

ШПЕХТ ГЕННАДИЙ ЮРЬЕВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ФОНТАННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССА
БУРЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ СКВАЖИН ПУТЕМ ОЦЕНКИ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ
ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТИВОВЫБРОСОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Специальность 25.00.15 - Технология бурения и освоения скважин



А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ставрополь - 2005

Работа выполнена в филиале - Астраханская военизированная часть
ООО «Газобезопасность» ОАО «Газпром».

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Тагиров К.М.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

Вартумян Г.Т.

кандидат технических наук, доцент

Воропаев Ю.А.

Ведущая организация (предприятие) - **ООО «Астраханьгазпром»**

Защита состоится 09 июня 2005 года в Шчасов на заседании диссер-
тационного совета Д 212.245.02 при Северо-Кавказском государственном
техническом университете (СевКавГТУ) по адресу:

355029, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 2

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Северо-
Кавказского государственного технического университета.

Автореферат разослан 27 апреля 2005г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

к.т.н., доцент



Ю.А. Пуля

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Основными направлениями развития топливно-энергетического комплекса России определены главные задачи отрасли: повышение темпов и эффективности развития экономики на базе ускорения научно-технического прогресса, техническое перевооружение и реконструкция производства, интенсивное использование производственного потенциала, совершенствование системы управления. При этом предусмотрено обеспечение добычи достаточного количества нефти, газа и газового конденсата за счет развития отрасли путем ввода в разработку большого числа новых нефтегазовых месторождений. Особое внимание уделяется освоению бурения скважин на глубины 5000-7000 метров и более с целью ввода в разработку глубокозалегающих месторождений. Увеличение объемов добычи нефти и газа неизбежно связано с эксплуатацией новых месторождений и продуктивных горизонтов, открытие которых зависит от степени совершенства технологии бурения скважин.

Опыт показывает, что бурение до проектных глубин нередко сопровождается возрастающим воздействием возникающих в буровом растворе гидродинамических, физико-химических и механических процессов на общее состояние системы «скважина - пласт». Это, в конечном счете, приводит к многочисленным осложнениям и авариям.

Из всех видов известных осложнений особую опасность представляют газонефтеводопроявления, переходящие при определенных условиях в открытые газовые и нефтяные фонтаны. Эти осложнения имеют место на многих месторождениях страны, но проявляются с различной интенсивностью в зависимости от конкретных технико-технологических особенностей процесса бурения и геологической ситуации района.

Научно обоснованный подход к вопросам предупреждения и ликвидации осложнений и аварий в процессе бурения, связанных с газонефтеводопроявлениями, является важнейшим резервом сокращения сроков строительства скважин и снижения их стоимости.

Выбор наиболее эффективного управления технологическими процессами предотвращения и ликвидации газонефтеводопроявлений базируется на установлении надежности, работоспособности и долговечности проявивовыбросового оборудования.

В этой связи техническое состояние герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов, которые в целом соответствуют всем требованиям нормального выполнения задач фонтанной безопасности, имеет первостепенное значение.

Исследованию процесса герметизации устья скважины посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов. Однако большинство исследователей обычно уделяли внимание влиянию одного фактора - избыточного давления - на надежность герметизации устья скважины. Комплексного исследования сравнительного влияния твердой фазы, компонентного состава и температуры буровых растворов, сроков хранения и старения на износ уплотнительных элементов до сих пор не проводилось. Это не позволяет с высокой эффективностью использовать все имеющиеся в арсенале буровиков возможности надежной герметизации устья скважины.

Цель работы. Разработка и обоснование методики оценки технического состояния герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов для определения работоспособности и долговечности проявивовыбросового оборудования в реальных условиях бурения, которая позволит обеспечить фонтанную безопасность выполняемых работ, а также сократить непроизводительные затраты времени и материальных ресурсов.

Основные задачи исследования.

1. Провести анализ причин снижения фонтанной безопасности в процессе бурения и освоения нефтяных и газовых скважин вследствие выхода из строя герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов.

2. Обосновать основные требования по долговечности и работоспособности противовыбросового оборудования для обеспечения фонтанной безопасности.

3. Обосновать необходимость прогнозирования работоспособности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов на основе результатов экспериментальных исследований.

4. Разработать и сформулировать требования к стенду для проведения экспериментальных исследований долговечности и работоспособности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов.

5. Обосновать и разработать комплексную программу и методику проведения экспериментальных исследований долговечности и работоспособности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов.

