

В авангарде – ГРП

24-я Международная научно-практическая конференция «Колтюбинговые технологии, ГРП, внутрискважинные работы»

Конференция состоялась 16-17 ноября 2023 года в Москве, в гостинице «Новотель Москва Сити».

Организаторами мероприятия традиционно выступили российское отделение Ассоциации специалистов по колтюбинговым технологиям и внутрискважинным работам (ИСОТА-Россия) и редакция научно-практического журнала «Время колтюбинга. Время ГРП».

Генеральным спонсором мероприятия являлась Группа ФИД. Спонсорскую поддержку оказали также ООО «Технологическая компания Шлюмберже» (официальный спонсор), СЗАО «ФИДМАШ» и ООО «Пакер Сервис» (спонсоры).

Партнером конференции стал Центр мирового уровня РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты».

В качестве генерального информационного партнера выступил научно-практический журнал «Время колтюбинга. Время ГРП».

Международная научно-практическая конференция «Колтюбинговые технологии, ГРП, внутрискважинные работы» – старейший в России форум,

главное событие в календаре российского отделения ИСОТА. Мероприятие ежегодно собирает свою целевую аудиторию – представителей нефтегазосервисных, нефтегазодобывающих, производящих оборудование и материалы для высокотехнологичного нефтегазового сервиса компаний.

Проблематика конференции неизменно фокусируется на таких темах, как:

- Колтюбинговые технологии;
- Актуальные технологии ГРП (МГРП в горизонтальных скважинах, ГПП плюс ГРП, ГРП с азотом, использование колтюбинга при проведении ГРП, большеобъемные ГРП, КГРП плюс ГРП и др.);
- Кислотные обработки (в т. ч. матричные БСКО);
- Радиальное вскрытие пластов;
- Современные методы геофизического исследования скважин, в т. ч. горизонтальных; доставка геофизических приборов с помощью колтюбинга и внутрискважинных тракторов;
- Внутрискважинный инструмент

для высокотехнологичных работ;

- Зарезка боковых стволов;
- Гидромониторное бурение;
- Инструментальный сервис (ловильные операции, фрезерование, установка отсекающих пакеров и др.);
- Новые методы повышения нефтеотдачи пластов;
- Ремонтно-изоляционные работы;
- Промысловая химия

Международная научно-практическая конференция «Колтюбинговые технологии, ГРП, внутрискважинные работы» – старейший в России форум, главное событие в календаре российского отделения ИСОТА.

для высокотехнологичного нефтегазового сервиса (реагенты и материалы для ГРП, композиции для ПНП, составы для РИР и др.).

В 24-й встрече приняли участие 115 делегатов из различных регионов Российской Федерации, а также из Китайской Народной Республики и Республики Беларусь.

Слушатели конференции представляли 54 структуры: Группа ФИД, ООО «Газпромнефть-НТЦ», ООО «Газпром-подземремонт Уренгой», ООО «Пакер Сервис», ООО «ИНК», ООО «ИНК-ТКРС», ПАО «ТМК», ПАО «Татнефть», ООО «ТАГРАС-РС», ООО «ЛениногорскРемСервис», ООО «КРС-Сервис», ПАО «Сургутнефтегаз», ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», ООО «Сюльдюкар геологоразведка», ООО «Технологическая компания Шлюмберже», АО «РНГ», ООО «Симойл», ООО «ФракДжет-Волга», ООО «Салым Петролеум Девелопмент», ООО «ВETERАН», ООО «Альянс Сервис», ПАО «НОВАТЭК», ООО «Койл-Сервис», ООО «Везерфорд», РУП «ПО «Белоруснефть», ООО «РусВеллГруп – Технологические партнерства», ООО «ГИС Нефтесервис», ООО «Южэнерджи», ООО «Комгаз», ООО «Нефтегазтехнология», СЗАО «ФИДМАШ», ООО «Джерри-Нефтегазовое оборудование», ООО «ЭСТМ», ООО «ШИНДА ТЮБИНГ СОЛЮШНС», ООО «Химпром», ООО «Стар Тюбинг», ООО «РостЭКтехнологии», ООО «Вилерен», ООО «Вайсрусланд» и др.

Конференцию открыл председатель российского отделения Ассоциации специалистов по колтюбинговым технологиям и внутрискважинным

С каждым годом в программе увеличивается доля информации по ГРП – основному драйверу добычи в мире в целом и в Российской Федерации в частности.

работам (ICoTA-Россия), технический директор Департамента внутрискважинных работ ООО «Технологическая компания Шлюмберже», к. т. н. **Константин Бурдин**. Он отметил, что «с каждым годом в программе увеличивается

доля информации по ГРП – основному драйверу добычи в мире в целом и в Российской Федерации в частности».



Александр Линевиц



Первый заместитель директора – начальник управления главного конструктора Группы ФИД **Александр Линеви́ч** в своем приветственном слове обратил внимание на то, что Группа ФИД – не только генеральный спонсор конференции, но и ее активный участник. «Наша ежегодная конференция не только дает толчок развитию оборудования и технологий и ключ к решению насущных задач, но и обозначает задачи, которые опережают время. Темы, которые мы обсуждаем несколько последних лет (увеличение диаметра ГНКТ, увеличение тягового усилия инжектора), были определены и обсуждались на этой конференции еще в начале 2000-х, когда была разработана и представлена колтюбинговая установка М40 с тяговым усилием инжектора 45 т, опередившая свое время. Уже двадцать лет назад она была готова выполнять сложные операции, но не был готов инструмент, способный работать с ней, вследствие чего тема колтюбингового бурения тогда не получила развития. Но сегодня эта тема возрождается, и многие компании уже оснастились колтюбинговыми установками тяжелого класса и используют сложные компоновки низа бурильной колонны. Такое оборудование Группа ФИД тоже начала производить еще в начале 2000-х. В процессе конференции происходит обобщение опыта и обмен идеями, постановка новых задач и поиск их решений – все это позволяет нам всем вместе двигаться вперед», – сказал А. Линеви́ч.

С приветственным словом обратились к участникам конференции также заместитель генерального директора по развитию

службы ГНКТ ООО «Пакер Сервис» **Алексей Байрамов**, заместитель генерального директора по развитию международных продаж СЗАО «ФИДМАШ» **Виктор Ерченко**, профессор, д. т. н., в. н. с. ОНЦМУ РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты» **Люция Давлетшина**, председатель программного комитета «Российский нефтегазовый технический конгресс»,



директор Московской секции общества инженеров нефтегазовой промышленности **Антон Аблаев**, главный редактор научно-практического журнала «Время колтюбинга. Время ГРП» **Галина Булыка**.

Программа 24-й конференции «Колтюбинговые технологии, ГРП, внутрискважинные работы» включала шесть секций, вместивших 31 доклад.

Первую секцию открыл стратегический доклад ведущего аналитика компании RPI, к. т. н **Вадима Кравца «Российский рынок гидроразрыва пласта: текущее состояние и сценарии его развития до 2030 года»**. В связи с



Вадим Кравец

большой волатильностью нынешнего нефтесервисного рынка делать прогнозы его развития в современных условиях достаточно сложно и рискованно. Однако команда RPI поставила целью детально смоделировать три основных сценария развития российской нефтедобычи и отдельных сегментов нефтесервисного рынка в зависимости от ограничений объемов добычи, обусловленных различным сочетанием внешних условий: оптимистический, нейтральный (базовый) и пессимистический.

Базовый сценарий основан на том, что в 2024 году продолжится снижение добычи нефти, что связано с санкционными ограничениями, недостаточно организованной логистикой и другими проблемами. Но к 2030 году при благоприятных обстоятельствах добыча нефти вырастет до 550 млн тонн в год за счет двух ключевых факторов: ввода в эксплуатацию новых месторождений и сдерживания

падения объема добычи в традиционных регионах. В базовом сценарии Россия продолжает успешно справляться с западными санкциями, увеличивая поставки нефти в дружеские и нейтральные страны, что благоприятно сказывается на нефтяном и нефтесервисном рынках.

Объем нефтесервисного рынка коррелирует с объемом добычи нефти и конденсата. В 2022 году наиболее крупными сегментами нефтесервисного рынка являлись: эксплуатационное бурение, КРС и ГРП. Высокая доля ГРП была обусловлена повсеместным проведением МГРП при вводе новых скважин в эксплуатацию.

К 2030 году суммарный объем нефтесервисного рынка в номинальных рублях возрастет на 80% и составит 2513 млрд руб. Основным драйвером роста станет сегмент эксплуатационного бурения и технологически связанные с ним сегменты, такие как сегмент

Опережающий рост сегмента ГРП явится следствием следующих факторов: роста операций МГРП при возрастании числа ввода горизонтальных скважин, а также увеличения средней стадийности МГРП.

сопровождения бурения.

На второе место выйдет сегмент ГРП, у которого имеются очень эффективные драйверы. Опережающий рост сегмента ГРП явится следствием следующих факторов: роста операций МГРП при возрастании числа ввода горизонтальных скважин, а также

увеличения средней стадийности МГРП.

Сложившаяся в настоящее время ситуация на рынке ГРП определяется следующими факторами:

- увеличением объема ввода в эксплуатацию новых скважин;
- увеличением объемов

- горизонтального бурения;
- ростом применения одностадийных ГРП при вводе новых скважин, в т. ч. наклонно-направленных скважин;
- падением дебитов скважин из-за перехода месторождений на поздние стадии эксплуатации, преимущественно в традиционных регионах нефтедобычи: Западная Сибирь и Волга-Урал;
- стремительным развитием технологии горизонтального бурения как на новых, так и на зрелых месторождениях.

После 2025 года тенденция снижения числа операций одностадийного ГРП охватит как переходящий фонд скважин, так и вновь вводимые скважины. Однако рост объема рынка одностадийного ГРП в денежном выражении будет обусловлен увеличением стоимости операций, в основном из-за инфляционных явлений.

В 2022 году суммарный объем рынка ГРП в денежном выражении повторил динамику рынка в физическом (рост на 13,7%) и достиг уровня 173,7 млрд руб. Это обусловлено в первую очередь увеличением количества операций во всех сегментах рынков. К этому времени сложилась следующая структура по стадийности МГРП: 76% – доля ГРП 3–7 стадий; 20% – 8–13 стадий; около 4% – число стадий больше 13. Данная структура имеет тенденцию к увеличению в части МГРП с 8–13 стадиями.

Сегмент МГРП в 2022 году вырос до 52,0% от всего суммарного объема рынка ГРП в денежном выражении, что эквивалентно 90,3 млрд руб. В сегменте МГРП возросла средневзвешенная

стоимость операции вследствие увеличения количества многостадийных (более 10 стадий) и объемных (свыше 100 т пропанта) операций, несмотря на стремление ВИНК оптимизировать затраты за счет, например, использования гибридных МГРП, МГРП с

использованием воды из системы поддержания пластового давления в качестве жидкости для закачки в пласт и др. К 2030 году объем операций МГРП в

денежном выражении достигнет 76% от суммарного объема рынка ГРП. Операции МГРП составят около 40% всех видов операций ГРП. Увеличению объема рынка МГРП в 2023–2030 годах будет способствовать как рост числа операций, так и их технологическое усложнение (увеличение среднего числа стадий). Рост числа операций МГРП будет происходить во всех нефтедобывающих регионах. Суммарный рост числа операций в год составит от нынешнего примерно 3000 операций до 7500 операций к 2030 году вследствие как роста горизонтального бурения, так и технологического усложнения самого ГРП.

К 2030 году сегмент ГРП достигнет 489 млрд руб., и те сервисные компании, которые работают на этом рынке, получат большие возможности для инвестиционного роста и технологического развития.

Колтубинг: стратегия

Главный фокус большинства выступлений был традиционно направлен на прогрессивные технологии, представление которых прошло под эгидой инженерного сообщества ICoTA-Россия. Портфель

Рост числа операций МГРП будет происходить во всех нефтедобывающих регионах.



Константин Бурдин

докладов конференции всецело соответствовал ее названию: колтюбинговые технологии, ГРП, внутрискважинные работы.

