

УДК 662.21

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВНЫХ УСТРОЙСТВ С МНОГОСЛОЙНЫМИ КУМУЛЯТИВНЫМИ ОБЛИЦОВКАМИ, СФОРМИРОВАННЫМИ ДЕТОНАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

© 2012 В.В. Калашников, Д.А. Деморецкий, М.В. Ненашев, О.В. Трохин,
П.В. Рогожин, Р.Р. Сулейманов

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 29.03.2012

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по оценке эффективности действия кумулятивных зарядов с многослойными кумулятивными облицовками. Показано, что применение детонационной технологии изготовления кумулятивных облицовок позволяет повысить эффективность действия кумулятивных зарядов до 26%.

Ключевые слова: кумулятивный заряд, кумулятивная облицовка, кумулятивная струя, детонационное покрытие

Одним из самых распространенных способов вторичного вскрытия нефтегазовых пластов является кумулятивная перфорация, которая осуществляется с использованием зарядов с конической кумулятивной облицовкой (КО) [1]. При этом кумулятивные заряды (КЗ), как правило, размещаются в цилиндрическом герметичном корпусе перфоратора, который опускается в скважину. В результате детонации КЗ из материала КО формируется высокоскоростная кумулятивная струя (КС), которая пробивает перфорационный канал. Размеры канала зависят от типа перфоратора, прочности породы, конструкции заряда и ряда других факторов. Одним из важнейших элементов, определяющих пробивную способность КЗ, является металлическая облицовка кумулятивной

выемки. Для повышения пробивного действия КЗ основные направления совершенствования КО связывают с улучшением физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств и структуры материала облицовки, оптимизацией геометрической формы и размеров облицовки, разработкой различных вариантов многослойных и комбинированных облицовок [1].

С целью увеличения пробивной способности КЗ в ФГБОУ ВПО «СамГТУ» предложена технология изготовления зарядов с многослойными КО, основанная на использовании способа и специально разработанной методики детонационного нанесения покрытий [2]. В качестве порошковых материалов для формирования многослойной облицовки методом детонационного напыления могут применяться медь, молибден, тантал, вольфрам, кобальт, ниобий; сплавы порошков со связующими добавками, например карбид вольфрама, плакированный кобальтом и др. При этом реализуется исполнение КО как с прогрессивно уменьшающейся, так и с прогрессивно увеличивающейся толщиной напыленного слоя от основания к вершине облицовки. В результате можно регулировать скорость элементов КС, ее градиент и выход металла облицовки в струю. При использовании двух дозаторов реализуется изменение плотности по толщине облицовки за счет одновременного использования различных порошковых материалов и их смесей. Возможно создание нескольких слоев, как на внутренней, так и на наружной поверхности исходной конической заготовки [3].

Калашников Владимир Васильевич, президент, доктор технических наук, профессор. E-mail: ttxb@samgtu.ru

Деморецкий Дмитрий Анатольевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Конверсионные и двойные технологии энергонасыщенных материалов и изделий». E-mail: ttxb@samgtu.ru

Ненашев Максим Владимирович, доктор технических наук, проректор по научной работе. E-mail: max71@mail.ru

Трохин Олег Вадимович, кандидат технических наук, заведующий базовой кафедрой «Технология твердых химических веществ» при ФКП «ЧМЗ». E-mail: ttxb@samgtu.ru

Рогожин Павел Викторович, аспирант. E-mail: ttxb@samgtu.ru

Сулейманов Равиль Ришадович, аспирант. E-mail: ttxb@samgtu.ru

Выполнены теоретические исследования процессов, происходящих при детонации КЗ с облицовками, изготовленными по предложенной технологии. При выполнении математического моделирования использовался многокомпонентный лагранжево-эйлеровый подход к описанию движения деформируемой сплошной среды. Для описания поведения взрывчатого вещества и воздуха использовались соответственно уравнение состояния Джонса-Уил-кинса-Ли (JWL) и уравнение состояния идеального газа, а для описания поведения

материалов КО, корпуса и мишени была использована упруго-вязкопластичная модель Джонсона-Кука и термодинамическое уравнение состояния Грюнайзена. В качестве примера на рис. 1 и 2 представлены некоторые результаты выполненных расчетов в виде иллюстрации процесса формирования КС (при детонации зарядов типа ЗПКС-80 с углом раствора КО 75°) и ее внедрения в полубесконечную стальную преграду. При этом на рисунках приведено только положение КО и стальной мишени.

