седла – сталь 38Х2МЮА.

Режимы термической обработки на всех этапах исследований были приняты в соответствии с заводской технологией. При этом на пятом этапе сталь 38Х2МЮА подвергалась азотированию; в остальных всех случаях применялась объемная закалка с последующим отпуском.

Основной целью первого этапа исследований являлось раскрытие механизма изнашивания при фреттинг-коррозии. Так как сталь 20Х13 более устойчива к коррозии, чем сталь 38Х2МЮА, то исследование развития фреттинг-коррозионного износа в отдельности на седлах, а также на шибере позволяло более детально изучить его развитие на сопрягаемых поверхностях.

Результаты стендовых испытаний подтвердили отмеченное. На контактирующих поверхностях шибера из нержавеющей стали 20Х13 изменилась лишь шероховатость поверхности, тогда как на седлах имел место ярко выраженный фреттинг-коррозионный износ, очаги которого начинались с внешней кромки уплотняющей поверхности входного (со стороны давления среды), и с внутренней кромки выходного седла. Пульсации давления приводили к перемещениям уплотняющей поверхности шибера относительно уплотняющей поверхности седел, чем и объясняется развитие фреттинг-коррозии на уплотняющих поверхностях седел.

Установлено, что и в нефтяной среде фреттинг-процесс носит типичный характер динамического окисления, о чем свидетельствует вид повреждений (глубина разрушенного слоя, скорость процесса разрушения). Кроме того, по характеру повреждений можно было предположить о прогибе шибера под воздействием давления среды испытаний, что нашло подтверждение в результате выполненных расчетов.

Для сравнительного анализа протекания процесса изнашивания уплотнительных поверхностей элементов затвора задвижки на втором этапе экспериментов исследовался узел затвора в статическом режиме, т. е. без пульсаций давления. Для этого шибера и седла были изготовлены из стали 40Х, химически более активной по сравнению со сталью 38Х2МЮА.

Исследования велись в течение 36 суток. Как и ожидалось, из-за отсутствия пульсаций давления фреттинг-коррозионное изнашивание деталей затвора не было отмечено.

Для полноты представления обо всех изменениях на уплотняющих поверхностях элементов затвора, на третьем этапе экспериментов исследовались шибера, изготовленный из стали 38Х2МЮА, и седла, изготовленные из стали 20Х13. В этих испытаниях были повторены

условия первого этапа экспериментов (давление, амплитуда и частота пульсаций, количество циклов). Так как сталь 38Х2МЮА является химически более активной, то на уплотняющей поверхности шибера, почти по всей кромке внешнего периметра, наблюдались повреждения в виде динамического окисления. На уплотняющих поверхностях входного и выходного седел, изготовленных из стали 20Х13, следов динамического окисления не было выявлено.

В таблице приведена сравнительная оценка результатов первого и третьего этапов стендовых испытаний задвижек. Поставленная впервые серия экспериментальных исследований в условиях пульсаций давления с элементами деталей узла затвора, выполненными из применяемых в настоящее время таких марок сталей, как 38Х2МЮА и 20Х13, полностью подтвердили теоретические исследования в этом направлении.

Таблица

Результаты стендовых испытаний задвижек
в условиях пульсаций давления

Этапы экспериментов	Элемент затвора	Характеристика	Состояние поверхности сопряжения после испытания
1	Седло входное	Сталь 38Х2МЮА HRC 37...39, $R_a=0,4$ мкм	Глубокие повреждения в результате фреттинг-коррозионного износа расположены по краям внешнего периметра уплотняющей поверхности.
	Шибер	Сталь 20Х13 HRC 47...49, $R_a=0,2$ мкм	Просматривается отпечаток седла с частичными изменениями шероховатости.
3	Седло входное	Сталь 20Х13 HRC 44...46, $R_a=0,2$ мкм	По краю внешнего периметра сопряжения наблюдается изменение шероховатости в виде узкой непрерывной полосы.
	Шибер	Сталь 38Х2МЮА HRC 41...43, $R_a=0,4$ мкм	Глубокие повреждения от фреттинг-коррозионного износа располагаются по всему внешнему периметру сопряжения с входным седлом.

Уплотнительные поверхности шибера, изготовленного из стали марки 38Х2МЮА, после испытаний в среде агрессивной нефти и пластовой воды в паре с седлами из стали 20Х13, были подвержены динамическому окислению, тогда как, на шибере, изготовленном из стали 20Х13 и испытанном в паре с седлами, изготовленными из стали 38Х2МЮА, следы фреттинг-коррозии отсутствовали.

