

УДК 622.235

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАДИАЛЬНОГО ЗАЗОРА И МАТЕРИАЛА-ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ДИНАМИЧЕСКОЕ НАГРУЖЕНИЕ СРЕДЫ ПРИ ВЗРЫВЕ

Воробьева Л.Д., к.т.н., доц., Проценко В.Е., асп.

Кременчугский государственный политехнический университет

имени Михаила Остроградского

39600 г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20

E-mail: tehm@polytech.poltava.ua

Розглядається спосіб зниження бризантної дії зарядів вибухових речовин на середовище, яке руйнується, що полягає у формуванні в зарядові радіального зазору і заповненні його інертним матеріалом (повітрям, водою, пінополістиролом, гумою і т. і.).

Ключові слова: заряд, радіальний зазор, інертний матеріал.

In this article the method of decline of brisance action of charges of explosives is examined on the destroyed environment, which consists of forming in the charge of radial gap and filling by his inert material (by air, water, rubber and other).

Key words: a charge, a radial gap, a inert material.

Введение. В ряде случаев при взрывных работах требуется снижение бризантного действия зарядов взрывчатых веществ (ВВ) на разрушаемую среду, например, при заоткоске уступов, в транспортном и гидротехническом строительстве. Это достигается введением в состав ВВ добавок-разуплотнителей, включением в конструкцию заряда специальных элементов в виде полостей (воздушных или заполненных инертным материалом), уменьшением диаметра шпуров (скважин), применением ВВ с низкой бризантностью [1].

Анализ предыдущих исследований. При решении задачи нахождения радиуса зоны нарушения пород вокруг скважины при взрыве в ней заряда ВВ необходимо знание действующего на внутреннюю ее поверхность давления, т.е. давления на контакте «заряд-порода».

При полном заполнении скважины взрывчатым веществом давление в зарядной полости Ф.А. Баум и др. [2] рекомендуют определять по формуле:

$$P_H = \frac{\rho_{ВВ} D^2}{4}, \quad (1)$$

где $\rho_{ВВ}$ – плотность ВВ, кг/м³;

D – скорость детонации ВВ, м/с.

Данная формула широко используется при решении задач о разрушении горных пород как на открытых, так и на подземных работах. Но, как известно [3], применение мощных, высокобрзантных взрывчатых веществ, при контурном взрывании нежелательно вследствие образования значительных разрушений вблизи взрывной полости, существенно снижающих качество оконтуривания уступов. Для устранения этого недостатка на карьерах применяют менее мощные типы ВВ с более низкими показателями энергии взрыва.

Другим способом повышения качества оконтуривания уступов и снижения выхода переизмель-

ченных фракций при взрывах в твердых средах является создание в заряде ВВ радиальных воздушных зазоров, что способствует снижению пика давления в зарядной полости на начальной стадии взрыва и приводит к уменьшению бризантного действия на разрушаемую среду [2].

Цель работы. Исследование характера прохождения ударных волн через прослойки, состоящие из материалов с различной акустической жесткостью и определения среднего давления на фронте ударной волны после прохождения через прослойки.

Материалы и результаты исследования. Следует заметить, что формула (1) может применяться в случае заполнения части скважины ВВ без зазора, т.е. когда объем заряда V_3 и объем скважины V_C на данном участке равны. Однако, ввиду указанных выше конструктивных особенностей контурных скважинных зарядов объем V_3 будет всегда меньше V_C , а установившееся давление P_1 будет ниже P_H . Поскольку сжатые продукты взрыва в скважине расширяются по закону, описываемому уравнением адиабаты Пуассона $PV^g = \text{const}$ [1], то связь между давлением на момент окончания детонации ВВ P_1 и давлением P_H можно представить уравнением:

$$P_1 V_1^g = P_H V_H^g, \quad (2)$$

где V_H – объем заряда ВВ, равный

$$V_H = \pi r_0^2 \ell_0, \quad (3)$$

где r_0 – радиус заряда, м;

ℓ_0 – длина заряда, м;

V_1 – объем продуктов взрыва на момент окончания детонации ВВ, м³,

$$g = \sqrt{1 + \frac{D^2}{2Q}}$$

Q – теплота взрыва, кДж.

Тогда среднее давление на стенке скважины для заряда с воздушным зазором может быть найдено по формуле:

$$P_{cp} = \frac{r_{BB} D^2}{g+1} * \frac{r_0^2 \mathbf{1}_0}{r_c^2 \mathbf{1}_c} \left(\frac{4}{5} \right)^{2g-3}, \quad (4)$$

где r_c – радиус скважины, м;

l_c – длина скважины, м.

Положительное влияние воздушного зазора на регулирование параметров взрыва доказано и академиком Н.В. Мельниковым [4]. Он исследовал затухание волн напряжений, генерируемых взрывом сосредоточенных зарядов и для зарядов с воздушным зазором. Основное отличие импульса, полученного от заряда с воздушным зазором, состоит в появлении двух максимумов, следующих с определенным интервалом. Эксперименты показали, что время следования и амплитуды импульсов зависят только от величины (R/r_0) при условии неизменности веса заряда. Следовательно, изменение этой величины приводит к качественному изменению формы импульса и его продолжительности. Если величина первого максимума уменьшается с увеличением отношения (R/r_0) , то продолжительность импульса в целом оказывается пропорциональной величине этого отношения.