Современные тренды в технологиях ГНКТ

на обширном материале проследил к. т. н., председатель ICoTA-Россия **Константин Бурдин**. Презентация включала следующие тематические блоки:

- история;
- развитие рынка ГНКТ;
- вызовы;
- технологии;
- что дальше.

Было рассказано о предшественнике современного колтюбинга – проекте P.L.U.T.O. (Pipe Lines Under The Ocean). Во время Второй мировой войны была спроектирована ГНКТ для перекачки топлива под водой через Ла-Манш.

Сильный скачок развития ГНКТ произошел в 60-70 годы прошлого века, но в то время диаметр колтюбинга был 3/4 дюйма, 1 дюйм, максимум – 1,25 дюйма. Важнейшую роль в развитии технологии сыграла эволюция конструкции гибкой трубы.

Важнейшую роль в развитии технологии сыграла эволюция конструкции гибкой трубы.

В проекте P.L.U.T.O. применялись трубы диаметром 4,5 дюйма. Позже перешли на малый диаметр, поскольку не получалось изготовить долговечный колтюбинг желаемого диаметра. Только к 80-м годам прошлого века, когда появилась технология термоотпуска и, соответственно, низкоуглеродная сталь, научились производить трубы, способные выдерживать большое число спуско-подъемных операций. Все, что использовалось ранее, ограничивалось 10–15 СПО. Именно в 80-е годы появился самый типовой в мире диаметр ГНКТ – 1,5 дюйма

(38,1 мм) и наметился тренд на увеличение диаметра – снова вплоть до 4,5 дюйма. Появление качественной стали позволило колтюбинговым технологиям стать экономически оправданными. Поэтому важнейший вопрос – это

прочность и надежность трубы.

Рынок колтюбинга напрямую зависит от цены на нефть. Как только цена на нефть падает, заказчик начинает считать, что этот сервис дорогой, и тут же снижается количество установок.

Сегодня в мире действует около 1800 колтюбинговых установок. В России вместе со странами СНГ в 2023 году работали 275 установок, при этом непосредственно в РФ –

В России вместе со странами СНГ в 2023 году работали 275 установок, при этом непосредственно в РФ – порядка 170 установок.

порядка 170 установок. Отрадно, что за два постпандемийных года на отечественном рынке прибавилось примерно 20 установок.

Большинство из них стоят на вооружении вертикально-интегрированных компаний, в частности «Газпрома» и «Сургутнефтегаза», занимающих третью часть рынка ГНКТ. Другие крупные игроки этого открытого высокосегментированного рынка – компании «ФракДжет-Волга», «Пакер-Сервис», «ВETERАН», «МеКаМинелфт» – имеют больше десяти установок каждая и предлагают широкий спектр услуг.

Остальные компании имеют одну-две установки и оперируют ими в своем регионе, как правило, локализованно. Перечень их услуг также ограничен. Вообще, уникальных суперработ с использованием ГНКТ в России производится немного.

Если говорить о применении, то ГНКТ следует за ГРП. Три основных вида применения ГНКТ в РФ – это промывки, освоение и фрезерование после многостадийного ГРП (32,1% всех работ). Также востребованы:

- закачки:
 - азот (N₂);
 - жидкость глушения;
 - кислотная стимуляция;
 - цементирование;
 - ингибиторы.
- Доставка инструмента:
 - фрезерование после МГРП (30% всех работ);
 - активация портов МГРП;
 - ловильные работы;
 - перфорация;
 - ГФИ;
 - пакеры;
 - бурение.

Значительная доля рынка принадлежит геофизическим

исследованиям скважин (9,7%), особенно на Ямале и в Восточной Сибири. Доля кислотных обработок в карбонатных коллекторах в Восточной Сибири также высока – 9,5%. Остальные виды сервиса (перфорация, управление муфтами, активация портов ГРП, цементаж) занимают по 2–3% рынка, не более. Бурение с ГНКТ осуществляют всего две компании: «ФракДжет-Волга» и «Сургутнефтегаз», поскольку КРС и ЗБС пока обходятся значительно дешевле. Технологию Plug & Perf предлагают только несколько компаний, поскольку пласты здесь не такие, как в Северной Америке, где эта технология востребована.

Три основных вида применения ГНКТ в РФ – это промывки, освоение и фрезерование после многостадийного ГРП.

Перфорация на койле тоже практически не присутствует. То есть большинство работ, которые в мире стали рутинными, в Российской Федерации не сильно

широко представлены.

Константин Бурдин сформулировал векторы развития отрасли:

- общая длина скважин увеличивается до 15 км;
- растет отход от вертикали, уже есть скважина 14 129 м (Echxon Neftegas Ltd., проект «Сахалин-1») и 14 300 м в Саудовской Аравии;
- увеличивается глубина по

Бурение с ГНКТ осуществляют всего две компании, поскольку КРС и ЗБС пока обходятся значительно дешевле.

вертикали, рекорд – 12 262 м (Кольская сверхглубокая скважина).

Сегодня заказчики уже обсуждают возможности обслуживания скважин с длиной горизонтального ствола 15 км. Специалисты

пытаются определить, чем можно ответить на такие запросы.

Попытались рассчитать под подобные

задачи колтюбинг, но оказалось, что у ГНКТ много технических ограничений.

В частности, вызовы для ГНКТ:

- длина ГНКТ, вместимость барабана, вес;
- грузоподъемность инжектора;
- прочностные характеристики самой трубы;
- высокие давления, высокие температуры;
- обеспечение нагрузки на забой.

Новейшая колтюбинговая установка от NOV оснащена узлом намотки 6400 м с ГНКТ диаметром 2 7/8 дюйма (68,58 мм), но эти характеристики не перекрывают даже половины потребностей, очерченных выше.

Однако для МГРП, как и для скважин с отходом от вертикали порядка 2000 м, такая установка может успешно применяться.

Стандартный барабан HR 4122 рассчитан на двухдюймовую трубу, максимальная длина которой 7400 м. Офшорный барабан DID CT Reel способен вместить

21 500 м ГНКТ диаметром 2 дюйма, что в принципе закрывает проблемы. То есть барабаны уже есть, но они, как правило, офшорные, потому что габарит такого барабана по высоте составляет 5,8 м, а вес достигает 50 т. Понятно, что такой барабан невозможно перевозить по дорогам общего пользования.

Появившиеся узлы намотки повышенной вместимости по сути представляют собой три барабана, размещенные в длину. Условно их можно перевозить на трале, но тут есть вопрос в радиусе изгиба. На

Сегодня заказчики уже обсуждают возможности обслуживания скважин с длиной горизонтального ствола 15 км.

Узлы намотки повышенной вместимости по сути представляют собой три барабана, размещенные в длину.

такую катушку может быть намотана ГНКТ длиной 9 км, что соответствует задачам, которые ставит заказчик.

Константин Бурдин рассказал о гибридных буровых установках ГНКТ. Своего рода «Тесла» в мире колтюбинга – установка Xtreme CT (Xtreme drilling). Ее характеристики:

- двойной электромотор инжектора – 45 т, общее тяговое усилие – 90 тонн;
- больше на 50% (порядка 900 м) дохождение ГНКТ в сравнении с ГНКТ 50,8 мм (2 дюйма);
- установки ГНКТ с подъемной рамой, нет затрат на крановые операции;
- ГНКТ диаметром 66,7 мм (2 5/8 дюйма), увеличенные расходы жидкости при сниженных циркуляционных давлениях;
- улучшенные показатели управляемости нагрузками (фрезерования 12,0 мин/пробка);
- доказанная эффективность применения на +1550 скважин и +15 ММ м;
- запатентованное ПО – X-mill, X-Drill, X-Tag, Chemical Sweep Tracking, Obstruction Notification;
- +18 м лубрикаторов для размещения КНК (не требует монтажа);
- единственный подрядчик,

способный вместить 9650 м x 60,3 мм и 8200 м x 66,7 мм.

Пока таких установок в мире насчитывается всего с десяток, и

работают они, увы, не в России.

Следующий вызов после диаметра барабана и грузоподъемности инжектора – прочность самой трубы. Одно из решений – комбинированная ГНКТ, у которой в верхней части толщина стенки больше, чем в нижней. Докладчик представил

график для ГНКТ с переменной толщиной стенки, способной работать на 50% максимально допустимого стресса. Однако для задач на 8–9 км данная ГНКТ уже неприменима.

Ведущие производители делают ставку на специальную закалку трубы. Пример – технология Duracoil у компании Global Tubing. Классы закалки и отпуска в настоящее время являются объектами для улучшения:

- предельно допустимых нагрузок;
- устойчивости к усталости при высоком давлении;
- коррозионной стойкости.

Высокопрочные ГНКТ применяются практически исключительно при разработке горизонтальных скважин.

В перспективе, очевидно, будут разработаны новые стальные сплавы. Потребность в этом есть, поскольку

Ведущие производители делают ставку на специальную закалку трубы.

стандарт используемой ныне стали ГНКТ четко регламентирован с 80-х годов прошлого века.

Следующий рассмотренный вопрос – винтовое запираение (синусоидальный или спиралевидный изгиб), которое возникает на определенном этапе, когда ГНКТ заходит в глубину.

Глубина, на которую ГНКТ может быть спущена в ствол горизонтальной скважины, определяется расчетом с учетом коэффициента трения. Доказано экспериментально и подтверждено на практике, что ГНКТ может проникнуть дальше, даже если нагрузка для синусоидального скручивания превышена. Предельная

максимальная глубина достигается, когда усилие на ГНКТ на поверхности не может превзойти силу трения «скрученной» ГНКТ и стенок ствола скважины. Эта ситуация называется винтовым запираением.

Противостоять винтовому запираению способны методы достижения забоя с ГНКТ. А именно:

- специальный дизайн ГНКТ плюс увеличение диаметра;
- архимедова сила (заполнение трубы легким раствором или закачка тяжелого);
- закачка понизителя трения «металл – металл»;
- применение агитатора, что дает 200–300 дополнительных метров;
- использование выпрямителя (минус этого метода – значительное сокращение жизни трубы);
- скважинный трактор.

Скважинные трактора могут быть как колесные, так и более прогрессивные, шагающие, как, к примеру, WWT-трактор.

Но максимум, который могут тянуть трактора, – это 20 000 фунтов, или 10 тонн. Имеется положительный

опыт работы с тракторами на скважинах протяженностью шесть-семь километров, но для восьмикilометровой скважины такого трактора уже недостаточно.

Константин Бурдин подробно рассказал о том, как решались «Технологической компанией Шлюмберже» сложные вопросы с использованием скважинных тракторов. В 2005 году на месторождении Чайво (Сахалин) нужно было осуществить промывку десятикилометровой скважины с гидравлическим шагающим трактором. Барабан на скважину завозили тремя частями,

Следующий рассмотренный вопрос – винтовое запираение, которое возникает на определенном этапе, когда ГНКТ заходит в глубину.

стыковка которых была осуществлена сваркой непосредственно на месторождении. ГНКТ (60,3 мм) наматывали на этот сборный барабан, с него же производили СПО. Трактор запустился примерно с семи километров, и он тянул практически до забоя. До 2021 года это был мировой рекорд в работе с ГНКТ.

На месторождении им. Ю. Корчагина компанией «ЛУКОЙЛ» ставилась задача пройти до 5800 м с промывкой. Использовался шагающий трактор.

Ввиду большого количества отложений в скважине с трактором вести промывку оказалось очень сложно (3300–3700 м – спуск ГНКТ без трактора благодаря закачке понизителя трения; 5100 м – повышенный коэффициент трения – индикация наличия механических примесей).

Подобные скважины в настоящее время – штучная продукция, но К. Бурдин уверен, что число таких забоев будет увеличиваться.

В горизонте 10–15 лет предстоит решить ряд важных проблем. Необходимо увеличение длины ГНКТ, вместимости барабана. Очевидно, требуется разработка устройств-соединителей, которые позволяли бы надежно стыковать трубу и работать через инжектор. Недавно прошли тестовые испытания подобного устройства. Возможно, будут созданы сборные транспортабельные барабаны.

Скважинные трактора могут быть как колесные, так и более прогрессивные, шагающие.

Нужны инжекторы грузоподъемностью более 60 и даже 100 тонн. По всей вероятности, это будут электрические инжекторы.

