

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ  
ЗАРЯДОВ ВВ С ТОРЦЕВОЙ ЛИНЕЙНОЙ КУМУЛЯТИВНОЙ  
ВЫЕМКОЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

Представлені результати досліджень дії зарядів промислової вибухової речовини амоніта №6 ЖВ з торцевою лінійною поперечною двогранною кумулятивною виемкою в лабораторно-полігонних умовах

**LINEAR AND CUMULATIVE EXCAVATION BLAST CHARGE  
LABORATORY GROUND RESEARCH RESULTS**

Presentation of laboratory and testing ground research results of industrial explosives ammonite charges №6 ЖВ with toroid linear transverse cumulative excavation

В связи с ухудшающимися горно-геологическими условиями добычи полезных ископаемых на больших глубинах, повышением показателей физико-механических свойств горных пород и сопровождающими добычу газодинамическими явлениями горнодобывающая промышленность столкнулась с острой необходимостью повышения техники безопасности ведения горных работ, как на открытых, так и подземных разработках. Особенно это относится к угледобывающей промышленности. Проблемы проведения подготовительных горных выработок, выполнения сотрясательного взрывания и дегазации угольных пластов в большинстве случаев зависят от качественного производства буро-взрывных работ и, в частности, от эффективных и безопасных предохранительных взрывчатых веществ (ВВ), а на их основе новых конструкций шпуровых и скважинных зарядов. Основным элементом в комплексе буро-взрывных работ является конструкция заряда и его основные параметры, которые должны обеспечить безопасность работ и надежное разрушение горной породы.

Эффективное применение кумулятивных зарядов на полях сражений в годы Великой отечественной войны 1941-1945 гг. натолкнуло на мысль о возможности применения кумулятивного эффекта и в горнодобывающей промышленности на карьерах, в железорудных и угольных шахтах [1-6].

Разработана новая конструкция кумулятивного заряда и на его основе технология взрывной отбойки крепких горных пород как на открытой так подземной разработке полезных ископаемых [7, 8].

На испытания в МакНИИ был представлен комплект специальных изделий, именуемых облицовками для формирования оболочек зарядов с торцевой линейной кумулятивной выемкой (ТЛКВ) при использовании стандартных патронированных ВВ.

Цель испытаний представленных изделий, являющихся составной частью оболочек зарядов ТЛКВ - определение их детонационных свойств (скорости детонации, параметров передачи детонации) зарядов; фугасности

(работоспособности), разрушающей способности металлических пластин различной толщины, а также решение вопроса о возможности допуска этих зарядов для испытаний в производственных условиях.

Оболочка кумулятивного заряда ТЛКВ представляет собой симметричную усеченную эллиптическую плоскость (пластинку), изогнутую пополам вдоль малой оси эллипса. Линейный угол раскрытия граней облицовки составляет 30°, 45° и 60°. Толщина металлической облицовки 0,5-1,0 мм. Оболочки зарядов ТЛКВ предназначены для создания кумулятивных зарядов для разрушения горных пород, металлов и других материалов.

Перед проведением испытаний, оболочки зарядов ТЛКВ формировали двумя способами следующим образом:

а) брали стандартный патрон промышленного ВВ, срезали один из торцов бумажной оболочки и вставляли "облицовку" кумулятивной выемки в патрон, утапливая её в массу ВВ ребром линии изгиба эллипсоидной металлической пластинки;

б) в процессе перепатронирования и патронирования перед наполнением бумажной оболочки ВВ вставляли кумулятивную "облицовку" в торец патрона и заполняли патрон с последующим парафинированием бумажной оболочки этих зарядов.

#### 1. Испытания по определению скорости детонации.

Испытания зарядов по определению скорости детонации проводились в специальной взрывной железобетонной камере ёмкостью 50м<sup>3</sup> методом ионизационных датчиков. Ионизационные датчики устанавливали на втором патроне, на участке разгона детонации на расстоянии 100 мм друг от друга (база измерения). Время прохождения фронта детонации между датчиками измерялось частотомером типа ЧЗ-34 с погрешностью  $\pm 10 \cdot 10^{-9}$  с.

Скорость детонации определяли на стандартных патронах аммонита №6 ЖВ диаметром 32 и 36 мм и на таких же патронах аммонита №6 ЖВ с торцевой линейной кумулятивной выемкой, т.е. на оболочках зарядов ТЛКВ с линейными углами раскрытия граней «облицовки» 30° и 45°. Исходные данные и результаты исследовательских испытаний по определению скорости детонации зарядов ВВ приведены в таблице 1.

