

АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА

На правах рукописи

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕЗОПАСНОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ КЛАПАНОВ ПОРШНЕВЫХ
КОМПРЕССОРОВ В СИСТЕМЕ ГАЗЛИФТА**

Специальность: 3313.02 – Машины, оборудования и процессы

Отрасль науки: Технические науки

Соискатель: **Сеидахмедов Натик Сабир оглы**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой
степени доктора философии по технике

Баку-2021

Диссертационная работа выполнена в НИИ «Геотехнологических проблем нефти, газа и химия» при Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности

Научный
руководитель:

доктор технических наук, профессор
Габибов Ибрагим Абульфаз оглы

Официальные
оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Рустамов Закир Али Ага оглы

доктор технических наук, профессор
Ширали Искендер Ягуб оглы

доктор философии по технике, доцент
Аслапов Джамаледдин Нураддин оглы

Диссертационный совет ED2.02 Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики, действующий на базе Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности

Председатель диссертационного совета:

доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки,
Бабанлы Мустафа Баба оглы

Учредитель секретарь диссертационного совета:

доктор философии по технике, доцент
Джаббаров Тахир Гаффар оглы

Председатель научного семинара:

доктор технических наук, профессор
Ибрагимов Назим Юсиф оглы



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Интенсивное развитие нефтегазодобывающей промышленности Азербайджана требует повышение эффективности технологических процессов добычи нефти и газа, совершенствование систем их разработки и эксплуатации, а также обеспечение этой отрасли необходимым надежным и безопасным оборудованием.

На настоящем этапе развития добычи нефти Азербайджанского сектора Каспийского моря, особенно газлифтная эксплуатация морских нефтегазовых скважин, занимает важное место и отличается широкой перспективой.

Эффективность и безопасность газлифтной эксплуатации во многом определяется надежностью отдельных узлов и деталей компрессорного оборудования.

В частности, дефекты, связанные с клапанным узлом этих агрегатов приводят к потерям энергии и полному выходу оборудования из строя.

Фундаментальные исследования в области повышения надежности и долговечности компрессоров, изложены в работах А.А.Доллежала, А.А.Ломакина, С.Е.Захаренко, М.И.Френкеля, В.Ф.Риса, К.И.Страховича, Т.Ф.Кондратьева, Б.М.Репина, А.М.Люлька, Б.С.Фотина, И.Б.Пирумова, И.К.Прилуцкого, С.А.Анисимова, П.И. Пластинина, В.И.Алиева и др.

По результатам этих исследований были созданы наиболее общепринятые методики расчета и конструирования компрессорных агрегатов. Однако, при этом оценка работоспособности компрессорных цилиндров и их узлов в условиях сжатия и транспортировки попутного и нефтяного газа не изучались.

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности безопасной эксплуатации клапанов поршневых компрессоров, работающих в системе газлифта для дожатия низконапорного попутного нефтяного газа, в связи с чем является актуальной.

Цель диссертационной работы: изучение динамики движения пластины прямооточного клапана в стационарном потоке газа, разработка методики расчета диаграммы ее движения, установление количественной зависимости между герметичностью клапана и технико-экономическими параметрами компрессора и разработка критериев эффективной работы клапанов в условиях циклических динамических нагрузок, частого изменения давления попутного нефтяного газа.

Основные задачи исследования. Для достижения выше указанной цели в диссертационной работе поставлены и решены следующие задачи:

-анализ существующих технологических условий эксплуатации газлифтных скважин и режим работы газомоторных поршневых компрессоров (ГМК);

-изучение основных причин отказов клапанов поршневых компрессоров;

-разработка алгоритма расчета динамики движения пластин прямооточного клапана в ГМК с часто изменяющимся давлением попутного нефтяного газа с учетом силы давления потока газа, его скорости, силы упругости пластины и ее массы;

-определение формы колебаний пластин, выявление причины поломок и разработка рекомендаций обеспечивающих эффективную и безопасную эксплуатацию прямооточных клапанов.

-изучение влияния работы прямооточных клапанов различной конструкции на показатели эффективности ГМК при переменных режимах эксплуатации.

-разработка методики проверки, продувки и очистки клапанов;

-разработка схемы установки сепаратора по очистке газа на линии всасывания каждого ГМК, после которого окончательно очищенный газ поступает в полость всасывания.

Методы решения задач. Для решения поставленных задач использовались методы математической статистики и теории вероятностей, теории надежности и массового обслуживания

сложных нефтепромысловых систем в газлифтной компрессорной станции (ГКС) с широким применением возможности компьютерных технологий, также были использованы методы проведения практических, визуальных и экспериментальных исследований с соответствующей аппаратурой и приспособлениями с натурными образцами.

Достоверность полученных результатов обеспечивалась математической корректностью поставленных задач, решением задач строгими аналитическими методами с применением определенных практических технологических параметров, результатами численных расчетов, а также непротиворечивостью полученных результатов с результатами исследований известными в литературе.