Нужны инжекторы грузоподъемностью более 60 и даже 100 тонн. По всей вероятности, это будут электрические инжекторы.

Предстоит разработка новых сплавов и композитных материалов для ГНКТ.

Композитные трубы отечественного производства пока ограничены по давлению и температуре.

Должны появиться принципиально новые виды скважинных тракторов. Принципы, заложенные в шагающем тракторе, к сожалению, не дают того усилия, с которым следует отвечать на вызовы отрасли.

Генеральный спонсор задает тон конференции

Начальник отдела маркетинга Группы ФИД **Елена Грибановская** выступила с докладом **«Инновационное колтюбинговое оборудование Группы ФИД. Вчера. Сегодня. Завтра».**



Группа ФИД объединяет российские и белорусские предприятия, проектирующие, выпускающие

и поставляющие инновационное оборудование для повышения эффективности добычи углеводородного сырья и твердых полезных ископаемых.

Благодаря опыту, накопленному за 25 лет работы, Группа ФИД стала лидером на территории ЕАЭС в производстве и поставке оборудования. В настоящее время Группой ФИД производится практически полный спектр высокотехнологичного инновационного оборудования для нефтегазового сервиса:

- полнокомплектные комплексы для гидравлического разрыва пласта;
- полнокомплектные комплексы колтюбингового оборудования, в т. ч. азотные и специализированные насосные установки;
- комплексы для цементирования скважин;
- многофункциональные установки с верхним приводом для бурения и ремонта скважин;
- внутрискважинное оборудование и инструмент.

В структуру Группы ФИД входят собственный инжиниринговый центр, производственные предприятия с полным циклом изготовления, региональные представительства и сервисные центры. Основная сборочная площадка на территории Российской Федерации находится в Ярцево Смоленской области (ООО «МашОйл») и обеспечивает серийный выпуск нефтесервисного и бурового оборудования.

Благодаря опыту, накопленному за 25 лет работы, Группа ФИД стала лидером на территории ЕАЭС в производстве и поставке оборудования.

Создан уникальный стенд динамических испытаний колтюбинговых установок.

Собственные производственные мощности обеспечивают стабильность качества на всех этапах производства (заготовительное, механообрабатывающее, сборочно-сварочное, нанесение ЛКП, слесарно-сборочное производства, в т. ч. производство электро- и гидросистем).

В основе высокого технического уровня продукции лежат собственные конструкторские разработки. Стопроцентное подтверждение заявленных характеристик выпускаемой продукции обеспечивают испытания

на аттестованных стендах. В частности, создан уникальный стенд динамических испытаний

колтюбинговых установок, позволяющий проводить испытания колтюбинговых установок с тяговым усилием инжектора до 45 тонн, записывать параметры испытуемого оборудования ГНКТ и эмулировать все без исключения скважинные режимы работы с применением реальной гибкой трубы диаметром до 89 мм.

Вектор развития нефтегазовой отрасли направлен на увеличение длин скважин (до 15 км), отходов от вертикали (до 10 км) и глубин по вертикали (до 12 км). В связи с этим встают серьезные технологические вызовы для ГНКТ: длина ГНКТ, вместимость узла намотки и его вес, грузоподъемность инжектора, прочностные характеристики трубы, обеспечение нагрузки на забой, повышение сложности (обеспечение безопасности) работ.

Современные технологии, такие

как направленное колтюбинговое бурение, применение ГНКТ в высокорасходных ГРП и проч., требуют использования ГНКТ диаметром 60,3 мм с длинами более 5500 м. Масса такой трубы превышает 30 т, габаритные размеры узла намотки составляют 2700 мм (ширина) и более 4000 мм (диаметр).

В качестве ответа на эти вызовы Группа ФИД предлагает колтюбинговое оборудование в стандартном исполнении на новом шасси повышенной грузоподъемности, колтюбинговое оборудование модульного типа (колтюбинговая установка на серийном шасси в дорожном габарите без узла намотки и узлы намотки с различными типоразмерами ГНКТ на полуприцепах), а также инжектор с тяговым усилием 630 кН (63 т).

В настоящее время Группа ФИД серийно выпускает стандартную линейку колтюбингового оборудования с инжекторами с тяговым усилием до 45 т и соответствующими емкостями узлов намотки. Однако уже разработан

В линейке стандартного оборудования Группой ФИД в тандеме с МЗКТ было разработано уникальное шасси, которое позволяет перевозить на пять тонн ГНКТ больше, чем все другие шасси, представленные на рынке.

и скоро будет опытно изготовлен инжектор с тяговым усилием 63 т.

В линейке стандартного оборудования Группой ФИД в тандеме с МЗКТ было разработано уникальное шасси, которое позволяет перевозить на пять тонн ГНКТ больше, чем все другие шасси, представленные на рынке. На таком шасси 10x10 повышенной грузоподъемности

монтируется колтюбинговая установка серии УНТ4 с узлом намотки ГНКТ емкостью 5500 м для диаметра 50,8 мм (толщина стенки 4,0 мм) и массой ГНКТ до 27 000 кг, что на данный момент является пределом для перемещения по дорогам общего пользования. Поэтому перспективная разработка Группы ФИД, отвечающая всем сегодня стоящим перед индустрией вызовам, – колтюбинговое оборудование в модульном исполнении, включающее в себя саму колтюбинговую установку и специальный полуприцеп или ряд полуприцепов с узлом (узлами) намотки ГНКТ. Изготовление подобного комплекса в настоящий момент находится в стадии завершения. Специальный полуприцеп собственной разработки был создан для того, чтобы обеспечить максимальную мобильность и точное соответствие нормам перемещения по дорогам общего пользования.

Один из вызовов – обеспечение безопасности работ. Существует такое понятие, как система «человек – машина», в которой человек-оператор или несколько операторов взаимодействуют в процессе производственной деятельности с техническим устройством. Бесспорно, что по ряду характеристик машина превосходит

человека, поэтому логично было управление рядом операций, в частности колтюбинговых, доверить автоматической системе с целью повышения безопасности работ.

К своей новой системе управления колтюбинговыми установками Группа ФИД шла на протяжении двух десятилетий – параллельно с поступательным развитием

оборудования. На колтюбинговых установках 2000-х годов устанавливалась гидравлическая система управления (минимум электронных компонентов), колтюбинговые установки до 2020 года управлялись гидравлической системой с элементами автоматизации начального уровня (СКР, блокировка инжектора). Колтюбинговые установки нового поколения имеют интеллектуальную электрогидравлическую систему управления, адаптирующую режим СПО под текущую операцию.

Система контроля и автоматизации колтюбинговой установки обеспечивает ее работу в автоматическом режиме в соответствии с запрограммированным алгоритмом и даже предоставляет возможность дистанционного наблюдения за проведением работ. Елена Грибановская рассказала об основных задачах, которые способна решать эта система, о ее преимуществах, главное из которых – минимизация, а в пределе и исключение человеческого фактора. В результатекратно увеличиваются надежность и безотказность техники и срок службы ГНКТ, гарантируется безопасность персонала. Система может быть интегрирована с дефектоскопом ГНКТ ДТ2 собственного производства Группы ФИД, контролирующем в ходе работ важнейшие параметры гибкой трубы.

По примеру управления флотом ГРП, которое осуществляется из единого центра, может производиться из

По примеру управления флотом ГРП, которое осуществляется из единого центра, может производиться из единого центра и управление всеми установками флота ГНКТ.

единого центра и управление всеми установками флота ГНКТ. Система автоматически будет подбирать давления, расходы, дозировку азота и т. п.

В заключительной части доклада были очерчены инновационные перспективные технологии с

использованием ГНКТ, для осуществления которых Группа ФИД создает оборудование: направленное колтюбинговое бурение, эжекторная очистка скважин, кислотоструйное туннелирование.

Перспективная разработка – скважинный трактор. В этой тематике Группа ФИД является пионером среди отечественных производителей.

Ведутся работы над двумя вариантами конструкции скважинного трактора для ГНКТ (с питанием по геофизическому кабелю и в автономном исполнении).

Первый скважинный трактор был создан конструкторами Группы ФИД еще в 2008 году. В настоящее время данное направление реанимируется. Ведутся работы над двумя вариантами конструкции скважинного трактора для ГНКТ (с питанием по геофизическому кабелю и в автономном

исполнении). В 2024 году скважинный трактор будет готов к проведению работ.

Главный вызов сегодняшнего дня – обеспечение импортонезависимости. Группой ФИД подготовлены конструктивные и компоновочные решения по каждой производимой установке по поэтапному приведению выпускаемого оборудования к независимости от санкционных ограничений, а также наращиванию

доли отечественной комплектации для приведения к требуемому уровню локализации. В частности, нынешний уровень локализации колтюбинговых установок от Группы ФИД составляет около 95% и в течение 2024 года будет доведен до 100%.

Инновационные перспективные технологии с использованием ГНКТ осветил директор – главный конструктор СЗАО «Новинка» (Группа ФИД) **Сергей Атрушкевич**.

Первая технология, для которой «Новинка» разрабатывала оборудование, – направленное колтюбинговое бурение. Для данной технологии был создан ряд

компоновок, основная из которых – СНБ 89-76М. Это система направленного бурения с кабельным каналом связи, предназначенная для управляемого бурения горизонтальных, наклонно-направленных и вертикальных скважин, в т. ч. на депрессии, с обеспечением контроля внутрискважинных параметров и определением положения КНБК в режиме реального времени.

Система позволяет осуществлять проводку скважины по пластам малой толщины, оптимизировать траекторию скважины, реализовывать бурение боковых стволов из эксплуатационных колонн малого диаметра. Спуск СНБ89-76М осуществляется на ГНКТ 50,8 мм min. В докладе был представлен состав СНБ 89-76М и приведены результаты ее использования.

Следующее изделие – система направленного бурения СНБ 54, разработанная для бурения на ГНКТ диаметром 44,45 мм. В отличие от

Первая технология, для которой «Новинка» разрабатывала оборудование, – направленное колтюбинговое бурение.

предыдущей, данная система оснащена инклинометром гироскопического типа, что дает ей возможность проводить измерение траектории непосредственно из эксплуатационной колонны либо при ее непосредственной близости.

Еще одно преимущество

СНБ 54 – меньшие радиусы бурения. Данная компоновка позволяет при использовании ВЗД ДО-55 с углом искривления кривого переводника три градуса и долотом диаметром 66 мм достигать максимальной расчетной интенсивности набора кривизны 18,82°/10 м, что соответствует радиусу бурения 30,45 м.

В 2011-2013 годах «Новинкой» по техническому заданию «Белоруснефти» был разработан и изготовлен комплекс оборудования для радиального вскрытия пласта (РВП) КФ40 (СКИФ), включающий мини-колтюбинговую установку и комплект внутрискважинного оборудования, которые позволяют создавать каналы фильтрации сразу из основного ствола скважины,



в т. ч. обсаженного эксплуатационной колонной. Было рассказано о технических характеристиках и опыте внедрения данного оборудования.

«Новинкой» также разработано оборудование для кислотоструйного бурения (туннелирования) – технологии, обеспечивающей намыв боковых стволов в карбонатных коллекторах с использованием колтюбинговой установки на необсаженном стволе скважины. Был представлен состав подземного оборудования, в который может входить автономный



Юрий Белугин

инклинометр, записывающий траекторию и подтверждающий факт создания канала. Данная компоновка также может быть использована для попадания в боковые стволы многозабойных скважин, что позволит проводить их селективную обработку.

Вариант этой компоновки позволяет создавать не только

«Новинкой» разработано оборудование для кислотоструйного бурения (туннелирования) – технологии, обеспечивающей намыв боковых стволов в карбонатных коллекторах с использованием колтюбинговой установки на необсаженном стволе скважины.

радиусные отводы, но и прямолинейные участки – то есть управлять траекторией. Этот вариант оснащен инклинометром кабельного типа, обеспечивающим питание и передачу информации на поверхность по геофизическому кабелю внутри ГНКТ.

Еще одна разработка СЗАО «Новинка» – оборудование для эжекторной очистки скважин. Система эжекторной очистки предназначена для выполнения операций

промывки в горизонтальных скважинах и скважинах с аномально низкими пластовыми давлениями и высоким поглощением жидкости.

