

Литература

1. Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учеб. пособие / А. П. Лукинов. – СПб. : Лань, 2012. – 608 с.
2. Околов, А. Р. Программное обеспечение промышленных роботов : учеб.-метод. пособие для студентов учреждений высш. образования по специальностям 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств», 1-53 01 06 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» / А. Р. Соколов, Ю. Н. Матрунчик. – Минск : БНТУ, 2021. – 66 с.
3. Серебряницкий, П. Н. Программирование для автоматизированного оборудования : учеб. для средн. проф. учеб. заведений / П. П. Серебряницкий, А. Г. Схиртладзе ; под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высш. шк. – 2003. – 592 с.
4. Робот HIWIN RA605 : рук. по эксплуатации.
5. Роботы промышленные. Устройства циклового, позиционного и контурного программного управления : ГОСТ 27697-88.
6. ПР «РФ-204М» : рук. по эксплуатации
7. Спыну, Г. А. Промышленные роботы. Конструирование и применение : учеб. пособие / Г. А. Спыну. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Выща шк., 1997. – 311 с.
8. ПР «Ритм-05» : рук. по эксплуатации

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА
ПЛАСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖИДКОСТИ РАЗРЫВА
НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДОВ НА ТРАДИЦИОННЫХ
ТИПАХ КОЛЛЕКТОРА**

В. Д. Ткачева

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель И. С. Шепелева

Проблема повышения эффективности разработки традиционных карбонатных и терригенных коллекторов требует внедрения новых технологических решений в области интенсификации притока. Посвящена анализу применения синтетических полимеров в качестве основы для жидкостей разрыва. В отличие от классических гуаровых систем данные составы обладают специфическими реологическими свойствами, позволяющими оптимизировать геометрию трещины и минимизировать загрязнение продуктивного пласта. Основное внимание уделено адаптации концентраций реагентов и деструкторов под условия пластов с различными фильтрационно-емкостными свойствами. Проведенная оценка, которая охватывает широкий спектр объектов, включая как успешные сценарии полной замены гелеобразователя, так и комбинированные подходы в рамках гибридных технологий. Натурные испытания позволили определить технологические границы применимости сухих и жидких форм полимера, а также выявить необходимость модернизации стандартного парка оборудования для обеспечения стабильности процесса закачки.

Ключевые слова: гидроразрыв пласта, полиакриламид, традиционный коллектор, жидкость разрыва, синтетический полимер, проппантонесущая способность, гибридный график закачки, технологическая эффективность, деструкция геля.

Основной задачей являлась оценка технологической эффективности данных жидкостей, которые характеризуются низкими потерями на трение и высокой проппантонесущей способностью по сравнению с традиционными гуаровыми составами.

Концепция проведения данных испытаний строилась на необходимости поиска эффективной альтернативы традиционным гуаровым составам при освоении месторождений Республики Беларусь с карбонатными и терригенными коллекторами. Основная идея заключалась в том, чтобы адаптировать рецептуры на основе полиакри-

ламида (ПАА), которые ранее успешно применялись на нетрадиционных залежах, под условия традиционных объектов. Видение разработчиков предполагало, что синтетическая жидкость позволит значительно снизить потери давления на трение и обеспечит высокую проппантонесущую способность за счет повышенных упругих свойств полимера.

Важным технологическим преимуществом виделось то, что такие составы обладают низкой вязкостью, помогая ограничивать высоту трещины и направлять энергию на увеличение ее полудлины, что критически важно для эффективного дренирования пласта. Кроме того, использование ПАА открывало возможность проводить работы без дорогостоящего предварительного нагрева воды, если ее температура превышает 10 °С. Экономическая стратегия исследования также опиралась на минимизацию затрат: предполагалось, что внедрение сухой формы ПАА, стоимость которой значительно ниже жидких аналогов и биополимерных систем, позволит существенно удешевить процесс гидроразрыва пласта (ГРП) в текущей мировой экономической ситуации. В целом испытания рассматривались как способ создания более чистой и эффективной технологии, обеспечивающей низкое остаточное загрязнение пласта и повышенную проводимость созданных трещин по сравнению со стандартными гуаровыми составами.

В ходе реализации программы опытно-промышленных испытаний в период с 2022 г. по ноябрь 2025 г. было выполнено 97 операций ГРП на 36 скважинах, что позволило детально оценить границы применимости новой технологии. Основной массив данных подтвердил, что наиболее надежным и универсальным решением является использование ПАА в качестве буферной жидкости в рамках гибридных технологий закачки, где основная транспортировка проппанта ложится на биополимерные составы. Практический опыт показал, что такая схема сработала успешно в 54 случаях из 56, что позволяет рекомендовать использование ПАА на буферных стадиях для всех исследуемых залежей.