Научная новизна:

-на основании результатов практического изучения технологических параметров системы газлифтной эксплуатации нефтяных скважин и ГКС, разработана методика проведения продувки прямооточных клапанов с определением подъема пластины в условиях частого изменения давления потока попутного нефтяного газа;

-выведены уравнения движения пластины прямооточного клапана с учетом частого изменения давления дожимаемого попутного нефтяного газа;

-установлено, что при существующих конструкциях пластин клапанов более герметичными являются клапаны ПИК-АМ и их применение является более эффективным и безопасным.

-с учетом выявленных требований к системе газлифта, для эффективного повышения наработки часов работы клапанов с повышенной герметичностью пластины и предупреждения возникновения опасной ситуации рекомендовано провести продувку клапанов на специальной, имеющейся на ГКС установке для определения критерия герметичности клапанов.

Практическая ценность работы. На основании проведенных практических изучений характера системы газлифта и

работы в этой системе ГКС получен Патент Азербайджанской Республики на газосепаратор по очистке попутного нефтяного газа перед его поступлением на всасывающую полость компрессорного цилиндра 1-ой ступени, позволяющего очистить газ и значительно уменьшить накопление на пластину нагара и твердых частиц, приводящих к уменьшению герметичности и эффективности работы клапанов.

Практические испытания работы прямооточных клапанов и их влияния на герметичность пластины при очищенным попутным нефтяном газе на газосепараторе установленным на линии всасывания, подтвердили значительное повышение эффективности работы клапанов и в целом ГМК установленных на ГКС. После установки газосепараторов на линии всасывания и проверки клапанов на установке продувки, увеличились эксплуатационные показатели, повысились эффективность и безопасность работы клапанов на ГМК работающих в системе газлифта.

Автор выносит на защиту основные положения по диссертации.

1. Результаты детальных исследований, анализ существующих режимов работы системы газлифта, анализ основных технологических параметров газлифта и работы ГКС в этой системе, в том числе ГМК.

2. Методы расчета движения пластины прямооточных клапанов ГМК с учетом частого изменения давления дожимаемого попутного нефтяного газа.

3. Результаты практических испытаний на герметичность пластины клапана на специальной установке для определения критерия герметичности.

4. Результаты исследования работы клапана путем продувки на специальном стенде, позволяющим широкое внедрение клапана типа ПИК-АМ.

5. Разработанные рекомендации по критериям герметичности конструкции язычка пластины и наработки часов по клапанам типа ПИК-АМ.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены и одобрены:

- XII Международной научно-практической конференции “Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия”, Новосибирск (2015);

- X Международной научно-практической конференции “Актуальные вопросы науки, технология и производство”, Санкт-Петербург (2015);

- Научно-практической конференции “Хəзərneftqazyataq-2016”, Баку (2016);

- IX Международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы науки XXI века”, Москва (2016);

- XIII Международной научно-практической конференции “European Research”, Пенза (2017);

- XXXIII Международной научно-практической конференции, Научный журнал Архивариус, “Наука в современном мире”, Киев (2018);

- XXVII Международной научно-практической конференции “Научный журнал “Chronos”; Вопросы современной науки проблемы, тенденции и перспективы”, Москва (2018);

- XLIX Международной научно-практической конференции “World science: problems and innovations” Пенза (2020).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 24 печатных работ, в том числе 16 статей, 8 доклада в материалах разных республиканских и международных научно-технических и научно-практических конференциях, 1 Патент Азербайджанской Республики.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, включающего 159 наименований и приложений.

Работа изложена на 170 страницах машинописного текста, включая приложения на 9 страницах, содержит 23 рисунка и 4 таблицы.

Личный вклад автора. В диссертации, работа по обоснованию актуальности поставленных задач путем изучения литературных данных, по выбору методов исследования и применения их в решении задуманных научных проблем, по исполнению запланированных экспериментов на всех этапах исследования, обобщению и систематизации полученных результатов выполнялась непосредственно истцом. Анализ результатов экспериментов, а также обсуждение работы на научных конференциях, составление научных статей на основании полученных результатов также выполнялись самим автором.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, показана научная новизна, практическая ценность и реализация работы на практике.

В первой главе подробно рассматриваются особенности работы нефтегазопромысловых поршневых компрессоров в системе газлифтной эксплуатации нефтяных скважин, где излагаются существующие условия эксплуатации и технологические режимы работы поршневых компрессоров, конструктивные особенности применяемых клапанов, а также основные причины их отказов. Основные результаты этой главы были опубликованы [4, 15, 17, 18, 22, 23, 24] работах автора.

В настоящее время в газлифтной практике и при транспортировке попутного нефтяного газа из морских месторождений на береговые сооружения используются поршневые 10ГКНАМ2/5-55, 10ГКНАМ3/5-100 и 10ГКНАМ2/55-125 с производительностью соответственно 259,2 тыс.м³/сут, 192,2 тыс.м³/сут и 400 тыс.м³/сут. и центробежные с газотурбинными приводами (компании «Солор» США) компрессоры.

Отмечено, что основными причинами отказов поршневых компрессоров являются: узел приемных и нагнетательных клапанов компрессорных цилиндров (46-54%), запальные свечи (30-50%), нарушения, связанные с системой зажигания (10-11%) и др.

В системе ГНКАР эксплуатируются более 250 единиц разных модификаций поршневых компрессоров, однако, две из них являются основными: работающие с кольцевыми и прямоточными клапанами.

