

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ УДАРНЫХ ВОЛН, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВЗРЫВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ.

Ст. преп., Головнева Е.Е., ДонНТУ, ДНР

На современном этапе развития технологии проведения горных выработок, не смотря на достаточно высокий технический уровень механических систем по разрушению горного массива, взрывной способ разрушения горных пород остается весьма актуальным, так как является универсальным и характеризуется низким уровнем затрат. При этом применение буровзрывного способа проведения горных выработок требует неукоснительного выполнения требований правил безопасности.

Наибольшую опасность в угольных шахтах представляют аварии, вызванные взрывными работами с последующими взрывами метана и угольной пыли, которые составляют 20% от общего количества, а несчастные случаи со смертельным исходом при этих авариях - 85%. При взрывах шансы на выживание в 112 раз меньше, чем при других авариях, так как существует угроза формирования объемов газа с взрывоопасной концентрацией метана из-за нарушения системы вентиляции.

В связи с этим, исследования направленные на изучение возникновения ударных воздушных волн и защита от их поражающего действия людей, подземных коммуникаций и сооружений имеет важное значение. Так как большая разрушительная сила УВВ сопряжена с необходимостью выполнения работ по демонтажу и укрытию оборудования, силовых магистралей, крепи горных выработок и т. п. Действием УВВ в первую очередь нарушаются вентиляционные сооружения и регулирующие устройства, что приводит к увеличению продолжительности проветривания выработок и простоев в работе. Поэтому важное практическое значение приобретают изучение параметров УВВ, расчет опасных зон их действия, гашение УВВ, возникающих в горных выработках при взрывах зарядов ВВ, метана и угольной пыли. Разработка мероприятий по повышению устойчивости подземных объектов при воздействии поражающих факторов взрыва и воздействия УВВ.

Основными величинами, характеризующими УВВ, являются избыточное давление ΔP на фронте, время действия фазы сжатия $\tau_{сж}$, скорость фронта u , температура на фронте T и эффективное время действия $\tau_{эф}$. А также УВВ характеризуются импульсом I в сжатой и разреженной фазах и плотностью потока p на фронте.

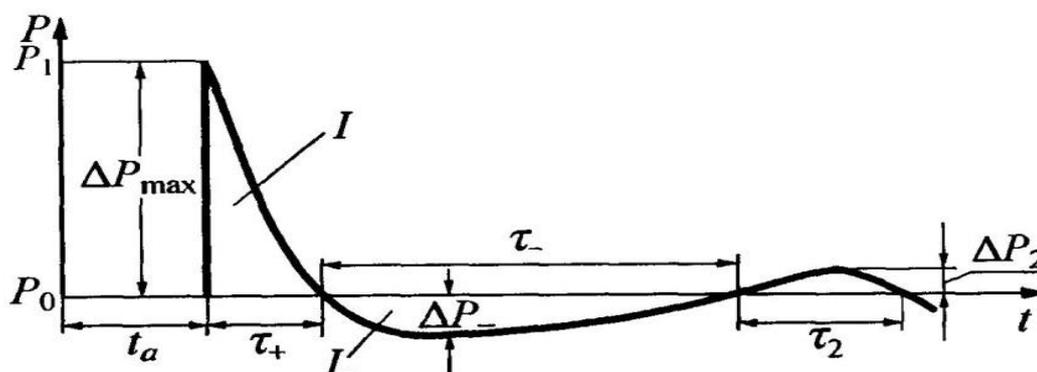


Рис. 2.2. Схема измеряемых параметров взрывной волны:
 t_a – время прихода; τ_+ – длительность положительной фазы;
 τ_- – длительность волны разгрузки; ΔP_{\max} – амплитуда волны давления; ΔP_- – амплитуда волны разрежения; I – импульс фазы сжатия; I_- – импульс фазы разрежения; ΔP_2 и τ_2 – вторичный подъем давления и его длительность