6. Разработать экспресс-метод оценки технического состояния плашечных и кольцевых превенторов.

Методика исследований и достоверность результатов.

1. Разработка принципов повышения фонтанной безопасности процесса бурения и освоения нефтяных и газовых скважин путем оценки и прогнозирования технического состояния противовыбросового оборудования.

2. Разработка основных требований к техническим средствам для проведения экспериментальных исследований, которые обеспечивают информативность, полноту, точность и достоверность результатов исследований.

3. Методология и программа экспериментальных исследований, дающих возможность качественной и количественной оценки работоспособности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов.

4. Использование математических методов обработки результатов экспериментальных исследований для построения модели износа, учиты-

вающей реальные условия и режимы работы герметизирующих элементов, которая может служить в качестве обобщенной оценки их работоспособности и долговечности.

Научная новизна. В настоящей работе представлены научно-методические основы анализа и оценки работоспособности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов по результатам квалификационных испытаний противовыбросового оборудования с учетом реальных условий и режимов эксплуатации, а также качественных показателей материала герметизирующих элементов. Такой комплексный подход позволяет применить расчетные методы как для оценки ситуационной обстановки, так и для разработки мероприятий по предупреждению и ликвидации осложнений, связанных с газонефтеводопроявлениями.

Разработаны и экспериментально подтверждены математические модели износа герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов при выполнении технологических операций после герметизации устья скважины, что позволяет прогнозировать техническое состояние противовыбросового оборудования на различных стадиях его создания и использования.

Предложен экспресс-метод оценки технического состояния противовыбросового оборудования в реальных условиях процесса бурения скважин, который позволяет с минимальными затратами времени и средств непосредственно в процессе бурения прогнозировать момент выхода из строя герметизирующих элементов с учетом их первоначального состояния.

Основные защищаемые положения.

1. Концепция принципов повышения фонтанной безопасности процесса бурения и освоения скважин за счет предупреждения и ликвидации осложнений, связанных с газонефтеводопроявлениями, путем оценки и прогнозирования технического состояния противовыбросового оборудования.

2. Основные принципы разработки стенда для проведения экспериментальных исследований работоспособности и долговечности противовыбросового оборудования в условиях, соответствующих реальным условиям бурения.

3. Методика экспериментальных исследований и испытаний плашечных и кольцевых превенторов.

4. Методология оценки работоспособности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов.

5. Создание моделей износа герметизирующего элемента превентора с использованием давления в гидроприводе или усилия расхаживания в качестве критериев оценки.

6. Экспресс-метод оценки технического состояния плашечных превенторов в промысловых условиях.

Практическая значимость и реализация результатов работы.

Разработан метод оценки работоспособности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов, который позволит повысить фонтанную безопасность процесса бурения и освоения, сократить сроки строительства скважин в целом, исключить дополнительные расходы материалов и средств, связанные с необходимостью ликвидации газонефтеводопроявлений и их последствий.

Предлагаемая разработка может быть применена как для оперативного контроля за техническим состоянием используемого в процессе бурения противовыбросового оборудования, так и для корректировки технологии в процессе бурения.

Принятые математические модели процесса герметизации устья скважины позволяют реализовать разработанную методику непосредственно на буровой в процессе бурения без дополнительных испытаний герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов. Это дает возможность провести прогнозную оценку предполагаемых технологиче-

ских решений, а также оперативно скорректировать проведение процессов ликвидации ГНВП или открытых фонтанов.

Разработанные методики включены в проект отраслевой «Программы и методики испытаний» преенторов плашечных гидравлических оди-нарных и сдвоенных, предназначенных для герметизации устья нефтяных и газовых скважин с целью предупреждения выбросов и открытых фонта-нов, а также входящих в состав противовыбросового оборудования при выполнении ремонтных работ на газовых и нефтяных скважинах.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на расширенном заседании кафедры нефтегазового про-мысла Кубанского государственного технологического университета (Краснодар, 2004г.), на техническом совете филиала - «Астраханьбургаз» ДОО «Бургаз» ОАО «Газпром» (п. Аксарайский, Астраханская обл., 2003г.), на научно-техническом совете ООО «Газобезопасность» (Москва, 2004г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано семь работ.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов и рекомендаций, изложена на 147 страницах маши-нописного текста, содержит 5 таблиц, 11 рисунков, список литературы из 62 наименований, 2 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформу-лированы цель и задачи исследования, изложена его новизна и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации приводится анализ работ О.А. Блохина, Д.В. Рымчука, Г.М. Гульянца, В.Д. Шевцова, А.К. Куксова, В.Г. Шульги, У.К. Гоинса, Р. Шеффилда и др., посвященных исследованию причин сни-жения фонтанной безопасности процесса бурения и освоения скважин. Эти исследования условно делятся на несколько групп.