Установлено, что наиболее прогрессивным типом клапанов, применяемых в конструкциях поршневых компрессоров являются прямоточные самодействующие клапаны.

Наибольшее количество отказов связаны с прямоточными клапанами, установленными на компрессорных цилиндрах I ступени.

Анализ результатов наблюдений за работой приемных и нагнетательных клапанов в компрессорных цехах, установленных на I ступенях ГМК показал, что в 67 случаев отказы относятся к всасывающим клапанам и 148 к нагнетательным клапанам I ступени, а 95 к нагнетательным и 43 к всасывающим клапанам II ступени.

Показано, что основным фактором, определяющим недостаточную наработку на отказ самодействующих клапанов, являются циклические динамические нагрузки на приеме и нагнетании поршневого компрессора, связанного с частым изменением давления сжатого газа в газлифте, который сопровождается вибрациями пластин клапана.

Исходя из этих положений сформулированы основные направления исследования.

Вторая глава посвящена анализу существующих теоретических предпосылок обеспечения герметичности самодействующих клапанов поршневых компрессоров и выводу уравнения

движения пластин, а также особенностям их безопасной эксплуатации. Основные результаты этой главы были опубликованы [1, 3, 9, 13, 20] работах автора.

После изучения практических работ компрессорных агрегатов, были рассмотрены вопросы, связанные с технологией добычи нефти и газа газлифтным способом и поставлены следующие задачи:

- Проанализировать практические технологические показатели работы ГМК и в целом ГКС, а также промышленного газопровода для одновременной транспортировки сжатого попутного нефтяного газа в систему газлифта и при необходимости, частично к потребителю;

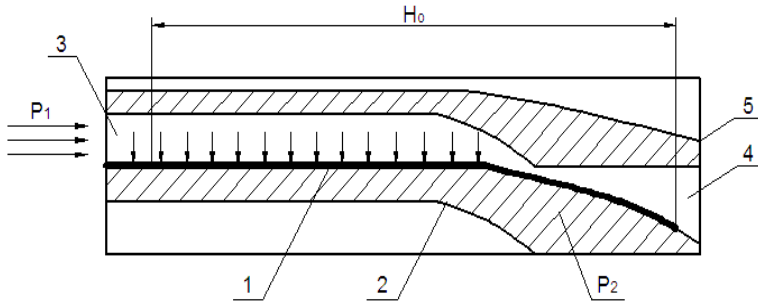
- Изучить и провести анализ режима работы промышленных газотранспортных систем низкого и высокого давления, характеризующих их работу в условиях часто изменяющихся технологических показателей попутного нефтяного газа низкого давления, подлежащего дожатию;

- Показать реальное технико-технологическое состояние ГМК при эксплуатации в системах газлифта и транспорта газа с часто изменяющимися технологическими параметрами;

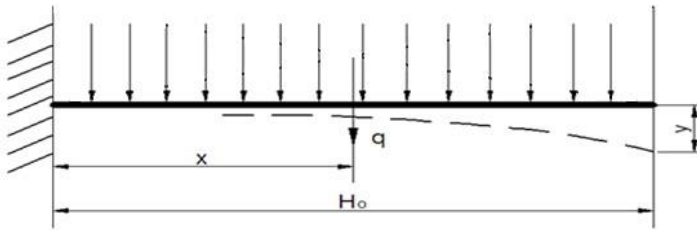
- Анализировать особенности ремонтных работ ГМК (его узлов и деталей) в промышленных условиях непосредственно на ГКС.

В процессе эксплуатации клапана (когда клапан частично открыт) сила упругости пластин и давление потока газа находятся под влиянием двух противоположных сил: упругости пластины (для прямооточного клапана) закрывающей клапан, и силы давления потока газа P_i , стремящейся его открыть. В условиях статического равновесия обе эти силы равны. В клапане, открытом полностью, силе давления потока газа противодействует сила упругости пластины и реакция ограничителя подъема, к которому прижата пластина (рис.1).

На рис.1 приведены элементы и расчетная схема пластины клапана.



а)



б)

Рисунок 1. Элементы (а) и расчетная схема (б) пластины клапана:

1-пластина; 2-ограничитель подъема; 3-окна на входе газа; 4-окна на выходе газа; 5-седло.

На основании теоретических исследований получено уравнение движения конца пластины самодействующего прямооточного клапана.

$$h = \frac{A \cos 2\omega(t + t_p)}{0,76m(4\omega^2 - \nu^2)} - \frac{A\omega \sin 2\omega t_p}{0,38m(4\omega^2 - \nu^2)\nu} \sin \nu t - \frac{A \cos 2\omega t_p}{0,76m(4\omega^2 - \nu^2)} \cos \nu t$$

Данное уравнения позволяет построить непрерывные кривые открытия и закрытия клапана, произвести расчет основных параметров клапана и диаграмму движения, характеризующих его работу.

Для предохранения оборудования от преждевременного износа и образования технического дефекта попутный нефтяной газ, всасываемый в компрессорный цилиндр 1-ой ступени ГМК, должен быть очищен от твердых включений (пыли, песка, окалины, продуктов коррозии) и осушен от жидких углеводородных компонентов.