В связи с относительной устойчивостью к динамическому окислению стали 20Х13 в среде агрессивной нефти и пластовой воды, позволяющей увеличить латентный период фреттинг-процесса, последующие исследования проводились с элементами узла затвора задвижки ЗМ-65×21, изготовленными из этой марки стали.

Для выявления характера развития повреждений уплотняющих поверхностей при фреттинг-процессе были проведены четвертый и пятый этапы исследований, состоящие из шести самостоятельных экспериментов, различающихся длительностью по времени. Первый эксперимент с новым комплектом деталей затвора длился один час. Второй вновь с новым комплектом длился два часа. И так далее, до шести часов. До и после экспериментов производились промеры в 36 точках (через каждые 10°), для построения графиков разверток соответственно наружного и внутреннего участков по периметру седел.

На сопрягаемых поверхностях шибера задвижек, испытанных в течение шести часов, следы динамического окисления отсутствовали. Отмечено было лишь незначительное изменение шероховатости как по внешнему, так и по внутреннему контуру сопряжения со стороны входного седла.

Для сравнительного анализа на заключительном, пятом этапе исследований был проведен эксперимент с деталями узла затвора, изготовленными из стали 38Х2МЮА с азотированием уплотнительных поверхностей. После трехчасовых испытаний наибольшие повреждения уплотнительных поверхностей шибера располагались почти по всему внешнему контуру сопряжения с входным седлом в виде характерных для фреттинг-процесса разрушений от динамического окисления и изменения шероховатости поверхности.

Рассмотрена также эффективность применения, при восстановлении изношенных деталей затвора задвижек, плакирования уплотнительных поверхностей шибера и седел, которое производилось по заводской технологии с применением порошка СНГН-50 с высоким содержанием никеля, хрома и бора. В результате исследований была отмечена достаточно высокая износостойкость плакированного слоя в

условиях вибраций узла затвора задвижек, вызываемых пульсациями давления. При этом, отмечен относительно длительный латентный период при фреттинге.

В целом, проведенные исследования показали, что независимо от применяемого для изготовления уплотнительных элементов материала, при существующей конструкции прямоточных задвижек с плоскопараллельным затвором, разрушение от воздействия фреттинг–процесса проявляется во всех случаях, в той или иной степени.

Из применяемых марок сталей наиболее приемлемой для изготовления запорных элементов, с точки зрения устойчивости к фреттинг–коррозионному разрушению, является сталь 20Х13.

На износ уплотняющих поверхностей помимо других факторов ощутимое влияние оказывает макро- и микрогеометрия профиля рельефа, так как локальный характер областей износа проявляется на наиболее выступающих участках рельефа.

Четвертая глава посвящена анализу выявленных недостатков запорных узлов существующих конструкций прямоточных задвижек с плоскопараллельным затвором и разработке новых конструкций, обеспечивающих их безотказную работу в сложных гидродинамических условиях.

Поставленная задача была реализована созданием трех новых конструкций прямоточных задвижек высокого давления, свободных от недостатков присущих существующим конструкциям.

Первая из предлагаемых конструкций прямоточных задвижек высокого давления (патент: І 2008 080) отличается тем, что содержит седла новой конструкции, имеющие увеличенную контактную площадь сопряжения с шибером. При этом седла специально предусмотрены буртами охватывают шибер по ширине, предупреждая его смещение в поперечном направлении и тем самым исключая применение направляющих щитков. В результате, увеличение площади сопряжения и наличие буртов уменьшает относительные колебания элементов затвора, приводящие к возникновению фреттинг-процессов.

Вторая из предлагаемых конструкций прямоточных задвижек высокого давления (патент: І 2008 079) отличается тем, что седла и шибер затвора выполнены с эллипсными сопрягаемыми поверхностями. За счет криволинейных (в поперечном сечении) рабочих поверхностей шибера и седел задвижки, при неизменных габаритных размерах, детали затвора имеют увеличенную сопрягаемую

поверхность и препятствуют смещению шибера в поперечном направлении.

Новизна третьей конструкции (патент: І 2006 150) заключается в том, что в задвижке с цилиндрическим шибером реализован новый принцип уплотнения затвора, не имеющий аналогов как в отечественном нефтяном машиностроении, так и за рубежом. Устойчивость против фреттинг-коррозии достигается плотным прижатием шибера по всей площади наружной (уплотнительной) поверхности к поверхности седел за счет расклинивания цилиндрического разрезного шибера в закрытом положении задвижки.