Алогичным способом снижения пика давления в зарядной полости является формирования вокруг заряда ВВ оболочки из инертного вещества (вода, резина, гранотсев, буровой шлам). В данном случае оболочка играет роль "демпфера" и снижает динамическое воздействие газообразных продуктов детонации на стенки скважины [5].

Распространение ударной волны (УВ) в других инертных материалах существенно отличается от распространения ее в воздухе. Так, количество энергии, передаваемое продуктами детонации в воздушную ударную волну, в несколько раз меньше, чем в распространяющуюся в воде. В воздушной среде ударная волна затухает в значительно большей степени, нежели в воде, и имеет меньшее давление [6].

Так, давление на контакте раздела ВВ-прослойка может быть определено по формуле:

$$P_P = \frac{2AP_H}{A + A_{BB}}, \quad (5)$$

где $A=ср$ – акустическая жесткость прослойки, $кг/м^2с$ ($с$ – скорость распространения продольной волны в материале прослойки, $м/с$; $ρ$ – плотность прослойки, $кг/м^3$);

$A_{BB}=ρ_{ВВ}D$ – детонационный импеданс, $кг/м^2с$.

При распространении по материалу прослойки давление на фронте ударной волны будет изменяться в зависимости от величины зазора следующим образом:

$$P = P_P \left(\frac{r_0}{R} \frac{g}{g+1} \right)^g, \quad (6)$$

где R – радиус прослойки, м.

Проведенные исследования по изучению влияния радиального зазора, заполненного инертным материалом, на параметры ударной волны и на использование энергии ВВ показали существенное влияние радиального зазора и свойств заполняющей среды на параметры нагружения. При проведении теоретических расчетов величина радиального зазора (R/r_0) изменялась в пределах 1,0...2,5.

В качестве инертного материала использовали воздух ($ρ=1,29 кг/м^3$), воду ($ρ=1000 кг/м^3$), буровой шлам ($ρ=1700 кг/м^3$), гранотсев ($ρ=1910 кг/м^3$), пенополистирол ($ρ=580 кг/м^3$), резину ($ρ=1340 кг/м^3$).

Анализ результатов расчета (рис. 1) показал, что при воздушном радиальном зазоре с увеличением размеров зарядной камеры давление на фронте УВ весьма существенно уменьшается. Наиболее резкое затухание давления происходит в диапазоне до 1,25 r_0 . Выполненные нами расчеты согласуются с расчетами, проведенными в [7].

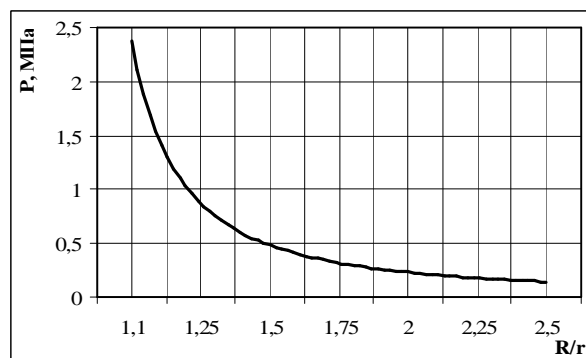


Рисунок 1 – Затухание ударной волны в воздухе при взрыве заряда ТЭНа

При наличии радиального зазора, заполненного водой или пенополистиролом (рис. 2), максимальное давление характеризуется меньшим временем нарастания, но почти вдвое большей длительностью. Наиболее резкое затухание давления происходит в диапазоне до 1,5 r_0 , где оно уменьшается почти в 10 раз. Это является одним из условий снижения разрушающего действия взрыва на среду.

При радиальном зазоре, заполненном гранотсевом, резиной или буровым шламом, в диапазоне до 1,5 r_0 величина давления по своим значениям близка к условиям плотного заряжания. При значениях радиального зазора, заполненного вышеуказанными материалами более 1,75 r_0 , характер трансформации энергии в волну напряжений существенно меняется и аналогичен условиям при водяном радиальном зазоре, т.е. в этом случае при увеличении зазора в волне резко падает давление.