К первой группе можно отнести работы, в которых в качестве основной причины повышения фонтанной опасности процесса бурения и освоения рассматривается несоответствие геологическим условиям конструкций скважин и противовыбросового оборудования, выбранных без учета глубин залегания и пластовых давлений вскрываемых горизонтов.

Приведенные авторами решения в целом не являются универсальными, они не учитывают условия и режимы работы противовыбросового оборудования, в частности плашечных и кольцевых превенторов.

Во второй группе, напротив, несоответствию технических характеристик ПВО условиям бурения, оснащению устья скважин оборудованием, не обеспечивающим должную герметизацию ствола скважины отводится ведущая роль. Однако общим недостатком этих исследований является, на наш взгляд, отсутствие в них методов достоверной оценки реальной работоспособности, надежности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов, установленных на буровых. Авторы третьей группы основную роль в снижении фонтанной безопасности отводят слабой работе профилактической службы по предупреждению возникновения газонефтеводопроявлений в части профессиональной подготовки персонала буровых бригад, отсутствию должного контроля за ПВО на устье скважины.

Проблема повышения долговечности стандартного бурового оборудования рассматривалась в работах ряда авторов, однако анализ исследований, посвященных этой проблеме, показывает, что в отечественной и зарубежной литературе слабо освещено изучение причин и характера отказов основных узлов противовыбросового оборудования.

Вторая глава посвящена разработке основ для проведения экспериментальных исследований технического состояния герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов с целью оценки и прогнозирования их работоспособности и долговечности. В этой связи для исследований были разработаны и изготовлены основные детали и узлы стенда по

испытанию стандартного бурового нефтепромыслового оборудования. Конструктивно стенд представляет собой две испытательные скважины глубиной 2000 и 250 метров соответственно. В состав устьевого оборудования каждой скважины входит колонная головка с установленным противовыбросовым оборудованием (плашечный и кольцевой гидравлические превенторы вместе со станцией гидропривода). На устье испытательных скважин смонтированы стандартная буровая установка и установка для спуска колонны буровых труб в скважину, находящуюся под давлением. Кроме того, в состав стенда входят специально спроектированные и изготовленные дополнительные узлы и агрегаты: насосные агрегаты, всасывающие и нагнетательные манифолды, циркуляционная система, снабженная рядом дополнительных устройств и механизмов, и др. Более того, специально для стенда разработан интегрированный аппаратно-программный комплекс для контроля и регистрации информации при проведении экспериментальных исследований. Этот комплекс обеспечивал быструю обработку результатов экспериментальных исследований на ЭВМ, надежное хранение и ретроспективный доступ к данным, быструю переналадку и возможность параллельной работы с несколькими объектами испытаний.

Анализ работ Бабаева С.Г., Гаскарова Д.В., Гриба В.В., Гульянца Г.Н., Даниеляна А.А. и др. показал, что до настоящего времени нет методических либо нормативно-технических документов, которые бы регламентировали проведение квалификационных испытаний или экспериментальных исследований соответствующими планами, программами и методиками. Предложенная программа и методика проведения испытаний является руководством при экспериментальном исследовании работоспособности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов и предусматривает комплекс мероприятий для определения технического состояния противовыбросового оборудования в процессе его эксплуатации на основе объективных показателей.

Вопросы прогнозирования технического состояния противовыбросового оборудования в настоящее время привлекают все большее внимание специалистов нефтегазового комплекса в нашей стране и за рубежом. Это вызвано тем, что в связи с увеличивающимися глубинами бурения и соответственно усложняющимися геологическими условиями проводки скважин резко возрастает значимость повышения фонтанной безопасности и предвидения состояния всего бурового оборудования.

Прогнозирование работоспособности и долговечности герметизирующих элементов противовыбросового оборудования должно основываться главным образом на анализе процессов герметизации скважин, специальных экспериментальных исследованиях и испытаниях, изучении закономерностей, которым подчиняются процессы герметизации, обуславливающие формирование показателей надежности. Приведенные в диссертационной работе расчеты, моделирование, экспериментальные исследования и испытания служат основным средством для получения как констатирующих, так и прогнозирующих оценок надежности ПВО.