Промысловые испытания прямоточной задвижки с седлами, имеющими направляющие бурты и увеличенную контактную площадь сопряжения с шибером (патент І 2008 080), показали увеличение его срока службы более чем в 1,2 раза. Это обеспечивает экономический эффект на каждые 100 задвижек за один год в 14755 манат.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. По результатам проведенных промысловых обследований прямоточных задвижек фонтанных арматур установлены причины их отказов и механизм изнашивания деталей узла затвора. Выявлено, что на отдельных деталях затвора, в том числе на шибере задвижек, возникает износ рабочих поверхностей и разрушения, соответствующие коррозионно-механическому изнашиванию. Во многих случаях из-за попадания абразивных частиц на контактные поверхности между шибером и седлами задвижек, развитие получает гидроабразивное изнашивание. Этот вид изнашивания приводит к образованию на рабочих поверхностях рисок и царапин в результате режущего и царапающего действия твердых частиц, которые в дальнейшем могут приводить к нарушению герметичности. В результате, вследствие большого перепада давлений в одной полости задвижки по сравнению с другой полостью, струя жидкости или газа, содержащая твердые частицы, прорывается через образовавшиеся неплотности. Это вызывает катастрофическое разрушение контактных поверхностей шибера и седел и отказ задвижки.

Достаточно распространенной причиной нарушения работоспособности задвижек является потеря управляемости узла затвора, в особенности на закрытых задвижках. Выявлено, что причиной подобного повреждения уплотняющих поверхностей является

фреттинг-коррозия, возникающая и развивающаяся в результате вибрации, как следствие пульсаций давления добываемой продукции.

В отдельных случаях подтверждение находит изнашивание заеданием, приводящее к схватыванию контактных поверхностей деталей затвора.

2. Замерами, произведенными на фонтанных арматурах, установленных на скважинах НГДУ «Апшероннефт» и «Нефть-дашлары», на задвижках было выявлено наличие вибраций с частотой от 3 до 273 Гц.

Помимо вибраций элементов узла затвора, приводящих к относительному перемещению уплотняющих поверхностей запорных органов, несомненный интерес представляет колебание величины прогиба шибера. Уплотняющая поверхность шибера со стороны давления среды периодически, с определенной частотой пульсации давления, сжимается, а со стороны выхода растягивается. В закрытом состоянии задвижки, под действием давления среды на шибер, выходное седло сжимает тарельчатую пружину, в ряде случаев до полной деформации. Это также способствует нарушению герметичности запорного узла задвижки.

3. Для выявления существования связи между параметрами вибрации на задвижках и факторами, определяющими эксплуатационный режим скважин, был проведен ассоциативный анализ.

По итогам анализа явной связи рассмотренных факторов с параметрами вибрации не установлено. Некоторое влияние на частоту вибрации в продольном рабочей струне направлении оказывает наличие пластовой воды в продукции скважин. Этот вывод совпадает с результатом ранее выполненных исследований.

4. С целью выбора наиболее значимых направлений исследований была выполнена экспертная оценка методом ранжирования факторов. Из десяти выбранных факторов, связанных с повышением износостойкости деталей затвора задвижек фонтанной арматуры, экспертами были признаны наиболее значимыми: необходимость дальнейшего совершенствования конструкции запорного узла, подбор износостойких материалов пары шибера-седла и методов упрочнения рабочих поверхностей шибера и седла.

5. На основе систематизации причин отказов прямооточных задвижек разработана методика и создана лабораторно-стендовая установка (патент № 2004 0143) для исследования запорных элементов фонтанной и трубопроводной арматур высокого давления с воспроизведением фреттинг

- коррозионных процессов на уплотнительных поверхностях деталей затвора. Установка позволяет обеспечивать максимальное приближение условий испытаний к эксплуатационным, регулировать и контролировать рабочее давление и параметры его пульсации.

