

О Т З Ы В

официального оппонента, д.т.н., профессора Валетова Вячеслава Алексеевича на диссертацию Перекрестова Аршавира Петровича «Повышение технического ресурса подвижных сопряжений технологическими методами (на примере работы компрессора в агрессивной среде с сероводородом)», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.04-« Трение и износ в машинах»

Работа представляет результат многолетнего труда по актуальной проблеме, связанной с обеспечением износостойкости и надёжности работы подвижных сопряжений компрессоров, давно и эффективно используемых во всем мире для перекачивания газоперерабатывающих сред. О важности этой многолетней мировой проблемы свидетельствует огромное количество исследований и публикаций (только проанализировано 456 отечественных и зарубежных публикаций), но и огромные средства, расходуемые на создание и поддержание работоспособности компрессорного парка. Это актуальная проблема для любой газо- и нефтедобывающей страны и, тем более, для России. Представленная работа способствует решению крупной народно-хозяйственной проблемы и в этом, прежде всего, заключается ее актуальность и практическая значимость.

Диссертация включает в себя введение, 7 глав, 4 приложения, список литературы из 456 наименований, общий объём с рисунками и таблицами 351 страница.

В теоретическом плане рассмотрен вариант критериального уравнения анализа коррозионно-механического изнашивания гильзы цилиндра цилиндро-поршневой группы компрессора, применены методы теории вероятности с обработкой статистических данных об интенсивности изнашивания деталей и изменений коэффициента трения, в компьютерной оболочке MathCad составлены расчётные зависимости и получены числовые и графические данные, выполнены исследования роли противоизносных присадок и их композиций с расчётно-теоретическими исследованиями влияний присутствия влаги, сероводорода и этаноламинов на коррозионную стойкость ответственных деталей компрессора.

Заслуживает безусловной высокой положительной оценке авторский вклад докторанта в разработку и изготовление испытательных стендов, новых смазочных композиций и устройств, а также методик, что в совокупности позволило выйти на новый качественный уровень в плане повышения износостойкости ответственных подвижных деталей компрессора, работающего в сложной окружающей газовой среде как важное научное направление.

Во введении автор отмечает значимость решения проблемы повышения надёжности, и износостойкости в частности, работы компрессорных агрегатов, используемых в отечественной отрасли по переработке добываемых газов. Аргументированно обосновывает актуальность проведения выбранного научного исследования.

В первой главе автор достаточно подробно останавливается на существующей проблеме о необходимости повышения надёжности и износостойкости работы компрессоров, перекачивающих газы, содержащие сероводород, этаноламины и влагу, негативно влияющие на длительность технического ресурса агрегата.

Отмечена определённая зависимость России на данном этапе развития от закупок зарубежного компрессорного оборудования, которое, по существу, мало пригодно по своим техническим возможностям к длительной работе с указанными выше средами.

Кроме того, установлено, что зарубежные закупаемые масла для компрессоров дороги и не обеспечивают надёжную защиту ответственных деталей цилиндрико-поршневой группы (ЦПГ) закупаемых компрессоров в эксплуатации, работающих в России в специфических условиях наличия газовых сред.

На устранение этой зависимости от зарубежных вариантов компрессоров и смазочных к ним материалов во многом и сконцентрирована работа автора.

Как отечественный, так и зарубежный опыт показали, что для повышения износостойкости подвижных сопряжений компрессорного оборудования необходимо использовать следующие методы:

- 1) применение высококачественных импортных масел возможно, но они имеют высокую стоимость;
- 2) введение в отечественные смазочные материалы новых противоизносных присадок, обеспечивающих повышение износостойкости трибосопряжений, а также ингибиторов коррозии, снижающих агрессивное воздействие сероводорода;
- 3) изменение технологической очистки газа от сероводорода с целью уменьшения его содержания в смазочном материале.

Во второй главе автор приводит описание разработанного и запатентованного экспериментального оборудования для исследования физики происходящих в компрессоре процессов трения-изнашивания, представлены новые методики изучения коррозионно-механического изнашивания подвижных трибосопряжений компрессорного оборудования.

Для изучения процессов трения и изнашивания пары «поршневое кольцо-гильза цилиндра» в коррозионных средах и оценки эффективности

присадок к смазочным материалам использовались различные машины трения, включая разработанные и запатентованные автором. Это же касается и предложенных усовершенствований по смазочным составам композиций, которые, в конечном итоге, также обеспечили успешное техническое решение анализируемой проблемы.