Третья глава посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям причин нарушения герметичности уплотнительных элементов плашечных и кольцевых превенторов с целью прогнозирования их технического состояния.

Методология решения данной проблемы исходила из предпосылки о том, что работоспособность герметизирующего элемента зависит от наличия или отсутствия гидравлической связи между полостями под и над плашками превентора, то есть от наличия или отсутствия гидравлических каналов в пространстве между бурильной трубой и герметизирующим элементом. Возникновение этих каналов (износ) обусловлено действием сил трения между трубой и эластичным герметизирующим элементом при движении бурильного инструмента через закрытый превентор.

Наличие каналов определялось двумя способами:

- прямым - фиксированием износа герметизирующего элемента;

- косвенным - фиксированием утечек бурового раствора (жидкости) через герметизирующий элемент превентора.

Эти способы использовались при проведении экспериментальных исследований и испытаний герметизирующих элементов с целью определения их долговечности, то есть интервала времени, в течение которого они сохраняют работоспособность. По сути дела экспериментальные исследования выявили параметры модели образования гидравлических каналов в герметизирующем элементе превентора при расхаживании по гладкой части бурильной трубы в пределах замкового соединения.

Для определения модели износа герметизирующего элемента было принято во внимание, что работа, затрачиваемая на разрушение материала герметизирующего элемента равна работе сил трения при расхаживании тела бурильной трубы через уплотнитель за определенный промежуток времени.

Учитывая, что величина силы прижатия герметизирующего элемента по нормали к телу бурильной трубы зависит от давления в гидроприводе превентора, а также соотношения между давлением в гидроприводе и упругой деформацией герметизирующего элемента была выведена зависимость между давлением в гидроприводе и временем износа герметизирующего элемента

$$P_r(t) = P_{г.закр.} (e^{-A P_{г.закр.} v_p t}), \quad (1)$$

где $P_r(t)$ и $P_{г.закр.}$ - давление в гидроприводе превентора в любой момент времени и в начальный момент его закрытия, МПа; v_p - скорость расхаживания бурильной трубы через герметизирующий элемент, м/с; t - интервал времени, в течение которого произошло приращение износа материала, с; A - обобщенный параметр, который учитывает деформацию материала, локальность истирания поверхности разрушения, коэффициент трения, работу на разрушение материала, м/Н.

Следовательно, об износе герметизирующего элемента можно судить по величине падения давления в гидроприводе превентора. Это давление

зависит, кроме первоначального давления закрытия превентора, от скорости расхаживания труб через герметизирующий элемент и продолжительности процесса расхаживания, от обобщенного параметра A , совокупно характеризующего характер трения, материал элемента и тип его износа. Это заключение позволяет сформулировать и решить обратную задачу - при известных $P_{г\text{ закр}}$, v_p и A можно определить время по истечении которого давление в гидроприводе превентора $P_r(t)$ достигнет заданной или некоторой конкретной величины.

Решение обратной задачи важно с точки зрения определения показателей работоспособности герметизирующего элемента. Опытным путем (например, при проведении квалификационных испытаний) для данной марки герметизирующего элемента можно установить величину давления под плашками (в скважине), при которой происходит нарушение герметичности противовыбросового оборудования. Иными словами, можно определить условие соотношения между давлением в скважине, которое отжимает герметизирующий элемент от трубы, и давлением в гидроприводе превентора, которое создает прижимающее усилие элемента к трубе. Это условие можно представить следующим образом:

$$P_r(t) \leq \beta \cdot P_{скв}, \quad (2)$$

где $P_{скв}$ - давление в скважине, под плашками превентора, МПа; β - коэффициент, учитывающий природу и характер механизма образования гидравлических каналов между трубой и герметизирующим элементом превентора.

Алгоритм решения обратной задачи следующий. Зная давление $P_{скв}$ и P , можно определить $P_r(t)$ по соотношению (2), а затем, используя уравнение (1), - время, по истечении которого будет достигнута найденная величина $P_r(t)$. Параметр A , входящий в уравнение (1), определяется путем проведения испытаний герметизирующего элемента как неизвестный параметр модели известного вида.