Данный способ промывки получил распространение в тех случаях, когда проведение промывки с обычной циркуляцией нецелесообразно или невозможно. Он основан на эффекте эжектирования, создаваемого потоком, имеющим большую скорость течения (струйный насос). Для циркуляции использует двойную (труба в трубе) гибкую трубу, где рабочий поток подается вниз по малой ГНКТ, а эжектируемый поднимается вверх по большей ГНКТ.

Сергей Атрушкевич рассказал о принципах его действия, составе оборудования, условиях применения и результатах практического использования.

С докладом **«Оборудование для ГРП. Современные вызовы и решения»** выступил заместитель начальника управления по послепродажному обслуживанию Группы ФИД **Юрий Белугин**.

В начале выступления он уточнил тематику: вызовы не только технологические, но и вызовы импортонезависимости.

Оборудование ГРП Группа ФИД производит с 2004 года. На сегодняшний день изготовлено и внедрено более 250 единиц техники. Оборудование поставляется в основном в комплексах под конкретные технологические дизайн-проекты ГРП в полном соответствии с региональными условиями эксплуатации.

Группа ФИД производит полный спектр оборудования для ГРП – установки насосные, установки смесительные, установки

гидратационные, установки дозирования химреагентов, установки подогрева, станции контроля и управления, вспомогательное оборудование. Собственная разработка компании – программно-аппаратный комплекс для управления оборудованием в процессе проведения ГРП с изначально русскоязычным интерфейсом и базовыми измерениями в единицах СИ. Интерфейс настраивается под индивидуальные требования заказчика.

Основная часть доклада Ю. Белугина была посвящена новым технологическим проектам, в первую очередь единственному отечественному комплексу для высокорасходных ГРП. За первый год эксплуатации этого спроектированного и изготовленного

Группа ФИД производит полный спектр оборудования для ГРП.

Особая гордость Группы ФИД – импортонезависимая от санкций недружественных стран высокопроизводительная установка насосная для ГРП УН25 мощностью 2500 л. с. Максимальная производительность – 3950 л/мин.

Группой ФИД специализированного оборудования сервисными структурами компании «Белоруснефть»

было закачено более 40 тыс. тонн пропанта и более 325 тыс. м³ геля. В работах участвовали установка смесительная производительностью до 24 м³/мин, установка дозирования химреагентов с шестнадцатью дозирующими системами, машина манифольдов, подключаемая к 16 насосным установкам, установки насосные мощностью 2500 л. с. (10 ед.) и мощностью 2250 л. с. (12 ед.).

Темп закачки составил 16 м³/мин, давление – 60 МПа.

В докладе были представлены схемы конструкций основных

установок для производства ГРП, технические характеристики и конкурентные преимущества.

Особая гордость Группы ФИД – импортонезависимая от санкций недружественных стран высокопроизводительная установка насосная для ГРП УН25 мощностью 2500 л. с. Максимальная производительность – 3950 л/мин. Масса УН25 не превосходит 32 000 кг. Габаритные размеры Д x Ш x В составляют не более 12 000 x 2559 x 4000 мм соответственно. Транспортная база – специальный четырехосный полуприцеп с подъемной осью. Установка оснащена двигателем и трансмиссией китайского производства.

Этот крупный проект создания высокопродуктивной насосной

установки был осуществлен совместно с компанией «Белоруснефть», на месторождениях которой с сентября по середину ноября 2023 года наработка УН25 составила более 2500 машино-часов.

Фокус – на ГРП

Значительная часть программы конференции была представлена докладами, посвященными технологиям ГРП.

Направление ГРП РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» в условиях импортозамещения определил ведущий инженер отдела капитального ремонта скважин управления скважинных технологий и сервиса центрального аппарата РУП «ПО «Белоруснефть» **Владимир Марченко**. В 2022 году в КНР было создано дочернее предприятие «Белоруснефти» – ООО «Шаньдун БН международная торговая компания». Это позволило выйти на новые сервисные рынки и новых поставщиков, уйти от зависимости от недружественных стран и создать здоровую конкуренцию на рынке для компании «Белоруснефть».

С поддержкой основного поставщика оборудования ГНКТ и ГРП – Группы ФИД – после всестороннего обсуждения вариантов и сравнения характеристик моделей, представленных на рынке дружественных стран, была решена важная задача, а именно: отобраны два основных компонента для оборудования ГРП – двигатель и трансмиссия. Была выбрана продукция китайских производителей, которая по ряду показателей даже



Владимир Марченко

превосходит западные аналоги.

Конструкторами Группы ФИД для «Белоруснефти» была создана импортонезависимая от санкций недружественных стран насосная установка для ГРП с мощностью двигателя 2500 л. с. и максимальной производительностью 3950 л/мин.

Специалисты «Белоруснефти» постоянно ведут мониторинг рынков и находят импортозамещение и диверсификации поставок запасных частей и комплектующих для насосов высокого давления, насосов центробежных в смесительных установках, машин манифольдов,

арматуры устьевой для проведения ГРП и др.

К настоящему времени уровень локализации оборудования ГРП значительно повышен. Доля применения комплектации производителей из стран ЕАЭС составляет 92% для СКУ, 87% для установки гидратационной, 96% для установки

Конструкторами Группы ФИД для «Белоруснефти» была создана импортонезависимая от санкций недружественных стран насосная установка для ГРП с мощностью двигателя 2500 л. с. и максимальной производительностью 3950 л/мин.

подачи расклинивающих материалов, 91% для установки дозирования химреагентов, 85% для установки смесительной, 85% для установки насосной.

Для диверсификации в направлении оборудования для Plug & Perf были изучены все современные западные компоновки для этой технологии, а также компоновки китайского и российского производства.

Отрадно, что продукты российского производства уже практически не уступают по характеристикам и качеству зарубежным аналогам, а по ряду параметров даже превосходят их. Альтернативные поставщики устьевого герметизирующего оборудования для Plug & Perf были найдены в КНР, а также Индии и Сингапуре.

В направлении химреагентов для ГРП в качестве жидкости разрыва «Белоруснефть» традиционно использует только собственно разработанные рецептуры на основе биополимерного или синтетического гелеобразователя. Под каждый компонент разработаны свои регламенты, требования, методики исследования. Для всех поставщиков, представленных на рынке, были созданы абсолютно равные условия, в результате чего образовалась экономия средств более 50–80% на одном кубе жидкости разрыва.

В последние год-два на рынке ощущается нехватка

Отрадно, что продукты российского производства уже практически не уступают по характеристикам и качеству зарубежным аналогам, а по ряду параметров даже превосходят их.

В «Белоруснефти» было принято решение создать собственный завод по производству фрак-песка.

Планируется выпускать порядка 50 тысяч тонн фрак-песка в год.

расклинивающих материалов для ГРП. В «Белоруснефти» было принято решение создать собственный завод по производству фрак-песка. Предварительно были выполнены масштабные исследования применимости белорусских карьерных песков для проведения

ГРП по технологии Plug & Perf на нетрадиционном коллекторе. Всего были исследованы 44 пробы песка из 13 месторождений, выполнена оценка технической характеристики песка фракций 30/50 и 40/70 на соответствие API/ISO, в т. ч. был проведен сравнительный анализ с товарными продуктами ведущих производителей песка РФ и дальнего зарубежья. Проведено шестнадцать экспериментов по определению проводимости пропантной упаковки на установке ПИК-API-

RP-61, определен минералогический состав проб. В КНР закуплено и поставлено

оборудование для классификации и обогащения песка. Планируется выпускать порядка 50 тысяч тонн фрак-песка в год.

Согласно представленной в докладе В. Марченко статистике выполнений ГРП, их число за три года выросло в пять раз. Только за 2022 год выполнено 340 операций ГРП. Время выполнения работ в 2022 году сократилось в полтора раза по сравнению с 2019 годом благодаря использованию высокопроизводительной техники производства Группы ФИД. Рекордный расход закачки был

достигнут на скважине № 419 Речицкой – 18 м³/мин. Рекорд по операциям ГРП достигнут в марте

2023 года – выполнено 70 операций, закачано 5647 т пропант/песка и 48 723 м³ жидкости разрыва. Также в 2023 году на скважине № 44g Речицкой

был выполнен 34-стадийный (89 кластеров) МГРП

по технологии Plug & Perf. Закачано 24 385 м³ жидкости разрыва и 3004 т расклинивающего агента, в т. ч. фрак-песка в количестве 1092 т, часть которого была произведена в рамках ОПИ из белорусского сырья.

Еще одна прогрессивная технология, внедренная в 2023 году, – Zipper Frac – одновременное проведение ГРП в двух скважинах одним флотом ГРП. Работы производились поочередно то в одной, то в другой скважине. Освоили две скважины за 13 суток (52 стадии, 124 кластера). В среднем проводилось по четыре стадии в сутки, рекорд – шесть стадий в сутки.

В 2024 году объемы ГРП смогут наращиваться, по выражению В. Марченко, «в геометрической прогрессии».

Современные методы интенсификации скважин презентовал директор по развитию бизнеса и новым технологиям ООО «Пакер Сервис» **Камиль Каримов**. Технологические решения по ГРП подразделяются по типу жидкости (секторный ГРП с антисидементационными волокнами, комбинированный ГРП, гибридный ГРП, ГРП с применением чистых жидкостей,

ГРП на углеводородной основе) и по типу технологии (секторный ГРП с антисидементационными волокнами,

гидропескоструйная перфорация с последующим ГРП, гибридный высокоскоростной многостадийный ГРП).

Был подробно охарактеризован ГРП с применением чистых жидкостей

полиакриламида в сравнении со стандартным ГРП, представлены особенности закачки:

- расход 3 м³/мин;
- 20 тонн/82 м³: 15 т – 20/49, 5 т – 16/20;
- максимальная концентрация 700–800 кг/м³;
- вязкость рабочей системы (6 л/м³) при проведении ГРП составляла 36 сПз при 28 °С.

По этой технологии уже проведено более 50 операций.

В 2019 году впервые в России компанией «Пакер Сервис» были выполнены работы по высокотехнологичным многостадийным ГРП на объектах с трудноизвлекаемыми запасами

Время выполнения работ в 2022 году сократилось в полтора раза по сравнению с 2019 годом благодаря использованию высокопроизводительной техники производства Группы ФИД.



Камиль Каримов

ачимовской свиты. Работы проводились на двух скважинах с горизонтальной проводкой, заканчивание которых было представлено хвостовиками 114 мм с восемью портами ГРП. Масса пропанга на каждую из 16 стадий составляла 130 т. Гибридное исполнение было представлено комбинацией линейной и сшитой систем. Линейная система включала 50% всей программы закачки.

Расход подачи жидкости составил 10–12 м³/мин. Были созданы трещины протяженностью более 500 м. Одна из стадий была выполнена на низковязкой системе жидкости на основе синтетического гелеобразователя с улучшенными антисидементационными свойствами – синтетического полимера, рабочая вязкость которого составляет 12–80 сп.

Все закачки сопровождалась ГИС-микросейсмической записью.

Во второй части доклада были подробно охарактеризованы все остальные технологии ГРП, применяемые «Пакер Сервис» (гибридный ГРП, комбинированный ГРП, ГРП на углеводородной основе, ГПП с последующим ГРП).

Метод повышения эффективности МГРП на открытых муфтах с применением технологии динамического отклонения и высокочастотного мониторинга давления

В 2019 году впервые в России компанией «Пакер Сервис» были выполнены работы по высокотехнологичным многостадийным ГРП на объектах с трудноизвлекаемыми запасами ачимовской свиты.

Запатентованная технология динамического отклонения совместно с технологией высокочастотного мониторинга давления позволяет сократить время освоения скважины и максимизировать добычу.

на объектах АО «РН-Няганьнефтегаз» представил инженер-технолог по ПНП ООО «Технологическая компания Шлюмберже» **Айнур Ахунов**. Многими нефтегазовыми компаниями в течение долгого времени принято проводить один или максимум два повторных слепых ГРП на горизонтальных скважинах

с многостадийным заканчиванием ввиду того, что изоляция и выборочная стимуляция муфт ГРП с ГНКТ изоляцией селективными пакерами, пакерными пробками и пр.

