

*Этот материал находится на сайте
ООО "НПП "РосТЭКтехнологии" www.npprtt.ru*

На правах рукописи

Штахов Евгений Николаевич

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ОБСАДНЫХ КОЛОНН

Специальность

25.00.15 - «Технология бурения и освоения скважин»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар 2005 г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В течении 10-15 лет в условиях перестройки и изменения форм собственности в отрасли снизилась годовая добыча нефти, объем разведочного бурения сократился в 6-7 раз. Несмотря на то, что в Восточной и Западной Сибири и шельфе дальневосточных морей разведаны и разрабатываются новые месторождения, приращение разведанных запасов только на 65÷70% покрывает годовую добычу нефти, которая почти полностью приходится на разработанные и, в ряде мест, истощенные месторождения Западной Сибири и Урало-Поволжья. Согласно объективным прогнозам перспектива развития отрасли на ближайшие 6÷10 лет базируется на те же основные районы.

Поздняя стадия разработки обуславливает и возраст скважин, который для 50 % Волжско-Уральского района превышает 20 лет. Коррозионные процессы, высокие давления закачиваемой воды приводят к росту случаев потери герметичности эксплуатационных колонн. Сложные условия ремонта (восстановление герметичности, прихваты внутрискважинного оборудования) связаны со старением фонда ремонтируемых скважин.

Около 35 тыс. пробуренных и обустроенных скважин (23%) с потенциальной добычей более 42 млн. т. в год составляют бездействующий фонд. Существующие методы герметизации эксплуатационных колонн и отключения пластов трудоемки, малоэффективны, не обеспечивают герметичности колонн при больших депрессиях.

В этих условиях разработка эффективных и технологичных методов восстановления герметичности эксплуатационных колонн, отключения пластов, а также ликвидации прихватов внутрискважинного оборудования являются важной и современной задачей.

Цель работы. Повышение эффективности герметизации эксплуатационных колонн, а так же отключения пластов на основе новых технологических решений, разработки и модернизации технических средств.

Основные задачи исследований:

- Аналитические и экспериментальные исследования влияния характера и размеров нарушений обсадной колонны на несущую способность одно- и двухслойных пластырей под действием депрессии.
- Оценка перспектив применения двухслойных пластырей, доработка технологии их установки и специальных технических средств.
- Обоснование преимуществ и область применения тонкостенных металлических мостов на базе металлических тонкостенных пластырей. Разра-

ботка конструкции и технологии изготовления и установки металлических мостов для разобобщения ствола и перекрытия нарушений обсадной колонны.

- Модернизация комплекса устройств и совершенствование технологии установки продольно-гофрированных пластырей по результатам исследований процесса запрессовки и напряженного состояния двухслойной трубы.

- Исследование возможности восстановления герметичности резьбовых соединений обсадных колонн путем радиальной пластической деформации концов труб в муфтах.

- Разработка конструкции глубинного гидродомкрата на базе рациональной схемы устройства для установки пластырей и технологии ликвидации прихватов НКТ и внутрискважинного оборудования в обсадных колоннах.

Методы решения поставленных задач. Поставленные задачи решались на основе аналитических и экспериментальных исследований, стендовых испытаний опытных образцов, промышленного освоения нового оборудования и внедрения современных технологий и технических средств при капитальном ремонте скважин.

Научная новизна заключается в следующем:

- Моделирование методом конечных элементов (МКЭ) позволило оценить напряженно-деформированное состояние дефектной части трубы с пластырем под нагрузкой, выделить зоны концентраций напряжений, воспроизвести механизм деформирования пластыря вплоть до разрушения.

- Теоретически и экспериментально выявлено влияние характера и размеров нарушений обсадной колонны на устойчивость одно- и двухслойных пластырей под действием наружного давления, что позволило рассчитать допустимые предельные значения депрессий на пластыри при их установке на различные типы нарушений обсадных колонн.

- Анализом теоретических и экспериментальных исследований обоснована область эффективного применения двухслойных пластырей при проведении ремонтных работ по герметизации и восстановлению прочности крепи по размерам эксплуатационных колонн и величинам депрессии.

- На основании результатов экспериментальных исследований обоснованы рациональные режимы запрессовки пластырей в обсадную колонну, послужившие основой модернизации скважинных устройств и усовершенствования технологии ремонта скважин.

- Теоретически выявлена и экспериментально подтверждена

возможность восстановления герметичности резьбовых соединений обсадных колонн радиальным пластическим деформированием концов трубы в муфте.

Практическая ценность и реализация результатов работы:

- Теоретически и экспериментально доказана устойчивость двухслойных пластырей, установленных даже на больших дефектах (длинные продольные щели, разрыв колонны и др.) при соответствующей подготовке ствола, к воздействию наружного давления более 20 МПа. Разработана технология изготовления и установки двухслойных пластырей. Это позволяет надежно проводить работы по изоляции нарушений на любой реальной глубине существующих скважин, успешно решать актуальные вопросы отключения пластов и т.д. Имеется положительный опыт применения двухслойных пластырей в ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Мегионнефтегаз», СП «Вьетсовпетро».

- Сформулированы основные преимущества и область рационального применения тонкостенных металлических мостов. Разработаны конструкции тонкостенных металлических мостов на базе продольно-гофрированных пластырей. Успешное внедрение металлических мостов при выполнении сложных ремонтов на месторождениях Краснодарского края, позволило подтвердить такие их достоинства, как точность установки тонкостенной перемычки на заданной глубине, возможность изоляции близкорасположенных пластов, оперативность установки.

- Разработаны модернизированные комплексы устройств для установки стальных пластырей при ремонте эксплуатационных колонн основных типовых размеров, а также наборы стандартных пластырей, которые используются при ремонте обсадных колонн в целом ряде предприятий, в частности, в ОАО «Сургутнефтегаз» и месторождениях Кубани количество ежегодных ремонтов составляет 30÷45 скважин.

- Разработан, изготовлен и испытан опытный образец устройства для герметизации резьбовых соединений обсадных колонн (Пат. 32179 РФ)

- Разработан и испытан гидравлический глубинный домкрат типа ГИД для ликвидации прихватов внутрискважинного оборудования в эксплуатационных колоннах, имеющий ряд положительных особенностей как в принципиальной схеме и величине силовых параметров, так и в технологии ведения работ. Домкраты успешно применены в ОАО «Тюменнефтегаз» и в ряде предприятий ОАО «Газпром» (Пат. 2190080 РФ).

- Разработан РД 39Р-0014700-709-2003 на технологию ремонта скважин с использованием металлических пластырей.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на:

- краевой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов (г.Краснодар, 1998г.)

