

Л. Х. Бадретдинова, И. Ф. Садыков, А. А. Моисеев  
А. А. Марсов

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРЕНИЯ ОТ ФИЗИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОГО МАТЕРИАЛА ТЕРМОИСТОЧНИКА

*Ключевые слова: термоисточник, микроструктура, прочность на сжатие, скорость горения, время хранения.*

*В статье приведены результаты изучения структуры образцов состава термоисточника в герметичном исполнении, применяемого в устройстве для термоимплозионной обработки нефтяных скважин, а также эксплуатационные характеристики заряда термоисточника в зависимости от времени хранения от 1 до 18 месяцев.*

*Key words: thermosource, microstructure, durability on compression, velocity of burning, storage time.*

*In article results of studying of structure of samples of composition of a thermosource in the tight execution, applied in the device for thermoimplosion processing of oil wells, and also operational characteristics of a charge of a thermosource depending on a storage time from 1 till 18 months are resulted.*

### Введение

Одним из наиболее эффективных и широко используемых способов обработки скважин на нефтепромыслах Татарстана является термоимплозионная технология [1-7]. Этот метод обеспечивает совмещение в одной технологии и едином устройстве термогазобарического и имплозионного воздействий. Успешность этого метода во многом связано с тем, что для термогазобарического воздействия используется термоисточник из высокобезопасной, недетонационноспособной газогенерирующей композиции на основе аммиачной селитры и эпоксидного компаунда, обладающей сравнительно малой скоростью горения и зависимостью ее от давления в скважинных условиях.

Состав композиционного материала штатного ТИМ, широко применяемого в настоящее время, имеет следующее соотношение компонентов: аммиачная селитра - 72%, бихромат калия - 3%, эпоксидный компаунд - 25% в т.ч. эпоксидная смола ЭД-20 - 19%, отвердитель АФ-2 - 4%, пластификатор ЭДОС - 2%.

В связи с высокой увлажняемостью состав термоисточника выполнен в герметичном исполнении, однако поведение состава в процессе хранения и длительность сохранения эксплуатационных характеристик термоисточника, прежде всего характеристик горения и физико-механических характеристик состава термоисточника, в литературе практически не изучен. В связи с этим работа посвящена изучению физической стабильности образцов термоисточника в герметичном исполнении в зависимости от времени хранения от 1 до 18 месяцев, в частности, микроструктура срезов и прочность на сжатие образцов состава, а также характеристики горения через каждые 3 месяца за указанный период.

### Экспериментальная часть

Для определения микроструктуры из предварительно подготовленного состава формируется в ПВХ корпусе цилиндрический

образец. С торцов образец герметизируется. С течением определенного времени (от 1 до 18 месяцев) из этого образца вырезается слой толщиной 15 мм. Поверхность испытуемого образца шлифуется шкуркой и обрабатывается ацетоном. Далее микроструктура опытных образцов изучается под микроскопом. Срезанный торец цилиндрического образца вновь герметизируется.

Для определения прочности на сжатие из предварительно подготовленного состава формируется в ПВХ корпусе цилиндрический образец. С торцов образец герметизируется. С течением определенного времени (от 1 до 18 месяцев) из этого образца вырезается слой толщиной 20 мм, ПВХ корпус снимается. Далее опытные образцы испытываются на прессе 2ПГ-10. Срезанный торец цилиндрического образца вновь герметизируется.

Для определения характеристики горения из предварительно подготовленного состава формируется в ПВХ корпусе цилиндрический образец, устанавливается узел воспламенения, затем торцы герметизируются. Далее опытные образцы испытываются на стендовой установке, имитирующей скважинные условия.

Микроструктура срезов образцов состава ТИМ изучалась в зависимости от времени хранения от 1 до 18 месяцев в продольном и поперечном направлениях, а также в центре и на периферии.

В ходе изучения микроструктуры наблюдались ярко выраженные границы раздела между компонентами состава ТИМ. Четко видны компоненты состава - аммиачная селитра в виде белых включений, бихромат калия в виде оранжевых включений, а также связующее - эпоксидный компаунд. Также наблюдалась равномерность распределения их по рассматриваемой площади среза образца. Микроструктура в поперечном и продольном направлениях отличается незначительно.

