

Салихов Р.Ф.

Канд. физ.-мат. наук, ст. преподаватель кафедры ЕНиОПД(С)
Филиал Уфимского государственного авиационного технического университета в г.
Стерлитамаке

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ПОРОХОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕИЗВЛЕЧЕНИЯ

В статье анализируются перспективы и проблемы технологий использования энергии порохов для увеличения производительности скважин. Намечены перспективные направления совершенствования технологии с одновременным уменьшением нагрузки на обсадную колонну.

Ключевые слова: использование энергии порохов, увеличение дебита скважин.

Keywords: using energy of gunpowder, increase the productivity of wells, acoustic component.

Значительная часть технической культуры человечества связана с изучением и технологией производства порохов. Их уникальная особенность заключается в том, что они являются носителями колоссальной энергии, которая может быть преобразована в механическую и тепловую.

Одним из наиболее перспективных направлений использования энергии порохов является применение уникальных технологий для увеличения нефтеотдачи глубокозалегающих нефтяных пластов. Наиболее распространенным устройством в скважинных технологиях являются кумулятивные перфораторы предназначенные для перфорации обсадной колонны и цементного кольца в интервалах нефтеносных пластов. Однако большинство промысловиков-нефтяников испытывает страх перед пороховым воздействием именно по причине основного разрушительного направления использования порохов. На самом деле путем регулирования скорости горения порохов возможно использование «мягкого порохового» воздействия для обеспечения увеличения нефтеотдачи в скважинах. Одним из уникальных технологий для воздействия на призабойную зону пласта (ПЗП) является твердотопливные (пороховые) термогазогенераторы с технологией импульсного воздействия. Импульсное воздействие создается за счет разделения порохового заряда термогазогенератора на секции, отличающиеся по массе, составу и скорости сгорания пороха.

В отличие от взрыва горение пороха происходит со скоростью на несколько порядков меньше скорости детонации, при этом порох горит параллельными слоями. Изменение геометрической формы порохового заряда и ее открытой поверхности горения позволяет регулировать давление пороховых газов в широких пределах, что исключает образование ударной волны и дробления твердых фаз окружающей среды.

При горении порохового заряда в интервале перфорации происходит сильное повышение температуры, что приводит к расплавлению парафинов в призабойной зоне нефтяных пластов. В газовых скважинах таким образом можно ликвидировать газогидратные пробки.

Образование газовой фазы при горении порохов приводит к появлению колебательных процессов в скважине, поскольку она вместе с жидкостью образует осциллятор, подобный пружине с грузом, превращая внутреннюю энергию пороховых зарядов в механическую. Целительное воздействие колебательных процессов на нефтеотдачу давно обсуждается в научной литературе.

При соответствующем подборе состава химически активной жидкости в скважине колебательные процессы в ПЗП будет оказывать очищающее воздействие.

Анализ описанных процессов позволяет указать на комплексный характер воздействия, включающего тепловую, акустическую и химическую составляющие.

Необычайно широкие технологические перспективы здесь заключаются в возможности регулирования соотношения указанных факторов за счет изменения фракционного состава, скорости горения порохов и конфигурации поверхности горения, конструкции устройств и т.д.

В настоящее время в России огромное количество нефтедобывающих скважин по различным причинам выведено из эксплуатации. Проблема введения бездействующих и малодебитных нефтедобывающих скважин в эксплуатацию представляет задачу огромной важности и требует объединения усилий геологов, геофизиков, химиков, механиков, физиков и даже приборостроителей и машиностроителей.

Опыт использования для обработки бездействующего фонда нефтедобывающих скважин (обработано более 1000 скважин) пороховых термогазогенераторов, разработанных научно-техническим центром ФКП «Авангард», показывает перспективность дальнейшего развития метода термического импульсивного воздействия на пласт энергией порохов.

Следует особо обратить внимание на повышение рентабельности эксплуатации уже существующего фонда скважин. Расчеты показывают, что ее увеличение на 10% равносильно удвоению извлекаемых запасов при том же числе эксплуатационных скважин. Прогресс в этом вопросе связан и с повышением роли геофизических исследований скважин (ГИС), поскольку для успешного применения эффективных технологий добычи необходима детальная информация о строении месторождения и его состоянии в процессе эксплуатации. Немаловажен и тот факт, что разработка методов воздействия на коллекторы с помощью физических полей различной природы стала, по понятным причинам, прерогативой специалистов в области каротажа.

Главной стратегической задачей для развития нефтяной отрасли является разработка и внедрение в промышленных масштабах технологий (методов) увеличения нефтеотдачи продуктивных пластов. Нефтеотдача зависит от проницаемости пород, залегающих в пределах прискважинного слоя толщиной примерно 1,0 м. Восстановление первоначального дебита с помощью термических методов основано на уменьшении вязкости нефти при повышении температуры и очистке призабойной зоны от выпавших тяжелых углеводородов и асфальтосмолистых веществ.