- межотраслевых научно-практических конференциях ОАО НПО «Бурение»: «Вопросы промывки скважин с горизонтальными участками ствола» (г.Краснодар, 1998г.); «Технологии и материалы для бурения и ремонта нефтяных и газовых скважин»(г.Краснодар-Анапа, 2000г); «Современная технология и технические средства для крепления и ремонтно-изоляционных работ нефтяных и газовых скважин» (г.Краснодар-Анапа, 2000г); «Техника и технология заканчивания и ремонта скважин в условиях АНПД» (г.Краснодар-Анапа, 2002г.); «Восстановление производительности нефтяных и газовых скважин» (г.Краснодар-Анапа, 2003г); «Сервисное обеспечение бурения и ремонта скважин» (г.Краснодар-Анапа, 2004г); «Заканчивание и ремонт скважин в условиях депрессии на продуктивные пласты» (г.Краснодар-Анапа, 2004г).

-научно-практической конференции «Последние достижения: технологии реновации скважин и повышения эффективности нефтегазодобывающих предприятий» (г. Новый Уренгой, 2003г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 статей в открытой научно-технической печати, получено два патента Российской Федерации и утвержден один руководящий документ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов и рекомендаций, списка литературы и приложений. Материал изложен на 169 страницах машинописного текста, содержит 20 таблиц, 37 рисунков. Список литературы включает 87 наименований.

Автор выражает особую признательность и благодарность научному руководителю заслуженному изобретателю РФ, доктору технических наук, профессору Рябоконе С.А. Автор считает своим долгом выразить благодарность к.т.н. Ледяшову О.А. и к.т.н. Никитченко В.Г., а также сотрудникам ОАО НПО «Бурение», оказавшим помощь в работе над диссертацией.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование актуальности решаемых в диссертации проблем. Сформулированы цели и задачи работы, методы проведения исследований, определена её практическая ценность.

Первая глава посвящена анализу современного состояния техники и технологии восстановления герметичности обсадных колонн и отключения пластов. Проанализированы традиционные способы ремонта обсадных колонн, а также некоторые разработки, выполненные в этом направлении в последние годы. Определены основные недостатки применяемых методов ремонта, обуславливающие их низкую эффективность и ограничивающие область и объемы применения.

Показано, что поиск и разработка принципиально новых эффективных способов восстановления герметичности обсадных колонн продолжает оставаться актуальной задачей. Приводятся результаты широкого внедрения в 80-90-х годах в масштабах отрасли метода ремонта обсадных колонн гофрированными стальными пластырями, который был разработан в НПО «Бурение» (ВНИИКРнефть), в том числе многочисленные примеры успешного применения способа для решения таких сложных задач, как отключение промежуточных пластов на глубинах до 2500 м, перекрытие интервала перфорации колонны сварной секцией пластыря длиной до 38 м и др.

Массовое внедрение пластырей характеризовалось высокими технико-экономическими показателями: коэффициент успешности возрос до 0,9-0,95, вместо 0,5-0,6 по сравнению с цементными заливками; снизилась стоимость и длительность операций в 2-2,5 раза, резко увеличилась продолжительность эффекта. За двадцатилетний период внедрения и производственного использования в основных нефтедобывающих регионах страны и за рубежом с помощью пластырей отремонтировано несколько тысяч скважин.

Рассмотрены основные причины прекращения или резкого уменьшения объемов применения способа в практике капитального ремонта скважин в настоящий период. Показано, что причинами уменьшения объемов являются снижение пластовых давлений на большинстве месторождений страны, где почти 90% скважин эксплуатируются с применением глубинных насосов, в связи с этим в процессе освоения и эксплуатации пластыри подвержены воздействию высоких депрессий, что приводит к потере их герметичности. В большинстве районов практически полностью вернулись к ремонту колонн традиционным и низкоэффективным способом – цементными заливками.

Далее в главе проведён сравнительный анализ отечественной и зарубежной технологий и технических средств ремонта обсадных колонн стальными пластырями. Показано, что, несмотря на наличие общих основных особенностей способа восстановления целостности обсадных колонн, приводящего к одинаковому конечному результату – запрессовке стального пластыря в дефектный участок колонны, разработки фирмы «Weatherford», и ОАО НПО «Бурение» принципиально отличаются друг от друга в технологиях проведения работ, применяемых технических средствах и режимах запрессовки.

Разработанные отечественные технологии изготовления продольно-гофрированных труб, устройства для расширения и запрессовки пластырей, гидромеханические скребки и все другие элементы комплекса универсальны, просты, технологичны и вполне соответствуют реальным условиям эксплуатации. В отличие от зарубежной технологии, отечественная технология предусматривает, в частности, возможность установки пластырей на участках колонны ниже муфт ступенчатого цементирования, ранее установленных пластырей в местах нарушения колонны.

В главе приведены результаты и анализ исследования напряжений, возникающих в колонне в процессе запрессовки пластыря, а также напряженного состояния двухслойной обсадной трубы после запрессовки. Результаты этих исследований были положены в основу принципиальной модернизации комплекса технических средств для ремонта эксплуатационных колонн; разработаны новые устройства комплекса; освоено изготовление пластырей второго слоя, ступенчатых пластырей, тонкостенных металлических мостов. Усовершенствована технология ремонта, предусматривающая установку, как обычных, так и двухслойных пластырей. Это позволяет расширить область применения металлических пластырей, снизить трудоемкость ремонтных работ и повысить их эффективность.

Вторая глава посвящена аналитическим и экспериментальным исследованиям устойчивости и герметичности дефектных участков обсадных колонн, подверженных действию наружного давления, после запрессовки одно- и двухслойных пластырей.

В начале главы приведен анализ опубликованных расчетных методов определения прочности пластырей, установленных на типичных дефектах обсадных колонн, являющихся причиной потери их герметичности. Показано, что предложенные формулы не достаточно полно учитывают действие основных факторов, влияющих на устойчивость пластыря.

Отмечается, что современные аналитические методы исследований не позволяют дать достоверную количественную оценку такой сложной напряженной системы. Тем более, что применяемая в настоящее время техника производственной дефектоскопии обсадных колонн не всегда обеспечивает получение информации с необходимой точностью.

Приводятся результаты исследований несущей способности пластыря, установленного на типичном дефекте обсадной колонны, методом конечных элементов (МКЭ), который основан на общей системе физико-математических уравнений, определяющих устойчивость и прочность конструкции.

Исследования с использованием метода МКЭ позволили наглядно, на цветных моделях представить напряженно-деформированное состояние двухслойной дефектной части трубы с пластырем под внешней нагрузкой; выделить места концентрации напряжений; воспроизвести динамику деформирования и разрушения пластыря.

Многолетний опыт эксплуатации тысяч скважин, отремонтированных стальными пластырями свидетельствует, что серийные пластыри толщиной 3 мм достаточно надежно выдерживают депрессию в эксплуатационной колонне до 9 МПа. При дальнейшем росте наружного давления на пластырь, установленный на дефектах обсадной колонны возможны потеря герметичности и смятие пластыря. Показано, что наиболее реальным, в настоящее время, способом повышения устойчивости гофрированных пластырей, а, следовательно, и глубины их установки, является увеличение толщины его стенки, путем запрессовки двухслойных пластырей.

Для достоверной оценки влияния размеров и формы нарушений колонны, режимов запрессовки пластырей на их устойчивость был выполнен большой объем исследований на экспериментальной установке, моделирующих условия, приближенных к реальным (рис.1).

