

ВЗРЫВНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРФОРАЦИИ НЕФТЕ- И ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН, ОБЛАДАЮЩИЕ ПОВЫШЕННОЙ ПРОБИВНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

© 2010 В.В. Калашников, Д.А. Деморецкий, М.В. Ненашев, О.В. Трохин,
И.В. Нечаев, Ю.А. Богданов, А.Ю. Мурзин, О.А. Кобякина, А.А. Григорьев

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 31.03.2010

Предложена конструкция и технология изготовления зарядов кумулятивных перфораторов. Установлено, что использование разработанных зарядов обеспечивает увеличение площади входных отверстий в 2,6-2,7 раза и объема перфорационного канала в 2,5-2,8 раза по сравнению с применением существующих конструкций взрывных устройств.

Ключевые слова: *взрывные устройства, кумулятивный перфоратор, скважина*

На сегодняшний день многие нефтяные компании достигли порога, при котором месторождения с «легкой нефтью», требующие минимум капитальных вложений, находятся на последней стадии разработки, падающей добычи. В то же самое время гигантские запасы углеводородов сосредоточены в низкопроницаемых коллекторах либо обладают такими геолого-физическими свойствами, которые делают разработку данных залежей традиционными методами неэффективной [1]. Для освоения данных природных ресурсов необходимо применение методов увеличения нефтеотдачи, что требует создание в обсадной колонне перфорационных отверстий с повышенной площадью сечения [2]. Однако специально созданные для этих целей осесимметричные кумулятивные заряды (КЗ) (заряды типа «Big Hole») ведущих отечественных и мировых производителей пробивают отверстия в обсадной колонне диаметром не более 16-23 мм и глубиной 150-220 мм. Дальнейшее совершенствование конструкции данных зарядов в плане увеличения диаметра перфорационного отверстия является практически исчерпанным, так как требует увеличения габаритов взрывных устройств, при этом возникают непреодолимые трудности их размещения в скважине. Таким образом, в настоящее время

актуальной является проблема создания высокоэффективных конструкций КЗ, обеспечивающих формирование перфорационных каналов с повышенной начальной площадью поперечного сечения.

Для ведения прострелочно-взрывных работ в случаях, когда необходима повышенная площадь входных отверстий перфорационных каналов, предлагается использование комбинированных – конусно-линейных кумулятивных зарядов (КЛКЗ). Данный заряд можно представить как комбинацию трех кумулятивных частей – одной центральной и двух боковых. Центральная часть является удлиненной, имеет постоянное симметричное поперечное сечение и представляет собой отрезок удлиненного кумулятивного заряда (УКЗ), а боковые части образованы вращением половины поперечного сечения центральной части на 180° вокруг оси симметрии (см. рис. 1). При этом боковые части заряда могут иметь коническую, полусферическую или полуэллипсную форму. Заряд работает следующим образом: инициирующий импульс передается заряду взрывчатого вещества (ВВ) посредством детонирующего шнура 4. В результате взрыва бокового превращения заряда ВВ из центральной и боковых частей кумулятивного заряда формируются кумулятивные потоки, состоящие из частиц облицовки 3 и продуктов детонации, которые при высокоскоростном взаимодействии с материалом преграды (обсадная труба, цементное кольцо и продуктивный пласт) образуют в последней перфорационные каналы. Если при подрыве осесимметричного КЗ из кумулятивной облицовки (КО) формируется струя (точка в проекции на плоскость пробиваемой преграды), то из облицовки УКЗ (удлиненный кумулятивный заряд) формируется, так называемый, кумулятивный «нож» [3] (линия в проекции на плоскость пробиваемой преграды), в результате чего концентрация энергии растягивается.

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

Деморецкий Дмитрий Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология твердых химических веществ». 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, доцент кафедры «Технология твердых химических веществ»

Нечаев Илья Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология твердых химических веществ»

Богданов Юрий Анатольевич, аспирант

Мурзин Андрей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология твердых химических веществ»