Горение в скважине порохового заряда термогазогенератора, частично заполненной жидкостью, сопровождается образованием газообразных высокотемпературных продуктов разложения пороха, повышением давления и температуры, пульсацией давления с затухающими амплитудами в течение времени, значительно превышающего время горения заряда. В качестве примера приведем диаграммы давлений и температуры в зависимости от времени в скважине, зарегистрированные при обработке скважины №306 Бурановского месторождения в интервале 1318 – 1325 м (рис. 1 и 2).

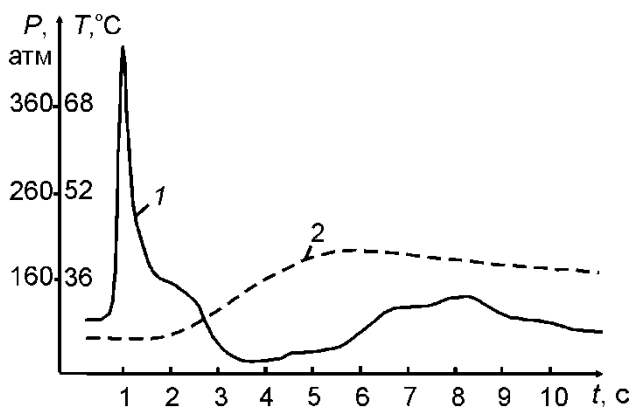


Рис.1. Зависимость давления 1 и температуры 2 от времени. Первое воздействие

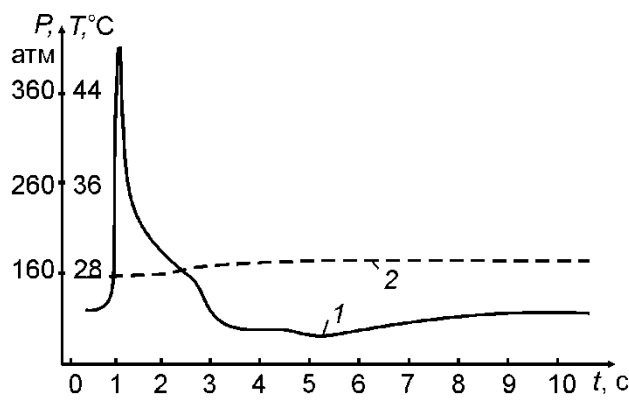


Рис.2. Зависимость давления 1 и температуры 2 от времени. Второе воздействие

Интерпретация полученных кривых в условиях порохового воздействия требует построения более совершенной теории полей температуры и давления в пластовых условиях, поскольку получаемые кривые отличаются большим разнообразием. Например, в некоторых условиях кривые давления показывают наличие затухающих колебаний (см. рис. 3).

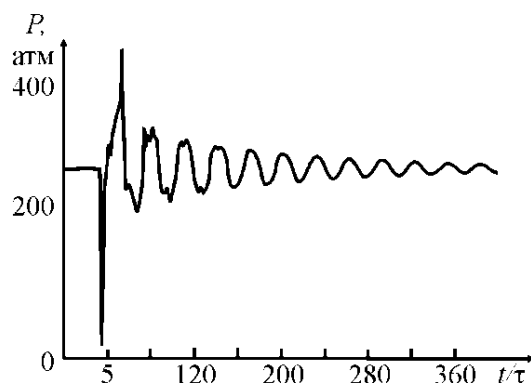


Рис. 3. Затухающие колебания давления, зарегистрированные в скважине после порохового воздействия

Следует отметить, что представленные здесь кривые представляют только первый шаг в открывающемся здесь новом направлении скважинной акустики. Действительно, достаточно увеличить число датчиков, одновременно регистрирующих поля давления, и полученные кривые позволили бы получить на принципах акустической томографии глубинную информацию о геологическом строении окружающей скважину среды, что представляет новое направление для геофизики – импульсный акустический каротаж больших амплитуд сигналов. Существенным нерешенным вопросом здесь, как и во всех направлениях акустического каротажа и сейсморазведки, является создание интерпретационных моделей на основе решения соответствующих задач математической физики. В рассматриваемом случае трудности обусловлены не только сложностью геометрии окружающей среды, но и нелинейностью уравнений из-за больших амплитуд давления.

Таким образом, для совершенствования технологий термогазохимического воздействия на ПЗП энергией пороховых газов необходимо проведение более глубоких теоретических исследований, в частности, полей давлений, смещений и скоростей в скважине при пороховом воздействии.

Как следует из вышеизложенного, дальнейшее совершенствование технологии требуют одновременного описания нескольких взаимосвязанных полей в стратифицированных многофазных объектах. Соответствующие задачи математической физики оказываются очень сложными и требуют усилий специалистов высшей квалификации.