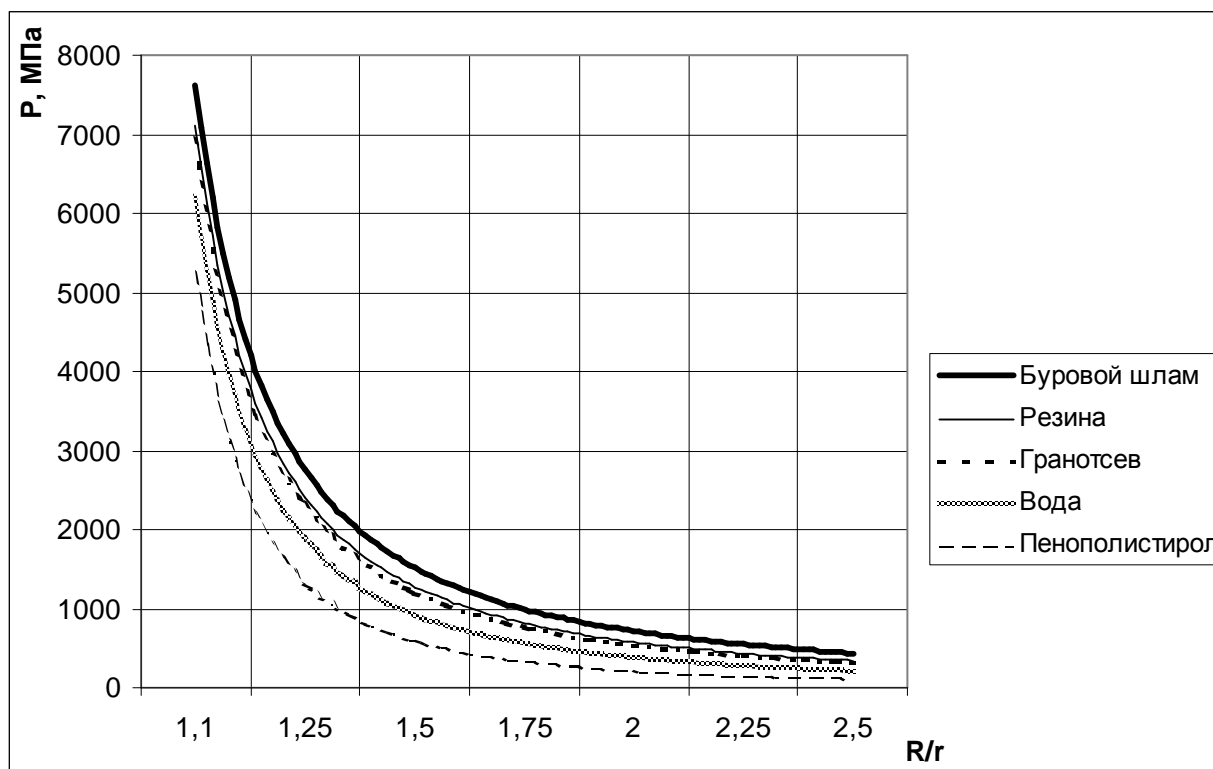


Рисунок 2 – Затухание ударной волны в различных инертных средах

Выводы. Результаты проведенных исследований по изучению характера прохождения ударных волн через прослойки, состоящие из материалов с различной акустической жесткостью, дают возможность установить следующее:

- воздушные радиальные зазоры эффективны при взрывах в слабых горных породах, т.к. помогают снизить действие ударной волны, что положительно влияет на качество оконтуривания. Однако такой способ заряжания сложно применять при оконтуривании борта карьера, где взрываются в основном обводненные породы, в которых проблематично создавать воздушные породы.

- с использованием водяных радиальных зазоров в конструкциях зарядов обеспечивается технологичность заряжания и качество оконтуривания за счет снижения пикового давления и увеличения длительности действия продуктов взрыва на зарядную камеру;

- при использовании зарядов с радиальными зазорами, заполненными гранотсевом, резиной или буровым шламом, целесообразно создавать зазоры $R/r_0=1,75$, так как они обеспечивают снижение разрушающего действия взрыва в приконтурном массиве и хорошее качество оконтуривания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яшкин А.З. Классификация методов контурного взрывания // Горный журнал. – 1990. - №6. – С. 33-35.
2. Баум Ф.А., Орленко А.П., Станюкович К.П., Челышев В.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва / Под общ. ред. К.П. Станюковича. - М.: Наука, 1975. – 231 с.
3. Фещенко А.А., Эрстов В.С. Контурное взрывание в гидротехническом строительстве. – М.: Энергия, 1972. – 135 с.
4. Заряды с воздушными полостями при взрывах на выброс / Н.В. Мельников, Л.Н. Марченко, Н.П. Сеинов и др. // Сборн. научн. Трудов «Взрывное дело». – М.: Недра, 1972. - №71/28. – С. 5-6.
5. Боровиков Н.А., Фисунов В.Д., Фисунов В.А. Технология, механизация и организация строительства горных выработок. – Кемерово, 1988. – 155 с.
6. Воробйов ВВ, Долударев Н.В., Пеев А.М., Помазан М.В. О влиянии конструкции удлиненного заряда ВВ на выход переизмельченных фракций при разрушении горных пород // Вісник КДПУ. - Вип. 6/2006 (41). Част. 1. – С. 82-84.
7. Подводные и подземные взрывы / Под ред. В.Н. Николаевского– Москва: Мир, 1974. – 413 с.

Стаття надійшла 10.12.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Воробйовим В.В.