

УДК 662.21

КУМУЛЯТИВНЫЙ ЗАРЯД СО СЛОЖНОПРОФИЛЬНОЙ ОБЛИЦОВКОЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОТВЕРСТИЙ ПОВЫШЕННОГО ДИАМЕТРА

© 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 конструкциякумулятивного заряда со сложнопрофильнойкумулятивной облицовкой. Выполнено математическое моделирование процессов, происходящих при детонации зарядов предложенной конструкции. Показана возможность увеличения площади входного отверстия, формирующегося при детонации предлагаемогокумулятивного заряда в 2,8 раза по сравнению с аналогами.

Ключевые слова: *кумулятивный заряд, математическое моделирование, детонация*

В настоящее времякумулятивные заряды (КЗ) нашли достаточно широкое применение как в военной технике, так и в мирных отраслях промышленности для пробивания отверстий (каналов) в различного рода материалах [1]. В ряде случаев, например при перфорации нефтяных скважин с последующим использованием методов увеличения нефтеотдачи, возникает необходимость создания в обсадной трубе перфорационных отверстий с повышенной площадью, при этом глубина пробития имеет второстепенное значение [2]. Для взрывного формирования отверстий, имеющих повышенную площадь сечения, предлагается использованиекумулятивных зарядов, схема которых приведена на рис. 1 и 2.

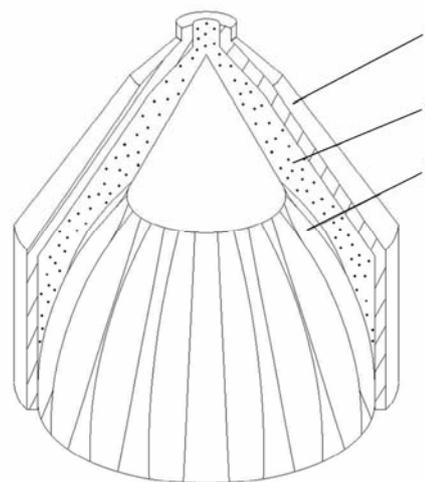


Рис. 1. Схема кумулятивного заряда:
1 – корпус, 2 – заряд взрывчатого вещества,
3 – кумулятивная облицовка

Предлагаемыйкумулятивный заряд содержит корпус, в котором размещена осесимметричный заряд взрывчатого вещества (ВВ) с открытой полостью, к поверхности полости прилегает кумулятивная облицовка, состоящая из конической и сферической или эллиптическойкумулятивных частей, сопряженных между собой, причем коническаякумулятивная часть является вершинойкумулятивной облицовки, а сферическая или эллиптическаякумулятивная часть имеет продольныекумулятивные канавки. Иницирующий импульс передается заряду ВВ 2 посредством, например, детонирующего шнура. Работу заряда

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

условно можно разделить на две стадии. На первой стадии из верхней части облицовки (конической кумулятивной части) 3 формируется высокоскоростная кумулятивная струя, которая, внедряясь в преграду, проделывает перфорационный канал, при этом обеспечивается большая глубина пробития, по сравнению с использованием зарядов со сферической или эллиптической кумулятивной облицовкой такого же диаметра. На второй стадии работы заряда из сферической (эллиптической) кумулятивной части облицовки 3 формируется компактное быстролетающее тело, которое при взаимодействии с преградой увеличивает диаметр канала, пробитого высокоскоростной кумулятивной струей, до значений, получаемых при применении зарядов со сферической или эллиптической кумулятивной облицовкой. Сферическая часть облицовки представляет собой сегмент сферы, и выбор его геометрических характеристик основан на известных принципах и положениях (для достижения кумулятивного эффекта), то же относится и к эллипсной кумулятивной части. При использовании сферической или эллипсной формы части кумулятивной облицовки увеличивается соответственно площадь входного отверстия или объем перфорационного канала. Выбор формы между сегментом сферы и сегментом эллипса зависит от целей конкретной задачи и базируется на известных законах кумуляции [3]. Наличие продольных кумулятивных выемок (см. рис. 2) в сферической (эллипсной) части облицовки позволяет сформировать дополнительные кумулятивные потоки (кумулятивные «ножи»), которые двигаются по направлению к преграде и совершают дополнительную работу по увеличению площади входного отверстия и объема перфорационного канала.

