

Л. Х. Бадретдинова, И. Ф. Садыков

СОЗДАНИЕ ЖЕЛАТИНООБРАЗНОГО ГОРЮЧЕ-ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СОСТАВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Ключевые слова: горюче-окислительный состав, инициатор горения, призабойная зона пласта, послойное сгорание.

Отработана рецептура, технология приготовления и эксплуатационные характеристики горюче-окислительного состава (ГОС). Дано обоснование выбора рецептуры и компонентов ГОС, выполнены исследования по растворимости и желатинизации ГОС. Изучена физико-химическая совместимость компонентов, чувствительность к механическим воздействиям, а также оптимизация рецептуры ГОС по характеристикам горения.

Key words: combustible-oxidation composition, initiator of burning, bottom-hole of the region of the bench, level-by-level combustion.

Perfected recipe, cooking technique and performance of fuel and combustible-oxidation composition (COC). Selection and formulation components justified, studies on the solubility and gelation COC is performed. Physical and chemical compatibility of components, sensitivity to mechanical stress, as well as optimization of the formulation COC combustion characteristics is studied.

Введение

В настоящее время существует проблема, связанная с существенным снижением производительности нефтяных скважин из-за асфальто-смолистых и парафиновых отложений, приводящих к ухудшению коллекторских свойств пласта в призабойной зоне скважин [1-3].

Существующие способы обработки нефтяных скважин с использованием генераторов пороховых зарядов и жидких горюче-окислительных систем (ГОС) имеют существенные недостатки, связанные с опасностью детонации или объемного взрыва, а также с трудоемкостью их доставки с устья в забой скважины путем закачки жидкого ГОС через насосно-компрессорные трубы [4-7]. Результаты изучения литературных данных указывают на целесообразность разработки ГОС, учитывающих как преимущества, так и недостатки твердотопливных генераторов давления и существующих в настоящее время ГОС. В связи с этим работа посвящена созданию на основе исходной базовой рецептуры желатинообразного ГОС для обработки нефтяных скважин, обладающих высокой безопасностью, способностью к устойчивому воспламенению и послойному сгоранию в условиях приближенных к скважинным и с возможностью кабельной доставки в забой, являющихся в конечном итоге альтернативой существующим жидким ГОС и пороховым генераторам давления.

ГОС включает в себя минеральный окислитель, органическое горючее и общий растворитель. Все компоненты экологически безвредны, пожаробезопасны на дневной поверхности и выпускаются промышленностью.

В качестве исходной базовой рецептуры для исследования взята рецептура на основе водного раствора аммиачной селитры и этиленгликоля.

Поскольку основным компонентом ГОС является аммиачная селитра (АС), прежде всего, изучена ее растворимость в воде. Эксперименты показали, что максимальная растворимость аммиачной селитры в воде при комнатной температуре составляет 60 % и соответствует

литературным данным.

В дальнейшем изучалась возможность повышения содержания аммиачной селитры в водном растворе за счет добавки полиакриламида (ПАА). Результаты показывают, что введение этой добавки позволяет повысить растворимость аммиачной селитры, при этом установлено, что оптимальное содержание добавки ПАА составляет 0,45-0,5 %, при котором растворимость АС составляет 65-67 % и достигается переход раствора из жидкого в однородное желатинообразное состояние в течении 6 часов, достаточного для заливки ГОС в корпус.

С целью повышения содержания АС в ГОС и с учетом необходимости введения других добавок для придания ГОС эластичного состояния содержание этиленгликоля, который является горючим, взято равным 15 %.

Растворимость АС в водном растворе ПАА и этиленгликоля (ЭГ) повышается при введении добавки нитрата натрия (НН), оптимальным содержанием которого является 3-5 %, и при котором растворимость АС составляет 67-70 %, и сохраняются необходимые реологические свойства ГОС.

Кроме указанных выше компонентов в составе ГОС, с целью повышения желатинизации исследована добавка бихромата калия (БК). Известно, что БК является эффективным стабилизатором горения АС. Также эта добавка является структурообразователем, способным перевести раствор из жидкого состояния в эластичное желатинообразное. Оптимальным содержанием добавки БК является 0,9-1,0 %, при котором раствор остается в жидкотекучем состоянии до 6 часов, достаточного для технологии снаряжения ГОС.