Техническое состояние ГМК должно отвечать требованиям правил устройства и безопасной их эксплуатации при работе, утвержденных МЧС Азербайджанской Республики. Все отказы сопровождаются снижением всех промежуточных давлений по ступеням и повышением температуры нагнетания с последующим появлением пожароопасных ситуаций.

С этой целью автором рекомендуется монтировать на всасывающей линии дополнительный горизонтальный газовый сепаратор новой конструкции (рис.2).

В сепараторе происходит дополнительная очистка от твердых включений, и осушка от средне и мелкозернистой капельной углеводородной жидкости частично захватывающий собой поток газа.

На данную конструкцию сепаратора получен Патент Азербайджанской республики.

Принцип работы сепаратора заключается в следующем. Поток газа поступает в корпус сепаратора 1 через патрубок 2 и ударяется в заглушенный полусферический торец 6 патрубка 3, при этом создается усиленная турбулентность с образованием сильного вихревого движения потока газа у стенки внутри корпуса 1, сопровождающееся возникновением центробежной силы способствующей ударам средне и мелкозернистых капель жидкости и частично жидкости, находящейся в парофазном

состоянии, а также твердых механических примесей, о внутреннюю стенку корпуса 1 и выпадению к днищу, откуда периодически, через сливной патрубков 4, выводятся наружу. После этого значительно очищенный поток газа поступает через отверстие 5 в патрубков 3, и оттуда направляется на всасывающую полость компрессорного цилиндра первой ступени для дальнейшего дожатия.

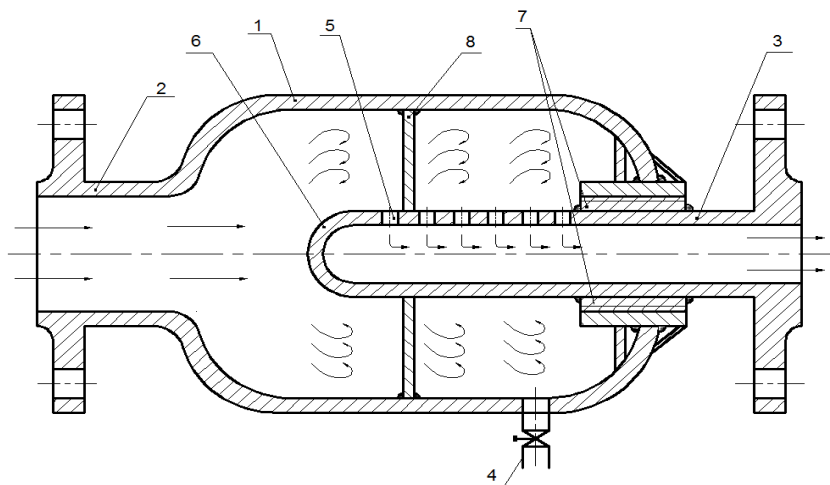


Рисунок 2. Устройство для очистки газа от жидких и твердых примесей:

**1-корпус; 2-входной патрубков; 3- выходной патрубков;
4-сливной патрубков; 5-отверстия; 6-сферический торцевой
конец; 7-резьбовое соединение; 8-стенка.**

Практика показывает, что при длительной эксплуатации происходит снижение давления и других технологических параметров газа. Поэтому на всех этапах технологического процесса, поддержание нормального режима работы сепаратора осуществ-

ляется изменением расстояния между входным 2 и полусферическим торцом 6 выходного 3 патрубка, путем вращения с помощью резьбового соединения 7 установленного на патрубке 3. Патрубок 3 выхода газа всегда устанавливается так, чтобы отверстия 5 были ориентированы вверх.

Технологическая схема обвязки ГМК на газлифтной компрессорной станции показано на рис.3.

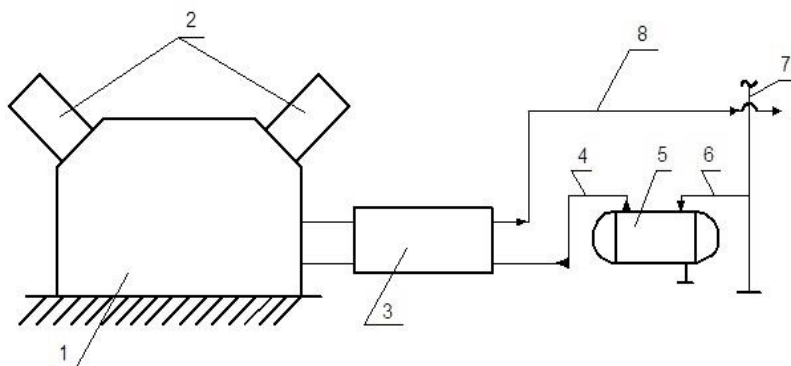


Рисунок 3. Технологическая схема обвязки ГМК на газлифтной компрессорной станции:

1-рама ГМК; 2-силовые цилиндры; 3-компрессорный цилиндр 1-ой ступени; 4-всасывающая труба; 5-сепаратор; 6-труба для подачи попутного нефтяного газа к сепаратору для окончательной очистки газа; 7-общий стационарный всасывающий коллектор; 8-выкидная линия компрессорного цилиндра 1-ой ступени.