6. По результатам проведенных на стендовой установке экспериментов, с целью выявления характера развития фреттинг-процесса, установлено:

- взаимодействие поверхностных слоев металла деталей затвора задвижек с нефтяной средой, содержащей химически активные компоненты, проявляется в образовании пленок и химических соединений металла с кислородом. При этом роль механического процесса сводится к удалению этих пленок и продуктов коррозии. Тем самым показано, что отказы затвора задвижек в данных условиях эксплуатации в основном связаны с изнашиванием при фреттинг-коррозии;

- при принятых параметрах пульсаций давления латентный период фреттинг-коррозии длится от одного до двух часов;

- на износ уплотняющих поверхностей помимо других факторов ощутимое влияние оказывает микрогеометрия профиля рельефа. При этом локальный характер областей износа проявляется на наиболее выступающих участках рельефа. Для снижения интенсивности изнашивания шероховатость уплотняющих поверхностей после окончательной механической обработки должна быть не более $R_a=0,2$ мкм;

- наиболее приемлемой для изготовления запорных элементов, с точки зрения устойчивости к фреттинг-коррозионному разрушению, является сталь 20Х13;

- учитывая значительное влияние среды эксплуатации на характер изнашивания деталей узла затвора, изготовленных из стали 38Х2МЮА, требуется ввести ограничение на область применения задвижек с запорными элементами из низколегированных конструкционных сталей без соответствующих антикоррозионных покрытий;

- при восстановлении изношенных деталей узла затвора с точки зрения технологичности и обеспечения эксплуатационной надежности, наиболее эффективным является процесс плакирования.

7. Исследование и анализ динамики изменения величины износа уплотняющих поверхностей сопряжений входного и выходного седел запорного узла, изготовленных из коррозионностойкой стали 20Х13 показали, что на уплотнительной поверхности входного седла износ по глубине на наружном контуре сопряжения практически равномерно возрастает по времени. На внутреннем контуре

сопряжения интенсивный рост износа наблюдается после определенного износа наиболее выступающих участков рельефа наружного контура. Износ выходного седла по внутреннему контуру сопряжения после этого же периода проведения испытаний стабилен и не много превышает по глубине износ наружного контура.

8. Для исключения перемещений уплотняющих поверхностей шибера и седел, из-за имеющих место пульсаций давления среды, а, следовательно, исключения основной причины фреттинг-коррозионного износа их рабочих поверхностей, предложены соответствующие оригинальные конструктивные решения.

В одном случае – это придание поверхности шибера рабочей формы (патент І 2008 0080); в другом случае – увеличение площади контакта между шиберами и седлами с одновременной боковой фиксацией (патент І 2008 0079). Проведенные на стендовой установке испытания подтвердили эффективность боковой фиксации пары шибера – седла.

Кроме того, разработана конструкция задвижки с шиберами цилиндрической формы сечения с контактом непосредственно по расточке корпуса (патент І 2006 0150), исключающая необходимость установки двух седел.

Основное содержание и результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Бабаев С.Г., Керимов В.И. Исследование причин коррозионно-механического изнашивания деталей задвижек фонтанных арматур. Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası. «Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» ETİ-nin Elmi əsərləri, 2-ci cild. Bakı, Çarşıoğlu, 2000. – S. 137 – 141.
2. Бабаев С.Г., Керимов В.И. Стендовая установка и методика исследования влияния технологических факторов на работоспособность задвижек фонтанных арматур. Материалы докладов научно-технической конференции «Проблемы машиностроения на пороге XXI века». Баку, Чашыоглы, 2000. – С. 172 – 174.
3. Бабаев С.Г., Керимов В.И. Новое направление в решении проблемы обеспечения надежности прямооточных задвижек. Тезисы докладов на научной конференции «Повышение надежности и эффективности эксплуатации нефтяного оборудования на суше и море». Баку, 2000. – С. 3 – 5.

