

References

1. J. D. Riera, Nucl. Engng. and Des. **8**, 415–426 (1968).
2. J. D. Riera, Nucl. Engng. and Des. **57**, 193–206 (1980).
3. Construction design regulations for nuclear power stations with various reactor types. Rules and regulations in nuclear power. PiN AE-5.6 (Ministry of Nuclear Power of the USSR Publ., 1986).
4. A.N. Birbraer and S.G. Shulman, Strength and reliability in nuclear power station structures under special dynamic loads. (Moscow, Energoatomizdat Publ., 1989).
5. A.N. Birbraer and S.G. Shulman, Extreme effects on structures (Saint Petersburg, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, 2009).
6. P.A. Radchenko, I.V. Baldin and V.S. Plevkov, Proc. of the 11-th All-Russian congress on basic problems of theoretical and applied mechanics, Kazan, 2015, compiled by D.Yu. Akhmetov, A.N. Gerasimov and Sh.M. Khaydarov, edited by D.A. Gubaydullin, A.M. Elizarov and E.K. Lipachev (Kazan, Kazan University Publ., 2015), pp. 1109-1111.

СЕГМЕНТИРОВАНИЕ ЗАРЯДА ВВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОГО ВЗРЫВА

С.С. Меньшаков, В.Н. Охитин, Д.С. Меньшаков

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Как известно [1], сегментированием называется процесс деления целого на составляющие части (сегменты). Применительно к воздушному взрыву заряда ВВ под сегментированием нужно понимать деление единого заряда на одинаковые сегменты, разнесение их в пространстве, инициирование каждого сегмента одновременно или со смещением во времени, чтобы за счет взаимодействия воздушных ударных волн (УВ) между отдельными сегментами, получить повышенные значения параметров взрыва в отдельных областях пространства и суммарно для всего заряда в целом.

В работе проведено численное моделирование взрыва в воздухе монолитного цилиндрического заряда ТНТ массой 100 кг и относительным удлинением ~ 10 (первый вариант). Заряд располагался над жесткой поверхностью, моделирующей поверхность земли, перпендикулярно ей, при этом нижний торец заряда находился на высоте 1 м.

При сегментировании заряд делился в поперечном направлении первоначально на два равных сегмента (второй вариант), а потом на три сегмента (третий вариант), которые раздвигались по оси симметрии заряда вверх на расстояния, равные диаметру заряда $\varnothing 200$ мм (рисунок 1).

Инициирование монолитного заряда осуществлялось одноточечно в центральной точке на поверхности нижнего торца, а сегментированных зарядов – двухточечное в центральных точках торцов нижнего сегмента и одноточечное на верхнем торце остальных сегментов одновременно в начальный момент времени $t = 0$. Такое инициирование проводилось для того, чтобы условия задачи соответствовали [2].

В расчетах оценивалось влияние характеристик сегментированных зарядов ВВ на параметры воздушного взрыва, фиксируемых в маркерах, расположенных на жесткой поверхности.