Перед отработкой оптимальной рецептуры предложенного выше состава ГОС изучены термическая стабильность отдельных компонентов, а также химическая совместимость их друг с другом в рецептуре состава. По полученным результатам наиболее термостойким является бихромат калия, а

наименее термостойким аммиачная селитра. Все компоненты химически совместимы друг с другом. Их смеси имеют температуру $T_{нтр}$ (>200 °С) выше, чем у наименее стойкого компонента аммиачной селитры (130 °С).

Далее для исследуемых составов проведена оценка их характеристик чувствительности к взрыву при механических воздействиях, которые определяют возможность безопасного приготовления ГОС и их эксплуатацию в скважинных условиях. Частость взрывов как для состава с нитратом натрия, так и для состава без нитрата натрия составляет 0%, нижний предел для обоих составов более 500 мм. Таким образом, составы на основе аммиачной селитры не обладают чувствительностью к удару и имеют высокую технологическую безопасность при изготовлении и эксплуатации.

Для дальнейшей оптимизации состава ГОС выполнены исследования по влиянию содержания отдельных добавок. С этой целью были подготовлены варианты образцов ГОС из 8 рецептов (табл. 1).

Таблица 1 – Варианты рецептурного состава ГОС

Состав, %	Рецептуры составов							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Вода	13,5	13,5	13,5	9,2	14	14,2	14,3	14,4
ПАА	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3
ЭГ	20	15	10	10	10	10	10	10
АС	65	67	70	74	70	70	70	70
БК	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
НН	-	3	5	6	5	5	5	5

После определения физико-механических характеристик эти образцы с ГОС подвергались испытаниям на стендовой установке, имитирующей скважинные условия, с целью определения характеристик горения, результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства составов ГОС

Наименование показателей	Свойства составов							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ρ , г/см ³	1,42	1,47	1,51	1,55	1,51	1,51	1,51	1,5
Рпредв, МПа	5	4,2	3	4	3,2	6	3,5	1,9
D, мм/сек	2,8	6,4	-	-	-	-	-	-

При исследовании воспламеняемости составов, у которых воспламенитель находится в верхней части столба ГОС, были использованы разные средства его инициирования – штатный состав ТИМ, термитный состав, а также расположение термитного состава. Было выявлено, что штатный состав ТИМ не воспламеняет ГОС. Лучше всего воспламеняет ГОС термитный состав с боковым расположением спирали воспламенения, и нахождения шашки из термитного состава в верхней части сборки, в которой расположен ГОС. Это

объясняется тем, что при использовании термитного состава с торцевым узлом, при воспламенении состава ГОС в сборке возникает избыточное давление, которое может выбить узел воспламенения из нее. При воспламенении ГОС термитным составом с боковым узлом воспламенения такого избыточного давления не создается и происходит безопасное воспламенение состава ГОС.

Из всех исследуемых составов устойчивое горение наблюдается только для рецептов I и II (табл. 2), которые являются оптимальными, одна из которых не содержит добавку НН, а вторая содержит добавку НН в количестве 3 %.

Графики зависимости изменения давления от времени горения для образцов I и II представлены на рисунках 1 и 2.

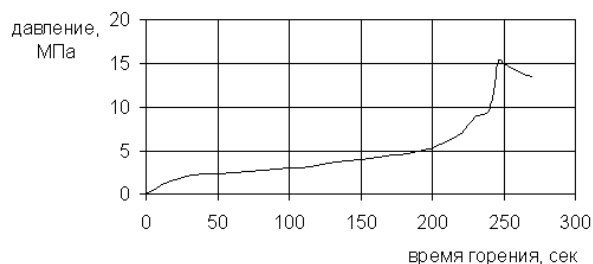


Рис. 1 – Зависимость изменения давления от времени горения образца (ГОС без нитрата натрия)

При испытании образца ГОС I без добавки НН создавалось предварительное давление равное 5 МПа с помощью штатного образца ТИМ (высотой 80 мм и диаметром 63 мм), который сгорает за время 196 с со скоростью 1,87 мм/с. Далее осуществлялось воспламенение образца ГОС I с помощью термитного состава, при этом происходит воспламенение и сгорание ГОС со скоростью 2,8 мм/с в пределах давления от 5 до 15,3 МПа.

