

Результаты проведенного исследования расширяют экспериментальную базу по вопросам, связанным с условиями и характеристиками реализации интенсивных эндотермических фазовых превращений.

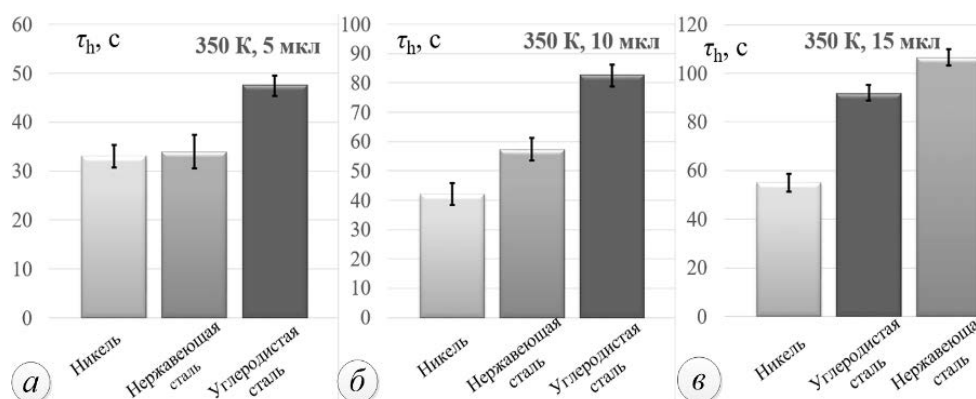


Рис.2 Времена существования капель воды (объемом 5 мкл (а), 10 мкл (б) и 15 мкл (в)), содержащих металлические включения (размером 1 мм), при температуре газовой среды 350 К

Закключение

Полученные результаты показали, что при нагреве капель воды с металлическими включениями в высокотемпературной среде выполнялся сложный комплекс фазовых превращений. Установлено, что доминирующим механизмом фазовых превращений являлось испарение с внешней поверхности капель. При обсуждении результатов экспериментов выдвинуто несколько предположений о сложном характере распределения времен существования неоднородных капель жидкости в высокотемпературной газовой среде.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (МД-2806.2015.8).

Литература

1. Green, W.J., Lawther, K.R. A study of the sensitivity of LOCA heat transfer analysis for a water-cooled reactor system//Nuclear Engineering and Design. – 1978. – V. 47. P.87–99.
2. Kuznetsov G.V., Piskunov M.V., Strizhak P.A. Evaporation, boiling and explosive breakup of heterogeneous droplet in a high-temperature gas//International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2016. – V. 92. – P.360–369.

НАКОПЛЕНИЕ РЕТРОГРАДНОГО КОНДЕНСАТА В ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЕ

Дао Тхань Чьонг

Научный руководитель профессор Ю.В. Савиных

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

По истечению некоторого времени эксплуатации наблюдалось изменение продуктивности скважин во всех газоконденсатных месторождениях в мире. Это изменение непосредственно связано с различными процессами, факторами, вызывающими ухудшение фильтрационно-ёмкостных свойств пласта, такими как: загрязнение призабойной зоны скважины, разрушение стенок ствола скважин, конденсатное накопление. Основным направлением этой работы является оценка проблемы конденсатной закупорки и предложение решения по увеличению производительности скважин в этих газоконденсатных скважинах. Конденсатное накопление негативно сказывается на больших природных газоконденсатных резервуарах в мире. Например, Штокмановское месторождение, месторождение Арун в Индонезии и Северное месторождение в Катаре. Насыщение конденсатной жидкостью может создаться в скважине из-за перепада давления ниже давления точки росы, в конечном счете, ограничивая поток газа. Прискважинное накопление может уменьшить производительность скважины по двум или трём факторам. Это явление, называемое блокированием конденсата, является результатом комбинации факторов, включающих: фазовое свойство жидкости, характеристики потока и давление в пласте и в стволе скважины. Если этим факторам не уделять внимание на начальной стадии разработки, рано или поздно произойдет снижение производительности.

Газоконденсат является однофазной газовой системой при исходных пластовых условиях. Он состоит преимущественно из углеводородов, а также может содержать CO₂, H₂S. При разработке температура пласта обычно не меняется, но уменьшается давление. При определенных значениях температуры и давления произойдет конденсация жидкой фазы из пластового газа. Эта жидкость называется ретроградным конденсатом. Наибольший перепад давления происходит вблизи призабойной зоны эксплуатационных скважин. Непрерывное уменьшение давления увеличивает объем жидкой фазы до максимальной величины, а потом уменьшается. Такое поведение может быть отображено на диаграмме давление–температура (рис. 1).