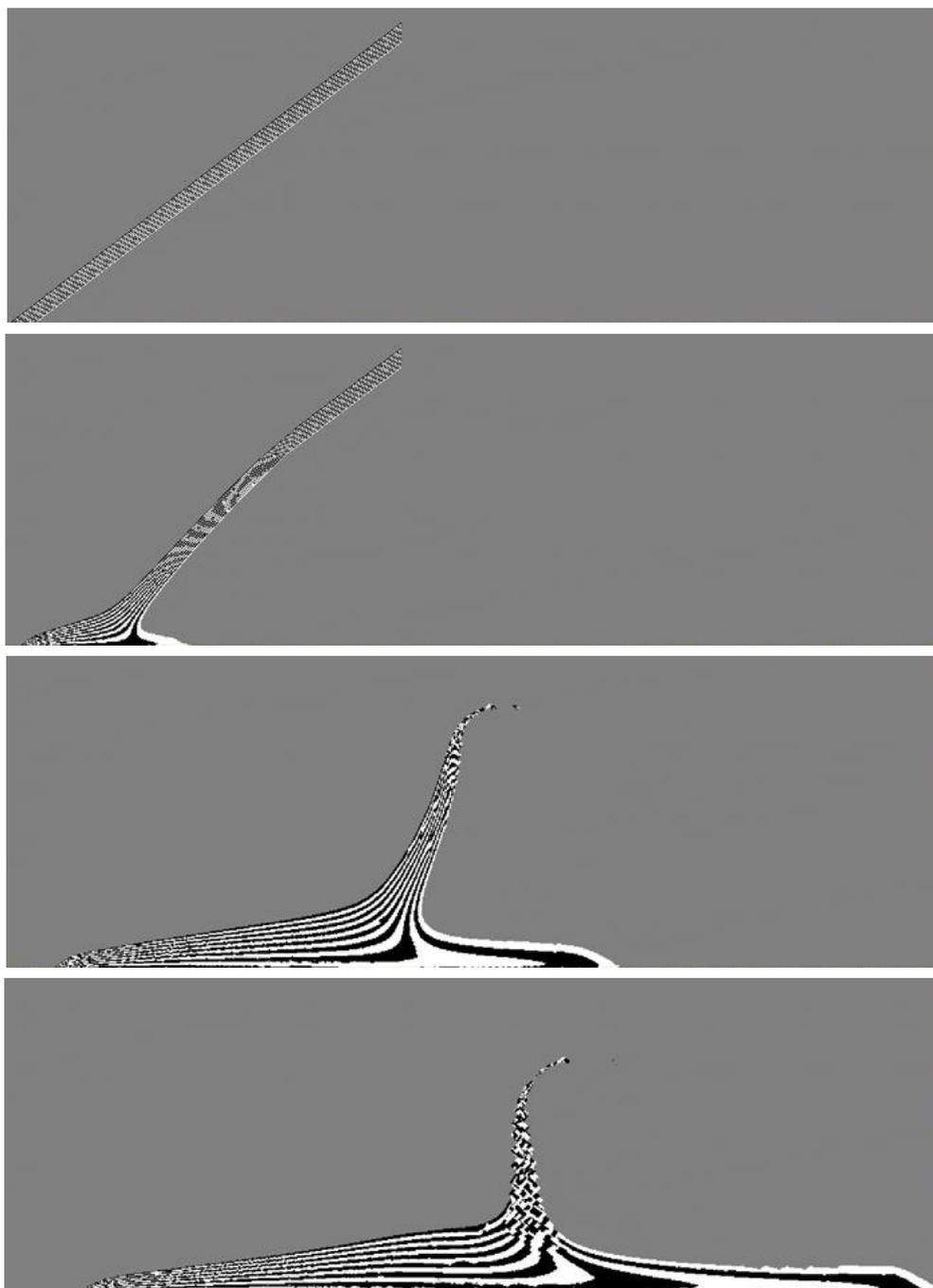


Рис. 1. Распределение материала КО в процессе формирования КС

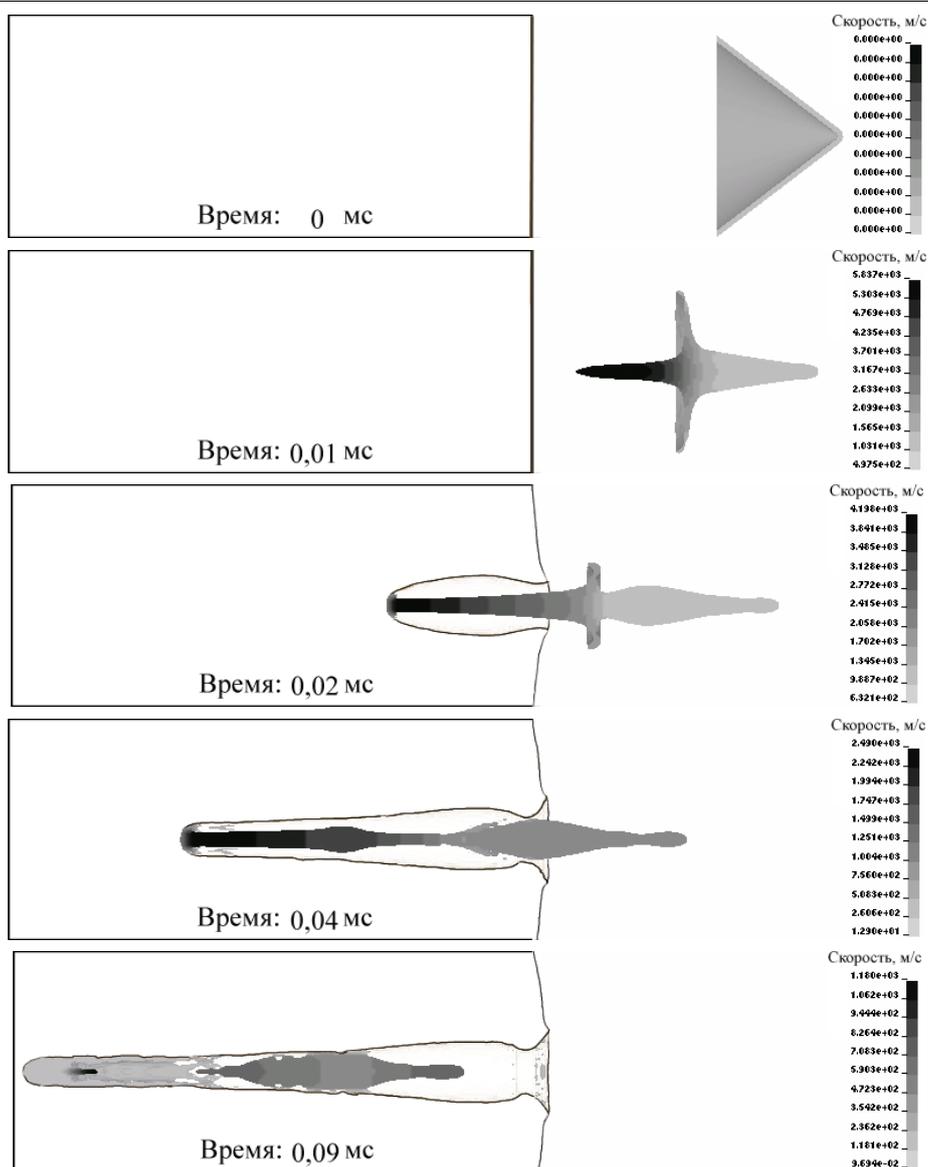


Рис. 2. Распределение скоростей в материале КС при детонации КЗ

На рис. 1 представлено послойное распределение материала КО в процессе схлопывания облицовки и формирования КС. В начальный момент времени толщина каждого слоя составляла 0,05 мм. Результаты расчетов показали, что высокоскоростная часть КС формируется из внутреннего слоя КО (не прилегающего к ВВ), толщина которого составляет 0,25-0,30 мм. При дальнейшем увеличении толщины внутреннего слоя КО существенно уменьшается скорость КС, а значительная часть высокоплотного материала участвует в образовании песта.

На рис. 3 и 4 приведены графические зависимости максимальной скорости движения КС и глубины пробития стальной мишени от плотности материала внутреннего слоя КО (покрытия) при толщине покрытия 0,3 мм. Как видно из представленных