На газлифтной компрессорной станции попутный нефтяной газ из общего стационарного всасывающего коллектора (с давлением $0,38 \div 0,45$ МПа) поступает в газовый сепаратор 5. После дополнительной очистки и осушки, попутный нефтяной

газ поступает на всасывающую полость компрессорного цилиндра первой ступени 3, для дальнейшего дожатия.

При этом было установлено, что размеры механических примесей на входе головного сепаратора изменяются в пределах 40 мкм, а на выходе предложенной конструкции сепаратора находятся в интервале 15–18 мкм. Содержание капельных жидкостей на новом сепараторе не превышает – 1,0% - ного уровня, тогда, как в составе газа взятого на выходе головного сепаратора она меняется – 1,5–1,88 %.

Экспериментальная оценка эффективности и герметичности клапанов поршневых компрессоров является одним из обязательных этапов в процессе проверки, подготовки и повышения герметичности, следовательно эффективности и безопасности эксплуатации клапанов компрессорного агрегата.

Третья глава посвящена обсуждению результатов экспериментальных исследований по изучению герметичности клапанов и повышению их эффективности при эксплуатации. Основные результаты этой главы были опубликованы [2, 7, 10, 11, 12, 21] работах автора.

Исследование клапанов непосредственно на ГКС с целью определения их статических характеристик производилось в продувочной камере, подключенной в схему трубопроводов сжатого воздуха.

Схема стенда для статической продувки клапанов приведена на рис. 4.

Воздух высокого давления поступает в сепаратор 1 и оттуда по воздушной линии 3 через задвижки 4 поступает в успокоительную емкость 5, где установлен образцовый манометр 6 и далее через регулировочный вентиль 7, расходомерную диафрагму 8 поступает в продувочную камеру 9. Эта камера представляет собой цилиндр с двумя перегородками 17, имеющими отверстия. В верхней части камеры имеется гнездо для установки клапана 10, который крепится к камере прижимным фланцем. При подаче

воздуха в продувочную камеру давление воздуха в успокоительной емкости измеряется образцовым манометром 6, перед диафрагмой измеряется температура ртутным термометром 13 и перепад давления по V - образному манометру 14, давление за диафрагмой и перед клапаном измерялись также V - образными манометрами 15 и 16.

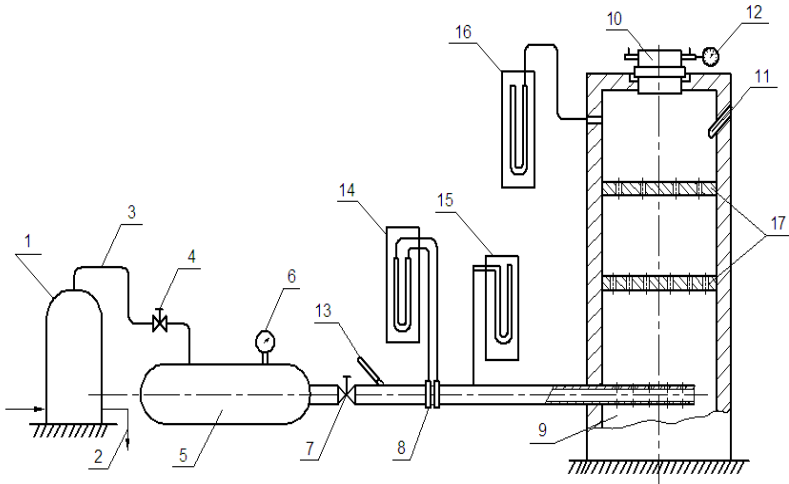


Рисунок 4. Схема стенда статической продувки клапанов

Температура воздуха перед клапаном измеряется по ртутному термометру 11. В верхней части клапана просверлено отверстие диаметром 2 мм, в которое вставлена игла, соединенная с индикатором часового механизма 12, фиксирующая высоту подъема пластины клапана с точностью до 0,01 мм.

С целью практического изучения эффективности работы клапанов в компрессорных цилиндрах были проведены исследования динамики движения пластин прямооточного клапана. (рис.5).

Параметром, определяющим герметичность и эффективность клапана, считается время падения давления в емкости от

0,4 до 0,2 МПа. Установлено максимальное значение критерия герметичности клапанов в 35 с, при котором утечки газа не превышают 0,6 %.

Результатами газодинамического исследования работы клапанов в стационарном газовом потоке было установлено, что предварительный изгиб пластины (желобчатость) существенно влияет на работоспособность клапанов: если желобчатость равна нулю, то прямооточный клапан полностью открывается при разности давлений на клапан $\Delta P_{по}$, равной примерно 0,1 МПа. При наличии предварительного изгиба пластины полное открытие клапана происходит при большем значении $\Delta P_{по}$.

