

СРОЧНОЕ СООБЩЕНИЕ

О НЕТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДАХ

УДК 662.215.1

ВОЗБУЖДЕНИЯ ВЗРЫВА ЖИДКИХ ВЗРЫВЧАТЫХ СМЕСЕЙ

С. А. Ловля

ВНИИнефтепромгеофизика, Малаховское отделение, 140090 Малаховка

Приведены результаты изучения процесса возбуждения взрыва самовоспламеняющихся жидких взрывчатых смесей окислителя с горючим, а также условия, в которых он возникает, и границы составов, в которых реализуется процесс. Найдено, что жидкие взрывчатые смеси взрываются при контакте с щелочными металлами и их сплавами. Определены границы взрывчатости составов, иницируемых щелочными металлами, минимальная порция инициатора и эффективность возбуждения взрывного процесса при новом методе иницирования.

Потребность в проведении исследований процесса возбуждения взрыва жидких взрывчатых смесей (ЖВС) нетрадиционными способами возникла после того, как в ходе работ по созданию взрывного метода бурения глубоких скважин (выполняемых в стране в пятидесятые годы) автором было обнаружено, что жидкие взрывчатые смеси на основе четырехоксида азота, концентрированной азотной кислоты, тетранитрометана и некоторых других окислителей в смеси практически с любым горючим безотказно взрываются при контакте со щелочными металлами (натрием или калием и их сплавами). Этому предшествовал длительный поиск ЖВС, способных (после их образования в результате смешения расчетных порций окислителя и горючего) к реакции, приводящей к самопроизвольному взрыву, или же поиск веществ, способных химическим путем поджигать готовую жидкую взрывчатую смесь с тем, чтобы ее горение быстро переходило в детонацию. Но как первое, так и второе направление не дали нужных результатов, позволяя получать при относительно небольших порциях взрывчатых смесей лишь горение в том случае, если опыт выполнялся при атмосферном давлении. Испытанию подверглось большое количество веществ. Воспламенение проходило уверенно, с задержками от сотых долей до нескольких секунд в зависимости от состава смеси. Хотя звуковые эффекты, сопровождавшие опыты, были сильными, используемый для контроля бризантометр ни разу не зарегистрировал детонационное течение процесса в поджигаемой или самовоспламеняющейся смеси. Но в условиях полной, а иногда и частичной герметизации реакционного объема при плотности его заряжания, меньшей $1/40$, в опытах, проводимых на специальном стенде, отпечатки на контрольной пластине бризантометра были получены. Однако они были существенно меньшего диаметра, чем при эталонном подрыве равного заряда штатного взрывчатого вещества (ВВ). Техническая реализация этого процесса выглядела сложной, и впоследствии в наших работах он не использовался.

Несколько слов об ограничениях, учитывавшихся при проведении исследований. Поскольку решалась конкретная задача — создание технологии взрывного бурения глубоких скважин, то породоразрушающим процессом должен быть взрыв. Величина зарядов, используемых при этом, не должна быть большой во избежание повреждения скважинного оборудования при взрыве и излишнего разрушения породы, слагающей стенки скважины.

ВВ должны приготавливаться в самый последний момент перед использованием смешением порций окислителя и горючего. Они должны быть мощными, с малым критическим диаметром и высокой чувствительностью к передаче детонации. Из технологической цепочки исключалось использование заранее изготовленного ВВ. Приготовление ЖВС должно быть простым. Простота самоликвидации (растворением или разбавлением) случайно образовавшихся в скважине порций ЖВС в случае отказа возбуждения взрыва или по какой-либо другой причине делала процесс достаточно безопасным для его использования при взрывном бурении скважин.

Выбранные окислители, за исключением тетранитрометана, и все используемые горючие в отдельности были невзрывчатыми и массово выпускались в стране. На начальной стадии работы были более точно определены свойства тетранитрометана и обнаружены, вопреки имевшимся в литературе сведениям, его взрывные свойства. Критический диаметр детонации тетранитрометана в стеклянных и стальных трубках оказался равным 4 и 2 мм соответственно, а критический диаметр его смесей с органическими горючими не превышал десятых долей миллиметра. Точно критический диаметр смесей не определялся, но поверхность металлической пластины, смоченная ими, «высушивалась» взрывом. Последнее говорит о чрезвычайно малой величине критического диаметра ЖВС. Взрывные свойства тетранитрометана были исследованы при введении в его состав 30 % (по объему) четырехоксида азота. Наконец, в опытах по передаче детонации через воду, выполняемых в стальной четырехдюймовой трубе, заполненной водой при атмосферном давлении, ЖВС показали очень высокую чувствительность к передаче детонации. Активным зарядом был электродетонатор. Опыты позволяли рассчитывать, что в случае, если струя будет дробиться, произойдет взрыв всех отдельных ее (даже самых маленьких) отделившихся порций.