рисунков, увеличение плотности струеобразующего слоя приводит к некоторому уменьшению скорости движения элементов КС, однако, в конечном итоге, обеспечивает

рост эффективности действия КЗ. Так, увеличение плотности с 8 до 16 г/см³ позволяет повысить глубину пробития преграды на 23%.



Рис. 3. Влияние плотности покрытия кумулятивной облицовки на скорость кумулятивной струи перед внедрением в преграду



Рис. 4. Влияние плотности покрытия КО на глубину пробития КЗ при толщине медной заготовки 0,5 мм и толщине слоя покрытия 0,3 мм

На рис. 5 приведены зависимости влияния относительной толщины слоя покрытия из карбида вольфрама (WC) на глубину пробития стальной мишени. Как видно из рис. 5, оптимальным отношением толщины слоя покрытия к диаметру КО является 0,006-0,013, что для облицовки диаметром 31 мм соответствует толщинам покрытия 0,2-0,4 мм.

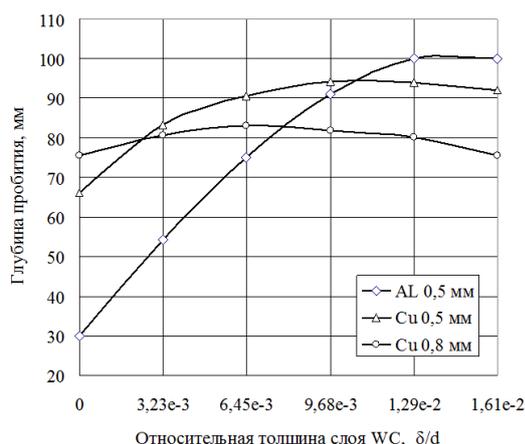


Рис. 5. Влияние относительной толщины слоя WC на глубину пробития стальной мишени

С целью подтверждения адекватности выполненных расчетов проведены экспериментальные исследования по оценке эффективности действия зарядов с многослойными КО. При этом заряды отстреливались на мишени, представляющей собой пакет пластин толщиной 10 мм из стали Ст.3. Суммарная толщина мишени составляла 500 мм, а ширина пластин – 100 мм. Некоторые результаты проведенных испытаний представлены на рис. 6 в виде зависимости глубины пробития мишени зарядом ЗПКС-80 от толщины покрытия внутренней поверхности КО. Из рис. 6 видно, что максимальная глубина пробития стальной мишени зарядом ЗПКС-80 (95 мм) соответствует толщине покрытия из карбида вольфрама толщиной 0,4 мм, нанесенного на конусную заготовку из алюминия толщиной 0,5 мм, при этом

эффективность действия взрывных устройств увеличивается до 26% по сравнению со штатными изделиями (средняя глубина пробития штатных зарядов ЗПКС-80 составляет 75 мм – пунктирная линия на рис. 6).