Для удобства анализа, результаты испытаний 29-ти пластырей, установленных в дефектных патрубках обсадной трубы, были разбиты на три группы в зависимости от характера нарушений.

В первую группу включены результаты испытаний на смятие наружным давлением одно- и двухслойных «открытых» пластырей, установленных между отрезками обсадных труб диаметром 146мм - схема, имитирующая работу пластыря, запрессованного в месте разрыва обсадной колонны с осевым смещением.

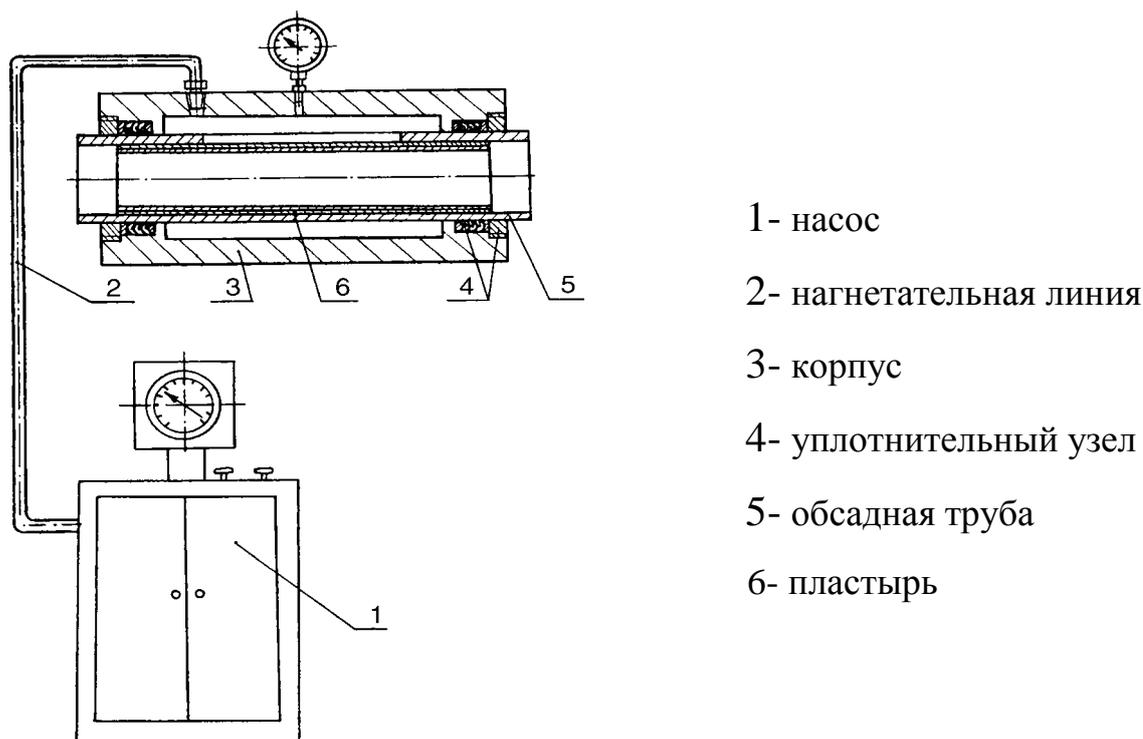


Рис. 1 Схема установки для опрессовки пластырей наружным давлением

Выполненный в работе анализ многочисленных теоретических и экспериментальных исследований смятия труб и, прежде всего, обсадных колонн, позволил установить, что формулы Г.М.Саркисова для определения критического давления $p_{кр}$ и методы Американского Нефтяного Института (АНИ) для определения сминающего давления $p_{см}$ приемлемы для оценки устойчивости пластыря при длине «открытого» участка $L \geq (6 \div 7) D$. Используя эти формулы для определения зависимости критического $P_{кр}$ и сминающего $P_{см}$ от коэффициента K (отношение толщины стенки трубы к диаметру) в заданных пределах ($K = 0,02 \div 0,05$, сталь 10 ($\sigma_T = 210 - 260$ МПа)) и используя регрессионный анализ, получены выражения (1) и (2), устанавливающие связь между давлениями $p_{кр}$ и $p_{см}$ и коэффициентом K

$$p_{кр} = 31 \cdot 10^3 \cdot K^{2,41}, \text{ МПа} \quad (1)$$

$$p_{см} = 16,5 \cdot 10^3 \cdot K^{2,18}, \text{ МПа} \quad (2)$$

$$K = \frac{\delta}{D}$$

где: δ - толщина стенки пластыря, мм;

D - диаметр пластыря, мм.

Как видно из выражений (1) и (2) расчетные давления связаны с толщиной стенки пластыря зависимостью, превышающей квадратичную.

В таблице 1 и на графиках рисунка 2 представлены результаты испытаний при нагружении наружным давлением «открытых» пластырей.

Таблица 1

Результаты испытаний при нагружении наружным давлением «открытых» пластырей

№ п/п	Толщина пластыря, мм	Длина открытого участка пластыря L, мм	Давление смятия $P_{см}$, МПа	$P_{см2}/P_{см1}$ *)
1	3	735	4,0	-
2	3	230	8,0	-
3	3	127	12,2	-
4	3	25	18,0	-
5	6(3+3)	635	13,8	3,48
6	6(3+3)	222	23,0	2,88
7	6(3+3)	127	29,5	2,41
8	6(3+3)	25	44,0	2,44

*) Отношение давлений смятия двухслойного $P_{см2}$ и однослойного $P_{см1}$ пластырей при одинаковой длине открытого участка

При $L = 750 \div 800$ ($L = 6 \div 7D$) расчетные давления смятия однослойного $P_{см1}$ и двухслойного пластырей, подсчитанное по формулам для расчета $P_{см}$ обсадных труб (линии 4, 5 и 6), достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными (линии 1,2), (рис.2).

По мере уменьшения L давление смятия резко увеличивается (линии 1 и 2) в связи с возрастающим влиянием на смятие пластырей жестких патрубков по краям образца; значение $P_{см2}/P_{см1}$ - снижается.

Естественно, что наибольшее давление смятия получено для пластырей, установленных на негерметичных муфтах ($L = 25 \div 30$ мм). Для наглядной оценки влияния жесткости крепления концов «открытых» пластырей показаны линии 7 и 8 – результаты смятия пластырей, сваренных по контуру их контакта с патрубками, что приблизило образцы к монолитным ступенчатым трубам.

В практическом плане выражения (1) и (2) могут быть применены для расчета минимальных давлений устойчивости пластыря в заданных преде-

лах: $K = 0,02 \div 0,05$, марка стали пластыря - сталь 10 ($\sigma_T = 210 - 260$ МПа), интервал негерметичности $L \geq 6 \div 7D$.

Из результатов испытаний устойчивости «открытых» пластырей в таблице 1 следует вывод, что пластыри, особенно двухслойные, могут надежно восстанавливать герметичность при таком сложном дефекте, как осевой выход трубы из муфтового соединения ($L=100 \div 200$ мм), т.е. «сшивать» колонну.