Однако при попытках перейти на использование синтетической жидкости в полном объеме результаты оказались неоднозначными и сильно зависели от геологических условий конкретного объекта. Например, на задонском горизонте Речицкого месторождения технология продемонстрировала высокую эффективность, позволив успешно выполнить 34 стадии с высокими концентрациями расклинивающего агента. В то же время на воронежской залежи того же месторождения использование ПАА для транспортировки проппанта привело к массовым отклонениям и резкому росту давления, что связывают с негативным влиянием кислоты при проведении МКПГРП на реологические свойства полимера и сложными пластовыми напряжениями.

Серьезным вызовом стала техническая сторона процесса, особенно при работе с сухой формой реагента. Выяснилось, что из-за очень короткого времени гидратации ПАА стандартное оборудование не справляется с нагрузкой: блендеры не могли поддерживать заданное давление подпора, а насосы работали с перебоями при высокой концентрации полимера. Это потребовало оперативной модернизации гидратационных установок МН25 и изменения схем подключения техники для ускорения приготовления жидкости разрыва. Исследование также выявило, что жидкая форма ПАА хотя и является более дорогой, обеспечивает гораздо более высокую технологичность и стабильность процесса, позволяя использовать стандартный набор единиц флота ГРП. В конечном итоге был сформирован перечень объектов, таких как залежи Речицкого, С-Домановичского и других месторождений, где синтетическая

жидкость рекомендована к полномасштабному внедрению, и определены зоны, где ее использование должно быть ограничено только буферными стадиями из-за рисков «СТОП-давлений».

Подводя итоги опытно-промышленных испытаний, можно утвердительно заявить о перспективности интеграции полиакриламидных систем в практику освоения традиционных месторождений. Технология подтвердила свою высокую надежность при использовании в качестве буферной стадии, что позволяет рекомендовать ее для повсеместного внедрения в гибридных схемах ГРП. Переход на полный цикл закачки на основе ПАА показал избирательную эффективность: метод демонстрирует превосходные результаты на объектах с умеренными пластовыми напряжениями, однако требует осторожного подхода на залежах со сложной расчлененностью или при совместном использовании с кислотными составами.

Важным выводом стала необходимость технического перевооружения: для массового использования наиболее экономически выгодной сухой формы ПАА требуется внедрение специализированных узлов гидратации, способных работать с мгновенно меняющейся вязкостью среды. Дальнейшее развитие технологии должно быть сосредоточено на мониторинге долгосрочного дебита скважин, что позволит окончательно подтвердить преимущество синтетических жидкостей в сохранении естественной проводимости коллектора. Полученный в ходе испытаний опыт служит фундаментом для оптимизации существующих регламентов и перехода к более чистым и экономически оправданным методам интенсификации добычи нефти.

Л и т е р а т у р а

1. Овчинников, В. П. Технологии интенсификации притока нефти из пласта : учеб. пособие для вузов / В. П. Овчинников, Т. В. Грошева, Я. С. Овчинников. – Тюмень : ТИУ, 2020. – 345 с.
2. Опыт применения гибридных технологий ГРП на месторождениях Припятского прогиба / С. В. Демьяненко [и др.] // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2024. – № 1 (96). – С. 15–23.
3. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений : учеб. для студентов вузов / под ред. И. Т. Мищенко. – М. : Нефть и газ, 2021. – 448 с.
4. Порошин, В. В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учеб. пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. тех. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель, 2024. – 399 с.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОТЕРИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ФЛАНЦА ПРИВОДА ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО БАРАБАНА КОМБАЙНА «Палессе FS8060»

Б. И. Долгий

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Е. М. Акулова

Выполнен анализ причин потери работоспособности фланцевых соединений сельскохозяйственной техники на примере детали «Фланец KBC-1-0130604» узла привода измельчающего барабана комбайна «Палессе FS8060». Материалом для исследования послужили детали, находящиеся на балансе КСУП «Речицкий Агро». Рассмотрены конструктивные особенности фланца, а также условия его эксплуатации: высокие динамические и вибрационные нагрузки, запыленность, перепады температур, воздействие агрессивных сред. Выявлены и систематизированы основные дефекты деталей типа фланец: абразивный износ