требует дополнительных материальных затрат, подготовки скважины и увеличивает время освоения скважины.

Аналогичная ситуация случается и на скважинах нового фонда, которые по какой-либо причине имеют открытые неизолированные интервалы, требующие стимуляции. Такие скважины имеют ограниченный

потенциал по добыче нефти после ограниченного повторного ГРП. Запатентованная технология динамического отклонения совместно с технологией высокочастотного мониторинга давления позволяет сократить время освоения скважины и максимизировать добычу. Данный подход не требует привлечения дополнительных сервисов, таких как ГНКТ, ТКРС для изоляции интервалов, а также не требует дополнительной подготовки скважины (очистка стенок скважины райбером и

пр.), кроме стандартной промывки. Эта технология основана на динамическом призабойном отклонении от стимулированного интервала с трещиной ГРП к нестимулированному с помощью смеси полностью разрушающихся частиц, которые временно блокируют целевой интервал, отклоняя поток жидкости в следующий интервал. Для определения интервала стимуляции используется высокочастотный мониторинг

колебаний давления в скважине. Запатентованная технология высокочастотного мониторинга основана на обработке колебаний давления, измеренных с помощью датчика поверхностного давления во время гидроразрыва пласта, позволяющей определить точку входа жидкости в пласт.

Данная работа, проведенная совместно с АО «РН-Няганьнефтегаз», уникальна тем, что сочетание технологий динамического отклонения и высокочастотного мониторинга стало решением проблемы для стимуляции скважины с семью открытыми портами МГРП. На этой горизонтальной скважине планировалось проведение семи ГРП с помощью изоляции муфт ГРП селективными пакерами. При заканчивании скважины была обнаружена заколонная циркуляция от муфты ГРП № 2 к муфте ГРП № 7. Проведение ГРП по технологии с селективными пакерами могло повлечь осложнения в виде роста давления в затрубном

Технология основана на динамическом призабойном отклонении от стимулированного интервала с трещиной ГРП к нестимулированному с помощью смеси полностью разрушающихся частиц, которые временно блокируют целевой интервал, отклоняя поток жидкости в следующий интервал.

пространстве, а в случае СТОПа – получения прихвата инструмента и невозможности обратной промывки. ГРП был проведен с применением динамического отклонителя, что позволило избежать вышеперечисленных рисков. Было проведено шесть ГРП, четыре отклонения, подтвержденных с помощью высокочастотного мониторинга. Чтобы подтвердить факт

стимуляции портов традиционным способом, после ГРП был проведен комплекс ПГИ, подтвердивший выводы анализа высокочастотного мониторинга. Большим плюсом

Сочетание технологий динамического отклонения и высокочастотного мониторинга стало решением проблемы для стимуляции скважины с семью открытыми портами МГРП.

данной работы стало повышение операционной эффективности при проведении МГРП.

Технология динамического отклонения в связке с высокочастотным мониторингом может стать в ближайшие годы универсальным решением для повторных и первичных МГРП на открытых муфтах и сменить устоявшуюся парадигму способа проведения повторных ГРП на горизонтальных скважинах.

Об успехах и проблемах масштабного внедрения высокоминерализованной воды как основы для жидкости



Юрий Гайнуллин

ГРП в Западной Сибири рассказал **Юрий Гайнуллин**

инженер по ПНП ООО «Технологическая компания Шлюмберже». Была охарактеризована вода из нетрадиционных источников (сеноманского водоносного горизонта), ее химический состав.

Рассмотрены технические и технологические аспекты ее применения, а также результаты проведенных работ, преимущества и перспективы использования сеноманской воды.

Развитие новых удаленных хабов в Западной Сибири осложнено отсутствием традиционных источников пресной воды. Поэтому было предложено проводить ГРП на высокоминерализованной воде сеноманского горизонта. Проект состоял из четырех этапов: оптимизация рецептуры жидкости ГРП; подготовка к проведению ОПР; оценка результатов; тиражирование. Юрий Гайнуллин рассказал о проблемах,

Вследствие высокой минерализации сеноманской воды при проведении МГРП значительно ускоряется скорость растворения шаров, что следует учитывать при планировании операций.

Доказано, что средние показатели продуктивности скважин после ГРП сопоставимы с показателями после ГРП на пресной воде. Снижено количество применяемых химреагентов за счет исключения из рецептуры стабилизатора глин.

возникавших на каждом из этапов, и о принимавшихся решениях.

На месторождении, где отсутствуют традиционные источники пресной воды, бурится скважина на сеноманский горизонт, из которой вода подается прямо в емкости. За счет того, что вода подземная, ее температура достигает 40–42 °С, а значит, отсутствует необходимость ее подогрева. Однако вследствие высокой минерализации сеноманской воды при проведении МГРП значительно ускоряется скорость растворения шаров, что следует учитывать при планировании операций.

Проблема седиментации нерастворимых осадков решается путем непродолжительного отстаивания воды в емкостях перед проведением операций.

Были проведены тесты на стабилизацию глин в данной рецептуре.

Результаты со стабилизатором глин и без него для воды сеноманского горизонта сопоставимы. Поэтому было принято решение исключить стабилизатор глин из рецептуры жидкости ГРП.

В результате ОПР достигнуты следующие показатели: максимальный тоннаж – 120 т, максимальная концентрация – 700 кг/м³, скорость закачки – до 4,4 м³/мин. Доказано, что средние показатели продуктивности скважин после ГРП

сопоставимы с показателями после ГРП на пресной воде. Снижено количество применяемых химреагентов за счет исключения из рецептуры стабилизатора глин. Снижены выбросы CO₂ за счет отсутствия транспортировки воды и необходимости подогрева. Достигнуты практически аналогичные результаты по дебиту.

К настоящему времени проведено более 400 операций на воде сеноманского горизонта.



Дмитрий Прокопчук

Секретами **технологий разобщения интервалов** поделился руководитель технического отдела ООО «СИМОЙЛ»

Дмитрий Прокопчук.

«СИМОЙЛ» – инжиниринговая компания, специализирующаяся на разработке оборудования и оказании сервисных услуг по заканчиванию скважин и работах с забойным оборудованием. Для разобщения интервалов предназначены пакер-пробки, которые условно можно разделить на неизвлекаемые и извлекаемые. Дмитрием Прокопчуком были подробно представлены конструктивные особенности, технические характеристики,

предназначение и преимущества использования выпускаемых предприятием пакер-пробок, а также системы селективной обработки.

О новых инструментах рекрутинга персонала для компаний по ГРП рассказал первый заместитель начальника предприятия по производству – главный инженер по ГРП ООО «ЛениногорскРемСервис» **Максим Фадеев**. На базе компании «Татнефть» 25 лет назад было образовано подразделение по ГРП. К настоящему времени в компании «ТАГРАС-РС» действуют 11 флотов ГРП. Производится около 2700 операций ГРП в год для девятнадцати заказчиков – крупных нефтедобывающих компаний – в шести регионах Российской Федерации. Имеются три производственные базы в местах работ.

К сожалению, в компаниях, специализирующихся на ГРП, в настоящее время дефицит персонала составляет в среднем от 10 до 20%, а в некоторых случаях эта цифра доходит до 30%. Максимом Фадеевым был представлен анализ рынка от hh.ru, свидетельствующий о большой



Максим Фадеев

разнице между числом резюме и вакансий с превалированием последних. В период пандемии произошел большой отток персонала, и теперь даже при восстановлении рынка ГРП люди не хотят возвращаться на прежнюю работу.

Привычные инструменты поиска и привлечения кадров, такие как поиск через hh.ru, переманивание сотрудника, сарафанное радио, объявления в СМИ, как показывает практика, эффективны всего на 20%.

В компании «ТАГРАС-РС» создали специальный сайт для трудоустройства, и если в поисковике забить «оператор ГРП», то первой появится ссылка на этот сайт. Цифровые технологии позволяют сформировать профиль компетенций специалиста, которого ищет компания. Мобильная система сама производит анализ и осуществляет СМС-рассылку потенциальным работодателям. Таким образом, человек с нужными компетенциями автоматически переходит на сайт компании, где с ним устанавливается связь.

Проведенный анализ показал, что представители рабочих профессий ищут работу в основном не через hh.ru, а через avito.ru. Здесь тоже идет интеграция с сайтом компании: человек заходит на avito.ru, переходит по ссылке на сайт компании, знакомится с ней, оставляет свой номер телефона и получает обратную связь.

Организация работы рекрутинга идет по следующей схеме: поиск

Реализация проекта прошла несколько этапов: формирование штата HR и рекрутеров, применение цифровых технологий, формирование новых правил поиска персонала, улучшение условий труда и повышение лояльности персонала.

персонала, собеседование, формирование воронки, прием на работу, формирование базы данных, повторные беседы раз в месяц.

В результате опроса 900 человек было установлено, что важнее самой зарплаты для работников стали условия труда: бессрочный договор, условия проживания, соцпакет, суточные, оплата

проезда, доставка до места работы и т.п. В компании приняли это во внимание и стали работать над совершенствованием условий труда.

Эффективность новых инструментов рекрутинга превысила ожидания. За три месяца работы сайта поступило 150 обращений, трудоустроены 23 человека. По цифровым технологиям – 177 обращений, трудоустроены 32 человека. Через avito.ru – 111 обращений, приняты на работу 28 человек.

Реализация проекта прошла несколько этапов: формирование штата HR и рекрутеров, применение цифровых технологий, формирование новых правил поиска персонала, улучшение условий труда и повышение лояльности персонала.

Колюбинговые технологии и внутрискважинные работы

Инициативы сектора ГНКТ в периметре ПАО «Газпром нефть»

представил эксперт Центра компетенций по технологиям строительства и ремонта скважин блока экспертизы и функционального развития ООО «Газпромнефть НТЦ» **Сергей Симаков**. Технологические инициативы в области ГНКТ



включают в себя бурение с ГНКТ, радиальное вскрытие пласта, применение нового материала в ГНКТ и кислотоструйное туннелирование. Все эти инициативы были реализованы. Идет работа на дальнейшее тиражирование в отдельных участках.

Сергей Симаков представил состав компоновки для бурения с ГНКТ, общую схему и результаты реализации проекта «БГНКТ». Суммарная проходка составила 1314 м. За 43 суток были пробурены три ствола в карбонатных коллекторах.

Компания для каждой внедренной технологии определяет диапазон, в котором данная технология наиболее эффективна. Новый материал в ГНКТ – гибкая сталеполимерная труба (ГСПТ) находит применение в тех скважинах, где необходимо

Технологические инициативы в области ГНКТ включают в себя бурение с ГНКТ, радиальное вскрытие пласта, применение нового материала в ГНКТ и кислотоструйное туннелирование.

При использовании ГСПТ скорость работ по восстановлению циркуляции в три раза превышает скорости работ стандартной бригады КРС.

восстановление циркуляции или растепление, поскольку для ГСПТ характерна низкая теплопотеря. При использовании ГСПТ скорость работ по восстановлению циркуляции в три раза превышает скорости работ стандартной бригады КРС.

По технологии кислотоструйного туннелирования (КСТ) были выполнены работы в 45 скважинах. Применялись ГНКТ диаметром 38,1 и 44,45 мм. В использовании как одного, так и другого диаметра наблюдались как положительные, так и отрицательные моменты. Сделан вывод: на сегодняшний день данная

технология имеет перспективы к тиражированию.

Основная часть доклада была посвящена опытно-промышленным испытаниям (ОПИ) в секторе ГНКТ в ПАО «Газпром нефть» и перспективам развития колтюбинговых технологий.

Сергей Симаков представил также обзор рынка РФ по ГНКТ, согласно которому общее количество флотов ГНКТ в 2023 году составило

155 (что несколько отличается от оценки К. Бурдина. – Прим. ред.). Были очерчены географические зоны, охваченные периметром ПАО «Газпром нефть». Реализация услуг ГНКТ в компании происходит следующим образом: действуют законтрактованные флота, есть так называемые гарантированные и негарантированные объемы работ.

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию скважин. В компании видят преимущество онлайн-мониторинга

перед записью в режиме офлайн.

На отдельных активах операции ГНКТ выполняются не после ГРП, а совместно с ним.