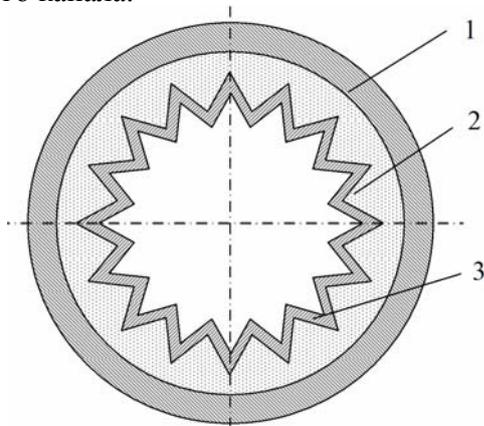


Рис. 2. Поперечное сечение кумулятивного заряда на уровне сферической части:
1 – корпус, 2 – заряд взрывчатого вещества,
3 – кумулятивная облицовка

Таким образом, применение зарядов предлагаемой конструкции позволяет увеличить диаметр входного отверстия перфорационных каналов по сравнению с использованием кумулятивных зарядов с конической кумулятивной выемкой, и глубину пробития преград по сравнению с применением зарядов с полусферической или полуэллипсной кумулятивной облицовкой.

С целью подтверждения работоспособности заряда для перфорации скважин предложенной конструкции выполнены теоретические исследования процессов формирования кумулятивной струи при детонации зарядов со сложнопрофильными кумулятивными облицовками. При выполнении расчетов угол раствора кумулятивной облицовки составлял 47° , при котором обеспечивается максимальная величина пробития преград осесимметричными зарядами кумулятивных перфораторов. Кумулятивная облицовка зарядов имела ширину 38,9 мм, толщина КО составляла 1,0 мм, материал КО – медь, ВВ – флегматизированный октоген. Для описания поведения взрывчатого вещества и воздуха использовались соответственно уравнение состояния Джонса-Уилкинса-Ли (JWL) и уравнение состояния идеального газа, для описания поведения материалов кумулятивной облицовки, корпуса и мишени была использована модель Джонсона-Кука и уравнение состояния Грюнайзена [4, 5]. Задача решалась в трехмерной постановке, учитывающей симметрию конструкции относительно плоскостей, то есть рассчитывалась $1/4$ часть модели. Считалось, что в начальный момент времени все части системы находятся в ненапряженном состоянии, начальная скорость всех частей системы равна нулю. Иницирование кумулятивного заряда осуществлялось в нулевой момент времени в верхней точке, лежащей на пересечении осей симметрии изделия (по центру заряда). На рис. 3 представлены некоторые результаты выполненных расчетов в виде иллюстрации процесса формирования кумулятивных потоков при детонации кумулятивного заряда и их внедрения в преграду (стальную пластину толщиной 10 мм).

При этом на рис. 3 показано только положение кумулятивной облицовки, корпуса заряда и стальной пластины мишени (состояние продуктов детонации, воздуха, комбинированной преграды не приведено с целью более наглядной иллюстрации процесса образования и взаимодействия кумулятивных потоков, формирующихся при функционировании изделия).