Открытие эффекта возбуждения взрыва ЖВС контактом последней с щелочными металлами стало технической находкой, сразу получившей конструкторское сопровождение созданием аппаратуры, реализующей этот процесс при бурении. В свою очередь, появление аппаратуры потребовало исследований, уточняющих возможности использования новой технологии бурения. В ходе исследований с помощью бризантометра была оценена мощность взрыва в зависимости от состава ВВ и от метода инициирования. Оказалось, что диаметр отпечатка на стальной мишени при инициировании щелочными металлами по крайней мере не меньше, чем при эталонном подрыве электродетонатором равного заряда из штатного ВВ.

Простыми опытами по схеме, изображенной на рис. 1, была оценена порция сплава щелочных металлов, вызывающая взрыв ЖВС. Для этого на ЖВС, залитую в коническое углубление массивной тарелки бризантометра, установленной на шарик шарикоподшипника, и через него на свидетель — стальную плиту — сбрасывали груз, в торце которого помещалась корковая пробка с вставленными в нее стеклянными капиллярами малого диаметра, заполненными жидким сплавом щелочных металлов. Внутренний диаметр капилляров не превышал 0,5 мм, в ряде случаев он был существенно меньше. Их устанавливали в пробке так, чтобы при сбрасывании груза они всегда ломались в ЖВС. Имеющийся ограничитель полета груза не позволял последнему ударять по ЖВС или металлу. Иницирование становилось возможным лишь в результате возникновения контакта сплава с ЖВС при сломе капилляра.

Считая, что вся масса сплава, находящаяся в капилляре с внутренним диаметром не более 0,5 мм, участвует в реакции возбуждения взрыва, получили, что для этого требуется всего 0,01 г сплава, а поверхность его контакта с ЖВС не превышает нескольких квадрат-

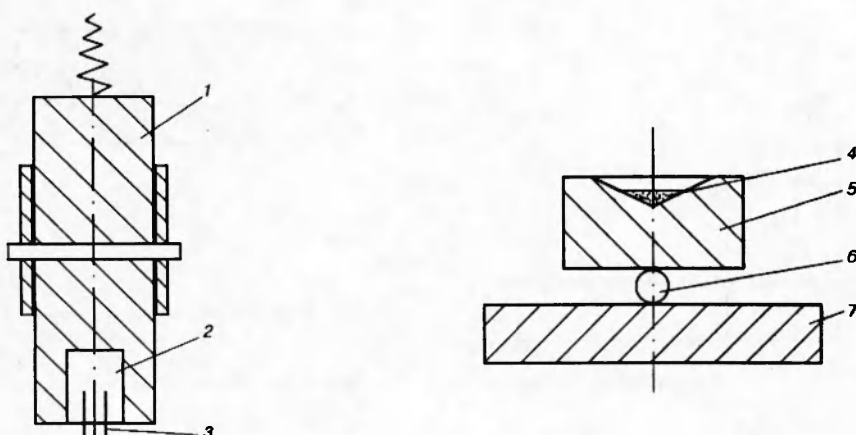


Рис. 1. Схема инициирования ЖВС сплавом щелочных металлов:

1 — груз, 2 — пробка, 3 — стеклянные капилляры, 4 — ЖВС, 5 — бризантометр, 6 — шарик, 7 — стальная плита

ных миллиметров. Приведенные данные следует рассматривать как гарантированный по надежности предел расхода инициатора на возбуждение. Фактически последнее было подтверждено экспериментально, минимальная иницирующая порция сплава и минимальная поверхность его контакта с ЖВС в действительности оказались много меньше. Следует отметить, что речь идет о щелочных металлах, поверхность которых не окислена.

На начальном этапе состав ЖВС, использованных при изучении особенностей возбуждения взрыва, строился преимущественно на таких окислителях, как тетранитрометан, четырехокись азота, концентрированная азотная кислота, и на их комбинациях с большим набором органических соединений, в том числе с жидкими углеводородами, ненасыщенными и ароматическими соединениями, аминами и др. Однако в дальнейшем число горючих сократилось и ограничилось соляровым маслом с 1–2 ароматическими соединениями.