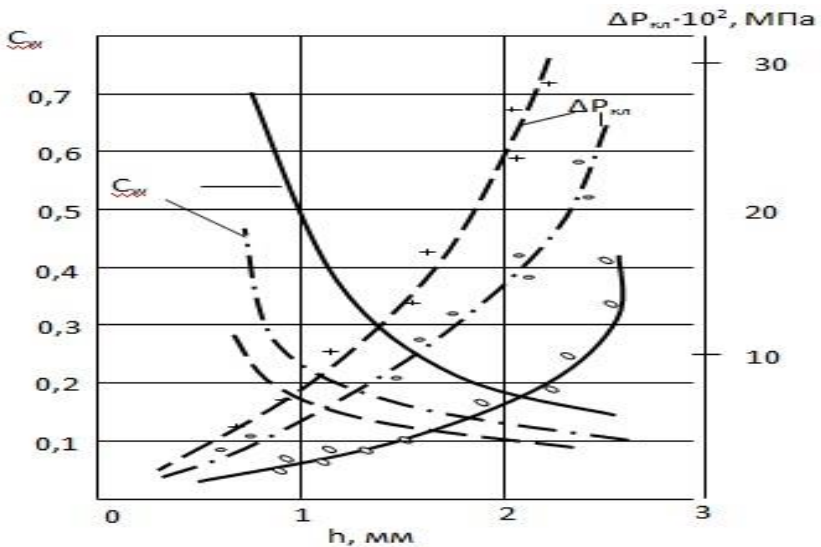


Рисунок 5. Зависимости коэффициента давления потока газа C_w и разности давлений $\Delta P_{кл}$ от хода пластины h : при желобчатости 0 мм; . . 1 мм; - - 2 мм.

Изучение диаграммы движения пластин клапана позволяет не только определить характерные точки открытия и закрытия клапана, но и проанализировать динамические процессы в одной полной фазе работы клапана при различных степенях повышения давления ε . (рис.6).

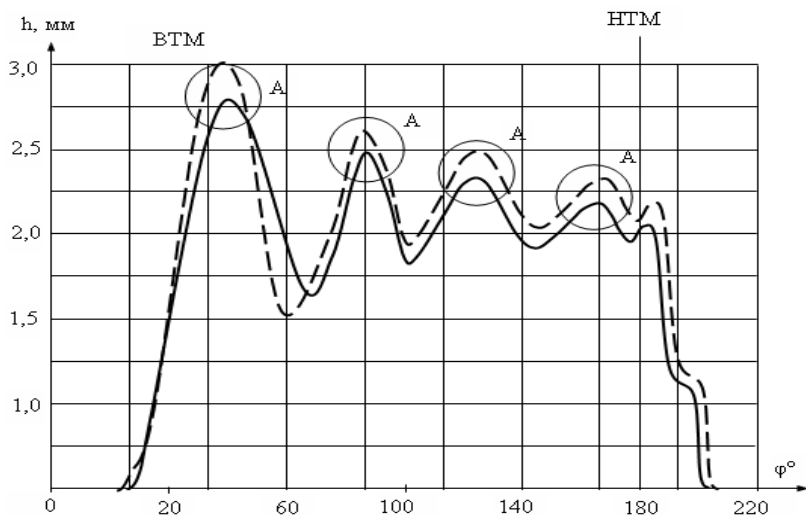


Рисунок 6. Диаграммы движения пластины всасывающего прямооточного клапана компрессорного цилиндра 1-ой ступени: ----- расчетная; _____ экспериментальная.

Диаграммы движения пластин клапанов свидетельствуют о первоначальном упругом ударе пластины об ограничитель подъема, при котором пластина меняет знак скорости и происходит колебание верхней кромки пластины. Обработка диаграммы движения показала, что величина скорости пластины при ударе об ограничитель подъема увеличивается с повышением степени сжатия ε и достигает 2 м/с, а при посадке на седло-0,5 м/с.

Скорость пластины при ее колебании в фазе полного открытия клапана не превышает 0,3 м/с.

Эксперименты показали достаточно хорошее совпадение с расчетной зависимостью изменения хода пластины по углу поворота коленчатого вала компрессора. Колебания пластин клапана отражаются на давлении в цилиндре и во всасывающих и нагнетательных патрубках компрессора в виде высокочастотных колебаний, наложенных на основное изменение давления в полостях и патрубках компрессорного цилиндра 1-ой ступени.

По результатам сопоставления экспериментальных и теоретических кривых можно сделать следующее заключение: достигнуто хорошее совпадение теоретических зависимостей с экспериментальными данными, что подтверждает правильность выведенного уравнения движения пластины прямооточного клапана.

В четвертой главе приведены результаты промышленных испытаний, а также сравнительные данные технико-экономической эффективности применения клапанов поршневых компрессоров. Основные результаты этой главы были опубликованы [5, 6, 8, 14, 16] работах автора.

Периодический контроль технического состояния клапанов позволил определить причины отказов клапанов всех типов.

В результате анализа установлены два типа эксплуатационных разрушений пластин клапанов типа ПИК: это разрушение свободного конца языка пластины у ограничителя подъема и поломка по линии контакта с седлом.

Сравнительные эксплуатационные характеристики исследуемых клапанов и конкретные данные, полученные в результате длительных промышленных испытаний в процессе работы ГМК в системе газлифта приведены в таблице 1.

Анализ характеристик герметичности пластины позволяет утверждать, что клапаны ПИК-АМ характеризуются большей герметичностью при эксплуатации по сравнению с клапанами ПИК-А.