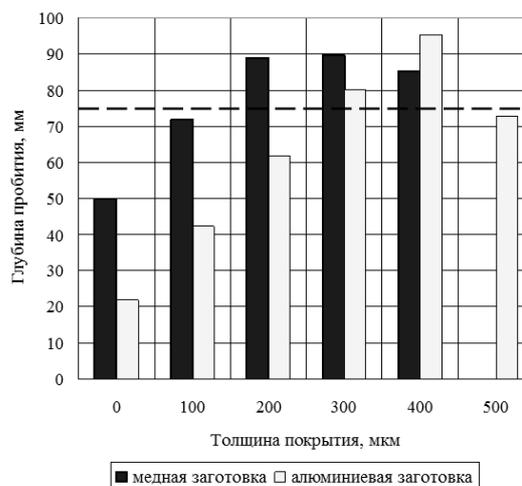


Рис. 6. Зависимость глубины пробития мишени от толщины покрытия КО

Выводы: предложен новый способ изготовления многослойных КО, основанный на нанесении покрытия из высокоплотного порошкового материала детонационным способом на металлическую облицовку; показано, что при детонации заряда диаметром 31 мм в формировании кумулятивной струи участвует внутренний слой облицовки толщиной 0,25-0,30 мм; с применением предложенной технологии изготовлены опытные образцы КО с толщиной покрытия 0,1-0,5 мм и заряды ЗПКС-80 на их основе. Сравнительные испытания изделий по пробитию пакета стальных пластин показали, что эффективность действия взрывных устройств увеличивается до 26% по сравнению со штатными образцами.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Физика взрыва / под ред. Л.П. Орленко. – В 2 т. Т.2. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 656 с.
2. Калашиников, В.В. Технология изготовления облицовок кумулятивных зарядов, обладающих повышенной пробивной способностью / В.В. Калашиников, Д.А. Деморецкий, О.В. Трохин и др. // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 1(2). С. 373-376.
3. Калашиников, В.В. Детонационный способ и технология изготовления многослойных облицовок зарядов кумулятивных перфораторов / В.В. Калашиников, Д.А. Деморецкий, О.В. Трохин и др. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2011. №3 (31). С. 213-218.

**THEORETICAL AND EXPERIMENTAL ESTIMATION THE
EFFECTIVENESS OF EXPLOSIVE DEVICES WITH
MULTILAYER CUMULATIVE LINERS CREATED
BY THE DETONATION METHOD**

© 2012 V.V. Kalashnikov, D.A. Demoretskiy, M.V. Nenashev, O.V. Trokhin,
P.V. Rogozhin, R.R. Suleymanov

Samara State Technical University

Results of theoretical and experimental studies of estimation the effectiveness of cumulative shaped charges with multilayer cumulative liners are given. It is shown that application of detonation technology of production the cumulative liners allows to increase effectiveness of shaped charges up to 26%.

Key words: *shaped charge, cumulative liner, cumulative stream, detonation covering*

Vladimir Kalashnikov, President, Doctor of Technical Sciences, Professor.

E-mail: ttxb@samgtu.ru

*Dmitriy Demoretskiy, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department
“Conversional and Double Technologies of Power Saturated Materials and
Products”. E-mail: ttxb@samgtu.ru*

*Maxim Nenashev, Doctor of Technical Sciences, Deputy Rector on Scientific
Work. E-mail: max71@mail.ru*

*Oleg Trokhin, Candidate of Technical Sciences, Head of the Base Department
“Technology of Firm Chemical Substances” at “ChMZ”. E-mail: ttxb@samgtu.ru*

Pavel Rogozhin, Post-graduate Student. E-mail: ttxb@samgtu.ru

Ravil Suleymanov, Post-graduate Student. E-mail: ttxb@samgtu.ru