В течение времени от 1 до 9 месяцев в значительной мере структура и границы раздела

между компонентами сохраняются, и образец в целом представляется достаточно физически стабильным. Некоторая физическая нестабильность структуры образца начинается в период от 9 до 18 месяцев за счет старения и дробления наполнителя внутри прочного скелета эпоксидного компаунда.

Физическая стабильность наполнителя зависит от прочной оболочки эпоксидного компаунда, в связи с этим изучено изменение прочности скелета эпоксидного компаунда от времени.

Затем была изучена прочность самого состава ТИМ в зависимости от времени хранения от 1 до 18 месяцев. Эти данные приведены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1 - Изменение прочности эпоксидного компаунда от времени хранения**

| Время хранения, мес.         | 1    | 3    | 6    |
|------------------------------|------|------|------|
| Плотность, г/см <sup>3</sup> | 1,27 | 1,35 | 1,30 |
| Прочность, МПа               | 114  | 127  | 139  |

**Таблица 2 - Изменение прочности образца ТИМ от времени хранения**

| Время хранения, мес.         | 1    | 3    | 6    | 9    | 12   | 15   | 18   |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Плотность, г/см <sup>3</sup> | 1,48 | 1,48 | 1,47 | 1,46 | 1,47 | 1,47 | 1,47 |
| Прочность, МПа               | 41,1 | 46,6 | 48,7 | 50,2 | 53,9 | 55,2 | 57,5 |

Сравнивая данные таблиц 1 и 2 можно сказать, что прочность эпоксидного компаунда примерно в 2 раза выше, чем прочность состава. Как и у эпоксидного компаунда, так и у состава ТИМ наблюдается повышение прочности за изученный период времени. При этом у эпоксидного компаунда прочность повышается от 114 до 139 МПа, т.е. на 20%, то в этих же пределах хранения прочность образца повышается от 41,1 до 48,7 МПа, т.е. на 19%.

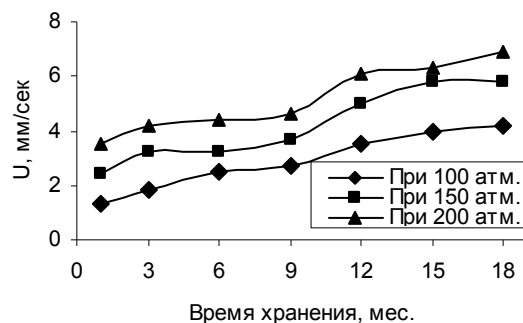
Таким образом, изменение прочностных характеристик образца связано в основном с характером изменения самого скелета эпоксидного компаунда. Если прочность эпоксидного компаунда в первые три месяца имеет тенденцию к более ускоренному росту, а затем через 3 месяца к более равномерному (т.е. рост несколько замедляется), то приблизительно такой же характер изменения прочности на сжатие имеет и образцы состава ТИМ.

Важной эксплуатационной характеристикой заряда термоисточника является скорость горения. На рисунке 1 представлены зависимости изменения скорости горения от времени хранения при давлениях 100, 150 и 200 атмосфер.

Как видно из рисунка 1, в интервале от 1 до 3-х месяцев скорость горения возрастает, затем в течение от 3-х до 9 месяцев скорость горения увеличивается незначительно, имеет монотонный характер. И только через 9 месяцев хранения наблюдается достаточно быстрое увеличение скорости горения, при всех изученных давлениях.

При давлениях 150, 200 атм. максимальная скорость горения составляет 5-7 мм/сек, учитывая,

что высота термоисточника, сгораемого послойно, составляет 1400 мм, за это время сгорание в этих условиях будет составлять около 4 минут. Этого вполне достаточно для прогрева и расплавления АСПО в перфорационных каналах пласта. С этой точки зрения можно допустить к эксплуатации термоисточника и со сроком хранения до 18 месяцев, хотя штатный срок эксплуатации составляет 1 год. Тем более это допустимо в связи с тем, что прочностные характеристики термоисточника не только сохраняются, но и повышаются, что является положительным фактором.