Анализ результатов испытаний по определению скорости детонации, приведенных в табл. 1, показывает, что скорость детонации на втором патроне аммонита №6 ЖВ в оболочках зарядов ТЛКВ (аммонит №6 ЖВ с облицовкой для создания торцевой кумулятивной выемки) уменьшается в среднем на 5% по сравнению с зарядом, состоящим из стандартных патронов аммонита №6 ЖВ (такой же заряд, но без кумулятивной облицовки).

#### 2. Определение передачи детонации

Передача детонации между сухими стандартными патронами аммонита №6 ЖВ и с кумулятивными оболочками ТЛКВ (патроны аммонита №6 ЖВ с металлическими "облицовками" торцевой линейной поперечной двугранной кумулятивной выемкой) определялась по ГОСТ 14839.15-69. Параметры испытуемых зарядов и результаты их испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 1- Результаты исследовательских испытаний по определению скорости детонации зарядов ВВ

Исследуемые заряды и их параметры							Результаты испытаний	
№ пп	Тип заряда	Диаметр заряда, мм	Масса заряда, (количество патронов), кг (шт.)	Длина заряда, мм	Угол раскрытия граней оболочки, град.	База измерения, мм	Время, мкс	Скорость детонации, м/с
1	Заряд из стандартных патронов аммонита №6 ЖВ	32	0,4 (2П)	480	-	100	24,04	4160
		32	0,4 (2П)	480	-		24,14	4142
		36	0,5 (2П)	450	-		24,29	4117
		36	0,5 (2П)	450	-		24,37	4103
2	Заряд ТЛКВ (заряд из аммонита №6 ЖВ с торцевой линейной кумулятивной выемкой)	32	0,4 (2П)	480	30	100	26,84	3726
		32	0,4 (2П)	480	30		27,21	3675
		32	0,4 (2П)	480	45		24,29	4012
		36	0,5 (2П)	450	45		24,92	4013
		36	0,5 (2П)	450	45		24,50	4082

Анализ результатов испытаний, приведенных в табл. 2, показал, что передача детонации между стандартными патронами аммонита №6 ЖВ и между такими же патронами, но с торцевой кумулятивной выемкой, т.е. между оболочками ТЛКВ, составила по 7 см. Следовательно, торцевая линейная поперечная двугранная кумулятивная выемка в таком исполнении ее конструкции не влияет на величину передачи детонации.

### 3. Определение фугасности зарядов ВВ.

Фугасность (работоспособность) патронированных зарядов аммонита №6 ЖВ в стандартных патронах и патронах с кумулятивной облицовкой (с торцевой линейной поперечной двугранной кумулятивной выемкой - кумулятивные оболочки ТЛКВ) определяли по воронке выброса в естественно уплотненном песчаном грунте. Экспериментальные взрывания патронированных зарядов приведены в двух вариантах:

При расположении зарядов в вертикальном положении, касающихся своими нижними торцами поверхности песчаного грунта.

При углублении зарядов в массив песчаного грунта на полную их длину патрона 300 мм. Верхние торцы зарядов располагались на уровне поверхности песчаного грунта.

В этих экспериментах использованы стандартные патроны аммонита №6 ЖВ и оболочки кумулятивных зарядов ТЛКВ диаметром 36 мм.

Заглубление патронированных зарядов в песчаном грунте осуществлялась следующим образом: заточенным отрезком металлической тонкостенной трубы выполняли отверстие, т.е. шпур в грунте на глубину,

равную длине заряда (патрона) диаметром 39-40 мм, в которое досылался заряд, состоящий из одного патрона с кумулятивной оболочкой ТЛКВ.

Таблица 2 – Определение параметров передачи детонации

Исследуемые заряды и их параметры						Результаты испытаний	
№	Тип заряда	Диаметр Заряда, мм	Масса патрона (заряда), кг	Длина заряда,	Угол раскрытия граней облицовки град	Расстояние между торцами патрона, см	Детонация пассивного патрона
1	Заряд из стандартных патронов аммонита №6 ЖВ	36	0,25	220	-	7	полная
						9	полная
						11	нет
						10	нет
						9	нет
						8	полная
						8	нет
						7	полная
2	Заряд ТЛКВ (заряд из аммонита №6 ЖВ с торцевой линейной двугранной кумулятивной выемкой)	36	0,25	240	45	7(кум. выемка вбок)	полная
						10 (кум. выемка вверх)	нет
						8 (вбок)	нет
						7 (вверх)	полная
						7 (вбок)	полная