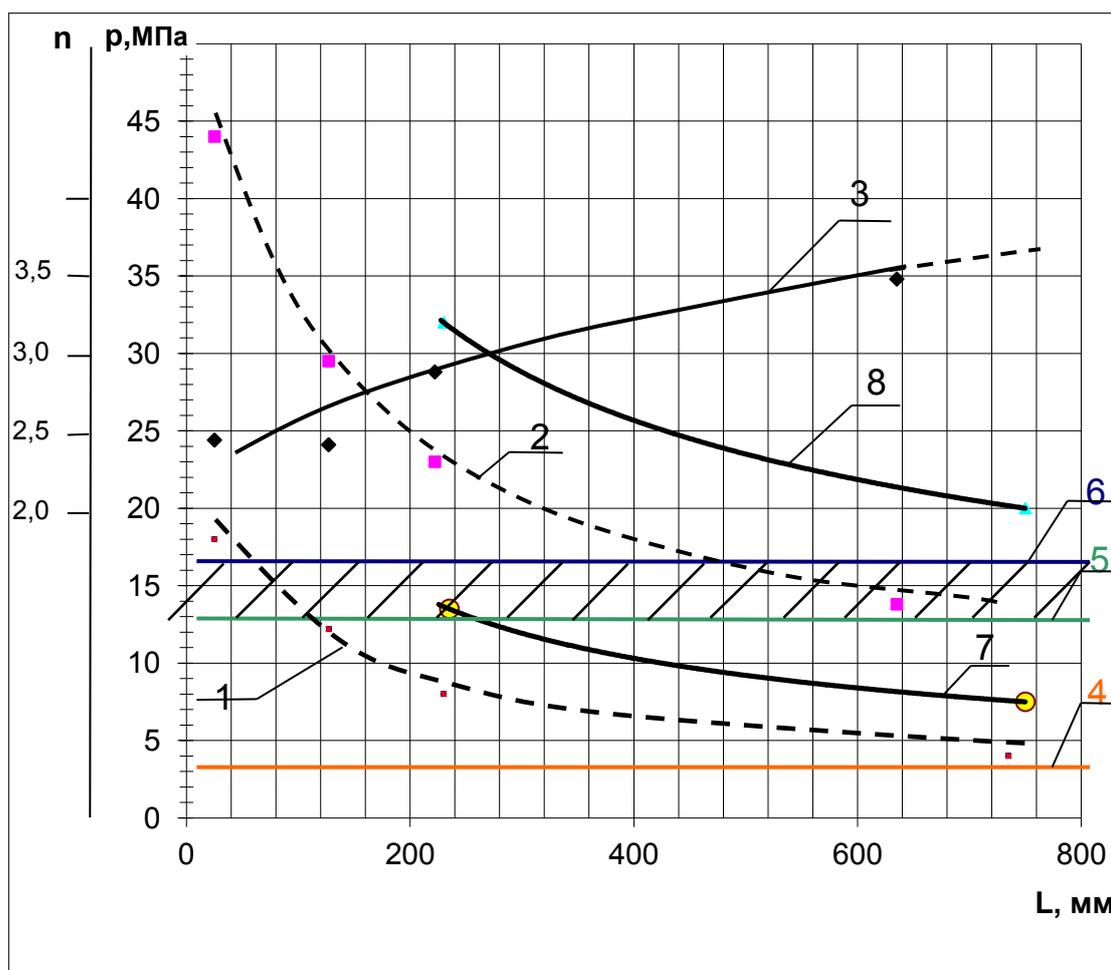


Рис. 2 Изменение сминающих давлений одно и двухслойных пластырей при изменении «открытой длины».

Линии: 1 и 2 – изменение p_{cm1} и p_{cm2} ;

$$3 - n = \frac{p_{cm2}}{p_{cm1}} ;$$

4, 5, 6 – соответственно расчетные значения p_{cm1}' и p_{cm2}' при $\sigma_m = 210 \div 260$ МПа;

7,8 - p_{cm1}'' и p_{cm2}'' для образцов со сваркой по внутренней линии контакта.

Во вторую группу вошли образцы с установленными пластырями на искусственно выполненных локальных нарушениях обсадной колонны в виде небольшой по длине щели, сквозного отверстия, негерметичной муфты. Подобные сквозные каналы являются основными дефектами обсадных колонн: отдельные перфорационные отверстия, щелевые дефекты труб, прожоги кабелем, отдельные коррозионные каналы и, чаще всего, негерметичность резьбового соединения.

В таблице 2 сведены основные результаты экспериментов по опрессовке пластырей, установленных на локальных нарушениях колонны.

Таблица 2

Результаты экспериментов по опрессовке пластырей на локальных нарушениях

№ п/п	Толщина стенки пластыря, мм	Форма и размер нарушения, см	Давление смятия P , МПа	Отношение давлений $P_{см2}/P_{см}$
1	3	Щель 15x0,8	29	-
2	3	Отверстие \varnothing 2,9	24	-
3	3	Муфта	18	-
4	6(3+3)	Щель 15x0,8	72	2,48
5	6(3+3)	Отверстие \varnothing 2,9	53	2,41
6	6(3+3)	Муфта	44	2,44

Как видно из таблицы 2 на давление смятия, как одно, так и двухслойного пластыря, при том же качестве запрессовки существенно влияют, как форма, так и размер локального дефекта.

Устойчивость однослойных пластырей при перекрытии наиболее часто встречающихся локальных дефектов составила 18-29 МПа, что в два – три раза превысило установленный на практике предел допустимой депрессии (8-9 МПа).

Давление смятия двухслойных пластырей в тех же условиях (44÷72МПа) – на уровне расчетной устойчивости цельной трубы ($P_{см}^1=52$ МПа). Отношение $P_{см2}/P_{см1}$ достаточно стабильно – 2,41÷2,5.

Приводится обоснование высокой устойчивости пластырей на локальных дефектах, связанной с действием взаимонапряженной двух- и трехслойной системой, возникающей после запрессовки, а также с достижением при

этом плотного контакта по контуру дефекта. Рассмотрена возможность использования некоторых положений теории пластин и оболочек, применительно к анализу устойчивости пластырей, установленных на локальных дефектах.

Отмечается удовлетворительная сходимости полученных данных с результатами определения устойчивости однослойных пластырей фирмой «Weatherford».

В таблице 3 представлены результаты третьей группы экспериментов – опрессовки пластырей на наиболее сложных для ремонта нарушениях обсадной колонны – длинных продольных щелях. Для испытаний использовались патрубки со щелями, прорезанными роликовым гидромеханическим перфоратором (*) и фрезой.