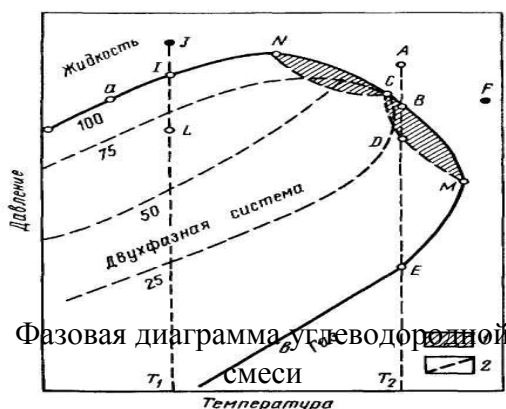


Рис.1 Фазовая диаграмма углеводородной смеси

Когда первые конденсатные капли формируются в газовом коллекторе, они неподвижны за счет капиллярных сил, действующей на флюид. После краткого периода времени, накапливается достаточное количество жидкости, газ и жидкость начинают конкурировать за путь к скважине. Продуктивность скважины ухудшается в основном из-за увеличения насыщенности жидкой фазой пористой среды, приводящей к уменьшению проницаемости по газу. Потери производительности были зарегистрированы для скважин на некоторых из крупнейших газоконденсатных месторождениях. Резервуар Арун (Индонезия) имеет запас 16,8 триллионов кубических футов сухого газа и 840 миллионов баррелей конденсата. Конечный коэффициент извлечения, как ожидается, будет 94 % от исходного газа и 87 % от исходного конденсата, тем не менее, после 10 лет разработки была значительная потеря производительности, что объясняется накоплением ретроградного конденсата вблизи ствола скважины [1]. В Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении наблюдалось снижение продуктивности скважин, непропорционально понижению пластового давления (рис. 2) [2].

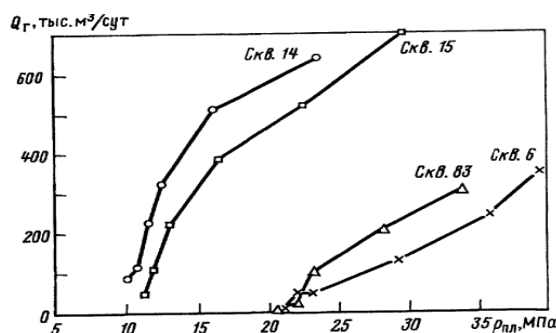


Рис.2 Изменение дебита газа по скважинам Западно-Солесского НГКМ при уменьшении пластового давления

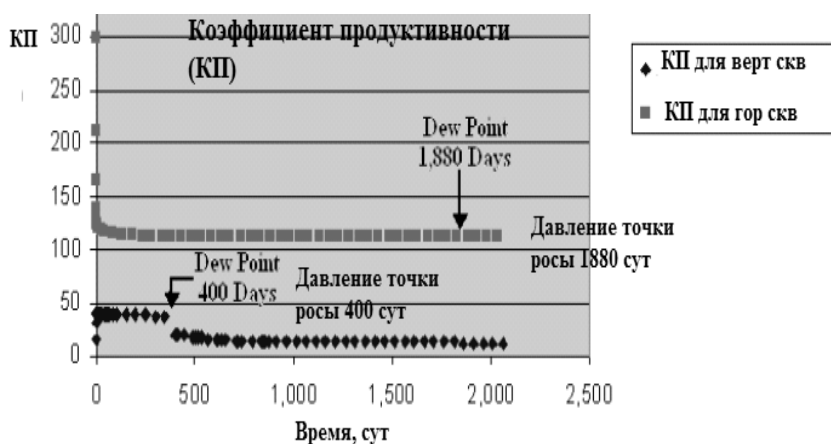


Рис.3 Сравнение коэффициента продуктивности

Было предложено несколько методов для смягчения эффектов накопления ретроградного конденсата. Они могут быть сгруппированы в три различных подхода. Первый подход заключается в сохранении пластового давления выше давления точки росы методом закачки газа (природный газ, углекислый газ, чистый метан, азот). Второй метод состоит в мобилизации конденсата вблизи ствола скважины, с тем чтобы он истекал к скважине с газом. Для реализации такого метода могут быть использованы изменение смачиваемости или уменьшение межфазного натяжения. Последний подход приводит к уменьшению снижения давления, что увеличивает время достижения давления начала конденсации при гидравлическом разрыве пласта или бурении горизонтальных скважин.