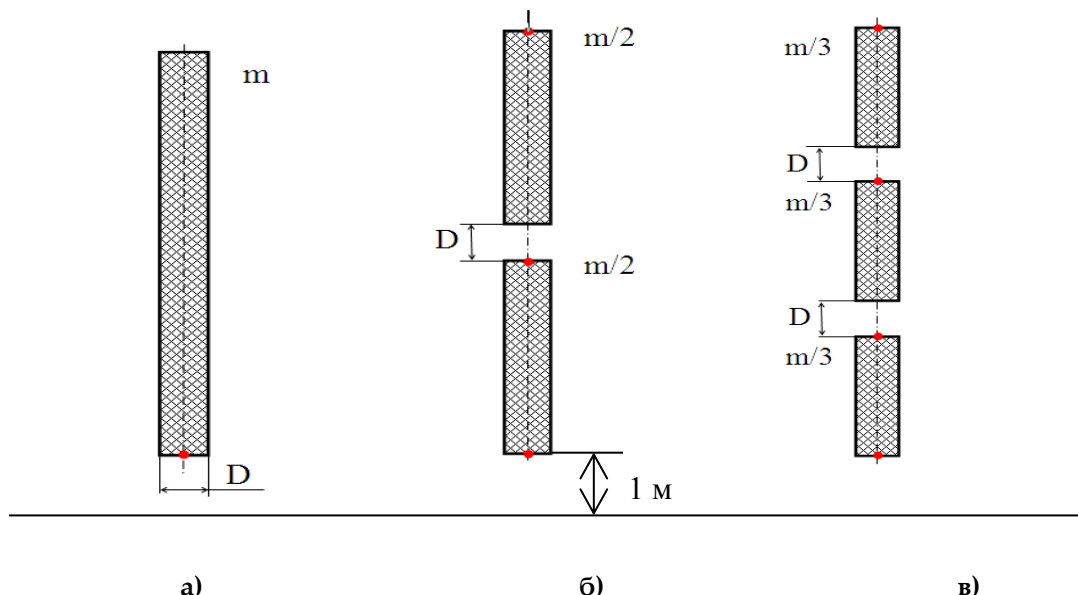


Рисунок 1. Варианты рассмотренных зарядов ВВ с точками их инициирования:
 а) – монолитный заряд массой $m = 100$ кг ТНТ; б) и в) – сегментированные заряды соответствующей массы (указана рядом с сегментами)

Результаты расчетов обрабатывались, и соответствующие графические зависимости строились в безразмерном виде. В качестве масштабов обезразмеривания выбирались – радиус заряда $R_0 = 0.1$ м; скорость звука в воздухе $c_0 = 340$ м/с; нормальное атмосферное давление $P_0 = 1.013 \cdot 10^5$ Па. Тогда для масштабов времени и удельного импульса будем иметь – $t_M = R_0 / c_0 = 2.941 \cdot 10^{-4}$ с и $I_M = P_M \cdot t_M = 29.794$ Па·с.

На рисунке 2 в логарифмических координатах приведены зависимости максимального избыточного давления $\Delta \bar{P}_m = \Delta P_m / P_0$ от расстояния $\bar{r} = r / R_0$ вдоль поверхности земли соответственно для монолитного 1 и сегментированных зарядов 2 и 3.

Анализ кривых показывает, что на расстояниях $\sim \bar{r} = 10..60$ наблюдается превышение значений максимального избыточного давления для сегментированных зарядов (кривые 2 и 3) над соответствующими значениями для монолитного заряда (кривая 1), причем максимальное превышение составило больше 2 раз для сегментированного заряда 2. По-видимому, и в силу того, что в варианте трех сегментов верхний сегмент оказался на наибольшей высоте, его влияние на параметры взрыва на поверхности земли оказалось меньшим, чем от верхнего сегмента в варианте 2, расположенного ближе к поверхности земли, что и привело к некоторому снижению значений $\Delta \bar{P}_m$ в третьем варианте расчета.

На рисунке 3 представлены аналогичные зависимости длительности фазы сжатия воздушных УВ $\bar{\tau} = \tau / t_M$ от расстояния \bar{r} вдоль поверхности земли. Видно, что в ближней области взрыва ($\bar{r} \leq 30$) длительности фазы сжатия воздушных УВ для сегментированных зарядов имеют меньшие значения по сравнению с монолитным зарядом, но на больших расстояниях наблюдается обратная картина, и уже здесь сегментированные заряды при взрыве формируют воздушные УВ с большей длительностью фазы сжатия.