С целью уточнения параметров процесса коррозионно–механического изнашивания, кроме машины торцового трения, была создана и запатентована машина трения, которая предназначена для сравнительных испытаний в газовых средах при использовании различных масел и композиций присадок к ним. Конструкция машины и разработанная на базе атомно-абсорбционного анализа методика позволяет проводить ускоренные испытания на изнашивание металлических пар трения. Кроме того, впервые получена возможность моделировать условия изнашивания поршневых колец в зависимости от снятых предварительно индикаторных диаграмм давления внутри цилиндра компрессора. При этом достигается повышение точности определения функциональной зависимости интенсивности изнашивания трущихся поверхностей от величины нормального давления и её временной характеристики в условиях как обычных, так и агрессивных сред. Машина трения позволяет определять коэффициент трения, а также динамику изнашивания образцов в зависимости от величины и формы цикла сил нормального давления.

Для испытания смазочных сред и материалов пар трения использовалась установка, которая состоит из машины трения, испытательной камеры, генератора агрессивных газов и вспомогательного технологического оборудования. Для проверки полученных результатов использовались атомноабсорбционный и рентгенофлуоресцентный анализы.

В третьей главе автор подробно рассмотрел технологическое влияние агрессивных сред различного состава и процесса коррозии на изнашивание подвижных трибосопряжений компрессорного оборудования при различных смазочных материалах.

Состав газов газоконденсатных месторождений после отделения конденсата близок к составу природного газа. Состав попутных нефтяных газов зависит от условий залегания нефти (температуры и давления) и от состава природного газа, отличается значительным содержанием этана, пропана, бутанов и высших углеводородов. Автором выявлено, что наиболее агрессивное воздействие сероводорода на уплотнительные кольца компрессора КМ-2 происходит во второй ступени, где давление изменяется от 3,1 МПа на всасывании до 6,7 МПа на нагнетании, при этом температура

изменяется от 50 °С до 103 °С. Необходимая для изучения информация была собрана на базе Астраханского газоконденсатного месторождения, которое, как известно, характеризуется аномально высоким содержанием коррозионно-активных компонентов: до 25% H₂S и до 20% CO₂. Именно агрессивные составляющие перекачиваемого газа вызывают повышенную интенсивность изнашивания, в первую очередь поршневых колец и цилиндра компрессора. В результате было установлено, что основной проблемой работы поршневых компрессоров является достаточно быстрый выход из строя уплотнительных и маслосъёмных колец поршневой группы, маслосъёмных колец сальника штока крейцкопфа. Массовая доля этаноламинов в водном растворе составляет 33%. При попадании в цилиндр компрессора малых количеств жидкости в виде пены это вызывает разжижение масляной пленки, разделяющей трущиеся детали ЦПГ. Это вызывает рост интенсивности изнашивания трущихся пар в зависимости от вида и характера попавших в перекачиваемый газ веществ.

Этот раздел содержит большое количество данных, подтверждающих выполненные эксперименты, а также необходимые графики.

В четвёртой главе автор приводит результаты экспериментальных исследований по влиянию смазочных материалов с различными физико-химическими свойствами на процессы трения и изнашивания подвижных трибосопряжений. Полученные данные на установке УТ-1 показали, что масла Orites-270DS и ХС-40 обладают недостаточными противоизносными свойствами в присутствии сероводорода. Поэтому автором был разработан состав композиций присадок, в которых использованы ингибиторы коррозии, заметно снижающие сероводородное воздействие на трущиеся поверхности.

В пятой главе автор приводит новые данные по исследованию свойств и применению магнитных жидкостей (МЖ), в частности, по разработанной и запатентованной противоизносной магнитной присадки на мицеллярной основе. Применение противоизносной магнитной присадки с использованием нанотехнологий даёт, как оказалось, возможность получить смазочный материал, обладающий металлоплакирующим эффектом. Противоизносная магнитная присадка нового поколения представляет собой жидкость на основе олеиновой кислоты с добавленными в неё мицеллами, включающими в себя оксид железа. Таким образом, появилась возможность снизить коэффициент трения скольжения в паре «гильза цилиндра – поршневое кольцо» за счёт применения магнитной противоизносной мицеллярной присадки в составе смазочных масел. Частицы присадки под воздействием внешнего магнитного поля заданных параметров образуют на поверхности

трения несколько дополнительных слоёв, улучшающих условия трения при граничном режиме смазки и соответственно снижают интенсивность изнашивания трущихся пар.

