

Сведения о ходе выполнения проекта РНФ 15-17-00008 в 2016 году

В отчетном году выполнены численные исследования направленного гидроразрыва по способам со щелевым инициатором и касательным нагружением стенок скважины. Получены расчетные значения давлений разрыва и распространения поперечных трещин при различных радиусах скважин и трещин, вязкостях разрушения и сжатия горных пород. Показано преимущество безщелевого способа. Для экспериментальной проверки полученных результатов разработан и изготовлен лабораторный стенд, на котором проведено физическое моделирование гидроразрыва. Установлено, что давление разрыва безщелевым способом ниже, чем по схеме со щелевым инициатором. Показано, что преимущество безщелевого способа направленного гидроразрыва сохраняется на начальном участке роста трещины, определяющем ее ориентацию.

Разработаны рецепты химически активных составы гидроразрыва и технологическая инструкция по их изготовлению в лабораторных условиях. Всего разработаны два состава, из них один для создания в породном массиве противofильтрационных экранов и предотвращения прорывов пара в добывающие галереи, второй дренажный для интенсификации дренирования пластов трещинами направленного гидроразрыва при добыче тяжелой нефти.

В противofильтрационный состав входят три рабочие жидкости, раздельно нагнетаемые в породный массив. Одна из них – слабый водный раствор бикарбоната натрия – используется для получения трещины гидроразрыва, две другие представляют собой полиуретановый преполимер с избытком изоцианата и гидроксилсодержащий пластификатор. Для уменьшения вязкости в преполимер и пластификатор введен сложный эфир насыщенной алифатической карбоновой кислоты. Разработан поэтапный порядок закачки рабочих жидкостей, обеспечивающий создание в породном массиве противofильтрационного экрана. Подготовлена патентная заявка на рецепт противofильтрационного состава.

В дренажный состав входят две рабочие жидкости, из которых одна представляет собой смесь водного раствора бифторида аммония и алюмосиликатных микросфер малой плотности с добавками ПАВ, вторая – это соляная кислота средней концентрации. Жидкости подаются в интервал разрыва по отдельным длинным гидравлическим линиям небольшого сечения с небольшим темпом закачки (до 5 л/мин) для получения трещин радиусом в несколько метров. При смешивании жидкостей в интервале разрыва образуется химически активный состав, содержащий плавиковую кислоту, который воздействует на терригенные породы и алюмосиликатные микросферы. Это способствует частичному разрушению берегов трещины, слипанию микросфер и формированию в трещине материала, обеспечивающего остаточную проводимость трещины после ее закрытия.

Разработаны схемы получения и материальные балансы рабочих жидкостей, изготовлены опытные образцы для интенсификации добычи тяжелых нефтей и создания противодиффузионных экранов в массиве горных пород. Создан лабораторный стенд, проведены предварительные испытания и определены основные характеристики противодиффузионного состава, влияние концентрации катализатора на время отверждения. Исследовано влияние его малообъемной закачки на газопроницаемость пористого синтетического материала, моделирующего кварцсодержащий пористый песчаник. Установлено, что обработка поверхности разрыва высокопроницаемой пористой среды разработанным составом с удельным расходом $2,8 \text{ дм}^3/\text{м}^2$ (без учета водного раствора бикарбоната натрия) снижает газопроницаемость пористой среды в 9 и более раз.

Разработан экспериментальный образец скважинных технических средств множественного направленного (поперечного) гидроразрыва химически активными составами и конструкторская документация для его изготовления. Устройство обеспечивает проведение гидроразрыва двухкомпонентными рабочими жидкостями, смешивание которых происходит в межпакерном интервале. Для герметизации интервала разрыва и подачи в него рабочих жидкостей используются два гибких рукава высокого давления длиной до 1000 м. В состав экспериментального образца входит транспортный модуль, который обеспечивает пошаговое перемещение устройства гидроразрыва вглубь скважины с помощью встроенной пневмогидравлической силовой передачи. Энергообеспечение механизма доставки осуществляется по тем же рукавам высокого давления, что и выполнение гидроразрыва. Управление пошаговым передвижением и его блокирование в аварийных ситуациях выполняет электронный контроллер, оснащенный счетчиком расстояния, пройденного в скважине. Это придает оборудованию черты роботизированной системы, что представляется перспективным направлением развития шахтной техники.

Система формирования трещины поперек скважины разработана в двух модификациях – для мягких пород и пород средней твердости (твердость по штампу $< 4 \text{ ГПа}$). В них применены однотипные модули, приводимые в действие давлением жидкости в интервале разрыва. Устройство для разрыва содержит несколько таких модулей, распределенных равномерно по контуру скважины. Каждый из них оснащен твердосплавным индентором, который вдавливается в стенки скважины. Синхронное действие нескольких инденторов снижает сопротивление разрыву пород поперек скважины и улучшает направленность магистральной трещины, получаемой слиянием нескольких мини разрывов в заданной плоскости.

Разработан экспериментальный образец скважинных технических средств для предупреждения прорывов пара в подземные галереи через околоскважинное пространство эксплуатационных скважин с использованием направленного гидроразрыва полимерными составами и конструкторская документация для его изготовления. Экспериментальный образец

скважинных технических средств представляет собой комбинацию механического анкера и нажимного пакера. Образец оснащен ручным механическим приводом и обеспечивает постановку противofильтрационных экранов в произвольно ориентированных шпурах диаметром 48мм глубиной до 8м и закачку в них противofильтрационного состава, разработанного в ходе выполнения проекта. В основу конструкции положены технические решение, апробированные в лабораторных условиях.

Для защиты подземных галерей разработана схема, состоящая из трех параллельных трещин гидроразрыва. Внешние трещины, заполненные полимерным твердеющим составом, образуют противofильтрационные экраны, которые служат внешними границами для выделенной зоны породного массива. В центре этой зоны формируют дренажную трещину, через которую закачивают термоустойчивую рабочую жидкость под давлением выше давления подачи теплоносителя. Тем самым создают область породного массива с повышенным пластовым давлением, которая в совокупности с противofильтрационными экранами препятствует прорыву пара через окрестности эксплуатационной скважины в подземную галерею. Противofильтрационные экраны и дренажную трещину создают из вспомогательных скважин (шпуров), пробуренных параллельно эксплуатационной скважине на расстоянии 0,5 – 1 м от нее. Для практического использования полученных результатов разработаны методические рекомендации по проектированию и выполнению работ по изолированию подземных галерей от эксплуатационных скважин в шахтных условиях, в т.ч. схема размещения вспомогательных скважин и трещин гидроразрыва относительно изолируемой эксплуатационной скважины.

Разработаны программа и методики экспериментальных исследований и исследовательских испытаний экспериментальных образцов технических средств, рабочих жидкостей гидроразрыва и разработанных методических решений по направленному гидроразрыву химически активными составами.

Полученные результаты опубликованы в 9 научных статьях и представлены в докладах на трех научных конференциях.

Выполненные работы и полученные результаты в полной мере соответствуют плану работ научного исследования и требованиям проекта.