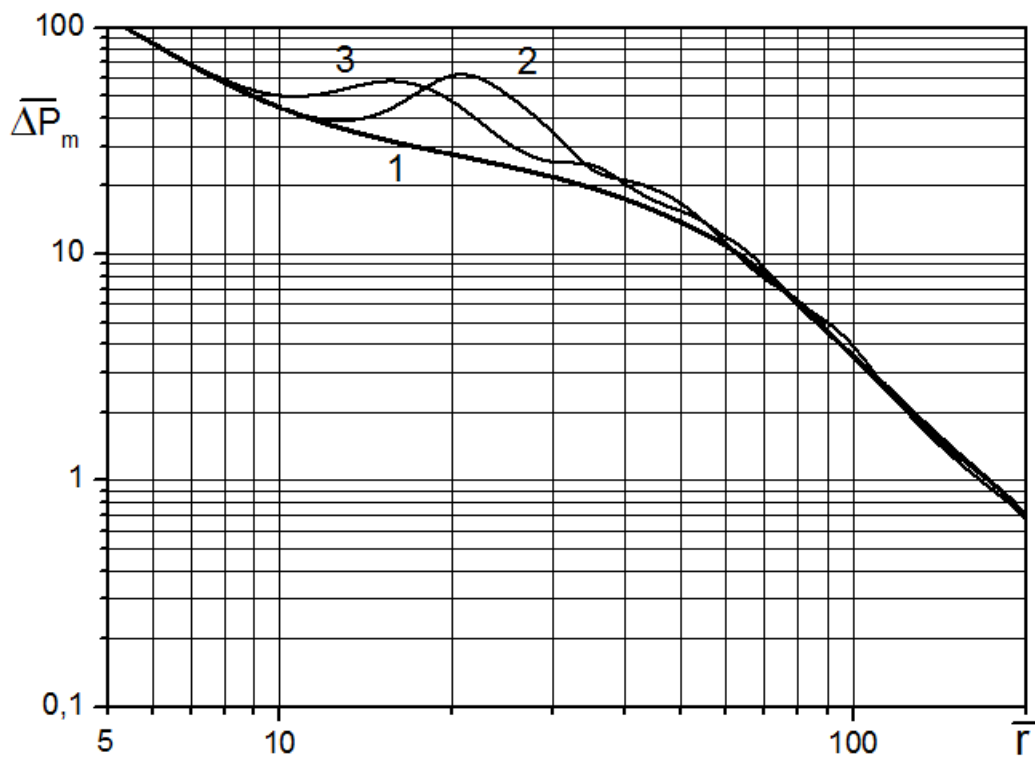


Рисунок 2. Изменение максимального избыточного давления на фронте воздушных УВ с увеличением расстояния от места взрыва вдоль поверхности земли:
1 – монолитный заряд; 2 и 3 – сегментированные заряды

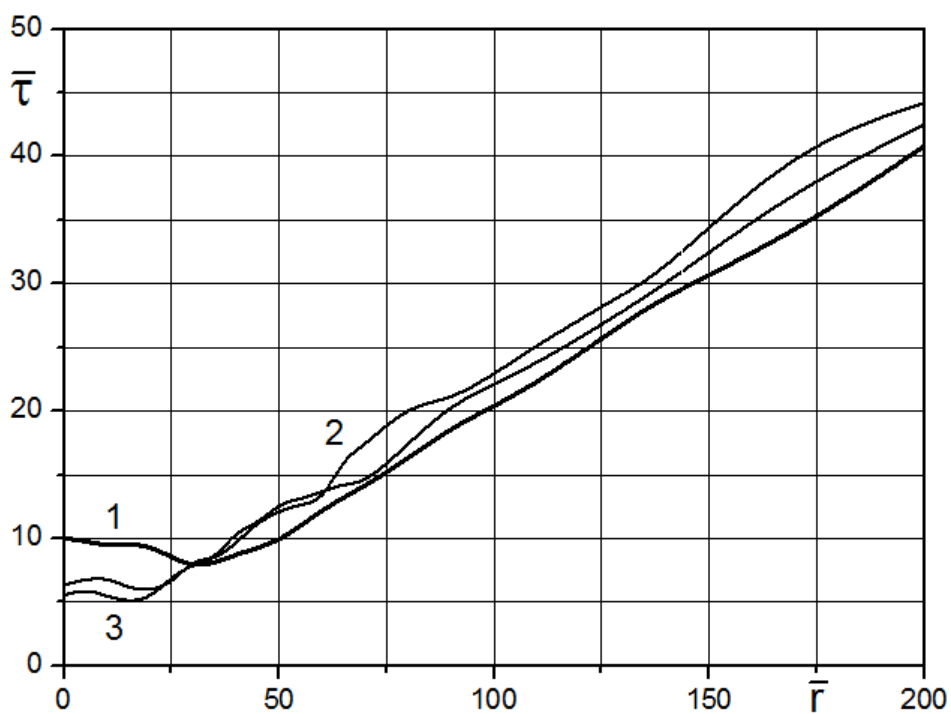


Рисунок 3. Изменение длительности фазы сжатия воздушных УВ с увеличением расстояния от места взрыва вдоль поверхности земли:
1 – монолитный заряд; 2 и 3 – сегментированные заряды