После взрывания зарядов, расположенных на поверхности песчанистого грунта или углубленных в его массив, из двух-трех опытов каждого типа зарядов определяли средние размеры вмятин (диаметр, глубина) на поверхности песчанистого грунта и размеры образовавшихся воронок выброса (диаметр, глубина) и производили вычисления необходимых параметров, характеризующих фугасность взрывного действия зарядов (объем воронки выброса, показатель действия взрыва и т.д.). Результаты испытаний фугасного действия зарядов приведены в табл. 3 и 4. Из табл. 3 видно, что при расположении зарядов на поверхности песчанистого грунта объем воронки в 1,2 раза больше при взрыве кумулятивных оболочек ТЛКВ по сравнению с зарядом без торцевой линейной кумулятивной выемки. Анализ результатов, приведенных в табл. 4 показывает, что объем воронок выброса песчанистого грунта взрывом зарядов в кумулятивных оболочках ТЛКВ в 1,74 раза больше, чем от взрыва зарядов без таких оболочек.

Таблица 3 – Результаты испытаний фугасного действия зарядов

№	Тип зарядов	Параметры воронок (вмятин) при расположении зарядов на поверхности песчаного грунта			
		диаметр,	глубина,	протяженность боковой щели, см	объем, см куб.
		см	см		
1	Заряд из стандартных патронов аммонита №6 ЖВ	6,85	3,05	-	112,34
2	Заряд типа ТЛКВ (заряд из аммонита №6 ЖВ с торцевой линейной кумулятивной выемкой)	8,23	2,55	18,5	135,58

Таблица 4 - Результаты испытаний фугасного действия зарядов.

№	Тип зарядов	Параметры воронок выброса, образовавшихся при взрыве зарядов, расположенных в песке			
		диаметр,	глубина,	показатель действия взрыва (n)	объем, см куб.
		см	см		
1	Заряд из стандартных патронов аммонита №6 ЖВ	91	45	1,52	63489
2	Заряд типа ТЛКВ (заряд из аммонита №6 ЖВ с торцевой кумулятивной выемкой)	105	52	1,75	110783

Из табл. 3 видно, что при расположении зарядов на поверхности песчаного грунта объем воронки в 1,2 раза больше при взрыве кумулятивных оболочек ТЛКВ по сравнению с зарядом без торцевой линейной кумулятивной выемки. Анализ результатов, приведенных в табл. 4 показывает, что объем воронок выброса песчаного грунта взрывом зарядов в кумулятивных оболочках ТЛКВ в 1,74 раза больше, чем от взрыва зарядов без таких оболочек.

#### 4. Испытание зарядов на разрушающую способность металлических пластин

Характер разрушающего воздействия заряда на горный массив или металлические изделия имеет важное практическое значение. Для изучения разрушающего воздействия зарядов ВВ ударной детонационной волной на плоскую преграду были проведены специальные эксперименты при взрывании стандартных патронов аммонита №6 ЖВ и патронов в оболочках ТЛКВ, расположенных на стальных пластинах толщиной 10 и 13 мм. Для этих

целей использовались указанные патроны ВВ и заряды, изготовленные из них, диаметром 36, 42 и 50 мм массой соответственно 250, 300 и 400 г. При этом патроны (заряды) устанавливались на стальные пластины так, чтобы ось патрона (заряда) была перпендикулярна плоскости пластины, а торцы плотно прилегали к поверхности этой пластины. Во избежание смещения взрываемых патронов (зарядов) последние фиксировались липкой лентой. Для подтверждения результатов характера деформации пластин (степень разрушения, глубина вмятин, направление трещин или щелей) было проведено по 2-3 опытных взрывания зарядов с заданными параметрами. Результаты экспериментальных взрываний показали следующее.

После взрывания стандартных патронов аммонита №6 ЖВ на плоскости стальной пластины образуются вмятины круглой формы диаметром примерно равным диаметру взорванного патрона, глубиной в центре 4,9-7,0 мм (в зависимости от диаметра и массы патрона).