Спектр операций и диапазон влияния ГНКТ на ГРП постоянно растет. Появляются новые горизонты для использования колтюбингового

оборудования тяжелого класса с тяговым усилием инжектора более 45 т.

Вниманию аудитории была представлена таблица использования ГНКТ различных диаметров (в процентном соотношении) в разные периоды времени в компании. Наиболее широкое применение получила ГНКТ диаметром 44,45 мм (35% в 2019-2020 годах и 49% в 2021-2022 годах). Снижается использование ГНКТ диаметром 38,1 мм (55% в 2018-2020 годах и 10% в 2021-2022 годах), растет востребованность ГНКТ диаметром 50,8 мм (10% в 2019-2020 годах и 40% в 2021-2022 годах). Все эти диаметры труб подходят для ГРП, ТКРС, ППД. В последние два года для протяженных горизонтов и бурения на ГНКТ стала применяться гибкая труба трех типоразмеров: 60,3 мм, 66 мм и 70,1 мм. Пока этот сегмент составляет всего 1% от всего объема используемых ГНКТ, но нет сомнений, что он будет расти.

О колтюбинговых технологиях РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» в условиях импортозамещения рассказал начальник отдела капитального ремонта скважин управления скважинных технологий и сервиса центрального аппарата «Белоруснефти» **Андрей Кобец**. В РУП «ПО «Белоруснефть» были созданы рабочие группы

На отдельных активах операции ГНКТ выполняются не после ГРП, а совместно с ним.

по импортозамещению по направлениям, в состав которых вошли профильные специалисты.

Им вменены обязанности по поиску на территории Беларуси, России, Китая изготовителей и поставщиков оборудования, материалов и реагентов, используемых при строительстве и обслуживании скважин взамен западных

поставщиков, ушедших с рынка. С целью импортозамещения в 2022 году в КНР было создано дочернее предприятие ООО «Шаньдун БН Международная торговая компания».

Основное направление поисков замещающих вариантов – Китай. Туда выезжают группы специалистов «Белоруснефти», предварительно наметив маршрут и составив список перспективных для сотрудничества предприятий.



В результате непосредственного взаимодействия с китайскими промышленниками определяется, является ли то или иное предприятие первым производителем, оцениваются производственные

мощности, оснащение и лаборатории, и делается вывод, насколько это предприятие подходит для сотрудничества с государственной компанией, каковой и является «Белоруснефть». В рамках импортозамещения технологической оснастки обсадных колонн, муфт ГРП, подвесок хвостовиков обсадных колонн, заколонных пакеров компания переходит на китайских и российских поставщиков. Также китайскими и российскими аналогами замещаются телеметрические системы с гидравлическим/электромагнитным каналом связи, поддолотный модуль, резистивиметр, роторно-управляемая система

В рамках импортозамещения технологической оснастки обсадных колонн, муфт ГРП, подвесок хвостовиков обсадных колонн, заколонных пакеров компания переходит на китайских и российских поставщиков.

Уникальные операции на сложных скважинах реально проводить, только имея высокотехнологичное оборудование.

с азимутальными измерениями глубокого зондирования.

Проблему крепления скважин компания решает своими силами. В ее структуре имеется «БелНИПИнефть», где разработаны в т. ч. рецептуры тампонажных растворов, которые позволяют получить крепь, устойчивую к циклическим нагрузкам при проведении МГРП с расчетным давлением 100 МПа. Это достигается за счет изменения механических свойств цементного камня.

Строительство горизонтальных скважин «Белоруснефтью» ведется с 1991 года с постоянным увеличением длины горизонтальной части. Ежегодно строится около 31 скважины с горизонтальным

окончанием. Средняя длина горизонтального участка составляет примерно 1500–2000 м, срок строительства – до 45 суток.

С 2007 года начали активно внедряться колтюбинговые технологии. Успешно освоены все основные технологические операции с ГНКТ, в т. ч.

освоение скважин по технологии Plug & Perf с горизонтальными участками протяженностью до 2200 м с применением передового внутрискважинного оборудования (фрезеры, осцилляторы и др.) и колтюбинговых установок с повышенной грузоподъемностью инжектора (до 45 т).

В 2019 году была построена первая горизонтальная скважина, спроектированная под реализацию кластерной технологии Plug & Perf в нетрадиционном резервуаре I–III пачек межсолевой залежи Речицкого месторождения (скважина № 411g Речицкая).

Проводка горизонтальной скважины осуществлялась с геонавигационным сопровождением с применением роторно-управляемой системы RSS с LWD-каротажем по высокоточным датчикам азимутальных измерений гаммы и резистивиметра.

Уникальные операции на сложных скважинах реально проводить, только имея высокотехнологичное оборудование. Недавно «Белоруснефть» приобрела колтюбинговую установку тяжелого класса УНТ4 производства Группы ФИД. Она будет использоваться в первую очередь для освоения скважин после ГРП. УНТ4 оснащена ГНКТ

диаметром 50,8 мм. Максимальное тяговое усилие инжектора – 450 кН.

В ближайшее время Группа ФИД совместно с «Белоруснефтью» намерена создать такую колтюбинговую установку, которая будет оснащена инжектором с тяговым усилием 630 кН, что позволит работать с ГНКТ диаметром 60,3 мм.

Следующее направление на пути импортозамещения – это непосредственно ГНКТ. В компании перешли на использование колтюбинга приемлемого качества от российских и китайских производителей. Аналогична стратегия импортозамещения фрезерного и ловильного инструмента, а также композитных

В ближайшее время Группа ФИД совместно с «Белоруснефтью» намерена создать такую колтюбинговую установку, которая будет оснащена инжектором с тяговым усилием 630 кН, что позволит работать с ГНКТ диаметром 60,3 мм.

и растворимых пакер-пробок. Были проведены с обнадеживающими результатами стендовые и скважинные испытания растворимых в процессе МГРП пакер-пробок от разных производителей. Для улавливания фрагментов фрезеруемых пакер-пробок был задействован специальный блок собственной оригинальной конструкции.

С использованием ГНКТ была проведена нормализация стволов скважин после проведения МГРП по технологии Zipper Frac, о которой подробно рассказал здесь коллега В. Марченко.

Заместитель генерального директора по развитию службы

ГНКТ ООО «Пакер Сервис» **Алексей Байрамов** озвучил доклад **«Технологические решения для выполнения работ на автономных проектах»**. Компания «Пакер Сервис» имеет обширный опыт работ на автономных проектах по всей России.

Была дана краткая характеристика следующих проектов:

- Восточная Сибирь. Куюмбинское месторождение, ООО «Славнефть-Красноярскнефтегаз». Опыт с 2016 года;
- Восточная Сибирь. Юрубчено-Тохомское месторождение, АО «Востсибнефтегаз». Опыт – 2016-2022 годы;
- ЯНАО. Восточно-Мессояхское месторождение, АО «Мессояханефтегаз». Опыт с 2019 года;
- ЯНАО. Русское месторождение, ООО «Тюменьнефтегаз». Опыт с 2017 года;
- ЯНАО. Тазовское месторождение, АО «Меретояханефтегаз». Опыт с 2018 года.

Основные проблемные вопросы



автономных проектов – географическое расположение, продолжительность автономии, сложности с доставкой грузов. Часто при совместной работе с заказчиком возникают сложности в планировании работ, а также количестве необходимых материалов и средств. Бывают сложности и по выбору скважин-кандидатов, перечню работ, выбору ГНКТ нужных видов и диаметров, графику завоза, а зачастую и по перечню самих работ, что влечет за собой шлейф новых проблем, связанных с номенклатурой и завозом оборудования. Поэтому нужно составлять дорожную карту мобилизации, ведь случается, что тендер заканчивается, например, в ноябре, а в январе уже необходимо заезжать на место работ.

К настоящему времени компанией «Пакер Сервис» накоплен обширный опыт работ на автономных проектах. В качестве положительного примера А. Байрамов привел опыт работ на Восточно-Мессояхском месторождении, где в 2019 году был зафиксирован первый успешный опыт очистки забоя скважин от пластового песка с применением колтюбинговой установки и мембранного азотного комплекса Pacific, модифицированного специалистами компании «Пакер Сервис». Суммарно в период с 2019 по 2022 год было извлечено при нормализации забоя на 81 скважине 932 тонны пластового песка.

Имеющиеся у «Пакер Сервис» мембранные азотные комплексы (МАК) модернизируются для

возможности работ на автономных проектах в течение длительного времени. На текущий момент компания располагает шестью модернизированными МАК, в которых заменен компрессор. Подобран надежный производитель компрессоров. Успешно решены вопросы логистического обеспечения.

Главный геолог ООО «ВETERAN» **Константин Алегин** выступил с докладом «**Методы борьбы с «самоподавливанием» газовых и газоконденсатных скважин. Удаление жидкости на горизонтальных участках**

ствола скважины с использованием технологии эжекторной очистки на ГНКТ». В процессе эксплуатации газовых и газоконденсатных скважин возникает проблема, когда потоки газа в газовых скважинах содержат воду или газовый конденсат, и

при снижении давления на забое в насосно-компрессорных трубах или в прискважинной зоне пласта начинает накапливаться жидкость.

В результате из-за высокой

Основные проблемные вопросы автономных проектов – географическое расположение, продолжительность автономии, сложности с доставкой грузов.



Константин Алегин

плотности жидкости (воды) создается давление, снижается технологический процесс добычи газа, резко сокращается производительность скважин. Проблема удаления жидкости с забоев скважин становится все более актуальной, так как постоянно увеличивается число

таких скважин. Скопление жидкости в газовой скважине происходит при неспособности добываемого газа выносить с собой ее из ствола. По мере накопления столба жидкости в скважине увеличивается его

гидростатическое давление на забой, препятствующее потоку газа, что приводит к самопроизвольной остановке скважины – самозадавливанию.

В докладе К. Алегина были подробно изложены причины самозадавливания скважин и представлены методы борьбы с этим явлением в вертикальных газовых и газоконденсатных скважинах. В частности, для эффективного подъема жидкости и газоконденсатных вертикальных скважин необходимо проведение следующих ГТМ:

- периодической продувки скважин;
- замены труб лифта НКТ большего диаметра на меньший;
- применения жидких и твердых ПАВ;
- оборудования скважин плунжерным лифтом НКТ;
- оборудования скважин концентрическими лифтовыми

По мере накопления столба жидкости в скважине увеличивается его гидростатическое давление на забой, препятствующее потоку газа, что приводит к самопроизвольной остановке скважины – самозадавливанию.

Разработанный комплект оборудования ЭОС позволяет производить очистку скважин с градиентом давления до 0,05 атм/м.

колоннами;

- оборудования скважин газлифтом.

Константин Алегин дал ранговую оценку технологий для эксплуатации обводненных газовых скважин.

Вторая часть доклада была посвящена эжекторной очистке (ЭОС) горизонтального ствола скважины с АНДП от скопившейся

жидкости. Данный способ промывки применим в тех случаях, когда промывки с обычной циркуляцией нецелесообразны или невозможны. ЭОС основана на эффекте эжектирования, создаваемого

потоком, имеющим большую скорость течения. Для циркуляции используют двойную (концентрическую) ГНКТ, где рабочий поток подается вниз по меньшей ГНКТ, а эжектируемый поднимается вверх по большей ГНКТ.

Двойная ГНКТ смотана на барабан, оснащенный специальным вертлюгом. Система эжекторной очистки скважины позволяет производить непрерывную очистку по всему стволу скважины до забоя. Скорость движения жидкости составляет 1,8 м/с, что обеспечивает подъем даже твердой фазы плотностью до 1800 кг/м³ и размером частиц до 3 мм. Разработанный комплект оборудования ЭОС позволяет производить очистку скважин с градиентом давления до 0,05 атм/м. В заключении доклада была представлена технологическая схема проведения работ и перечислены преимущества ЭОС. Колтюбинговым технологиям

также был посвящен доклад заместителя главного инженера по освоению скважин ООО «Технологическая компания Шлюмберже» **Михаила Тонконога «Интеграция многофазной расходомерии с технологиями ГНКТ»,**

который был сфокусирован на том, какие дополнительные положительные эффекты возникают при интеграции поверхностных замеров и данных, получаемых при записи промышленной геофизики, когда приборы доставляются на ГНКТ в горизонтальную скважину.