Таблица 3

Результаты опрессовки пластырей на длинных продольных щелях

№ п/п	Толщина стенки пластыря, см	Характер и размеры нарушения, см	Давление смятия, $P_{см}$, МПа	Отношение давлений $P_{см2}/P_{см}$
1	3	Щель 82 x 1,5(5)*	10	
2	3	Щель 82 x 1,5(5)*	11	
3	3	Щель 84 x 1÷1,5	14	
4	3	Щель 80,5 x 2,5÷3,4	13,8	
5	6 (3+3)	Щель 82 x 1,5(5)*	21	2,10
6	6 (3+3)	Щель 82 x 1,5(5)*	23	2,09
7	6 (3+3)	Щель 84 x 1÷1,5	32	2,28
8	6 (3+3)	Щель 79,5x2,5÷3,4	33	2,39

В скобках (столбец 3) указаны средняя ширина поверхности пластыря, не прилегающей к обсадной трубе в интервале нарушения.

При удовлетворительной устойчивости пластырей, установленных в патрубках со щелями, выполненными фрезой (поз. 3,4,7 и 8), устойчивость пластырей в патрубках, со щелями, выполненными роликовым перфоратором, оказалась значительно ниже. Геометрия этих патрубков была заметно нарушена, сечение трубы имело грушевидную форму, после запрессовки пласты-

ря в интервале щели остались участки, не прижатые к трубе. Труба в этом случае не выполнила роль опоры, охватывающей и армирующей пластырь.

Как и при смятии «открытого» пластыря с ростом длины щелевого дефекта устойчивость пластыря значительно падает (см. табл. 2 и 3).

В главе описаны специфика выбора периметра второго слоя пластыря, его длины, особенности технологии запрессовки второго слоя; рассмотрены дополнительные технические средства, необходимые для проведения работ по данной технологии. Показано, что ремонт обсадной колонны двухслойными пластырями технологичен, по трудоемкости и продолжительности работ незначительно отличается от обычной установки однослойного пластыря в скважине.

Модернизация комплекса устройств для ремонта стальными пластырями и доработка РД на технологию ремонта проводились с учетом требований полного соответствия специфике установки пластыря второго слоя, а также ступенчатых пластырей, устанавливаемых «внахлест» в случае повторного проведения операции по восстановлению герметичности обсадной колонны.

Рассматривая перспективу применения двухслойных пластырей надо отметить, что, как показали исследования, их устойчивость на всех основных видах негерметичностей обсадных колонн, при прочих равных условиях, в 2,4÷2,5 раза превысила устойчивость однослойных пластырей.

Можно считать, что величина устойчивости однослойных пластырей в 9МПа для двухслойных пластырей составляет 20 МПа и более, что вполне отвечает условиям надежного ремонта большинства нефтедобывающих скважин. При ремонте колонн с локальными дефектами, устойчивость много выше и приближается к прочности цельной трубы.

При ремонте сложных дефектов, таких как длинные щели, участки, ослабленные коррозией, а также при отключении пластов, установке пластырей должно предшествовать созданию прочного цементного экрана за колонной.

Можно заключить, что метод восстановления герметичности обсадных колонн двухслойными пластырями является перспективным и конкурентоспособным по технико-экономическим показателям.

В третьей главе представлена новая разработка – тонкостенный металлический мост, который, как и двухслойные пластыри, следует рассматривать как результат развития и расширения области применения продольно-гофрированных труб при капитальном ремонте скважин.

Конструктивной особенностью моста являются цилиндрический участок корпуса, предназначенный для размещения дорнирующей головки уст-

ройства при спуске в скважину, и привариваемая к нему заглушка, герметично перекрывающая ствол скважины после запрессовки пластыря (рис. 3).

Основная часть моста представляет собой обычный пластырь, выбор периметра, длины и изготовление которого осуществляют по отработанной технологии.

Для отработки технологии изготовления, процесса установки и устойчивости металлического моста к воздействию внутреннего и наружного давлений была проведена серия экспериментов.

Испытания на модельных образцах, имитирующих скважинные условия показали, что металлические мосты легко выдерживают избыточное внутреннее давление до 15 МПа, внешнее на цилиндрический участок и заглушку следует ограничивать величиной 9-10 МПа. Однако при заполнении полости моста песком или цементом это давление может быть увеличено до 20-25 МПа.

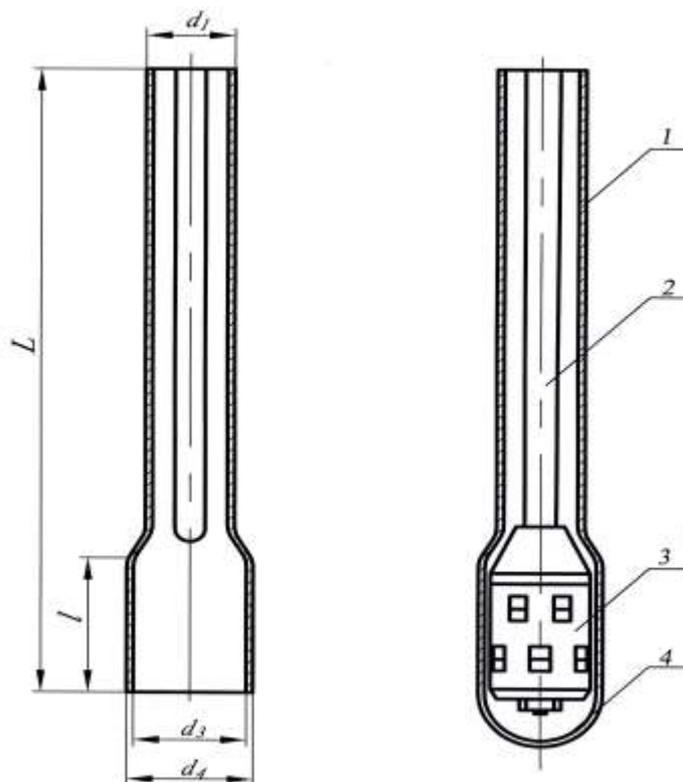


Рис. 3 Мост металлический тонкостенный

1 - корпус моста, 2 – штанга, 3 – головка, 4 – заглушка.

Технология подготовки ствола скважины, определение глубины установки и процесс запрессовки моста в обсадную колонну, а также применяе-

мые при этом технические средства не отличаются от установки обычных пластырей, что и обеспечивает размещение его в стволе с точностью до 0,5 м. Для восстановления проходимости ствола скважины дно моста легко разрушается.

Важно отметить, что предложенное устройство совмещает в себе функции моста и пластыря, может одновременно разобщать ствол скважины и перекрывать нарушенные участки обсадной колонны практически любой длины. В частности, на трех эксплуатационных скважинах мостами длиной 7-10 м были одновременно перекрыты ствол и интервалы перфорации с целью перехода на эксплуатацию вышележащих продуктивных пластов.

Четвертая глава посвящена экспериментальным и теоретическим исследованиям метода восстановления герметичности резьбовых соединений обсадных труб путем радиального пластического деформирования концов трубы в муфтовом соединении.

Среди многих причин потери герметичности обсадных колонн негерметичность резьбовых соединений является наиболее частым видом нарушения. Отдавая должное разработкам резьбовых соединений повышенной прочности и герметичности, отмечается, что основной фонд нефтяных и значительная часть газовых скважин обсажены серийными муфтовыми трубами с треугольной безупорной конической резьбой. Поэтому разработка новых эффективных способов восстановления герметичности резьбовых соединений остается актуальной задачей.