В Северном месторождении (Катар) применяется метод горизонтальных скважин для снижения накопления конденсата. Коэффициент продуктивности и время достижения давления начала конденсации представлены на рис. 3 [3].

Заключение. Несколько методов были предложены для смягчения последствий накопления конденсата, многие из них имеют свои недостатки, когда применяются на практике. Например: закачка газа показывает лучшие результаты по сравнению с другими, однако требуется большое количество природного газа. Гидравлический разрыв пласта и горизонтальные скважины не экономичны и могут только отодвинуть время достижения давления точки росы, но не могут полностью предотвратить накопление. Таким образом, накопление ретроградного конденсата в пласте очень серьезно влияет на продуктивность скважин. Изучение характеристик коллектора, свойств пластового флюида очень важно для выбора оптимальных методов борьбы с накоплением конденсата.

Литература

1. LiFan, Billy W. Harris, Alexander Shandrygin. Understanding Gas-Condensate Reservoirs. // Melbourne, Australia – 2006. – С. 14.
2. Разработка месторождений природных газов / Р.М Тер-Сакисов // М.: ОАО "Издательство "Недра". – 1999. – С. 257.
3. Pathak P., Fidra Y., Avida H., Kahar Z., and Agnew Mark. The Arun Gas Field in Indonesia: Resource Management of a Mature Field. – 2004. – С. 57.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ СТОЛКНОВЕНИЯ КАПЕЛЬ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДЯНЫХ ЗАВЕС НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М.А. Дмитриенко

Научный руководитель профессор П.А. Стрижак

Национальный исследовательский Томский политехнический университет г. Томск, Россия

Самым взрыво- и пожароопасным направлением народного хозяйства считается нефтеперерабатывающая промышленность, объектам которой являются резервуарные парки, железнодорожные сливные и наливные эстакады, насосные системы, обеспечивающие транспортировку нефти и нефтепродуктов. Аварийные ситуации, возникающие на различных стадиях жизненного цикла оборудования, являются причиной значительного материального ущерба в зоне пожара, наносят ущерб окружающей природной среде, а также могут угрожать здоровью и жизни людей.

Одним из наиболее опасных факторов пожара является тепловое излучение [1]. Действие теплового излучения проявляется в воспламенении окружающих горючих материалов и возникновении новых очагов пламени, что, в свою очередь, способствует быстрому распространению зоны пожара.

Среди имеющихся средств защиты систем автоматического водяного пожаротушения от теплового излучения следует особо выделить водяные завесы (распыленные водяные струи), использование которых позволяет ослабить лучистый тепловой поток [2–4]. Одной из проблем применения водяной завесы является нарушение ее целостности под влиянием таких факторов как столкновение капель в процессе их падения, испарение капель под воздействием теплового излучения. В результате теоретических [5, 6] и экспериментальных [7, 8] исследований установлены минимальные размеры, количество капель тушащей жидкости (воды) и расстояния между ними, достаточные для активного поглощения энергии пожара.

Представляет интерес анализ закономерностей столкновения двух капель в потоке высокотемпературных газов с использованием панорамных оптических методов «трассерной» визуализации (PIV [9] и IPI [10]), кросскорреляционного комплекса и средств высокоскоростной (до 10^5 кадров в секунду) видеорегистрации. Цель настоящей работы – статистический анализ последствий столкновения двух капель воды в потоке высокотемпературных газов с использованием панорамных оптических методов «трассерной» визуализации. При проведении экспериментов использовался экспериментальный стенд (рис. 1) с комплексом регистрационной аппаратуры: видеокамера (формат изображения 1024×1024 пикселей, частота до 10^5 кадров в секунду); кросскорреляционная камера (формат изображения 2048×2048 пикселей; двойной импульсный твердотельный лазер (длина волны $532 \cdot 10^{-9}$ м, длительность импульса до 12 нс, частота повторений не более 15 Гц); синхронизирующий процессор (дискретизация сигналов менее 10 нс).