Герметизирующий элемент плашечного или кольцевого превенторов можно эксплуатировать пока величина утечек бурового раствора согласно ГОСТ 27743-88 не достигнет 4 л/мин. С технологической точки зрения важно уметь в любой момент времени t определить ресурс герметизирующего элемента, то есть определить время, когда он выйдет из строя. Определить этот промежуток времени можно, приняв следующие допущения:

1. Физически утечка бурового раствора через герметизирующий элемент является истечением жидкости через узкую щель.

2. Давление в гидроприводе зависит от износа герметизирующего элемента.

$$\sqrt[3]{\frac{Q(t)}{Q(t_n)}} = \frac{1 - Z \cdot P_r(t)}{1 - Z \cdot P_r(t_n)}, \quad (3)$$

где $P_r(t)$ и $P_r(t_n)$ - давление в гидроприводе превентора в любой заданный момент времени t и в момент времени t_n , когда утечка только началась; $Q(t)$ и $Q(t_n)$ - объем утечки в момент времени t и фиксируемая начальная утечка, л/мин; Z - безразмерный коэффициент, характеризующий зависимость между износом герметизирующего элемента и давлением в гидроприводе.

Таким образом, приведенные выше модели позволяют определить моменты начала утечки через герметизирующий элемент и выхода его из строя (потеря функциональной работоспособности).

Однако при проведении экспериментов было установлено, что из-за большого объема жидкости в системе гидроуправления и незначительных его изменений при износе (поршень с уплотнителем выдвигается на незначительное расстояние) затруднительно осуществлять контроль за процессом изменения давления в гидроприводе превентора с достаточной точностью. При этом контроль за изменением усилия (вследствие износа) расхаживания бурильных труб по их гладкой части через уплотнительный элемент с использованием современных высокочувствительных датчиков

натяжения талевого каната оказался вполне эффективным для определения износа герметизирующих элементов с целью оценки их работоспособности и долговечности.

Аналитически была определена модель зависимости износа герметизирующего элемента превентора от времени и скорости расхаживания через него по гладкой части бурильных труб или, что эквивалентно, от пути, который проходят при этом бурильные трубы, контактируя с герметизирующим элементом. Модель была получена из предположения, что сила трения, обуславливающая усилие, при котором происходит расхаживание труб через герметизирующий элемент превентора, напрямую зависит от его износа

$$H(S) = B \cdot e^{-\gamma S}. \quad (4)$$

В предложенной модели износ фигурирует в виде безразмерного параметра $N(S)$. Безразмерный параметр трения $B = \eta \cdot f \cdot \alpha$ отражает влияние как геометрии уплотнителя (η), так и характера трения (от этого зависит коэффициент трения f) и размера контактной поверхности (α).

Темп износа $\gamma = \frac{f \cdot \alpha}{a \cdot k}$ зависит как от характера трения и качества

контактной поверхности, так и от свойств материала: a - удельная работа разрушения единицы объема материала уплотнителя; k - упруго-деформационная характеристика данной конструкции (превентор, герметизирующий элемент, труба и т.д.).

Пороговое значение длины S_0 расхаживания труб через герметизирующий элемент предполагает вполне определенное соотношение между безразмерным параметром трения B и безразмерным параметром износа $N(S)$, который в этом случае обозначается $H(S_0)$. Это соотношение β_1 индивидуально для каждой конкретной партии герметизирующих элементов и может быть определено экспериментально

$$\frac{B}{H(S_0)} = \beta_1. \quad (5)$$

При известном параметре модели (4) γ и известном β_1 можно определить длину расхаживания труб через герметизирующий элемент, после чего начнется утечка бурового раствора

$$S_0 = \frac{1}{\gamma} \cdot \ln \beta_1.$$

Для определения суммарной длины расхаживания труб через герметизирующий элемент, после чего утечка достигнет 4 л/мин (элемент вышел из строя), была определена модель истечения бурового раствора через щель между трубой и герметизирующим элементом.

$$Q = Q_{\max} \cdot [1 - e^{-k(S-S_0)}]^3,$$

где Q и Q_{\max} - текущий расход и расход, который максимально возможен при определенном соотношении давления в гидроприводе превентора P_r и в скважине $P_{ска}$, л/мин; k - эмпирический коэффициент, зависящий от давления в гидроприводе превентора, 1/м; S и S_0 - суммарная длина расхаживания труб через герметизирующий элемент и длина расхаживания до начала утечек бурового раствора.