Кобякина Ольга Анатольевна, аспирантка
Григорьев Андрей Александрович, студент

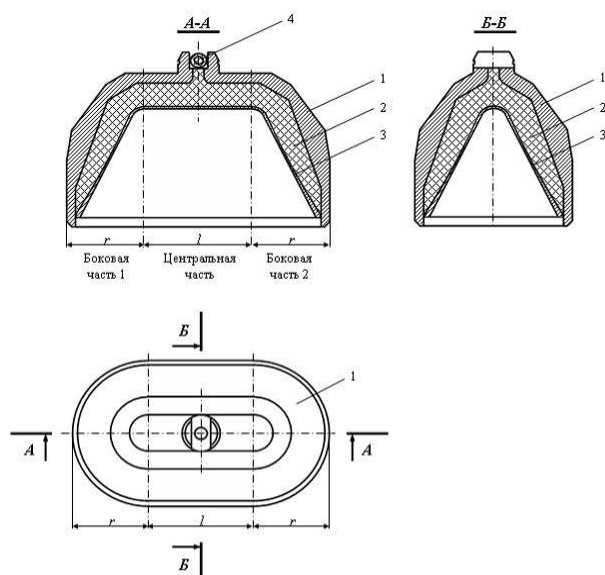


Рис. 1. Конусно-линейный кумулятивный заряд: 1 – корпус, 2 – ВВ, 3 – кумулятивная облицовка, 4 – детонирующий шнур

Форма боковых частей кумулятивного заряда позволяет сформировать два кумулятивных потока (две кумулятивных струи), направленных в область внедрения кумулятивного «ножа» в преграду (см. рис. 2). Дополнительное действие кумулятивных струй обеспечивает увеличение глубины пробития по сравнению с УКЗ. Изменение длины центральной части позволяет регулировать форму перфорационного отверстия и глубину формируемого канала. Так, с ее увеличением происходит увеличение площади образующегося перфорационного отверстия, при этом глубина канала уменьшается. При уменьшении длины центральной части показатели, характеризующие эффективность действия заряда, стремятся к показателям аналога – осесимметричного КЗ. Предлагаемая конструкция заряда позволяет значительно увеличить начальную площадь перфорационных каналов, по сравнению с зарядами типа «Big Hole» за счет перераспределения энергии взрыва по площади прорезаемой преграды, что обеспечивается наличием центральной части (рис. 1). По сравнению с УКЗ увеличивается глубина пробития за счет формирования высокоскоростных кумулятивных потоков из боковых частей заряда. Таким образом, совокупность (комбинация) трех кумулятивных частей (центральной и двух боковых), являющихся единым зарядом, позволяет одновременно увеличить площадь перфорационных отверстий и глубину прорезаемого канала.

Кумулятивная облицовка заряда может выполняться из порошковых материалов, что обеспечивает увеличение коэффициента перехода материала облицовки в струю, а, следовательно, увеличение глубины пробития преграды, а также не приводит к запестовыванию

сформированного канала. Для изготовления предлагаемых зарядов разработана специальная технология. Кумулятивная облицовка данных зарядов может изготавливаться из порошкообразного материала на основе меди, используемого при изготовлении осесимметричных кумулятивных зарядов, способом прессования с применением вибрации для равномерного распределения уплотняемого материала в пресс-форме. Внешний вид пресс-инструмента, используемого в этих целях, приведен на рис. 3.

Заряд ВВ прессуется непосредственно в металлический корпус, позволяющий повысить эффективность действия зарядов и снизить массу используемого ВВ. Прессование осуществляется в два приема. Первоначально выполняется предварительное прессование, в результате чего ВВ распределяется в корпусе, уплотняется и приобретает форму, соответствующую профилю кумулятивной облицовки. Окончательное прессование выполняется вместе с предварительно установленной кумулятивной облицовкой. Внешний вид КЛКЗ представлен на рис. 4.

Экспериментально установлено, что использование КЛКЗ обеспечивает увеличение площади входных отверстий в 2,6-2,7 раза (8-9 см²) и объема канала в 2,5-2,8 раза (120-130 см³) по сравнению с применением заряда ЗПК 89-DN (см. рис. 5).

Предложено использовать КЛКЗ в перфорационных системах однократного применения. Одним из вариантов является совместное использование КЛКЗ с осесимметричными КЗ в одном корпусе перфорационной системы. Это позволит значительно снизить гидродинамическое сопротивление и одновременно связать скважину с незагрязненной зоной пласта. При использовании предлагаемых взрывных устройств при плотности перфорации 10 отв./м общая площадь поперечного сечения перфорационных отверстий на один метр обсадной трубы составляет 85-86 см², что превышает значения, обеспечиваемые всеми известными перфорационными системами диаметром 89 мм.

Выводы: для перфорации нефтедобывающих скважин предложена конструкция кумулятивных зарядов, позволяющих формировать перфорационные каналы с площадью входного отверстия составляет 8-9 см²; разработана технология и технологическая оснастка для изготовления зарядов способом прессования; предложенные заряды, могут быть эффективно использованы при заканчивании скважин с интенсификацией нефтепритока, а также с пескоконтролем, где определяющую роль играет диаметр перфорационных каналов.