Одним из важнейших направлений исследований здесь представляется развитие теории волновых полей, возникающих в системе «скважина – пласт – окружающие породы» при горении порохов.

К сожалению, в настоящее время удовлетворительной теории волновых процессов в таких условиях нет. Соответствующие задачи по природе оказываются нелинейными. Решение этих задач создает перспективы развития как технологии порохового воздействия, так и развития новых возможностей разведки и каротажа.

Успешное применение порохового воздействия невозможно также без развития вопросов термодинамики и теплофизики, связанных с горением порохов в скважинных условиях. Эти задачи не менее важны и интересны, чем волновые. Ситуация здесь осложняется тем, что поля давления и температуры являются взаимосвязанными, что

повышает их сложность. Даже простая численная реализация соответствующих задач требует применения суперкомпьютеров для получения требуемых результатов за разумное время.

Существенные перспективы в этой области открывают последние теоретические результаты по скважинной термо- и волновой динамике [2]. Поскольку изложение конкретных теоретических задач выходит за рамки данной статьи, приведем несколько новых физических эффектов, на основе которых возможно совершенствование существующих и создание новых технологий воздействия и аппаратуры.

Высокие температуры, возникающие при горении порохов, к сожалению, не могут оказывать воздействия на удаленные от скважины области пластов вследствие того, что коэффициент теплопроводности очень мал. Однако возможно повышение эффективного коэффициента теплопроводности за счет нового механизма *транскилляторного переноса* [2].

Представим пористую среду в виде системы чередующихся соприкасающихся пластин: одну из каждой пары соседних пластин, моделирующих скелет пористой среды, считаем неподвижной, а вторая может перемещаться вдоль оси x , расположенной на границе раздела, по периодическому закону (рис. 4). Между пластинами происходит теплообмен по закону Ньютона. При наличии градиента температуры в системе вдоль оси x колебания пластин приводят к дополнительной обычной молекулярному процессу теплопроводности. Для простоты ниже обычной теплопроводностью пренебрегается. Эта модель, называемая транскиллятором (*transfer + oscillator*), описывает температурное поле при движении жидкости в нефтяном пласте.

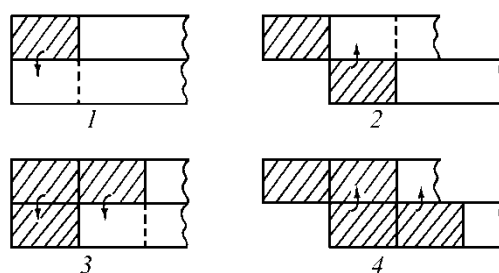


Рис. 4. Представление пористой среды в виде транскиллятора

Механизм переноса при колебательном движении жидкости в пористой среде проще представить, если предположить, что изменение их взаимного расположения происходит скачкообразно. В приведенных рассуждениях пренебрегается молекулярной теплопроводностью вдоль пластин. Конвективный перенос тепла существенен только на расстояниях, сравнимых с амплитудой колебаний. Тем не менее, тепловые возмущения распространяются со временем на неограниченное расстояние.

Новые перспективы открывает использование *баротермического эффекта* [2]. Обнаружение баротермического эффекта дало мощный импульс развитию научных исследований в этой области. Достаточно заметить, что результаты исследований данного эффекта легли в основу докторских и кандидатских диссертаций.

Именно уравнение баротермического эффекта для случая фильтрации однофазной среды приходится решать при исследовании полей давления и температуры, возникающих при горении порохов в скважине. Одна из наиболее практически важных особенностей баротермического эффекта – его многократное возрастание при колебательном движении жидкости. Это открыло перспективы для разработки новых способов передачи энергии и термического воздействия на пласт. При горении порохов колебательный режим создается естественно и процесс горения можно использовать как удобный генератор колебательного поля давлений [3].

Описанные примеры далеко не исчерпывают многочисленные теоретические возможности развития технологий порохового воздействия и ограничены только рамками данной статьи.

Из вышеизложенного следует перспективность, масштабность и многогранность проблемы конверсионного использования порохов для увеличения нефтеизвлечения и оживления скважин. Ее решение требует привлечения специалистов разного профиля: от ученых до геологов и промысловиков.

Литература

1. А.И. Филиппов – Трансцилляторный перенос в сложных физических системах. Физика в Башкортостане: сборник статей – Уфа: Гилем, – 1996. – С. 270-282.
2. А.И. Филиппов – Баротермический эффект в жидкостях. – Уфа: Гилем, – 2006. – 186 с.
3. Р.Ф. Салихов, А.И. Филиппов, П.Н. Михайлов, К.А. Филиппов, А.А. Ковальский – Использование баротермического эффекта для нагрева нефтяного пласта // Теплофизика высоких температур. – 2009. – № 5. – Т. 47, – С. 752 – 764.