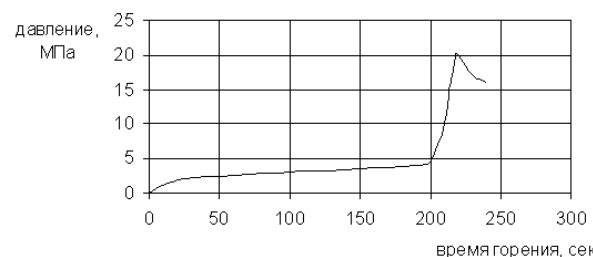


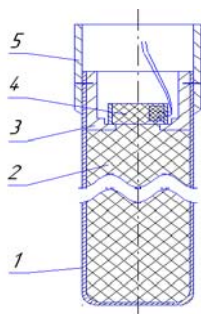
Рис. 2 – Зависимость изменения давления от времени горения образца (ГОС с нитратом натрия)

При испытании образца ГОС II с добавкой также создавалось предварительное давление равное 4,2 МПа, при этом образец штатного ТИМ сгорел за время 196 с со скоростью 1,87 мм/с. Далее осуществлялось воспламенение шашки из термитного состава, от которой происходит воспламенение и сгорание ГОС со скоростью 6,4 мм/с в пределах давления от 4,2 до 20,2 МПа.

В обоих случаях в процессе горения термитного заряда происходит задержка

воспламенения ГОС в течение 200 с.

Устройство рекомендуемого опытного варианта желатинообразного ГОС представляет собой корпус (1) (рис. 3), который заполнен жидким раствором ГОС (2), устанавливается крышка-втулка (3), на который крепится узел воспламенителя (4). После окончания желатинообразования ГОС, т.е. перехода его из жидкого состояния в твердое эластичное состояние, к корпусу закрепляется переходник (5), который служит для присоединения к кабельной головке при выполнении спуска устройства в скважину.



1 – корпус; 2 – ГОС; 3 – крышка-втулка; 4 – узел воспламенения; 5 – переходник

Рис. 3 – Схема опытного варианта устройства с желатинообразным ГОС

Таким образом предложена новая рецептура желатинообразного ГОС для обработки нефтяных скважин содержанием:

Аммиачная селитра	67 – 70 %;
Нитрат натрия	3 – 5 %;
Этиленгликоль	15 – 20 %;
Полиакриламид	0,45–0,5 %;
Бихромат калия	0,9 – 1 %;
Вода	остальное.

Предложенный ГОС способен по исходным реологическим характеристикам формироваться в эластичном состоянии в изделие, обладает способностью к воспламенению от термитного воспламенителя и послойному сгоранию со скоростью

2,8-6,4 мм/с при давлении 4-20 МПа в скважинных условиях, имеет высокую степень безопасности по физико-химической стабильности и чувствительности к механическим воздействиям, обладает простотой и дешевизной изготовления.

Разработанный желатинообразный ГОС в пластиковом корпусе рекомендуется для опытно-промышленной проверки в качестве альтернативы существующим пороховым генераторам давления и жидким ГОС для обработки нефтяных скважин.

Литература

1. Байков Н.М. О состоянии и перспективах развития нефтегазовой промышленности России / Н.М. Байков // Нефтяное хозяйство. – 2008. - №1. – С.10-13.
2. Чипига С.В. Устройство для комплексной перфорации и кислотной обработки призабойной зоны скважины / С.В. Чипига, И.Ф. Садыков, А.А. Марсов, А.А. Моксеев // Вестник КНИТУ. – Казань: КНИТУ, 2012. – т.15. - №6. – С. 174-177.
3. Барская Е.Е. Прогнозирование проблем при добыче нефти на основе анализа их химического состава и физико-химических свойств / Е.Е. Барская, Ю.М. Ганеева, Т.Н. Юсупова и др. // Вестник КНИТУ. – Казань: КНИТУ, 2012. – т.15. - №6. – С. 166-169.
4. Меркулов А.А. Реализация импульсных технологий воздействия на пласт, средства контроля параметров процесса / С.С. Назин, Р.А. Слиозберг, Ю.Г. Улунцев, В.С. Швеиц, В.М. Малюгин // НТВ «Каротажник». – Тверь: Изд. АИС, 2001. – Вып. 86.
5. Крощенко В.Д. Создание комплексных аппаратов для одновременного вскрытия пластов и интенсификации притоков / А.Р. Ликутов, В.С. Раманенко, В.П. Залогин, Ю.П. Кулешов // НТВ «Каротажник». – Тверь: Изд. АИС, 2001. – Вып. 78.
6. 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.
7. Грибанов Н.И. Газодинамический разрыв пласта с применением жидких ГОС / Н.И. Грибанов [и др.] // НТВ «Каротажник». – Тверь: Изд. АИС, – 1999. – Вып. 60.