Работа проводилась при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям.

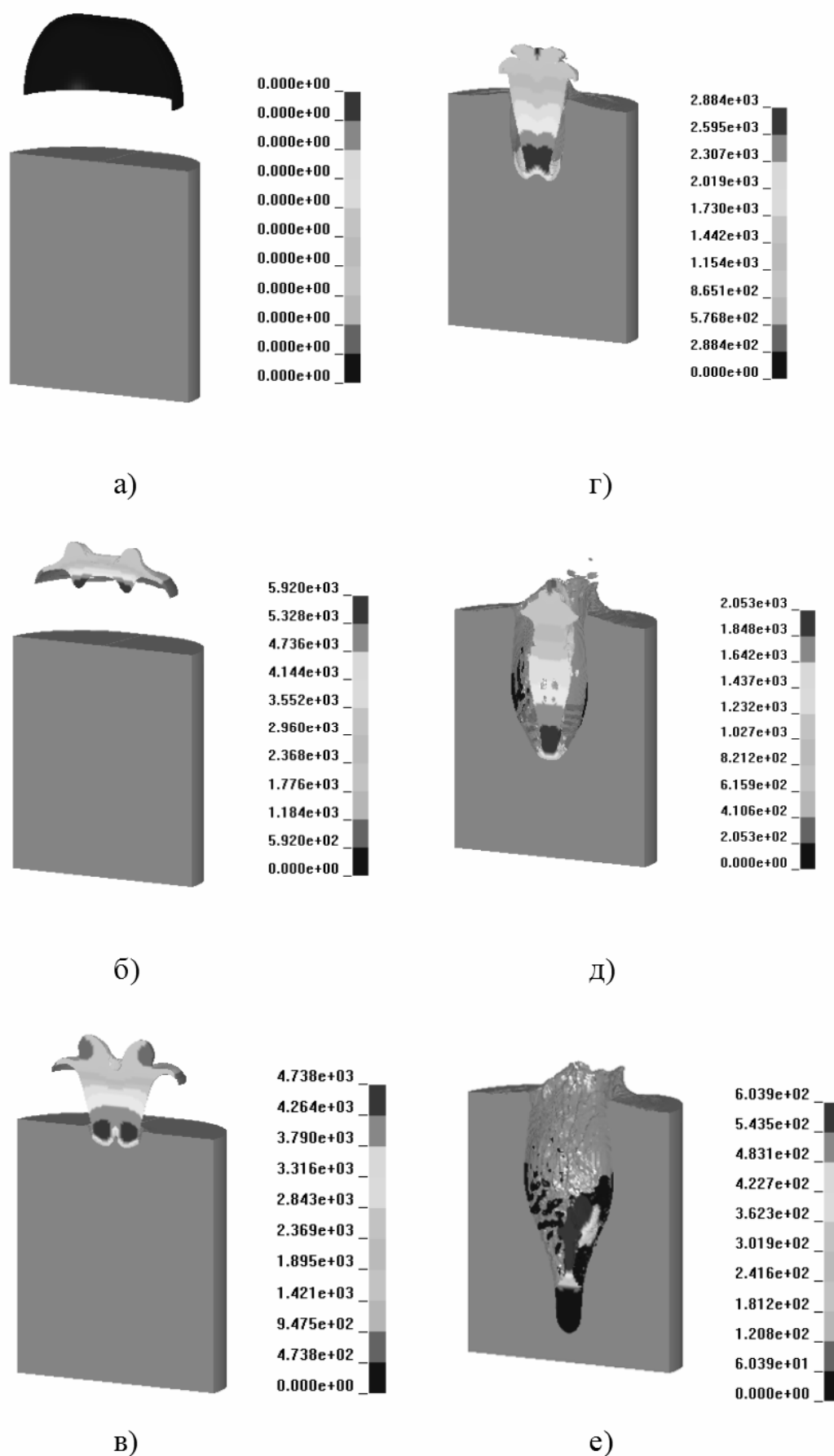


Рис. 2. Процесс проникания кумулятивной струи в стальную преграду, формирующейся при детонации заряда с полуэллипсной формой боковых частей КО и длиной центральной части 15 мм в моменты времени: а) – 0 мкс, б) – 10 мкс, в) – 15 мкс, г) – 25 мкс, д) – 45 мкс, е) – 100 мкс