Для того чтобы повысить качество данных, и особенно качество записи профиля притока, предлагается сочетание этих данных с такими же высокочастотными замерами поверхностных дебитов. Для замеров применяется многофазный расходомер Vx.

При ПГИ в горизонтальных стволах гидродинамические эффекты в стволе, вызываемые движением ГНКТ, влияют на запись профиля притока.

Наличие поверхностных высокочастотных замеров позволяет провести калибровку и исключить искажающее влияние ствола скважины.

Были представлены скважинные расходомеры для промышленно-геофизических исследований (ПГИ) – Flow Scanner – позволяющие определять метрологию отдельно для каждой фазы. Комплекс для ПГИ PSP применяется для определения

трехфазного профиля притока. Измерения могут производиться как в режиме реального времени, так и автономно. Электрические датчики (влагометрия) позволяют разделять проводящий и непроводящий флюиды (т. е. воду и углеводород)

Оптические датчики (газосодержащие) позволяют разделять флюиды со значительно отличающимися показателями преломления (т. е. газ и жидкость).

Михаил Тонконог привел пример влияния потока при проведении операции ГНКТ в интеграции Vx. Движение ГНКТ в скважине вызывает движение флюида (эффект свабирования и плунжера), влияющее на глубинный расходомер, который в результате показывает или занижение, или завышение дебита относительно истинного значения. Высокочастотные данные Vx на поверхности позволяют учитывать нестабильность потока во время ПГИ и дают более точный профиль притока.

Был сделан вывод, что при ПГИ в горизонтальных стволах гидродинамические эффекты в стволе, вызываемые движением ГНКТ, влияют на запись профиля притока. К примеру, рост дебита газа при движении вверх можно истолковать как прорыв газа из верхних



Юрий Штахов

интервалов. В действительности же это влияние движения флюида в стволе при движении ГНКТ. Наличие поверхностных высокочастотных замеров позволяет провести калибровку и исключить искажающее влияние ствола скважины.

Внутрискважинный инструмент для колтюбинговых установок, его модернизацию и реализацию технических решений представил генеральный директор ООО «Вилерен» **Юрий Штахов**. Компания специализируется на разработке внутрискважинного инструмента для колтюбинговых установок. В докладе были представлены переводники-коннекторы трубные, переводники (коннекторы) внутренние, инструмент для обработки внутренней поверхности ГНКТ типа КСШ для трубы диаметром 38,1 мм, 44,45 мм, 50,8 мм, матрицы для установки внутренних и внешних коннекторов, разъединители гидравлические кулачкового типа РГК, ловители внутренние типа ЛВК для внутреннего профиля GS, разъединитель механический для геофизических приборов типа РГМ, переводник шарнирный типа ПСА-М, овершоты освобождаемые и неосвобождаемые типа ОН и ОНГ. В заключительной части доклада был продемонстрирован видеоролик испытаний овершота освобождаемого типа ОНГ. Значительная часть продукции компании «Вилерен» является инновационной и

В 2020-е годы основными работами стали открытие портов ГРП, кислотные ГРП, обработка многоствольных скважин, бурение на ГНКТ.

импортозамещающей.

Генеральный директор по развитию международных продаж СЗАО «ФИДМАШ» **Виктор Ерченко** рассказал **о развитии**



колтюбинговых технологий в Российской Федерации, современности и перспективах

этого процесса. Появление отечественных колтюбинговых установок датируется концом девяностых – началом двухтысячных годов. В этот период использовалась ГНКТ диаметром 25,4–38,1 мм, а основными операциями были растепления и промывки скважин, а также ликвидации пробок. Технологический рост 2006–2010 годов был отмечен появлением новой техники и технологий, позволявших реализовать работы с геофизическим оборудованием, расширить спектр услуг по освоению и интенсификации, сделать первые шаги в колтюбинговом бурении.

Новые технические решения 2010-х годов состояли в использовании ГНКТ в процессах ГРП

(гидропескоструйная перфорация, разбуривание портов при МГРП, освоение после ГРП) и в работах в горизонтальных скважинах с ГНКТ диаметром 44,45–50,8 мм. В 2020-е годы основными работами стали открытие портов ГРП, кислотные ГРП, обработка многоствольных скважин, бурение на ГНКТ.

Заключительная часть доклада В. Ерченко была посвящена техническим решениям, которые предприятие реализует в настоящее время: выпуск колтюбинговых установок тяжелого класса с инжектором с тяговым усилием 45–63 т, расширение линеек оборудования, использование импортозамещающих комплектующих.

Трендовая тема колтюбингового бурения была поддержана докладом генерального директора ООО «Нефтегазтехнология»

Павла Попова «Бурение на ГНКТ по технологии Blood Vessels». Была дана

краткая характеристика технологии Blood Vessels (BV) – интенсификации притока и увеличения КИН за счет создания разветвленной сети боковых стволов в продуктивном пласте. Стволы проводятся из вертикальных (наклонно-направленных) обсаженных скважин и открытых горизонтальных стволов с определенными параметрами. Высокий КПД струйного бурения возникает за счет прямого использования гидравлической мощности без преобразования ее во вращение и дополнительных потерь энергии. Отсутствие крутящего момента позволяет быстрее и точнее

Была дана краткая характеристика технологии Blood Vessels (BV) – интенсификации притока и увеличения КИН за счет создания разветвленной сети боковых стволов в продуктивном пласте.



Павел Попов

управлять траекториями проводки боковых стволов. Закачка жидкости на основной протяженности ведется по межколонному пространству НКТ/ГНКТ, и только в ста метрах от забоя поток переходит из межколонного пространства в ГНКТ. Система позволяет управлять забойным давлением: при АДП –

штуцированием выхода промывочной жидкости; при АНДП – снижением эквивалентной плотности промывочной жидкости посредством криогенного азотирования.

Подготовительные работы представляют собой фрезерование эксплуатационной колонны, затем высоконапорной струей, создаваемой с помощью гидромониторной насадки с автономным модулем зенитного угла, спускаемой на ГНКТ диаметром 38,1 мм, бурятся стволы.

Павел Попов подробно рассказал обо всех этапах проводки стволов в обсаженных скважинах

(технология BV_01), о порядке работ и возможностях проводки каналов BV в открытых горизонтальных стволах (технология BV_02). Были приведены факторы формирования преимуществ BV и расчеты дополнительной добычи.

Технология BV была опробована на скважине № 718 Бухарской площадки (Татарстан) и на скважине № 10 Осваньюрского месторождения (Коми). Получен результат, подтверждающий готовность дальнейшего внедрения технологии для создания каналов в прочных карбонатных породах.

О дизельных двигателях Yuchai для нефтегазовой отрасли рассказал **Сергей Иванцов**, начальник отдела силовых установок ООО «Вайсрусланд». С 2006 года компания «Вайсрусланд» являлась официальным дилером компании Caterpillar в Республике Беларусь, после ухода которой с рынка в 2022 году стала официальным дилером китайской компании Yuchai.

Yuchai уже более 70 лет специализируется на разработке и производстве легко адаптируемых и эффективных дизельных и



газотурбинных двигателей. Двигатели Yuchai мощностью от 15 кВт до 4200 кВт используются по всему миру в различных отраслях – от грузовых автомобилей, автобусов, спецтранспортных средств до сельскохозяйственной, морской, инженерной техники. Компания производит в год порядка 600 000 дизельных двигателей различной мощности. Поставки идут в 180 стран. Номенклатура включает 15 платформ, 49 семейств и более 2000 моделей. Экологический класс – от Евро I до Евро VI.

В модельном ряде дизельных двигателей Yuchai имеется V-серия, которая закрывает большую часть потребностей в двигателях нефтегазовой отрасли, в частности, для насосных, компрессорных и буровых установок. Это двигатели объемом 19,59 л, 26,7 л, 39,2 л, 52,3 л, способные заместить двигатели Caterpillar. Так, двигатели Yuchai V520 с успехом работают на установках ГРП. Было отмечено также, что запчасти для двигателей могут быть оперативно поставлены по всей России компанией Yuchai Parts.



ГНКТ: ИННОВАЦИИ

О композитном токопроводящем колтюбинге, его текущем состоянии и планах разработки

рассказал ведущий инженер Межкафедрального центра исследования новых материалов для объектов ТЭК при РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина **Алексей**

Вахрушев.

Совместно с производителем композитного колтюбинга была проведена серия работ по изучению возможности производства и внедрения композитного токопроводящего колтюбинга. В докладе была представлена конструкция композитного колтюбинга – непрерывной трубы, тело которой формируется непрерывной намоткой нитей стекло- и углеволокна с использованием реактопластовых смол в качестве связующего. В теле трубы может быть проложен токопроводящий силовой кабель и каналы связи. Коллективом авторов была разработана конструкция трубы диаметром 73 мм, которая позволяет передавать на забой электрическую мощность до 35 кВт.

Алексеем Вахрушевым был дан сравнительный анализ композитного колтюбинга и стальной ГНКТ, изложена история применения композитной непрерывной трубы в мире, преимущественно в США. Производство композитной непрерывной трубы в России

Была представлена конструкция композитного колтюбинга – непрерывной трубы, тело которой формируется непрерывной намоткой нитей стекло- и углеволокна с использованием реактопластовых смол в качестве связующего.

Композитный колтюбинг может применяться для всех основных операций ГНКТ.

локализовано на базе НПО «Фотополимер». Опытно-производственная линия смонтирована в Московской области. Запуск производства запланирован на первый квартал 2024 года.

Докладчик рассказал о стратегии разработки и внедрения проекта, о намеченной программе и методике испытаний на 2024 год. В заключительной части доклада были приведены результаты

моделирования бурения и других технологий с композитной непрерывной трубой. Сделан вывод, что композитный колтюбинг может применяться для всех основных операций ГНКТ.

Доклад **«Сверхмощные койлы, уникальные ГНКТ и не только...»**



озвучил генеральный директор по России и странам СНГ ООО «ШИНДА ТЮБИНГ СОЛЮШНС», д. т. н.

Павел Егоров. Линейка продуктов «ШИНДЫ» включает в себя широкую номенклатуру кабельной продукции

для нефтегазового применения, в т. ч. ГНКТ в соответствии API 5ST; ГНКТ больших диаметров, больших длин и толщин стенок; разностенные ГНКТ из нержавеющей и специальных сталей; в сероводородном исполнении. Также выпускаются колтюбинговые установки на полуприцепе и шасси.

Фокусом доклада стала презентация инновационного продукта компании – колтюбинговой установки тяжелого класса, которая подходит для эксплуатации ГНКТ из стали высокой марки, большого диаметра и большого собственного веса в сверхглубоких и горизонтальных скважинах. Были представлены технические характеристики данной установки и особенности ее конструкции, приведены параметры ее работы на месторождениях. В заключительной части

Было рассказано о ГНКТ со встроенными системами внутри (труба в трубе, греющая ГНКТ, ГНКТ с силовым кабелем, кабелем управления и гидравлическими трубками).

доклада было рассказано о ГНКТ со встроенными системами внутри (труба в трубе, греющая ГНКТ, ГНКТ с силовым кабелем, кабелем управления и гидравлическими трубками).

Об импортозамещающих гибких насосно-компрессорных трубах из новой российской стали производства ООО «СТАР

ТЮБИНГ» доложил генеральный директор одноименного предприятия **Владимир Руднев**. «СТАР ТЮБИНГ» – новое,

Одно из приоритетных направлений развития предприятия – совместная работа с российскими металлургами по получению отечественной стали, способной на равных конкурировать с металлом импортного производства.

динамично развивающееся предприятие по производству импортозамещающей продукции, прежде всего ГНКТ. Производственная площадка компании расположена на территории индустриального парка «Мастер» в Ставрополе. Эта

локация является удобной с точки зрения логистики. Наличие на площадке железной дороги позволяет оперативно отправлять продукцию потребителям. Было рассказано об оборудовании, которым оснащено производство. В процессе подготовки к выпуску труб проводятся исследования с целью определения оптимальных режимов термической и термомеханической обработки всех сварных соединений: косых швов, соединяющих концы рулонов штрипса, и продольного сварного шва трубы. Исследования проводятся в собственной испытательной лаборатории. Особенность



Владимир Руднев

выпускаемой продукции состоит в высоких требованиях, предъявляемых к каждой характеристике качества каждого миллиметра всей пятикилометровой ГНКТ. Поэтому в процессе приемосдаточного контроля выполняется полный набор операций и испытаний.