Q_{\max} и k - коэффициенты модели которые определяются эмпирически при проведении испытаний. Исследования показали, что

$$Q_{\max} = (P_r - 0,1) \cdot 41 \cdot P_{ска}, \quad (8)$$

$$k = \frac{10^{-2}}{4,8 \cdot (P_r - 0,1)} \text{ при } P_{ска} = 10,0 \text{ МПа,}$$

$$k = \frac{10^{-2}}{12,5 \cdot (P_r - 3,0)} \text{ при } P_{ска} = 7,0 \text{ МПа.}$$

Если известны Q_{\max} и k , то можно оценить долговечность герметизирующего элемента (суммарную длину расхаживания труб по гладкой части

и количество протаскиваемых замков) при сохранении технологических свойств (утечка менее 4,0 л/мин).

$$S = S_{\phi} - S_0 = \frac{1}{k} \cdot \ln \left[1 - \left(\frac{4,0}{Q_{\max}} \right)^{\frac{1}{3}} \right]. \quad (11)$$

При наличии моделей (4) - (11) появляется возможность определить алгоритм экспресс-метода оценки долговечности герметизирующего элемента превентора. Алгоритм регламентирует последовательность действий и расчетов, а также номенклатуру и состав исходных данных для выявления остаточного ресурса уплотнителя превентора в процессе его эксплуатации.

I. Определение коэффициентов модели износа уплотнителя.

1.1. При закрытом превенторе с $P_r = P_{0,r}$ и давлении в скважине, равном

$P_{\text{скав}} = P_{0,\text{скав}}$, расхаживают S метров труб по гладкой части. Выбор

$P_{\text{скав}}$ и P_r обусловлен возможностями на буровой или стенде и их значения могут быть минимальными.

1.2. По результатам замеров усилия, затрачиваемого на трение $F_{mp}(t)$

(разница между усилием расхаживания, которое изменяется во времени, и весом колонны), определяется момент времени t_1 , когда величина

$F_{mp}(t_1)$ различимо упала.

1.3. Имея значения $F_{mp}(t_0)$ и $F_{mp}(t_1)$ или $F_{mp}(S_1)$ (заметим, что

$S_1 = v_{np} \cdot t_1$), необходимо определить коэффициенты модели (4) износа

герметизирующего элемента превентора

$$B = \frac{F_{mp}(t_0)}{\frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \cdot P_{0,упр}}; \quad (12)$$

$$\gamma = \frac{\ln \left[\frac{F_{mp}(t_1)}{\frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \cdot P_{0;уп}} \right] - \ln B}{S_1}. \quad (13)$$

Примечание: если имеется возможность сделать несколько замеров вполне различных усилий, затрачиваемых на трение $F_{mp}(t_1)$, то определение коэффициентов модели износа B и γ следует проводить с использованием метода наименьших квадратов (МНК), как было показано выше.

И. Согласно результатам эксплуатационных испытаний данного вида превентора известно значение коэффициента β_1 , что позволяет получить прогнозную величину длины расхаживания колонны труб через превентор по модели (6), при которой начинается утечка бурового раствора через герметизирующий элемент превентора.

III. Для предполагаемых в дальнейшей эксплуатации величин давления управления в гидроприводе P_z и давления в скважине $P_{\text{с.к.в}}$ вычисляются значения коэффициентов модели истечения бурового раствора через щель между трубой и герметизирующим элементом превентора Q_{max} и k по формулам (8), (9) или (10)

IV. Определяется прогнозная величина длины расхаживания колонны труб через превентор после начала утечки до достижения ею величины, равной 4 л/мин, по формуле (11).

Таким образом получаем прогноз предполагаемого ресурса герметизирующего элемента по долговечности при расхаживании с заданными значениями $P_{\text{с.к.в}}$ и P_z до момента утечки 4 л/мин.

Правомерность представленного выше подхода и адекватность модели износа проверены экспериментальным путем при проведении приемочных испытаний плашечных превенторов ОАО «Станкотехника» (г. Ту-

ла), ФГУП «Воронежский механический завод» и ОАО НПО «Буровая техника (г. Москва).

По результатам измерения усилий расхаживания бурильных труб через герметизирующий элемент на начальном этапе по модели износа (4) было рассчитано пороговое значение величины S_0 , при которой начинается утечка бурового раствора. Расчетная длина составила 16870 м. Эксперимент продолжили до появления утечек. Экспериментально определенная длина составила 16772 м. Относительная ошибка рассчитанного порогового пути по сравнению с данными эксперимента составляет 98 м, или 0,6%.