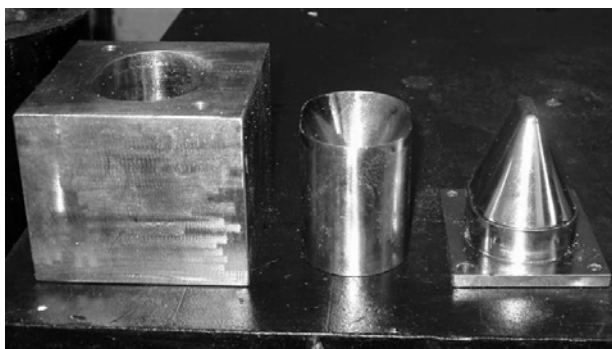


Рис. 3. Внешний вид пресс-инструмента для изготовления зарядов

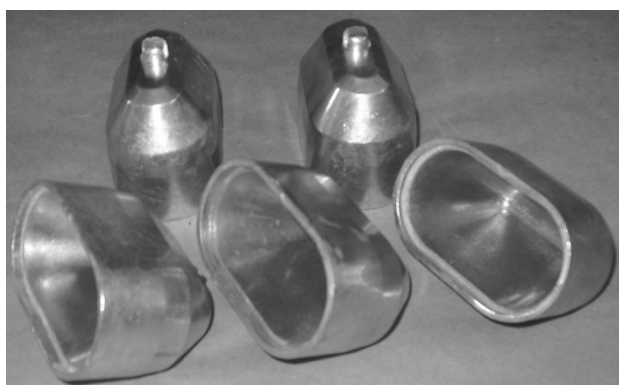


Рис. 4. Внешний вид КЛКЗ

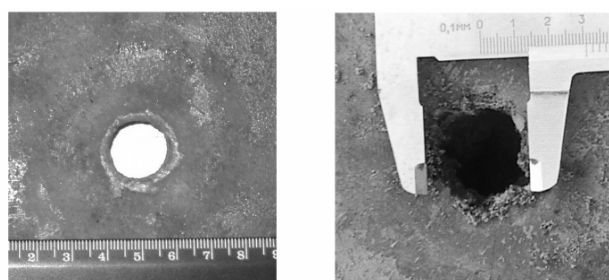


Рис. 5. Входное отверстие в стальной пластине толщиной 10 мм, формируемое: а) – зарядом ЗПК 89-*DN* («Big Hole»), б) – КЛКЗ-30

Рис. 5. Входное отверстие в стальной пластине толщиной 10 мм, формируемое: а) – зарядом ЗПК 89-*DN* («Big Hole»), б) – КЛКЗ-30

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дияшев, И.Р. Супер-ГРП повышает рентабельность разработки Ачимовской свиты Ярайнерского месторождения (западная Сибирь) / И.Р. Дияшев, А.И. Небесный, М.Р. Гиллард // Нефтегазовое обозрение. – 2002. – Весна. – С. 80-93.
2. Косад, Ч. Выбор стратегии перфорирования // Нефтегазовое обозрение. – 1998. – Весна. – С. 34-51.
3. Физика взрыва / под ред. Л.П. Орленко. – В 2 т. Т.2. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 656 с.

EXPLOSIVES FOR PUNCHING THE OIL AND GAS WELL, POSSESSING THE INCREASED PENETRATIVE ABILITY

© 2010 V.V. Kalashnikov, D.A. Demoretsky, M.V. Nenashev, O.V. Trohin, I.V. Nechaev, U.A. Bogdanov, A.U. Murzin, O.A. Kobyakina, A.A. Grigoriev

Samara State Technical University

The design and manufacturing techniques of charges of cumulative punchers is offered. It is established, that use of the developed charges provides increase in the area of entrance apertures in 2,6-2,7 time and volume of the punched channel in 2,5-2,8 times, in comparison with application of existing designs of explosives.

Key words: *explosives, cumulative punching, well*

Vladimir Kalashnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor, President. E-mail: ttxb@samgtu.ru
Dmitriy Demoretsky, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department "Technology of Firm Chemical Substances". E-mail: ttxb@samgtu.ru
Maxim Nenashev, Doctor of Technical Sciences, Deputy Rector on Scientific Work. E-mail: max71@mail.ru
Oleg Trohin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department "Technology of Firm Chemical Substances"
Iliya Nechaev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department "Technology of Firm Chemical Substances"
Yuriy Bogdanov, Post-graduate Student
Andrey Murzin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department "Technology of Firm Chemical Substances"
Olga Kobyakina, Post-graduate Student
Andrey Grigoriev, Student