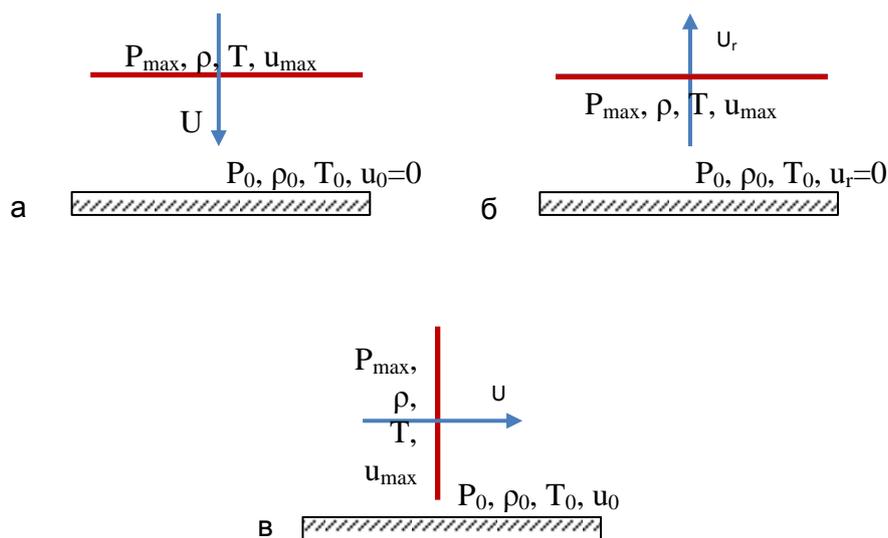


Рис.1 - Схема измеряемых параметров ударной волны. Распространение ударной волны и ее параметры: а) по нормали к поверхности, б) отражаясь от поверхности, в) вдоль поверхности.

Опасность УВВ при взрыве определяется двумя основными параметрами – избыточным давлением ΔP_+ во фронте УВ и временем действия избыточного давления $\tau_{сж}$ (фаза сжатия). Избыточное давление ΔP_+ как в зоне горения, так и после прекращения горения зависит от состава исходной смеси, длины загазированной части выработки, размеров выработки, ее загроможденности, типа крепи и других факторов. Время действия избыточного давления $\tau_{сж}$ также зависит от перечисленных выше факторов и от того, в какой выработке произошел взрыв: в открытой или в изолированной глухой преградой.

Пути усовершенствования методов расчета взрывобезопасных расстояний и взрывозащитных сооружений в угольных шахтах и компьютерного моделирования взрывов и распространения УВВ лежат в области изучения влияния общей энергии взрыва на его параметры и последующие разрушения. Определению тротилового эквивалента газообразных взрывчатых смесей по сравнению с конденсированными ВВ. Для этого на базе буровзрывной лаборатории кафедры СЗПСиГ ДонНТУ проводятся лабораторные испытания разнообразных по составу конденсированных ВВ и газообразных взрывчатых смесей.

Идея эксперимента состоит в следующем: при взрыве ВВ или взрывчатой смеси фиксируется время прохождения ударной волны специальными датчиками соединенными с прибором измерения интервалов времени. Также измеряются расстояния от заряда до датчиков и между датчиками. Фиксируется температура и атмосферное давление во взрывной камере. Схемы лабораторных экспериментов представлены на рисунках 2.

Как видно на изображениях датчики представляют собой куски ватмана или диски с полосами фольги, которая при прохождении ударной волны замыкает цепь и вызывает срабатывания датчика. Для изучения различного распространения ударных волн датчики и ВВ располагались в воздухе и на земле. Кроме того датчики размещали перпендикулярно и параллельно направлению распространения ударной волны.

Вид, состав и масса конденсированных ВВ, используемых при испытаниях представлены в таблице 1.



Рис.2 - Фотографии схем лабораторных испытаний, проводимых во взрывной камере лаборатории кафедры СЗПСиГ ДонНТУ.