Таблица 1

**Сравнительные эксплуатационные характеристики
исследуемых клапанов**

№ n/n	Наименование показателя	Тип клапана			
		ПИК	ПИК-А	ПИК-АМ	
1	Средняя продолжительность работы клапана в году, часов	700	3120	6980	
2	Время простоев для смены из-за нарушения герметичности пластин клапанов, часов в год	678	317	246	
3	Коэффициент эксплуатации компрессорных агрегатов	0,842	0,891	0,918	
4	Производительность компрессора, тыс.м ³ в сутки	164,8	170,7	177,6	
5	Температурный режим работы компрессорных цилиндров, °С на нагнетание:				
		I ступени	195	180	136
		II ступени	163	147	115
		III ступени	112	107	95
6	Замеренный расход топливного газа на один ГМК; м ³ /сутки	9879	9854	9783	

Практические подсчеты показали, что средняя наработка на отказ $T_{ср}$, клапанов ПИК-АМ составляет 6980 ч., клапанов ПИК-А – 3120 ч.

Время безотказной работы с хорошей герметичностью пластин с вероятностью 0,9 составляет для клапанов ПИК-АМ 2200 ч., а клапанов ПИК-А – только 1000 ч., т.е. герметичность, а следовательно эффективность увеличились в 2,2 раза.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработана методика расчета движения пластины прямооточного клапана с учетом величины силы давления потока газа и силы упругости пластины, а также числа двойных ходов поршня компрессорного цилиндра 1-ой ступени, позволяющая определить влияние различных конструктивных и эксплуатационных параметров на динамику движения пластины клапана.

2. Исследования герметичности прямооточных клапанов выявили, что утечки газа через пластины нагнетательного клапана в зависимости от режима работы в 1,5-2 раза выше, чем через всасывающий. Установлено максимальное значение критерия герметичности клапанов в 35 с, при котором утечки газа не превышают 0,6 %.

3. Критерий герметичности клапанов существенно увеличивается в процессе очистки газа на всасывающей линии путем установки новой конструкции сепараторов и приработки пластин прямооточных клапанов. Клапаны ПИК-АМ прирабатываются в 5-7 раз быстрее, чем ПИК. Примерно к 40 часам их работы КПД компрессорного агрегата в сравнении с кольцевыми клапанами увеличивается на 10 %. Прямоточные клапаны ПИК-АМ позволяют их использовать в компрессорах с высокими значениями степени повышения давления, безопасной их эксплуатации и повышения эффективности их работы.

4. Применение клапанов типа ПИК-АМ позволяет увеличить производительность компрессора в среднем на 7% и снизить расходуюемую мощность на компримирование на 4%. За счет использования прямооточных клапанов ПИК-АМ и газосепараторов по очистке газа на линии всасывания, происходит

повышение герметичности пластин, при этом производительность ГКС с 10-ю ГМК увеличивается на $8\div 10\%$.

5. Безопасная и эффективная работы клапанов типа ПИК-АМ компрессорных цилиндров 1-ой ступени, позволяет увеличить часы их работы до 7000 ч., что в 2,0-2,5 раза выше, чем у клапанов типа ПИК-А.

6. В перспективе, в процессе проектирования ГКС предлагается предусмотреть установку на линии всасывания для каждого ГМК газосепараторов новой конструкции, позволяющих повысить качество газа и эффективность работы компрессорных цилиндров 1-ой ступени и в целом ГМК.

7. Установка на линии всасывания ГМК сепаратора новой конструкции, позволяющие очистить попутный нефтяной газ низкого давления от тяжелых жидких углеводородных компонентов, твердых механических примесей и определения герметичности пластин клапанов на установке продувки, непосредственно на каждой ГКС, позволили повысить эффективность, безопасность работы и производительность клапанов в $1,5\div 2$ раза.

Основное результаты диссертационной работы представлены в следующих публикациях:

1. Сеидахмедов Н.С. "Особенности безопасности эксплуатации клапанов влияющие на технико-технологические показатели работы поршневых компрессоров", XII Международная научно-практическая конференция, Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия, Новосибирск.- 2015. № 5(12).стр.107-109.

2. Сеидахмедов Н.С. "Газодинамическое исследование работы клапанов поршневых компрессоров в стационарном газовом потоке". X Международная научно-практическая конференция, Актуальные вопросы науки, технологии и производства, Санкт-Петербург. – 2015. стр. 61-64.

3. Габиров И.А., Сеидрахмедов Н.С. "Управления движения пластин прямооточных клапанов поршневых компрессоров, работающих в системе газлифтной эксплуатации нефтяных скважин", Восточно-Европейский журнал передовых технологий, Харьков. - 2015. № 4/7 (76). стр. 34-38.

4. Сеидрахмедов Н.С. "Анализ причин отказов поршневых газомоторных компрессоров", Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və Kimya, Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Elmi Əsərlər, Bakı.- 2015. XVI cild. səh. 329-336.

5. Сеидрахмедов Н.С. "Определение эффективности применения прямооточных клапанов нефтегазопромысловых поршневых компрессоров в системе газлифтной эксплуатации скважин", Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса, Москва. - 2016. №2 стр.17-21.