В результате же взрывания оболочек ТЛКВ (патроны аммонита №6 ЖВ с торцевой линейной двугранной поперечной кумулятивной выемкой) образовались щели в толще металла шириной 9-10мм и длиной 78-95 мм, расположенные в направлении линии изгиба граней облицовки (малая ось эллипса). При этом в пластинах толщиной 10 мм образовывались сквозные щели во всех опытах. В пластинах же толщиной 13 мм сквозные щели были только после взрывания зарядов диаметром 50 мм, а при взрывании зарядов диаметром 36 мм образовывались несквозные щели глубиной до 7 мм (максимальная глубина - в точке проекции вертикальной оси заряда).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наличие оболочки ТЛКВ в заряде обеспечивает формирование более эффективной торцевой линейно-плоскостной кумулятивной струи, способной разрушать (разрезать, раскалывать) преграду по линии изгиба граней облицовки, т.е. по линии ребра оболочки кумулятивной выемки. При этом длина прорезанной щели в стальных пластинах может достигать 2,0-3,0 диаметров взрываемых зарядов в оболочках ТЛКВ.

Выводы:

1. Применение оболочек кумулятивных зарядов с торцевой линейной поперечной двугранной кумулятивной выемкой ТЛКВ позволит увеличить эффективность взрывных работ при разрушении крепких горных пород.
2. Результаты контрольных испытаний показали перспективность применения зарядов взрывчатых веществ в кумулятивных оболочках ТЛКВ при разрушении крепких горных пород взрывом.
3. На основании результатов контрольных испытаний, полученных в лабораторно-полигонных условиях, организация-эксперт МакНИИ считает возможным допустить заряды взрывчатых веществ в кумулятивных оболочках ТЛКВ для предварительных испытаний в производственных условиях.
4. Оболочки кумулятивных зарядов с торцевой линейной кумулятивной выемкой ТЛКВ могут быть допущены к проведению предварительных

испытаний в условиях, где в соответствии с ДНАОП 0.00-1.17-92 «Единые правила безопасности при взрывных работах» допускается применение взрывчатых веществ первого и второго классов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровский, Г.И. Направленное действие взрыва [Текст] - М.: Воениздат. -1942. - С.33-37.
2. Покровский, Г.И. Боевое применение направленного взрыва [Текст] - М.: Воениздат. - 1944. - С. 35 – 41.
3. Асонов, В.А. Взрывные работы на металлических рудниках [Текст]: В.А Асонов, С.А. Давыдов, В.С. Романов /.- М.: Metallurgizdat, - 1950. - С.50-80.
4. Clark, G.W. Application the shaped charge in Mining [Текст] / G.W Clark, R..S. Lewis / Bulletin University of Utah, -1953, - №1.
5. Андреев, Е.Т. Прессованные кумулятивные шашки для дробления негабарита на карьерах [Текст] сб. науч. тр. Свердловский горный институт, - Свердловск - 1956. - С. 51– 55.
6. А.с. №73672 СССР. Кумулятивный заряд [Текст]. Автор Каменка Б.И. Бюл. №12, 1948.
7. Пат. №21696 А Украина. Кумулятивный цилиндрический заряд [Текст] / Косенко В.И.; заяв. 10.07.95 ; опуб. 10.12.98, Бюл. №2.
8. Косенко В.И. Эффективность взрывного разрушения горных пород зарядами с торцевыми линейными двугранными кумулятивными выемками [Текст] / сб. науч. тр.. Геотехническая механика. Вып. 22.-2000. - С.121-125.

**УДК 622.235:621.869**

Канд. техн. наук А.И. Чайковский  
(ИГТМ НАН Украины)

### **ВЫБОР ТРАНСПОРТНО – СМЕСИТЕЛЬНО – ЗАРЯДНЫХ МАШИН ДЛЯ ДОСТАВКИ, ЗАРЯЖАНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ**

Запропоновані методики розрахунку технологічних параметрів та вибіру транспортно-змішувально-зарядних вантажівок для транспортування і заряджання свердловин вибуховими речовинами в залежності від деяких технологічних факторів процесу підготовки масового вибуху.

### **CHOICE TRANSPORT - AMALGAMATOR - CHARGE OF MACHINES FOR DELIVERY, TO CHARGE OF EXPLOSIVE SUBSTANCES BY PREPARATION of MASS EXPLOSIONS**

The techniques of account of technological parameters transport - amalgamator - charge of machines for transportation and to charge of chinks by explosive substances are offered depending on some technology factors of process of preparation of mass explosion.

Взрывное рыхление массива является начальным процессом при разработке полускальных и скальных пород, который оказывает влияние на эффективность всех горных работ на карьерах.

Совершенствование техники и технологии рыхления массива базируется на оптимальной увязке во времени и пространстве обрабатываемого