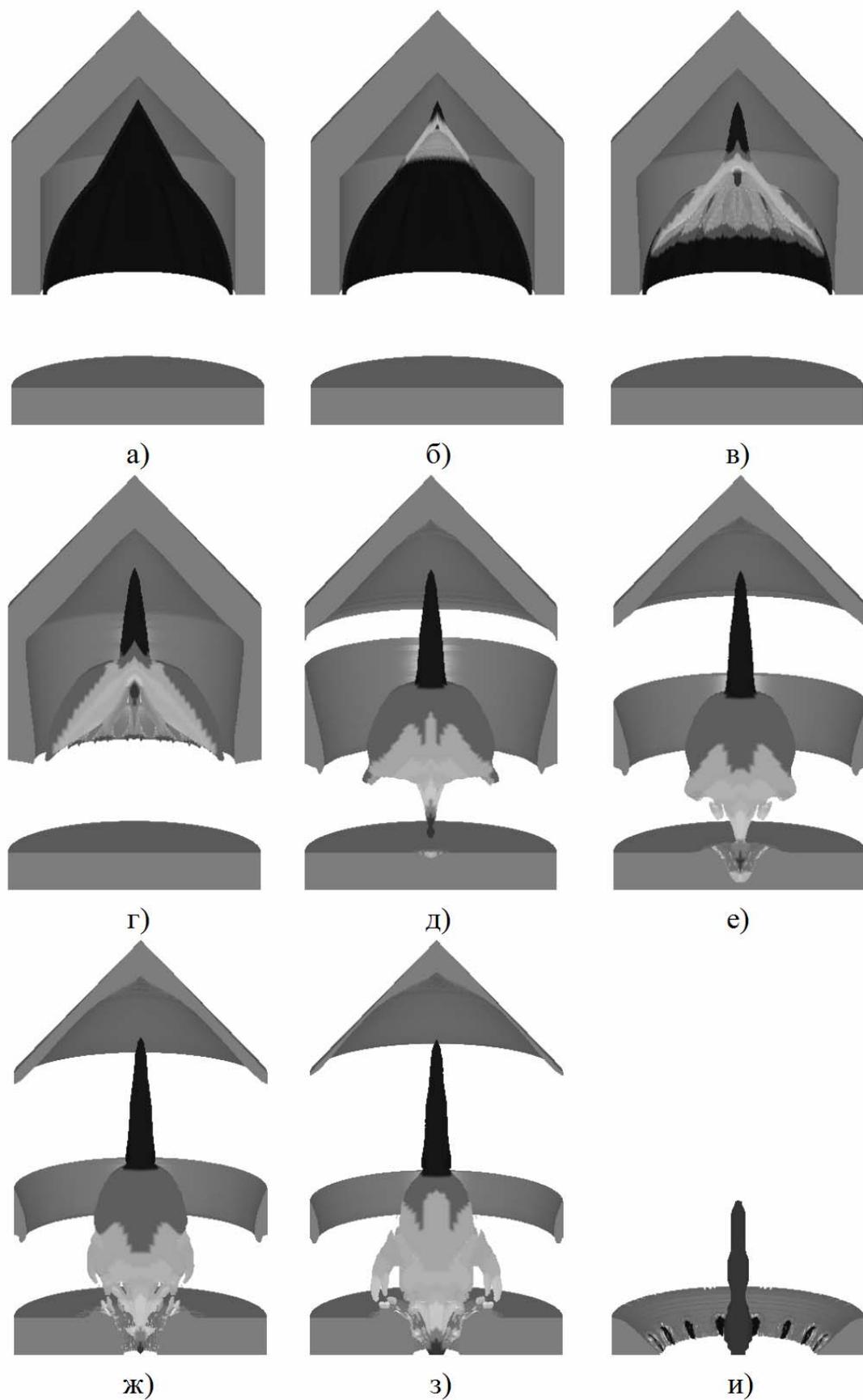


Рис. 3. Основные этапы процессов формирования кумулятивных потоков и пробития преграды кумулятивным зарядом со сложнопольной облицовкой в моменты времени: а) – 0 мкс; б) – 2,5 мкс; в) – 5 мкс; г) – 7,5 мкс; д) – 12,5 мкс; е) – 15 мкс; ж) – 17,5 мкс; з) – 20 мкс; и) – 100 мкс

Из рис. 3 видно, что на первой стадии из верхней части облицовки (конической кумулятивной части) (рис. 3,б и 3,в) формируется высокоскоростная кумулятивная струя, которая, обеспечивая повышенную глубину пробития по сравнению с использованием зарядов со сферической или эллиптической кумулятивной облицовкой такого же диаметра. Из эллиптической кумулятивной части облицовки формируется несколько кумулятивных потоков (так называемых кумулятивных «ножей») и компактное быстролетающее тело (рис. 3,г, 3,д, 3,е), которые при взаимодействии с преградой существенно увеличивают диаметр канала, пробитого высокоскоростной кумулятивной струей (рис. 3,ж – 3,и). Как видно из рисунка, продольные кумулятивные выемки в эллипсной части облицовки позволяют сформировать дополнительные кумулятивные потоки (кумулятивные «ножи»), которые движутся по направлению к преграде и совершают дополнительную работу по увеличению площади входного отверстия и объема перфорационного канала.

Расчеты показывают, что применение зарядов предложенной конструкции позволит увеличить площадь пробиваемого отверстия более чем в 2,8 раза, по сравнению со штатными зарядами типа «Big Hole», имеющими аналогичную массу заряда ВВ.

Выводы: предложена конструкция кумулятивного заряда со сложнопрофильной кумулятивной облицовкой; численным методом выполнено моделирование процессов, происходящих при детонации зарядов предложенной конструкции; показана возможность увеличения площади входного отверстия, формирующегося при детонации предлагаемого кумулятивного заряда, в 2,8 раза, по сравнению с аналогами.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009-2013 годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Ладов, С.В.* Использование кумулятивных зарядов во взрывных технологиях / *С.В. Ладов, И.Ф. Кобылкин.* – М.: Изд-во МГТУ, 1995. – 47 с.
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.
4. *Мейдер, Ч.* Численное моделирование детонации / *Ч. Мейдер.* – М.: Мир, 1980. – 384 с.
5. *Прикладная механика сплошных сред. Т.3. Численные методы в задачах физики взрыва и удара* / *А.В. Бабкин, В.И. Колтаков, В.Н. Охитин, В.В. Селиванов.* – М.: Изд-во МГТУ, 2000. – 516 с.

CUMULATIVE CHARGE WITH INTRICATE SHAPE OF LINER FOR CREATION THE HEIGHTENED DIAMETER HOLES

© 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 construction of cumulative charge with intricate shape of cumulative liner is offered. Mathematical modeling of the processes happening at detonation of charges of the offered construction is executed. The opportunity of increase in the area of the inlet opening shaped at detonation of the offered cumulative charge in 2.8 times in comparison with analogs is displayed.

Key words: *cumulative charge, mathematical modeling, detonation*

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