6. Сеидрахмедов Н.С. "Эффективности применения прямооточных клапанов поршневых компрессоров", Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya, Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Məqalələr Toplusu, (Elmi-təcrübi konfrans), Xəzərneftqazıyaraq-2016, Bakı. – 2016. səh.352-360.

7. Габиров И.А., Сеидрахмедов Н.С. "Повышение работоспособности клапанов поршневых газомоторных компрессоров", Актуальные проблемы науки XXI века. Сборник статей по материалам IX международной научно-практической конференции, Международная исследовательская организация "Cognitio", Москва.- 2016. часть 3. стр.77-79.

8. Seyidahmadov N.S. "Definition of the application efficiency for the straight-flow valves of oil and gas piston compressors in the system of well gas-lift operation", European Research, Сборник статей XIII Международной научно-практической Конференции, Пенза. 2017. часть 1. стр.121-128.

9. Сеидрахмедов Н.С. "Оценка безопасной эксплуатации клапанов поршневых компрессоров", Безопасность труда в промышленности, Москва. - 2018. №1. стр. 42-45.

10. Сеидахмедов Н.С. “Влияния утечек газа через пластины клапанов на производительность поршневых компрессоров”, Нефтепромысловое дело, Москва. – 2018. №3. стр. 56-59.
11. Сеидахмедов Н.С. “Влияние желобчатости пластин на статистическую характеристику прямоточных клапанов поршневых компрессоров”, Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, Москва. – 2018. №3. стр.18-21.
12. Seyidahmadov N.S. Research of operation of valves of piston compressors in the stationary gas stream. Инновационные развития науки и образования, Пенза. – 2018. стр.235-242.
13. Seyidahmadov N.S. "Piston compressors straight-flow valves' plates movement equations", Научный журнал Архивариус, Наука в современном мире, Киев. – 2018. стр.49-56.
14. Seyidahmadov N.S. "Constructive and technological increases of efficiency of the work of piston gas-compressors", научный журнал "Chronos", Мультидисциплинарный сборник научных публикаций XXVII международная научно-практическая конференция. Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы, Москва. – 2018. стр. 56-60.
15. Сеидахмедов Н.С. "Причины отказов поршневых компрессоров в системе газлифтной эксплуатации нефтяных месторождений", Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, Москва.- 2018. № 9. стр.17-19.
16. Сеидахмедов Н.С. "Конструктивные и технологические повышения эффективности работы поршневых газомоторных компрессоров", Точная Наука, Кемерово. – 2018. №29. стр.23-26.
17. Seyidahmadov N.S. "Priority ways of increasing the safe operation of piston compressors", Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, Москва.- 2018. №10. стр.16-18.
18. Сеидахмедов Н.С. "Пути повышения безопасной эксплуатации поршневых компрессоров", Безопасность труда в промышленности, Москва.- 2018. №10. стр.18-21.

19. Сафаров Р.С., Рагимов Р.Г, Сеидахмедов Н.С. "Проблемы ликвидации нефтяных и газовых скважин", Безопасность труда в промышленности. Москва. - 2019. №4. стр.25-30.

20. Seyidahmadov N.S. "Evaluation of gas separator effect on operability of gas-motor piston compressor valves", "Восточно-Европейский журнал передовых технологий". Украина, Харьков. – 2019. № 5/1 (101). стр.17-21.

21. Seyidahmadov N.S. "Methodology of experimental investigations of valve operation. Eureka: physics and engineering". Таллин. – 2019. №5(24). стр.56-63.

22. Сеидахмедов Н.С. "Безопасность и снижение рисков при эксплуатации газомоторных компрессоров", Безопасность труда в промышленности. Москва. - 2020. №5. стр.18-23.

23. Сеидахмедов Н.С. "Поршневые компрессора в системе газлифтной эксплуатации", World science: problems and innovations. Сборник статей XLIX Международной научно-практической Конференции. Пенза. - 2020. стр.44-47.

24. Сеидахмедов Н.С. "Изучение конструкционных особенностей и основных причин отказов клапанов режимных компрессоров", Оборудование. Технологии. Материалы. Баку.- 2021. Том 5 (1). стр. 60-63.

25. AR Patenti U2015 0022. Qazın maye və bərk qatışıqlardan təmizlənməsi üçün qurğu. (V.İ.Əliyev, İ.Ə.Nəbibov, N.S.Seyidəhmədov).

Личный вклад, внесенный соискателем в работах, опубликованных в соавторстве:

работы [1, 2, 4-6, 8-18, 20-24] автором выполнены самостоятельно;

[3, 7 и 19] постановка задач, проведение экспериментов проведены соискателем, а обработка результатов исследований выполнены совместно с соавторами.

Защита диссертации состоится 05 ноября 2021 года в 13⁰⁰ на заседании Диссертационного совета ЕД 2.02 действующего на базе Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Адрес: Az 1010, г. Баку, пр. Азадлыг 20.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Электронная версия диссертации и автореферата размещены на официальном сайте Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Автореферат разослан по соответствующим адресам

01 10 2021 года

Подписано в печать: 29 сентябрь 2021

Формат бумаги: А5

Объём: 36 000

Тираж: 70 экземпляров