4. Бабаев С.Г., Керимов В.И. Исследование причин отказов задвижек фонтанных арматур, приводящих к утечке добываемой продукции скважин. Тезисы докладов на IV Международной конференции «Хазарнефтьгазятаг-2000». Баку, 2000. – С. 167 – 169.
5. Бабаев С.Г., Керимов В.И., Мамедов М.Э. Результаты исследований причин нарушения работоспособности узла затвора задвижек фонтанных арматур. Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası. «Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» ETİ-nin Elmi əsərləri, 3-cü cild. Bakı, Çarşıoğlu, 2002. – S. 242 – 250.
6. Бабаев С.Г., Керимов В.И. Результаты стендовых испытаний узла затвора задвижек в условиях пульсации давления. Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия. НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия»// Научные труды, IV том. Баку, BSU nəşriyatı, 2003. – С. 237 – 245.
7. Керимов В.И. Оценка деформации шибера прямооточных задвижек в условиях вибрации. Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия. НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия»// Научные труды, IV том. Баку, BSU nəşriyatı, 2003. – С. 257 – 260.
8. Бабаев С.Г., Аббасов В.А., Гафаров В.В., Керимов В.И. Обоснование и выбор методов изготовления и восстановления уплотнительных элементов затворных устройств задвижек фонтанных арматур. Баку, «Механика. Машиностроение», 2004, №1 – С. 14 – 20.
9. Yüksək təzyiqli siyirtmələrin sınaqdan keçirilməsi üçün stend qurğusu. Patent İ2004 0143. /S.H. Babayev, V.İ. Kərimov/. Dövlət qeydi: 07.09.2004.
10. Бабаев С.Г., Аббасов В.А., Гафаров В.В., Керимов В.И. Исследование стойкости уплотнительных поверхностей узлов затвора задвижек фонтанных арматур в условиях пульсаций давлений. Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия. НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия»// Научные труды, V том. Баку, Элм, 2004. – С. 194 – 202.
11. Керимов В.И. Исследование запорных элементов узлов затворов прямооточных задвижек в условиях пульсации давления. Материалы научно-технической конференции «Создание нефтегазового оборудования и пути повышения его надежности», посвященной 75 – летию АЗИНМАШа. Баку, “Nurlan”, 2005. – С. 230 – 235.

12. Yüksək təzyiqli düzaxınlı siyirtmə. Patent İ2006 0150. /S.H. Babayev, V.İ. Kərimov, H.F. Qoçuyev/. Dövlət qeydi: 25.12.2006.
13. Hüseyn E.S., Kərimov V.İ. Yüksək təzyiqli düzaxınlı siyirtmənin dayaq həlqəsinin kəsici qüvvəsinin hesablanması. Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası. «Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» ETİ-nin Elmi əsərləri, VII-ci cild. Bakı, “Planeta-press”, 2006. – S.287 – 296.
14. Бабаев С.Г., Керимов В.И. Рекомендации по повышению работоспособности узла затвора задвижек фонтанных арматур. Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası. «Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» ETİ-nin Elmi əsərləri, X-ci cild. Bakı, “Nurlan”, 2010. – S. 258 – 267.
15. Yüksək təzyiqli düzaxınlı siyirtmə. Patent İ2008 0079. /S.H. Babayev, Kərimova L.S., Kərimov V.İ./. Dövlət qeydi: 30.04.2008.
16. Yüksək təzyiqli düzaxınlı siyirtmə. Patent İ2008 0080. /S.H. Babayev, Kərimova L.S., Kərimov V.İ./. Dövlət qeydi: 30.04.2008.
17. Бабаев С.Г., Керимов В.И. Новые конструкции узла затвора прямооточных задвижек высокого давления. Сборник статей научно – практической конференции «ХАЗАРНЕФТГАЗЯТАГ – 2012». Баку, 2012. – С.127-130.
18. Бабаев С.Г., Керимов В.И. Результаты повышения надежности прямооточных задвижек высокого давления, применяемых в фонтанной и трубопроводной арматурах. М., Машиностроитель, 2012, №5. – С. 20-24.
19. Керимов В.И. Выбор наиболее значимых направлений исследований методом ранжирования факторов. Сборник статей международной научно – практической конференции «ХАЗАРНЕФТГАЗЯТАГ – 2012». Баку, 2012. – С.99-104.
20. Babayev Sabir H., Kerimov Vladimir I. The increasing of Working Capacity of Gate Valves in High-pressure X-mas Trees and Pipelines Fittings. Innovations and Technologies News, 2012. №1(14). – P.18-

**Личный вклад, внесенный в работах,
написанных в соавторстве:**

- работы 7, 11 и 19 выполнены самостоятельно;
- работы 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16 и 20 принадлежат авторам в равной мере;
- в работах 2, 3, 4, 6 и 18 соискателем осуществлены сбор и анализ литературы, проектирование стендовой установки, проведение исследований, анализ их результатов;

- в работах 5 и 14 участие в постановке задачи и разработке методики исследований; выполнение экспериментов, анализ полученных результатов;
- в работе 1 математическая обработка полученных результатов и их анализ.