В шестой главе выполнены теоретические исследования природы коррозионно-механического изнашивания трибосопряжений. Рассмотрены несколько моделей и блок-схема алгоритма расчёта износа деталей узла трения. Автором сформированы расчётные комплексы, молекулярно-механические критерии, приведён критерий, характеризующий свойства граничной смазки адсорбционной природы, дано выражение для теплофизического контактного критерия и критериальное уравнение интенсивности коррозионно-механического изнашивания.

В седьмой главе приведена новая разработанная технология по предотвращению аварийных ситуаций при эксплуатации компрессорного оборудования и совершенствованию компрессорной техники. Материал новый, интересный, запатентован и представляет научную и практическую значимость.

Приложение содержит, в основном, подтверждающие материалы выполненного научного исследования.

Общие замечания по работе:

- во введении о некоторых прошедших событиях говорится в будущем времени, а влияние сероводорода на износ конструктивных элементов компрессоров надо бы количественно сравнить с влиянием других факторов;
- в первой главе надо бы больше внимания уделить не решенным проблемам вообще и в анализируемых публикациях, а закачивать эту главу желательно не выводами, а задачами исследований, вытекающими из анализа проблемы;
- раздел 1.1 занимает 5 страниц перечислений названий фирм и компрессоров, хотя можно привести несколько примеров, но уделить больше внимания их качественным характеристикам;
- во второй и некоторых последующих главах приводятся большие выдержки и формулы, без выполнения по ним своих расчетов, и часто без комментариев, но со ссылками на публикации других авторов; не вижу в этом никакого смысла;
- во второй и в третьей главах много места отведено переписыванию патентов; зачем, ведь сами патенты- это уже публикации и, если в

диссертации и упоминать о них, то описать, какие исследования, благодаря им, проведены и какие новые результаты получены;

- в работе встречаются определения давно известных и широко используемых истин, например, на стр.78 даются определения цементации и азотирования;

- некоторые выводы, например, вывод 1 по третьей главе, не требуют вообще никаких исследований, они очевидны, а часть выводов по 5 главе формулируют не решенные задачи, что уместно было сделать в 1 главе, а потом, в других главах, предложить их решение;

- в некоторых разделах, например, в четвертой главе, следовало бы шире дать пояснения по таблицам, содержащим информацию по влиянию состава композиций с присадками на износостойкость пар трения;

- в ряде глав, в частности в шестой, некоторые формулы можно было бы дать с числовыми решениями.

И еще одно пожелание автору диссертации, не имеющее отношения к научной значимости работы: просите вычитывать ваши последующие публикации коллегам, хорошо знающим русский язык, это принесет пользу для читателей ваших публикаций.

Очевидно, что высказанные замечания не умаляют научной и практической значимости работы. Это скорее советы на будущее, чтобы не повторять мелких ошибок.

Итак, подробно ознакомившись с выполненной автором диссертационной работой отмечаю следующее: диссертация отвечает и соответствует действующим положениям и требованиям ВАК РФ, имеет теоретическую и научную новизну и практическую полезность, содержит оригинальные конструкторско-технологические сведения и теоретические расчёты с описаниями наблюдаемых процессов. Кроме того, содержание включает большой запатентованный автором материал по испытательным стендам, устройствам, смазочным композициям. Многие разделы имеют принципиально новые элементы исследований и разработок. Публикаций и их значимость достаточные.

Автореферат диссертации весьма полно отражает сущность работы, проблему, решаемые задачи, научную новизну, полученные результаты и пр.

Учитывая изложенное, считаю, что представленная диссертационная работа, несмотря на некоторые замечания, соответствует всем основным

требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук, а её автор, Перекрестов Аршавир Петрович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.02.04 – Трение и износ в машинах.

Официальный оппонент: д.т.н., профессор кафедры «Технологии приборостроения» Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО),

профессор



ВАЛЕТОВ В.А.

Домашний адрес: 198217, г. Санкт-Петербург, Дачный пр., 19, корп. 1, кв. 212. Тел: (812) 756-76-54. E-mail: valetov.v@mail.ru .