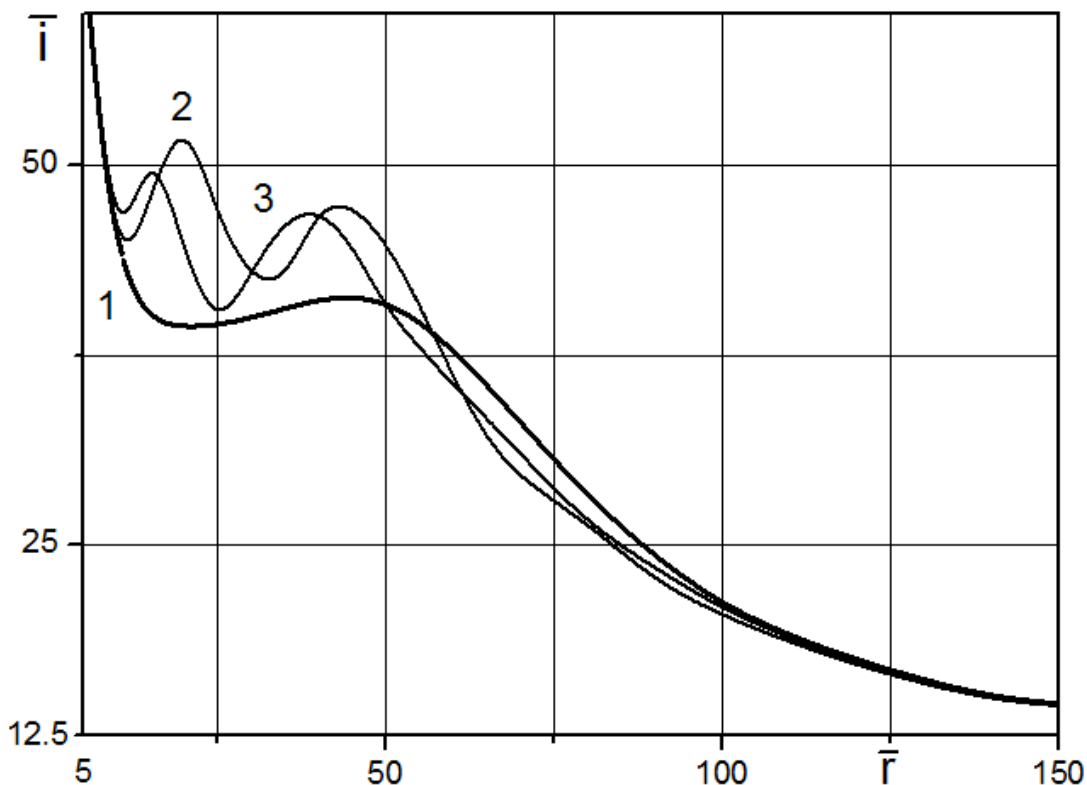


Рисунок 4. Изменение удельного импульса воздушных УВ с увеличением расстояния от места взрыва вдоль поверхности земли:
 1 – монолитный заряд; 2 и 3 – сегментированные заряды

Наконец, на рисунке 4 приведены результаты расчетов для удельного импульса воздушных УВ, распространяющихся вдоль поверхности земли от места взрыва. Здесь, подобно рисунку 2, также можно наблюдать заметное превышение удельного импульса в области $\bar{r} = 10..60$ для сегментированных зарядов над монолитным, причем это превышение составляет $\sim 30\%$ и $\sim 35\%$ для вариантов 3 и 2 соответственно.