Итак, подтверждена правомерность предложенной модели износа герметизирующего элемента превентора до начала утечки через него бурового раствора и показано, что коэффициенты модели могут быть адекватно определены при проведении тех или иных экспериментальных исследований или испытаний противовыбросового оборудования.

Аналогичные эксперименты были проведены и для определения суммарной длины расхаживания бурильных труб через герметизирующий элемент до полного выхода герметизирующего элемента из строя (утечка 4 л/мин).

Относительная ошибка рассчитанной длины по сравнению с данными эксперимента составляет 214 м, или 1,1%.

Можно считать, что доказана правомерность предложенной модели износа герметизирующего элемента превентора с момента начала утечки до полного его выхода из строя.

Следовательно, разработанный алгоритм экспресс-метода оценки долговечности герметизирующего элемента превентора работоспособен и может быть предложен для практического применения.

Технико-экономические аспекты

Эффектообразующие факторы прогнозирования технического состояния противовыбросового состояния (плашечных и кольцевых превенторов) можно классифицировать по следующим позициям:

- оценка и своевременная замена герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов в процессе эксплуатации ПВО,
- предотвращение «внезапного отказа», то есть мгновенного выхода из строя ПВО при проведении аварийных и ремонтных работ в скважине;
- принятие решений о возможности использования в определенных геолого-технических условиях герметизирующих элементов с различными качественными характеристиками (после длительного хранения, из различных материалов, разных заводов-изготовителей или даже партий поставки, бывших в употреблении).

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Анализ отечественных и зарубежных литературных источников, инструктивного и методического материала, а также практического опыта бурения, освоения и ремонта нефтяных и газовых скважин свидетельствует о том, что надежность функционирования противовыбросового оборудования во многом определяет безопасность этих объектов. Противовыбросовое оборудование является последним барьером на пути сложных, экологически и социально опасных аварий - открытых фонтанов, ликвидация которых требует огромных затрат, а ущерб, наносимый ими, соизмерим с экологическими катастрофами

В процессе бурения, освоения и капитального ремонта практически независимо от внешних условий (геологических, технологических или технических факторов) нефтяные и газовые скважины должны быть оборудованы надежным противовыбросовым оборудованием, гарантирующим герметизацию устья скважины в предаварийной ситуации (возникновение ГНВП).

2. Опыт эксплуатации плашечных и кольцевых превенторов показывает, а экспериментальными данными подтверждается, что наиболее

слабым узлом их конструкции, с позиций выполнения основной функции - герметизации устья, является эластичный уплотнитель - герметизирующий элемент.

При принятии решений о дальнейшем использовании ПВО или его замене следует особое внимание уделять надежности герметизирующих элементов и обязательно учитывать их работоспособность в соответствии с предполагаемой продолжительностью предстоящих этапов технологических операций в скважине (бурение, освоение, ремонт, аварийные работы и т.п.).

3. Оценка работоспособности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов основывается на знании продолжительности их безотказной работы в конкретных (соответствующих реальным) геолого-технологических условиях, которую необходимо прогнозировать, причем важно иметь прогноз именно для тех элементов, которые будут установлены на ПВО, а не просто соответствующих им.

. Предложено проводить квалификационные испытания герметизирующих элементов, устанавливаемых в плашечных и кольцевых превенторах, для определения длительности их безотказного функционирования. Испытания предполагаются непродолжительные, не разрушающие герметизирующий элемент, проводимые в условиях реальной работы скважины. Результатом этих испытаний являются сведения о времени безотказной работы либо о суммарной длине расхаживания бурильного инструмента через герметизирующий элемент.

4. Разработана методология оценки работоспособности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов, использующая величину усилия расхаживания по гладкой части колонны бурильных труб в качестве критерия износа герметизирующего элемента.

5. Определена математическая модель связи между величиной деформации материала герметизирующего элемента и давлением в гидро-

приводе превентора в любой момент времени при расхаживании. Причем эта модель имеет два вида: для равномерного и точечного истирания. Сформулирован и математически доказан принципиальный вывод о том, что об износе герметизирующего элемента можно судить по величине падения давления в гидроприводе превентора.

6. Определена модель износа герметизирующего элемента от продолжительности (или суммарной длины) расхаживания тела трубы через него. С помощью модели можно сделать прогноз о моменте потери работоспособности герметизирующего элемента (нового или уже использованного) с учетом его фактического состояния.