Одно из приоритетных направлений развития предприятия – совместная работа с российскими металлургами по получению отечественной стали, способной на равных конкурировать с металлом импортного производства.

Нефтепромысловая химия. Новые перспективы

Блок нефтепромысловой химии представили специалисты Центра мирового уровня РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты».

Люция Давлетшина, д. т. н., профессор РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, в. н. с. Центра мирового уровня выступила с докладом «**Зеленая**

химия. «Зеленые» ингибиторы коррозии». «Зеленая» химия – это любое усовершенствование химических процессов, которое положительно влияет на окружающую среду. Пути развития «зеленой» химии: новые способы синтеза, возобновляемые источники сырья и энергии, замена традиционных органических растворителей.

«Зеленые» ингибиторы коррозии



должны соответствовать критериям «зеленой» химии. Продукты, которые будут использованы в качестве «зеленых» ингибиторов,

Продукты, которые будут использованы в качестве «зеленых» ингибиторов, можно экстрагировать из обычного сырья, в состав которого входят атомы серы, азота, кислорода в соединениях, присутствующих и в синтетических ингибиторах коррозии.

можно экстрагировать из обычного сырья, в состав которого входят атомы серы, азота, кислорода в соединениях, присутствующих и в синтетических ингибиторах коррозии.

В НОЦ «Промысловая химия» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина были изучены публикации по тематике «зеленых» ингибиторов коррозии.

Начиная с 70-х годов прошлого века в мире в ведущих научных журналах выходило по одной-две статьи. С 2000-х годов количество публикаций резко возросло, что свидетельствует об актуальности темы. Были проанализированы 93 работы за период 1972–2020 годов, в т. ч. 80 работ, опубликованных в международных рецензируемых журналах. Особое внимание было обращено на публикации,

касающиеся кислотной коррозии в присутствии десяти-двенадцатипроцентной соляной кислоты.

Были проанализированы публикации по цитрусовым культурам, самая распространенная из которых на планете – апельсин. В мире производится в среднем 73 298 838 тонн этого фрукта в год. Отходы кожуры после приготовления сока, составляющие 50% апельсина, обычно уничтожаются путем сжигания, при котором выделяется углекислый газ и другие парниковые газы. Авторы ряда публикаций предлагают различные методы выделения «зеленых» ингибиторов коррозии из апельсиновой кожуры.

Наиболее подходят на роль «зеленых» ингибиторов флавоноиды, в значительном количестве содержащиеся в апельсиновой кожуре. Могут применяться различные методы их экстракции: мацерация, соклет, экстракция с помощью ультразвука, сверхкритическая жидкостная экстракция, отвар, экстракция противотоком, жидкостная экстракция под давлением, экстракция с помощью микроволн. Перечисленные методы в разной степени соответствуют принципам «зеленой» химии, поскольку в некоторых из них при экстракции используются органические растворители. Наиболее экологичен метод экстракции с помощью микроволн.

Инженер Центра мирового уровня **Денис Поляков** рассказал

Наиболее подходят на роль «зеленых» ингибиторов флавоноиды, в значительном количестве содержащиеся в апельсиновой кожуре.

об изучении влияния различных сшивающих агентов на полимеры целлюлозы.

В рамках исследований были выбраны такие полимеры, как карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), полианионная целлюлоза (ПАЦ), метилцеллюлоза (МЦ) и гидроксипропилцеллюлоза (ГЭЦ). Важная особенность данных полимеров – их способность образовывать сшитую структуру. В роли сшивающих агентов для производных целлюлозы с целью получения трехмерной сшитой структуры могут быть использованы



Денис Поляков

металлы, имеющие валентность три и выше. Например, ионы: Al^{+3} ; Cr^{+3} ; Fe^{+3} ; V^{+3} ; Cu^{+2} ; Ti^{+4} . Были выбраны такие сшиватели, как полиоксихлорид алюминия, сульфат меди, ацетат хрома и бихромат калия, являющиеся наиболее технологичными, доступными и безопасными для применения в промышленных условиях.

Были проведены лабораторные исследования по сшивке нескольких

полимерных систем, которые могут выступать в качестве основы жидкостей глушения при их использовании в условиях аномально низких пластовых давлений. Получены вязкоупругие составы на основе КМЦ, ПАЦ, МЦ и ГЭЦ. Вязкоупругая жидкость (сшитый полимер) – это система, способная образовывать определенную структуру, характеризующуюся способностью не разрываться в условиях упругих и жестких деформаций.

В ходе исследований было выявлено, что сшитые производные целлюлозы обладают различными вязкоупругими свойствами в зависимости от сшивающего агента. Производные целлюлозы возможно сшить при воздействии различных температур. Также в зависимости от температуры различны вязкоупругие характеристики сшитого геля. При процессе сшивки производных целлюлозы можно добиться как повышения вязкости, так и получения сшитого, «звнящего», вязкоупругого геля. Большой диапазон условий для получения гелей производных целлюлозы, а также экономическая и транспортная доступность в России позволяют использовать их в широком спектре работ, проводимых в промысловых условиях.

Разработку и

Были проведены лабораторные исследования по сшивке нескольких полимерных систем, которые могут выступать в качестве основы жидкостей глушения при их использовании в условиях аномально низких пластовых давлений. Получены вязкоупругие составы.

исследование многофункциональной композиции на основе имидазолина

представила м. н. с. Центра мирового уровня **Виктория Котехова**. Было рассказано о процессе разработки многофункциональной композиции и исследовании совместного влияния поверхностно-активных веществ,

органических и неорганических соединений на защитное действие ингибитора коррозии на основе имидазолинов, а также изложены



Виктория Котехова

Композиция демонстрирует свою эффективность как ингибитор коррозии в минерализованной пластовой воде, насыщенной углекислым газом и сероводородом, в растворах сульфаминовой кислоты, а также в растворах соляной кислоты.

результаты испытаний разработанных составов в различных агрессивных средах в динамических и статических условиях.

В результате серии проведенных экспериментов была разработана многофункциональная композиция на основе

имидазолина.

В состав также входят анионный ПАВ «Нежеголь» и йодид калия.

Композиция демонстрирует свою эффективность как ингибитор коррозии в минерализованной пластовой воде, насыщенной углекислым газом и сероводородом, в растворах сульфаминовой кислоты в диапазоне концентраций от 5 до 15% масс., а также в растворах соляной кислоты 5 и 10% масс. Оптимальная концентрация составляет 60 г/м³ в водных средах 0,06% масс. в кислотных средах.

Многофункциональная композиция не содержит в своем составе четвертичных аммониевых и хлорорганических соединений, может быть изготовлена с использованием растительного сырья. Она обладает необходимыми для ингибитора коррозии технологическими свойствами, а также может быть использована в качестве реагента-гидрофобизатора для обработки призабойной зоны пласта, что говорит о возможности ее применения в составе технологических жидкостей при различных скважинных операциях.

О совершенствовании методов борьбы с опережающим обводнением нефтяных скважин рассказал д. т. н.

Александр Куликов, в. н. с. Центра мирового уровня. Доклад был посвящен разрабатываемым и запатентованным технологиям борьбы с опережающим обводнением скважин в условиях трудноизвлекаемых запасов. К примеру, такие условия создаются



Александр Куликов

Разработан комплексный реагент, который применяется в два этапа и оказывает сначала тампонирующее, а затем стимулирующее действие.

в низкопроницаемых коллекторах,

в юрских отложениях. В Западной Сибири практически все месторождения переходят от третьей к четвертой стадии разработки и выработка запасов снижается.

В этих условиях

применяется метод выравнивания профиля нагнетательных скважин, чтобы фронт вытеснения нефти водой шел по пласту более-менее равномерно. Для среднепроницаемых коллекторов используются обычные составы, сшитые сшивателем на основе тяжелых металлов. А в условиях низкопроницаемых коллекторов применяется технология выравнивания профиля приемистости нагнетательной скважины, когда в нее сначала закачивается жесткий полимерный гелеобразующий сшитый состав, который, попадая в пласт, сшивает его и тампонирует его высокопроницаемую часть. Вслед за этим закачивается кислотный



Гульдар Кутушева

состав, который проникает уже в низкопроницаемую часть пласта, поскольку высокопроницаемая часть тампонируется полимером. Таким образом, увеличивается проницаемость низкопроницаемых коллекторов. Был разработан комплексный реагент, который применяется в два этапа и оказывает сначала тампонирующее, а затем стимулирующее действие.

Логическим продолжением этого доклада явилось выступление ведущего инженера Центра мирового уровня **Гульдар Кутушевой** «**Совершенствование технологии удаления жидкости с забоя газовых и газоконденсатных скважин**». Существует множество различных способов удаления жидкости с забоя газовых и газоконденсатных скважин: механизированные, увеличение скорости потока, технологические,

Применение пенообразователей является наиболее эффективным, менее энергозатратным и бюджетным способом, который минимизирует потери пластовой энергии, необходимой для подъема углеводородов.

физико-химические, тепловые. Выбор метода удаления жидкости обусловлен геолого-промысловой характеристикой месторождения, конструкцией скважин, стадией разработки месторождения, количеством и причинами поступления воды из пласта в скважину. Применение пенообразователей является наиболее эффективным, менее энергозатратным и бюджетным способом, который минимизирует потери пластовой энергии, необходимой для подъема углеводородов.

Во время проведения экспериментов с различными видами пенообразователей стало ясно, что большинство известных ПАВ работают только при определенных одиночных условиях. Поэтому был разработан и запатентован ПАВ РГУ НГ МГС в жидкой и твердой формах. Он способен образовывать пену при совокупности



Артём Грибов

факторов, осложняющих пенообразование, благодаря водо- и маслорастворимым алкилсульфатам и сульфозетоксилатам натрия, входящим в его состав. ПАВ РГУ НГ МГС был успешно испытан на Уренгойском месторождении в жидком и твердом видах (в виде стержней).

Информационные технологии и подготовка специалистов

Заключительный тематический блок конференции был посвящен информационной поддержке высокотехнологичного нефтегазового сервиса и подготовке специалистов для него. **Об информационно-коммуникационных системах для колтюбинговых технологий и внутрискважинных работ** рассказал ученый секретарь Совета ветеранов РАН **Леонид Раткин**. Его доклад был сфокусирован на корпоративных информационных системах и возможности их использования в нефтесервисной отрасли.

С **Ассоциацией инженеров ГРП и ГНКТ** присутствующих познакомил ее директор **Артем Грибов**. Он рассказал о целях ассоциации, принципах ее работы, условиях участия и преимуществах, которые получает участник. Заключительная часть выступления была посвящена программе развития «Шаг роста».

Возможность неформального общения ее постоянные участники считают самой полезной опцией.

Возможность профессионального роста через обучение в «Шлюмберже»

представил руководитель Сибирского тренингового центра (СТЦ) **Александр Польшенко**. СТЦ является самым большим по площади и самым новым из четырех учебных центров «Шлюмберже» в мире. Основное назначение центра – подготовка и повышение

профессиональной квалификации технических специалистов как самой «Технологической компании Шлюмберже», так и других российских сервисных компаний. Подготовка ведется в условиях, приближенных к реальным. Обучение

проводится по ряду актуальных направлений, в т. ч. ГРП и ГНКТ.

Обмен опытом продолжился в кулуарах конференции. Возможность неформального общения ее постоянные участники считают самой полезной опцией. Каждую осень конференция собирает на несколько дней в Москве коллег, которых все остальное время разделяют огромные расстояния. И эти дни становятся особенными, потому что они дают интеллектуальную подзарядку на весь долгий год.

Верим, что и осенью 2024 года 25-я Международная научно-практическая конференция «Колтюбинговые технологии, ГРП, внутрискважинные работы» соберет всех нас в клубе приверженцев высокотехнологичного нефтегазового сервиса!

Аналитическая группа журнала «Время колтюбинга. Время ГРП»