Рассмотрен механизм нарушения герметичности конических резьб, влияние конструктивных и технологических факторов.

Отмечено, что при существующих методах восстановления герметичности резьбовых соединений обсадных колонн, ремонт их характеризуется низкой успешностью и незначительной продолжительностью эффекта. Более успешные способы герметизации, такие, как довинчивание незацементированной части колонны и установка металлических пластырей имеют ограниченную область применения, либо пока не получили достаточного распространения.

В работе исследован метод восстановления герметичности резьбовых соединений за счет пластического деформирования резьбовой части трубы в муфте до существенного уменьшения или полной ликвидации зазоров между витками под воздействием внутренней радиальной нагрузки.

Схема гидромеханического устройства для герметизации резьбовых соединений обсадных колонн (расширителя) показан на рисунке 4.

При создании начального давления (2÷3 МПа) и перемещении устройства по трубе вверх, клиновая головка, расширяясь, «находит» зазор муфтового соединения и фиксируется в нем за счет выдвигания сухарей 3 (рис. 4б). Далее, с рабочим давлением 7 МПа, расширитель несколько раз перемещается по трубе на $0,2 \div 0,3$ м, каждый раз деформируя внутреннюю трубу на величину уступа δ .

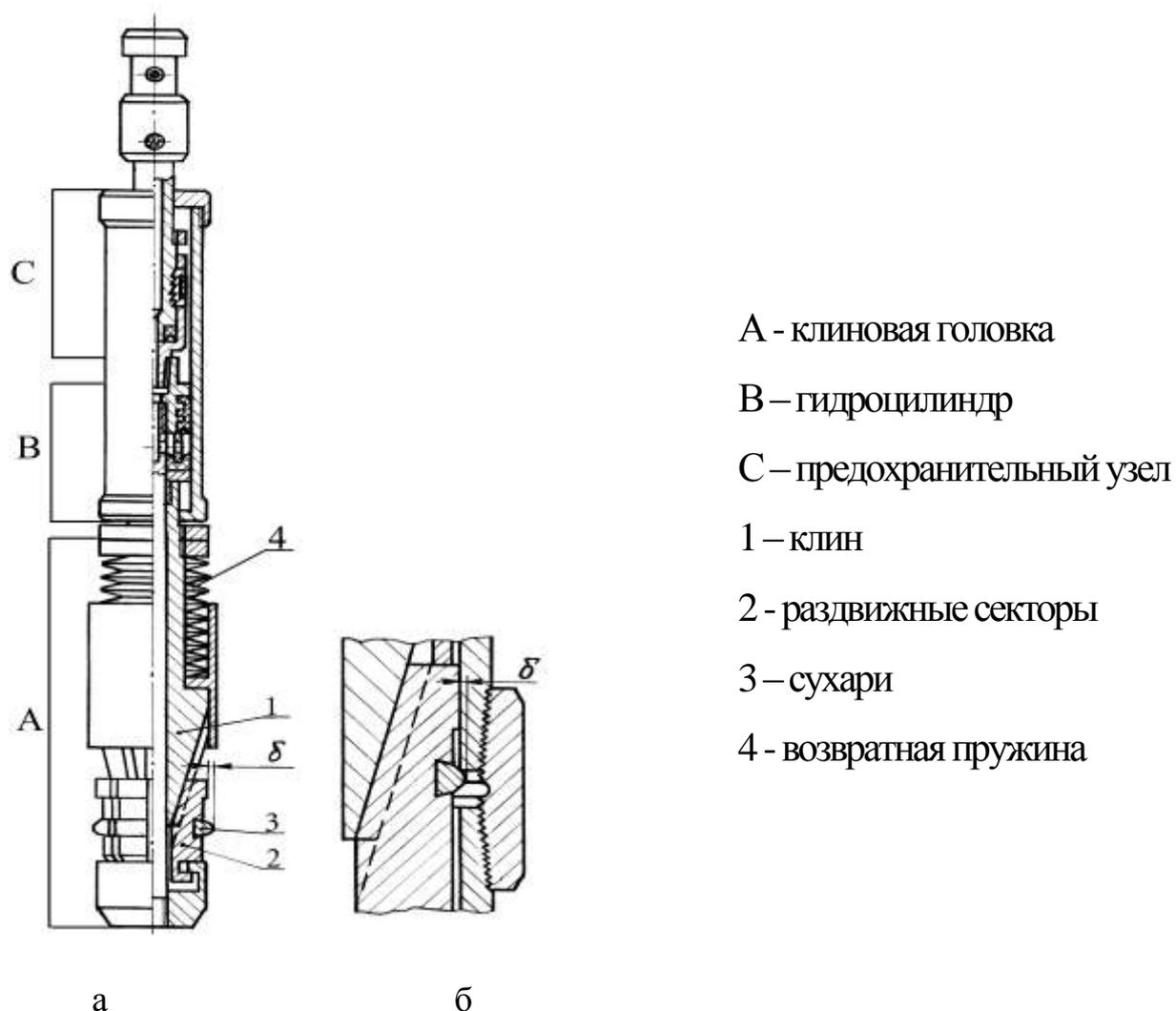


Рис. 4 Гидромеханическое устройство для герметизации резьбовых соединений обсадных колонн (расширитель)

Проведенные стендовые испытания по восстановлению герметичности резьбовых соединений обсадных колонн диаметром 168,3 мм в стандартных муфтах с расчетным диаметральной зазором в резьбовом соединении 0,8 мм и измерения наружного диаметра образцов на участках деформации показали, что пластическое деформирование имело место при первых трех проходах

расширителя, при четвертом проходе наблюдалось только упругое деформирование трубы, т.к. зазоры в резьбе были практически устранены.

Рассмотренный процесс деформирования трубы близок процессу дорнования, применяемому в машиностроении для получения отверстий в деталях с точной и качественной внутренней поверхностью. Применение элементов теории дорнования позволило использовать некоторые закономерности, в частности, особенность учета воздействия тягового усилия расширителя на деформацию трубы.

Были подробно проанализированы напряжения и деформации, возникавшие в патрубках при каждом проходе расширителя с использованием расчетных формул, в том числе формул для толстостенных и двухслойных труб.

Описана особенность конструкции клиновой головки расширителя, допускающая возможность ограничивать и регулировать предельное тяговое усилие в процессе пластического деформирования резьбового соединения обсадной колонны.