Kərimov Vladimir İrəhman oğlu

«Fontan armaturlarının “metal – metal” tipli kipləndiricili düzaxınlı siyirtmələrin şiber – yəhər cütünün yeyilməyə davamlığının artırılmasının təmin olunması»

XÜLASƏ

Fontan və qazlift üsulu ilə neftçıxarmada quyu ağzının kiplənməsi, istismar rejiminin nəzarəti və tənzimlənməsi üçün istifadə edilən yerüstü quyuağzı avadanlıq fontan armaturudur. Tədbiq edilmiş fontan armaturlarının sıradan çıxmasının səbəbi düzaxınlı siyirtmələrin qıfıl qovşağının detallarının vaxtsız aşınmasıdır. Buna görə qıfıl qovşağının detallarının müxtəlif istismar şəraitləri üçün konstruksiyalarının təkmilləşdirilməsinin, aşınmaya qarşı materialların seçilməsinin tədqiq edilməsi aktualdır.

Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, nəticələrdən, tövsiyələrdən, mündəricat və əlavələrdən ibarətdir.

Girişdə yerinə yetirilən işin mövzusunun aktuallığı göstərilmişdir, işin məqsədi və məsələləri müəyyən edilmişdir, elmi yeniliyi, praktiki dəyəri və dissertasiya üzrə müdafiədə irəli sürülən əsas müddəalar qeyd edilmişdir.

Birinci fəsildə fontan və boru kəmərlər armaturlarında istifadə edilən yüksək təzyiqli siyirtmələrin konstruktiv xüsusiyyətlərinə və onlara irəli sürülən tələblərə baxılmışdır.

İkinci fəsil fontan armaturlarının siyirtmələrinin titrəyişlərinin parametrlərinin tədqiqatlarına, və onların iş qabiliyyətliliyinin yüksəldilməsi üçün tədqiqatların səmtlərinin və metodikasının seçilməsinə həsr edilmişdir.

Üçüncü fəsildə “metal – metal” tipli qıfıl qovşaqlı siyirtmələrin laborator – stend tədqiqatlarının aparılmasının nəticələri göstərilmişdir.

Dördüncü fəsil mövcud olan siyirtmələrin paralel səthli qıfıl qovşağının aşkar olunmuş nöqsanlarının analizinə və mürəkkəb istismar şəraitində uzunömürlülüynü təmin edən yeni konstruksiyaların hazırlanmasına həsr edilmişdir.

Yekunda əsas nəticələr və tövsiyələr göstərilmişdir.

Karimov Vladimir Irahman

**"Ensuring of Wear Resistance Improvement of Gate-seat Pair
in Direct-flow X-mas Tree Gate Valves
with Sealing Type "metal - metal"**

SUMMARY

X-mas tree is main wellhead ground equipment used for well head sealing, regulation and control of operating modes during flowing and gaslift well operation. The primary cause of employed X-mas trees failure is premature wear of lock unit details in direct-flow gate valves. Therefore, pursuance of research on gate valve design improvement, selection of wear-resistant materials for lock unit details in adapting to various service conditions are very actual matters.

Dissertational work consists of an introduction, four chapters, a section of conclusions and recommendations, and also a bibliography and appendices.

The introduction shows relevance and multidimensional nature of the theme of performed work, determines the purpose and objectives of the research, formulates a scientific novelty and practical value of the study and indicates the main questions of the dissertation work submitted for review.

In the first chapter the constructive features of currently used direct-flow gate valves used in high pressure X-mas trees and pipeline fittings are described.

The second chapter is devoted to the study of vibration parameters of gate valves acting on X-mas trees; the choice of research areas and development of data survey techniques are performed.

In the third chapter the results of carried out laboratory-bench researches of direct-flow gate valves with gate sealing type "metal – metal" are represented.

The fourth chapter is dedicated to examination of identified unsatisfactory features of lock units in existing gate valves with parallel-sided gate and development of new constructions, which are able to ensure reliable operation in severe service conditions.

The final part presents the main conclusions and recommendations.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININTƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT NEFT AKADEMİYASI
“NEFTİN, QAZIN GEOTEXNOLOJİ PROBLEMLƏRİ VƏ KİMYA” ETİ

Əlyazması hüququnda

VLADİMİR İRƏHMAN OĞLU KƏRİMOV

**“METAL-METAL” TIPLI KİPLƏNDİRİCİLİ FONTAN
ARMATURLARININ DÜZAXINLI SİYİRTMƏLƏRİNİN
ŞİBER-YƏHƏR CÜTÜNÜN YEYİLMƏYƏ DAVAMLIĞININ
ARTIRILMASININ TƏMİN OLUNMASI**

İxtisas: 3334.01 – Dəniz neft-qaz mədəni qurğuları

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
alınmaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2014