Таблица 1

| Вид и состав ВВ | Масса | Процентное соотношение | Коэффициент приведения ВВ к тротилу | Вид испытания |
|---|-----------------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Аммонит 6ЖВ: аммиачная селитра тротил | 150 г, 100 г, 75 г, 50 г | 79% 21% | 1,03 | в воздухе на почве |
| Тротил | 75 г | 100% | 1 | в воздухе |
| Аммонит 6ЖВ + поваренная соль аммиачная селитра тротил NaCl | 100 г | 63% 17% 20% | 0,81 | в воздухе |
| Аммонит 6ЖВ + алюминиевая пудра аммиачная селитра тротил Al | 100 г | 63% 17% 20% | 1,3 | в воздухе |
| Нитрат мочевины | 75 г | 100% | 0,75 | в воздухе |

Расчет скорости ударной волны и давления на фронте волны в контрольных точках производится по формулам:

$$u = \frac{r}{\tau} \qquad P = \frac{2 \cdot \rho \cdot u^2}{\gamma + 1} \cdot \left(1 - \frac{c_0^2}{u^2}\right)$$

где u – скорость ударной волны, м/с;
 r – расстояние до датчика, м;
 τ – время прохождения ударной волны до датчика, с;
 P – давление на фронте волны, Па;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³;
 γ – адиабата воздуха;
 c_0 – скорость звука, м/с.

Полученные экспериментально параметры ударных волн соответствуют теоретическим расчетам с использованием метода расчета по закону подобия кубического корня и по формуле М. А. Садовского.

Показаны результаты расчета скоростей ударных волн для некоторых конденсированных ВВ на рисунке 3.

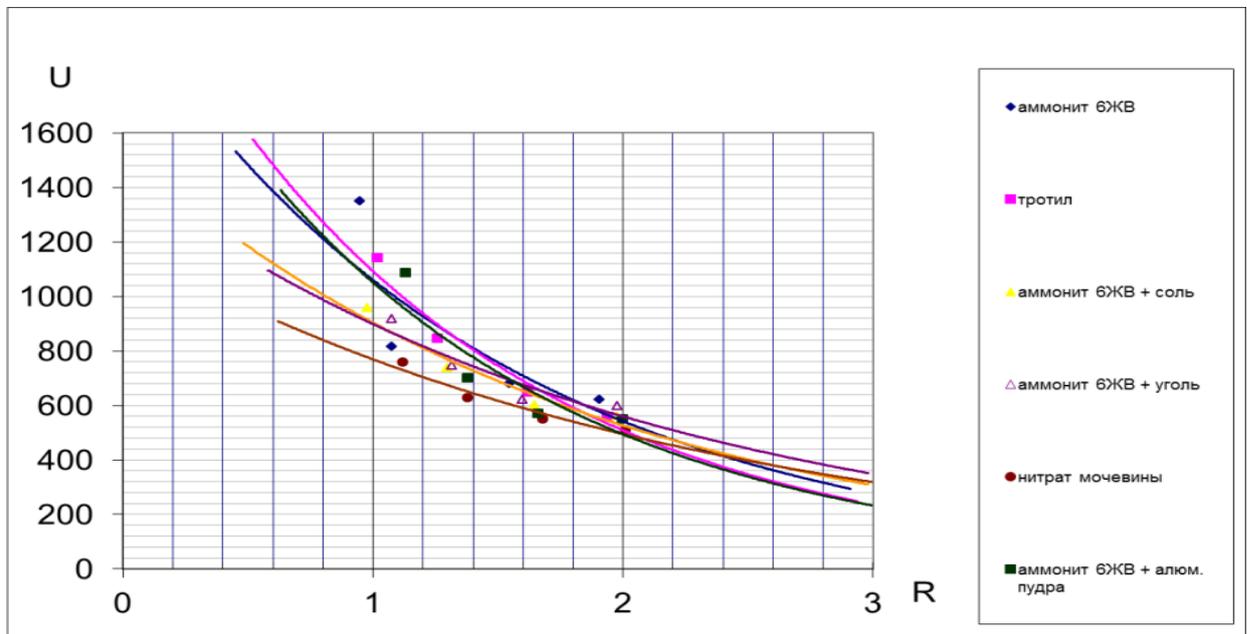


Рис. 3 - Скорости распространения ударных волн при взрыве различных ВВ.

В дальнейшем полученные результаты будут использованы для проверки адекватности компьютерного моделирования распространения ударной волны в подземных горных выработках. Что будет использовано при компьютеризированном решении системы уравнений математической газодинамической модели, которая основана на доработке газодинамического метода до возможности расчёта распространения ударных волн по разветвлённой сети горных выработок реальной шахты.