7. Для экспериментального подтверждения теоретических положений разработан и внедрен в практику стенд для проведения исследований работоспособности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов.

Выполненные на стенде исследования полностью подтвердили работоспособность и достоверность математических моделей износа герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов, предложенных в теоретической части диссертационной работы.

8. Для проведения сертификации и паспортизации герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов разработана комплексная программа и методика экспериментальных исследований их работоспособности и долговечности.

Рекомендуется проводить сертификацию и паспортизацию всех вновь выпускаемых иликупаемых плашечных и кольцевых превенторов и их герметизирующих элементов, особенно для организаций, ведущих бурение нефтяных и газовых скважин.

9. Для определения и прогнозирования работоспособности и долговечности герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов в промысловых условиях разработан экспресс-метод оценки их технического состояния.

Этот метод позволяет с минимальными затратами времени и средств, непосредственно в процессе бурения определять момент выхода из строя герметизирующих элементов с учетом их износа. Метод рекомендуется использовать работникам буровых организаций и противопожарной службы для оценки фонтаноопасности скважин и принятия решения о проведении дальнейших работ.

10. Экспертная оценка экономического эффекта от внедрения методов прогнозирования технического состояния герметизирующих элементов плашечных и кольцевых превенторов на Астраханском газоконденсатном месторождении, осуществленного специалистами филиала «Астраханьбургаз» совместно с работниками профилактической службы филиала Астраханская военизированная часть по предупреждению и по ликвидации открытых газовых и нефтяных фонтанов ООО «Газобезопасность» ОАО «Газпром», показала, что он может составлять около 250 тыс. рублей только от экономии прямых затрат на профилактические мероприятия по предотвращению открытых фонтанов. Учитывая, что ООО «Газобезопасность» обслуживает практически весь фонд скважин ОАО «Газпром», общая экономия от внедрения и использования разработанных технологических решений по повышению надежности работы ПВО может составить более 25 млн. рублей ежегодно.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах

1. Импортзамещающему промышленному оборудованию - квалифицированные испытания. / В.Ф. Абубакиров, Г.Ю. Шпехт, Л.А. Пашинян и др. // Газовая промышленность. - М., 2001. № 10. - С 50-51.

2. Шпехт Г.Ю., Пашинян Л.А., Питателев Ю.А. Организация и методика испытания противовыбросового оборудования. // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. - М, 2002. -№ 1. -С 43-44.

3. Шпехт Г.Ю., Пашинян Л.А., Питателев Ю.А. Испытания нового противовыбросового оборудования в ОАО «Газпром». // Надежность и сертификация оборудования для нефти и газа. - М., 2002. -№ 2. -С 42-44.

4. Шпехт Г.Ю. Стенд для испытаний противовыбросового оборудования. // Надежность и сертификация оборудования для нефти и газа. - М., 2002. -№ 3. -С 33-34.

5. Шпехт Г.Ю. Экспресс-метод оценки работоспособности и долговечности герметизирующих элементов противовыбросового оборудования. //Гипотезы, поиск, прогнозы: Сборник научных трудов СКО РИА, КГТУ, НТЦ «Кубаньгазпром». - Краснодар, 2003. -Вып. 17. -С 77-83.

6. Шпехт Г.Ю., Аветисов А.Г., Хлебников С.Р. Основы метода оценки долговечности герметизирующих элементов противовыбросового оборудования. //Гипотезы, поиск, прогнозы: Сборник научных трудов СКО РИА, КГТУ, НТЦ «Кубаньгазпром». - Краснодар, 2003. - Вып. 17. -С 84-100.

7. Шпехт Г.Ю. Пашинян Л.А. Анализ и оценка работоспособности и долговечности уплотнителей пласечных превенторов по результатам эксплуатационных испытаний противовыбросового оборудования. //Гипотезы, поиск, прогнозы: Сборник научных трудов СКО РИА, КГТУ, НТЦ «Кубаньгазпром». - Краснодар, 2003. - Вып. 17. -С 113-119.

Подписано в печать 15.04.2005 г.
Формат 60x84 1/16. Усл. п. л. - 1,5 Заказ № 164
Бумага офсетная. Печать офсетная. Тираж 100 экз.
ГОУВПО «Северо-Кавказский государственный
технический университет»
355029, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 2
Издательство Северо-Кавказского государственного
технического университета
Отпечатано в типографии СевКавГТУ

25,00



19 МАЙ 2005

1307