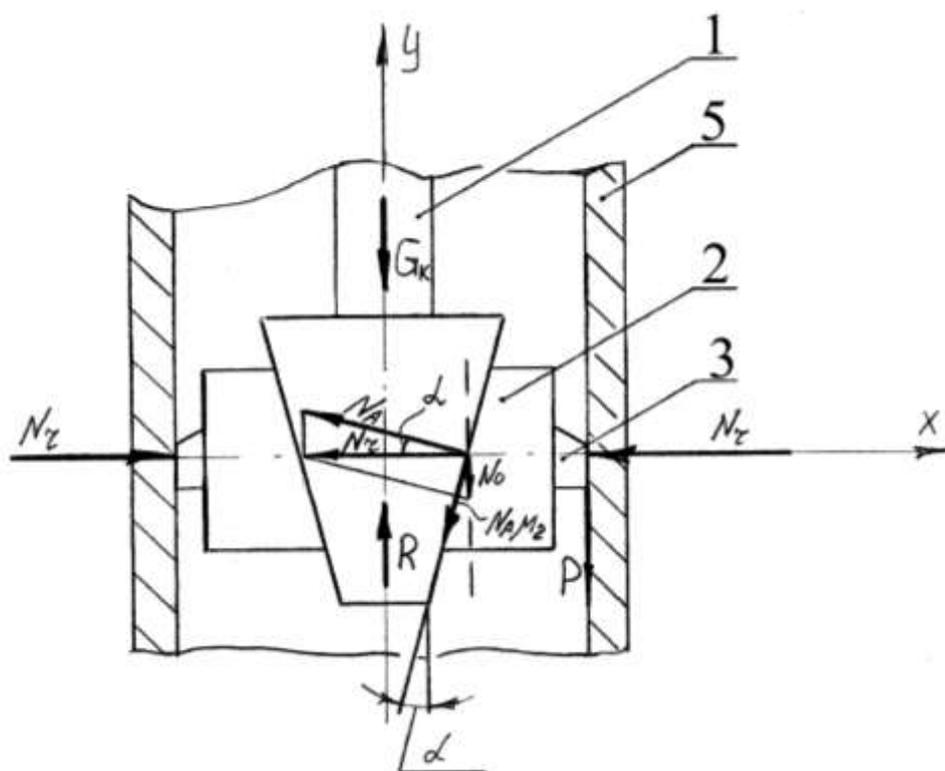


Рис. 5 Распределение сил, действующих на клин расширителя

Из условий равновесия усилий действующих на клин 1 при протягивании расширителя, представленных на рисунке 5, получены выражения (3) и (4)

$$P = \frac{(G_k - R)\mu_1}{\operatorname{tg} \alpha - \mu_2} \quad (3)$$

$$\text{или } G_k = \frac{P}{\mu_1} (\operatorname{tg} \alpha - \mu_2) + R \quad (4)$$

где: P – тяговое усилие;

N_r – окружное радиальное усилие взаимодействия сухарей 3 с трубой 5;

R – усилие возвратной пружины 4;

G_k – усилие, передаваемое на клин поршнем гидродомкрата;

α – угол клина;

μ_1 и μ_2 – коэффициент трения.

При установленной величине уступа δ (рис. 4в) предельное значение тяговой силы (выражение 3) может быть отрегулировано с учетом прочности колонны НКТ и других требований за счет величины G_k – изменением давления в гидроцилиндре.

Разработанная технология позволяет обеспечить эффективную борьбу с негерметичностью обсадных колонн, вызванную малыми утечками в резьбовых соединениях, без потери проходного диаметра со значительной продолжительностью эффекта.

По сравнению с довинчиванием резьбовых соединений на незацементированном участке колонны, предлагаемый способ обеспечивает тот же эффект – устранение зазоров между витками резьбы, но практически по всей длине колонны и без использования специальной техники и трудоемких операций. Герметизация не зависит от качества нарезки резьбы, дефектов, напряженного состояния в обсадной колонне, т. к. уступы при осевом перемещении головки непосредственно «виток за витком» деформируют резьбовое соединение, значительно уменьшая или ликвидируя зазоры в резьбе.

В пятой главе приводятся анализ существующих конструкций гидравлических домкратов для ликвидации прихватов инструмента в обсадных колоннах и результаты разработки основных параметров конструкции, а также особенностей эксплуатации глубинных гидравлических домкратов серии ГИД.

Разработка направлена на устранение наиболее сложных и трудоемких аварий в скважинах – прихватов инструмента, которые наряду с восстановле-

нием герметичности обсадных колонн представляют собой серьезные проблемы при проведении капитального ремонта.

В начале главы приводится анализ известных гидродомкратов, отмечены особенности и недостатки, затрудняющие их применение.

В основу разработки принципиальной схемы домкрата ГИД, а также основных его узлов, были заложены технические решения, реализованные в конструкции дорна Д1-И, выполненного по интегральной схеме.

В отличие от известных решений корпус силовых цилиндров домкрата соединен с гидравлическим якорем; ствол домкрата непосредственно соединен с ловильной колонной и далее, через ловильный инструмент с извлекаемым объектом. Кроме усилия, развиваемого гидроцилиндрами, на ствол домкрата дополнительно может передаваться усилие от грузоподъемной установки. Конструкция позволяет осуществлять контроль за ходом извлечения прихваченного объекта с поверхности, работы по его расхаживанию. Кроме того, с целью надежного сцепления якоря со стволом скважины, исключения скольжения и износа плашек и др. между якорем и цилиндрами установлен регулировочный клапан, обеспечивающий первоочередное включение якоря при создании давления.

Усилия, развиваемые домкратами серии ГИД, соответствуют прочности серийных ловильных инструментов, достаточны для того, чтобы при необходимости разорвать трубы и извлечь часть прихваченной колонны и составляют, в зависимости от типоразмера, 45-120 тн.

Разработанная технология ликвидации прихватов с использованием домкратов серии ГИД и проведенные промышленные подтвердили их работоспособность, соответствие техническим и эксплуатационным характеристикам и расчетным параметрам. Получен положительный опыт успешного применения домкратов при ликвидации прихватов инструмента на 12 скважинах.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.

1. На основе анализа техники и технологии восстановления герметичности обсадных колонн стальными пластырями выявлены и обоснованы основные технологические факторы, влияющие на успешность работ, послужившие основой принципиальной модернизации комплекса технических средств для ремонта эксплуатационных колонн.

2. Теоретические и практические исследования по оптимизации режимов запрессовки металлических пластырей, напряженно-деформированного

состояния дефектной части обсадной колонны с установленным пластырем и их устойчивости под действием наружного давления положили основу для разработки новых устройств и освоения изготовления двухслойных пластырей, ступенчатых пластырей, тонкостенных металлических мостов, а также усовершенствования технологии ремонта, предусматривающей установку как обычных, так и двухслойных пластырей.

3. На основании теоретических и экспериментальных исследований показано, что наиболее реальным способом повышения устойчивости пластырей к воздействию внешнего давления в 2,4-2,5 раза является увеличение толщины его стенки за счет установки двухслойных пластырей. Порог устойчивости превышает 20 МПа и достаточен для надежной изоляции нарушений абсолютного большинства нефтяных скважин, для решения таких актуальных задач как отключение промежуточных пластов и др.

4. Разработаны тонкостенные металлические мосты на базе гофрированных пластырей. Их достоинствами являются возможность изоляции близко расположенных пластов, малая материалоемкость, значительное сокращение времени работ, повышение точности установки на заданной глубине. Кроме этого прочность, герметичность и долговечность металлических мостов значительно выше, чем у цементных мостов.