Выводы

1. Сегментирование заряда ВВ, т.е. разбиение его на равные части и разнесение их в воздушном пространстве по оси исходного заряда на расстояния порядка диаметра заряда, действительно является способом повышения параметров воздушного взрыва, определяемых на поверхности земли, по сравнению со взрывом единого заряда ВВ суммарной массы.
2. Повышение параметров взрыва сегментированного заряда ВВ определяется физикой взаимодействия воздушных УВ в межзарядных промежутках, а именно, образованием здесь в начальные моменты времени разлета отдельных высокоскоростных струй продуктов взрыва, движущихся в радиальном направлении параллельно поверхности земли и генерирующих перед собой интенсивные УВ.
3. Повышение параметров взрыва сегментированного заряда ВВ проявляется не мгновенно, а через некоторое время, после того как воздушные УВ от вышерасположенных сегментов заряда достигнут поверхности земли и провзаимодействуют между собой и жесткой поверхностью, что для данной постановки задачи произошло примерно в средней области расстояний от центра взрыва $\sim (1..6)$ м. На больших расстояниях параметры взрыва всех зарядов сближаются, поскольку общая энергия взрыва во всех вариантах расчета остается постоянной.

Список литературы

1. Ефремова Т. Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный. – М.: Русский язык, 2000. – в 2 т.- 1209 с.
2. Пат. 2679830 Российская Федерация, МПК⁷ F42В 12/20, F42В 12/58. Осколочно-фугасный боеприпас / Меньшаков С.С., Охитин В.Н.; заявитель и патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана. – № 2017146798; заявл. 28.12.2017; опубл. 14.02.2019, Бюл. № 5.

SEGMENTATION OF EXPLOSION CHARGE AS A WAY TO INCREASE THE AIR EXPLOSION PARAMETERS

S.S. Menshakov, V.N. Okhitin, D.S. Menshakov

MGTU them. N.E. Bauman, Moscow, Russia

As is known [1], segmentation is the process of dividing the whole into its constituent parts (segments). With regard to the air blast of the explosive charge, under segmentation it is necessary to understand the division of a single charge into identical segments, their separation in space, the initiation of each segment simultaneously or with a shift in time so that, due to the interaction of air shock waves (SW) between individual segments, explosion in certain areas of space and in total for the entire charge as a whole.

In this work, a numerical simulation of an explosion in the air of a monolithic cylindrical charge of TNT weighing 100 kg and an elongation of ~ 10 (the first option) was carried out. The charge was located above a rigid surface that simulates the surface of the earth, perpendicular to it, while the lower end of the charge was at a height of 1 m.

During segmentation, the charge was divided in the transverse direction initially into two equal segments (the second option), and then into three segments (the third option), which moved up along the axis of symmetry of the charge upward by distances equal to the diameter of the charge $\varnothing 200$ mm (Figure 1).

A monolithic charge was initiated one-point at a central point on the surface of the lower end, and segmented charges - two-point at the central points of the ends of the lower segment and one-point at the upper end of the other segments simultaneously at the initial time $t = 0$. This initiation was carried out in order [2].

In the calculations, the effect of the characteristics of segmented explosive charges on the parameters of an air explosion recorded in markers located on a rigid surface was estimated.

The calculation results were processed, and the corresponding graphical dependencies were constructed in a dimensionless form. The scales of dimensioning were chosen as the charge radius = 0.1 m; sound speed in air = 340 m/s; normal atmospheric pressure = $1.013 \cdot 10^5$ Pa. Then for the time scale and specific impulse we will have $\tau = 2.941 \cdot 10^{-4}$ s and $I = 29.794$ Pa \cdot s.

Figure 2 in logarithmic coordinates shows the dependence of the maximum excess pressure on the distance along the surface of the earth, respectively, for monolithic 1 and segmented charges 2 and 3.

Analysis of the curves shows that at distances \sim there is an excess of the maximum overpressure for segmented charges (curves 2 and 3) over the corresponding values for the monolithic charge (curve 1), with the maximum excess being more than 2 times for the segmented charge 2. Apparently and due to the fact that in the version of the three segments the upper segment was at the highest height, its effect on the parameters of the explosion on the ground surface was less than from the upper segment in version 2, located near e to the surface of the earth, which led to some decrease in the values in the third version of the calculation.