В реальных условиях приготовление ЖВС в скважине предполагалось выполнять смешением струй окислителя и горючего, встречающихся под углом в полете на пути к месту взрывного использования. При этом всегда существовала опасность некачественного смешения компонентов, особенно на начальном участке совместного полета в точку взрыва. Были определены границы составов ЖВС (рис. 2), взрывааемых электродетонатором и сплавом натрия — калия, а также границы составов двухкомпонентных самовоспламеняющихся смесей, способных к самопроизвольному взрыву при условии образования в замкнутом или полужамкнутом объеме порции ЖВС массой в 15–20 г. Опыты ставились с ЖВС на базе тетранитрометана. Оценка качества взрыва, как и ранее, проводилась с помощью бризантометра, по отпечатку на свидетеле. По мере приближения к границам зон инициирования бризантное действие заметно снижалось. Максимальный бризантный эффект взрыва регистрировался у составов со слабо отрицательным кислородным балансом. В наиболее узких границах составов взрыв возникал у самовоспламеняющихся систем, причем все составы имели отрицательный кислородный баланс, а их бризантное действие было ниже. Следует также отметить, что в опытах по возбуждению взрыва сплавом щелочных металлов тип горючего, входящего в состав ЖВС, не влиял на границы области возбуждения взрыва и его бризантное действие.

Говоря о самовзрывающихся двухкомпонентных системах, приходится оговаривать условия, в которых происходит взрыв. В случае же инициирования электродетонаторами

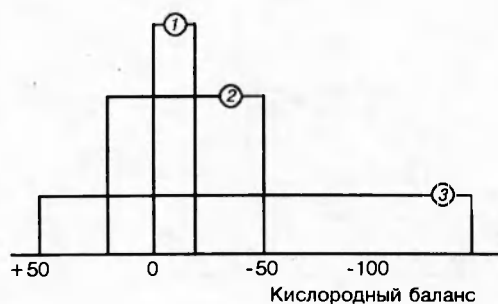


Рис. 2

Рис. 2. Границы взрывчатости составов ЖВС, взрывааемых электродетонатором (3) и сплавом натрий — калий (2) (1 — самовоспламеняющиеся смеси)

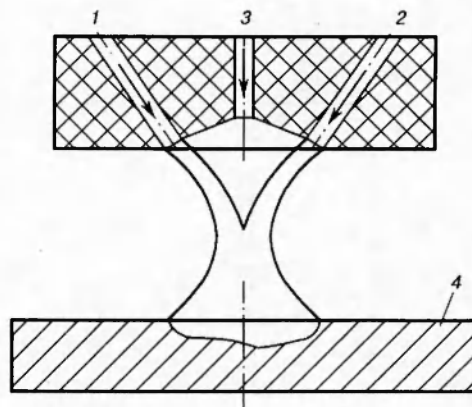


Рис. 3

Рис. 3. Схема эксперимента иницирования ЖВС электродетонатором:

1 — окислитель, 2 — горючее, 3 — сплав, 4 — мишень

или сплавом щелочных металлов ограничений на выполнение опытов нет. Не играет большой роли и выбор горючего в составе ЖВС. Взрыв уверенно возбуждался как в условиях атмосферного, так и высокого гидростатического давления и практически у любых (по величине) порций ЖВС. Скоростная киносъемка процесса показала, что при использовании щелочных металлов время задержки взрыва измеряется миллисекундами и явного участка горения ЖВС не наблюдается, в то время как задержки взрыва у двухкомпонентных самовоспламеняющихся систем менялись в широком диапазоне времен, достигая у отдельных ЖВС 10 с.

Располагая к этому времени оборудованием, позволяющим вызывать практически мгновенно взрывы ЖВС сплавом щелочных металлов, оказалось возможным сопоставить между собой качество иницирования ЖВС сплавом и электродетонатором. Схема опыта с электродетонатором дана на рис. 3. Струи окислителя и горючего после встречи в полете направлялись к мишени — стальной пластине толщиной 4 см. По данным исследований для полного смешения достаточно совместного полета струи на сантиметровом участке пути. Продолжая полет, струя ЖВС удлинялась, двигаясь к мишени, и достигала ее в тот момент, когда хвост струи догонялся струей сплава, выходящего из третьего канала, вызывая взрыв. Форма струи и ее укладка на мишень, а также точка иницирования позволяли в этом случае ожидать более сильного направленного действия взрыва.

Параллельно на аналогичной стальной мишени проводились последовательные взрывы электродетонатором равных порций ЖВС, заливаемых в чашечку, устанавливаемую на мишень. Расход на пробитие оказался во втором случае больше, чем в первом. Последнее можно связать с формой струи и местом иницирования заряда, что служит косвенным подтверждением надежности возбуждения взрыва. Выполненные исследования показали техническую возможность использования новых методов возбуждения взрыва ЖВС щелочными металлами и их сплавами. Результаты исследований открывают возможности более успешного использования взрыва для решения многих производственных задач, связанных с применением взрыва.

Поступила в редакцию 6/V 1997 г.