5. Теоретически доказано и экспериментально подтверждена возможность восстановления герметичности резьбовых соединений обсадных колонн радиальным пластическим деформированием концов трубы в муфтовом соединении. Установлено, что пластическая деформация резьбовой части трубы в муфте позволяет существенно уменьшать или полностью ликвидировать зазоры между витками резьбового соединения.

6. Разработано устройство и предложена технология, позволяющая восстанавливать герметичность резьбовых соединений обсадной колонны без уменьшения ее внутреннего диаметра.

7. Разработаны конструкция и технология ликвидации прихватов с использованием глубинных гидравлических домкратов, выполненных по новой схеме, которая позволяет проводить операции в скважине непосредственно в интервале прихвата без нагружения ловильной колонны и возможностью контроля за ходом извлечения прихваченного объекта с поверхности. При испытаниях получены положительные результаты.

8. Новизна двух технико-технологических решений, созданных при выполнении работы, подтверждена патентами РФ.

9. На основании результатов исследований разработан и утвержден руководящий документ «Инструкция по технологии ремонта обсадных колонн стальными пластырями» (РД 39Р-0014700-709-2003), отвечающий современным требованиям при выполнении работ по восстановлению герметичности обсадных колонн.

10. Экономическая эффективность от внедрения составила 265 тысяч рублей на одну скважинно-операцию в год.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Мишин В.И., Буйко К.В., Штахов Е.Н. Модернизированный комплекс устройств для ремонта обсадных колонн металлическими пластырями// Нефтяное хозяйство. -1999.-№ 2.-С. 33-35.
2. Применение металлических тонкостенных мостов при перекрытии интервалов перфорации / В.Г. Никитченко, Е.Н.Штахов, К.В. Буйко и др. // Нефтяное хозяйство. - 1999.-№ 3.-С.55-56.
3. Ледяшов О.А., Штахов Е.Н., Буйко К.В. Повышение устойчивости нарушенных участков обсадных колонн двухслойными пластырями// Нефтяное хозяйство. - 2000.-№3.- С.36-37.
4. Никитченко В.Г., Буйко К.В., Штахов Е.Н. Металлический тонкостенный разобщающий мост и технология его установки в обсаженных скважинах // Сб. научн. тр./ОАО НПО «Бурение». – Краснодар.- 1998.-Вып 1.-С.158-163.
5. Ледяшов О.А., Штахов Е.Н., Буйко К.В. Перекрытие нарушенных и перфорированных участков обсадных колонн стыкосварными удлиненными пластырями // Сб. научн. тр./ОАО НПО «Бурение». –Краснодар.- 1999.- Вып. 2.- С.154-157.
6. Ремонт эксплуатационных колонн неоконских скважин Уренгойского газоконденсатного месторождения / Д.Н.Хадиев, А.А.Ахметов, Е.Н.Штахов и др. // Сб. научн. тр./ОАО НПО «Бурение». –Краснодар.- 1999.-Вып. 2.- С.212-220.
7. Глубинный гидравлический домкрат для ликвидации прихватов в обсадных колоннах. // В.И.Мишин, К.В.Буйко, Е.Н.Штахов и др. // Сб. научн. тр./ОАО НПО «Бурение». –Краснодар.- 2000.-Вып. 5.-С.208-213.
8. Повышение прочности стенок обсадных колонн в интервале нарушения за счет запрессовки в них двухслойных пластырей / В.И.Мишин,

- О.А.Ледяшов, Е.Н.Штахов и др. // Сб. научн. тр./ОАО НПО «Бурение». – Краснодар.- 2000.-Вып. 5.-С.214-218.
9. Рябоконт С.А., Штахов Е.Н., Никитченко В.Г. Технология установки тонкостенных металлических мостов для перекрытия стволов скважин и нарушений обсадных колонн в условиях низких пластовых давлений // Сб. научн. тр./ОАО НПО «Бурение». –Краснодар.- 2002.-Вып. 8.-С.193-198.
 10. Восстановление герметичности резьбовых соединений обсадных колонн методом пластического деформирования. / Е.Н. Штахов, О.А. Ледяшов, В.Г. Никитченко и др. // Сб. научн. тр./ОАО НПО «Бурение». –Краснодар.- 2003- Вып. 10.-С.149-152.
 11. Опыт проведения сервисных работ по ремонту обсадных колонн металлическими пластырями. / Е.Н. Штахов, В.Г. Никитченко, А.В.Величко и др. // Сб. научн. тр./ОАО НПО «Бурение». –Краснодар.- 2004.-Вып.11.-С.195-199.
 12. Особенности отечественной и зарубежной технологий ремонта обсадных колонн стальными пластырями. / Е.Н. Штахов, О.А. Ледяшов, В.Г. Никитченко и др. // Сб. научн. тр./ОАО НПО «Бурение». –Краснодар.- 2004.- Вып.12 – С.217-227.
 13. Глубинный гидродомкрат для ликвидации прихватов: Пат. 2190080 РФ / В.И. Мишин, О.А. Ледяшов, Е.Н. Штахов и др. –Опубл. 27.09.02, Б.И. №27
 14. Устройство для восстановления герметичности резьбовых соединений обсадной колонны в скважине: Пат. 32179 РФ/ Е.Н.Штахов, С.А.Рябоконт, О.А.Ледяшов и др. - Опубл. 10.09.03, Б.И. № 25 .

ООО "НПП "РосТЭКтехнологии"

ООО "НПП "РосТЭКтехнологии" является разработчиком и производителем материалов, реагентов, технических средств и предлагает следующую продукцию:

Скважинный инструмент для работы с колтюбинговыми установками и канатной техникой.

Тяжелая жидкость глушения СГС-18 без твердой фазы плотностью 1600, 1800 и 2150 кг/м³ для заканчивания, испытания и ремонта скважин с АВПД. Поставляется в сухом виде, в мягких контейнерах по 800 кг. Приготавливается непосредственно на скважине.

Жидкость глушения скважин с АНПД . Реагент для глушения скважин РГС-100 – загуститель нефти или газового конденсата, способный регулировать эффективную вязкость углеводородов.

Комплексный реагент КР. Повышающий АКЦ до 0,94-0,98 с эффектом расширения.

Комплексные реагенты-компаунды для обработки тампонажных растворов КРОС. Данные реагенты позволяют получить тампонажные растворы с улучшенными технологическими свойствами по водоотдаче, седиментационной устойчивости, адгезии камня к металлу обсадных колонн и стенкам скважины, срокам загустевания и схватывания, реологическим показателям и отсутствию вспенивания.

Буферный порошкообразный материал БПМ. Предназначен для приготовления буферных жидкостей с целью разделения различных по составу и плотности тампонажных и буровых растворов и эффективного вытеснения бурового раствора из интервала цементирования. Моющая способность в 8-10 раз выше чем у воды.

Технические средства по обезвреживанию и очистке отходов бурения. Технологии без амбарного бурения и переработки отходов на полигоне. Природоохранная документация и санитарно-экологические паспорта на буровой раствор и отходы бурения. Отверждающие (обезвреживающие) составы для различных видов отходов бурения.