**Рис. 1 - Зависимость изменения скорости горения ТИМ от времени хранения при давлениях 100, 150 и 200 атм**

Таким образом, результаты исследования физической стабильности состава штатного термоисточника по данным изменения микроструктуры и прочностных характеристик и скорости горения в течение 18 месяцев, показывает, что принятый гарантийный срок хранения равный 12 месяцам для штатного термоисточника является обоснованным. Рекомендована возможность эксплуатации штатного ТИМ при сроке хранения до 18 месяцев.

### Выводы

1. Изучение микроструктуры состава термоисточника показывает, что его физическая стабильность в наибольшей мере сохраняется в течение от 1 до 9 месяцев. В течение от 9 до 18 месяцев физическая стабильность сохраняется, но проявляется некоторое дробление наполнителя внутри скелета эпоксидного компаунда.

2. Установлено, что также как и микроструктура, изменение прочностных характеристик образца связано в основном с характером изменения прочности самого скелета эпоксидного компаунда. В изученный период времени прочность образцов состава повышается, что является положительным фактором, т.е. позволяет производить с использованием состава термоисточника обработку скважин с более высокими забойными давлениями с сохранением целостности термоисточника.

3. Скорость горения состава термоисточника в течение изученного времени хранения возрастает, при этом при давлениях 150,

200 атм. максимальная скорость горения составляет 5-7 мм/сек. Показано, что время горения состава термоисточника при этих скоростях вполне достаточно для прогрева и расплавления АСПО в перфорационных каналах пласта.

4. Подтверждено, что гарантийный срок эксплуатации термоисточника, составляющий 12 месяцев. При необходимости по согласованию с разработчиком и заказчиком можно рекомендовать продление гарантийного срока хранения и эксплуатации сроком до 18 месяцев.

#### Литература

1. Байков Н.М. О состоянии и перспективах развития нефтегазовой промышленности России / Н.М. Байков [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2008. - №1. – С.10-13.
  2. Вайтенко Ю.И. Взрывные и импульсные методы интенсификации добычи нефти и газа / В.Д. Кукшин, И.В. Лобанова, О.Г. Драчук // НТВ «Каротажник». – Тверь: Изд. АИС. – 2005. – Вып. – С. 130-131.
  3. Еникеев М.Д. Методы и технологии испытания и воздействия на ПЗП / М.Д. Еникеев [и др.] // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд АИС. 2000. Вып.66
  4. Аглиуллин М.М. Новые термогазобарические технологии обработки призабойной зоны пластов / М.М. Аглиуллин [и др.] // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2001. вып.92.
  5. Меркулов, А.А. Реализация импульсных технологий воздействия на пласт, средства контроля параметров процесса / А.А. Меркулов [и др.] // НТВ «Каротажник». – 2001. – Вып. 86.
  6. Чипига С.В. Устройство для комплексной перфорации и кислотной обработки призабойной зоны скважины / С.В. Чипига, И.Ф. Садыков, А.А. Марсов, А.А. Мокеев // Вестник КНИТУ. 2012. – т.15. - №6. – С. 174-177.
  7. Бадретдинова Л.Х. Способ обработки призабойной зоны пласта жидким горюче-окислительным составом / Л.Х. Бадретдинова, И.Ф. Садыков // Вестник КНИТУ. 2014. – т.17. - №4. – С. 254-256.
- 
- © Л. Х. Бадретдинова – канд. техн. наук, асс. кафедры ТТХВ КНИТУ, salamandra\_1985@mail.ru, И. Ф. Садыков – д-р техн. наук, проф. той же кафедры, лауреат государственной премии РТ в области науки и техники, заслуженный деятель РФ, ttxb@mail.ru., А. А. Мокеев - канд. техн. наук, доц. той же кафедры, alexander\_mokeev@mail.ru, А. А. Марсов - канд. техн. наук, доц. той же кафедры, explo\_mars@mail.ru.