

УДК 622.81

**П.В. Меньшиков**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВОЗДЕЙСТВИЯ УДАРНОЙ ВОЗДУШНОЙ ВОЛНЫ НА ОБЪЕКТЫ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ**

*Приведены результаты исследования воздействия ударной воздушной волны при ведении взрывных работ на производственную постройку.*

*Ключевые слова: взрывная волна, разрушающие нагрузки.*

**Неделя горняка**

**У**дарная воздушная волна (УВВ) представляет собой область сжатия газа с резким скачком давления, плотности и температуры и распространяется по невозмущенному воздуху со сверхзвуковой скоростью.

В момент прихода взрывной волны давление резко повышается на величину  $\Delta P^+$ , определяемую как максимальное избыточное давление и амплитуда избыточного давления. Затем давление падает до давления окружающей среды и продолжает снижаться на величину  $\Delta P^-$ , возвращаясь в последствии к давлению окружающей среды.

Область взрывной волны, в которой давление превышает давление окружающей среды, носит название "положительная фаза", продолжительность ее  $\tau^+$ . А область, где давление меньше исходного, называется отрицательной фазой или фазой разрежения с продолжительностью  $\tau^-$ .

Ударные воздушные волны (у.в.в.) от промышленных взрывов могут иметь разную частоту и амплитуду. Источником у.в.в. могут быть используемый для передачи детонации ДШ, взрывные газы, вырывающиеся при взрыве из шпуров, скважин или трещин, разлетающаяся при взрыве горная масса. По характеру распростра-

няющееся от взрывов в воздухе возмущение относят к слабым у.в.в.

По частоте колебаний воздуха у.в.в. могут быть звуковыми и инфразвуковыми. Они представляют опасность для остекления зданий, могут превосходить допустимые пределы колебаний в звуковом диапазоне и создавать дискомфортные условия для человека или окружающих природных комплексов, а в некоторых случаях могут явиться источником недопустимых колебаний элементов зданий или других инженерных сооружений.

Во многих зданиях именно окна являются теми элементами, которые разрушаются при наименьших взрывных нагрузках. Оконное стекло представляет собой хрупкий материал, который рассыпается вдребезги, как только напряжение достигнет предела упругости. Так как окна обычно имеют небольшие горизонтальные размеры между опорами, то они первыми откликаются на взрывные нагрузки и, следовательно, при аварийных взрывах чаще всего разрушаются в режиме квазистатического нагружения.

В таблице приведены величины разрушающих нагрузок для типовых элементов зданий и сооружений.

**Разрушающие нагрузки для типовых элементов зданий и сооружений**

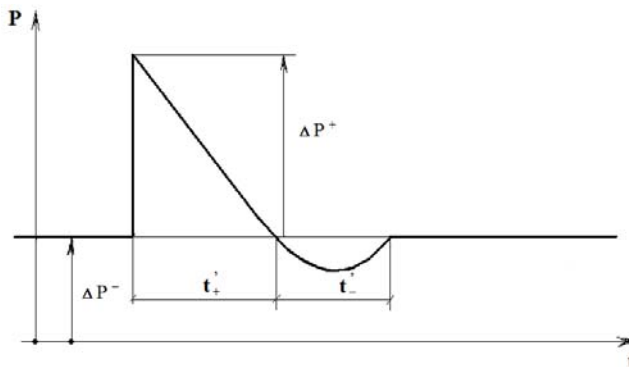
№ пп	Тип конструкции	Разрушающее избыточное давление, кПа	Характер разрушения
1.	Железобетонная стенка толщиной 0,25 м	280-350	Сильная деформация с образованием больших трещин и отслаиванием бетона
2.	Бетонные или шлакобетонные толщиной 0,24 – 0,36 м	14-21	Полное разрушение
3.	Кирпичные стены: 2 кирпича	45/2,1	Сильная деформация с образованием больших трещин
4.	1,5 кирпича	25/1,9	то же
5.	Перекрытия по деревянным балкам диаметром 0,14-0,16 м	10-16	Разрушение, вызываемое деформацией изгиба
6.	Легкие перегородки	5,0	Полное разрушение
7.	Обшивки из деревянных панелей в домах сборной конструкции	7-14	Нарушаются основные соединения, иногда срывается вся панель
8.	Крыши, перегородки	10-18	Продавливаются, обрушаются
9.	Телефонные линии, расположенные перпендикулярно к направлению действия УВВ	25	Обрыв проводов, опрокидывание опор и мачт этих линий
10.	Окна (большие и малые)	3 7	Разбиваются стекла Разрушаются оконные рамы
11.	Стекло толщиной 0,002 м (без замазки)	1,6-1,8 2,0-2,1 0,7-0,8	Образование трещин Полное разрушение Повреждений нет
12.	Стекло толщиной 0,003 м (без замазки)	1,65-2,2 2,4 0,6-1,6	Образование трещин Полное разрушение Повреждений нет
13.	Стекло толщиной 0,002 м (с замазкой)	1,8-2,2 2,85-3,0	Повреждений нет Полное разрушение
14.	Стекло толщиной 0,003 м (с замазкой)	1,2 0,62	Полное разрушение Частичное разрушение плохо закрепленных составных стекол

Проводилась оценка и определялось фактическое воздействие ударной воздушной волны при ведении взрывных работ по сварке металлов на котельную станции Седельниково. Взрывные работы по обработке металлов энергией взрыва выполнялись в научных, экспериментальных и

учебных целях на борту карьера «Новая линза» Шабровского талькового комбината.

Котельная находится на расстоянии около 1000 м от железнодорожной станции Седельниково. Котельная представляет собой четырехэтажное здание высотой 23 м, длиной

**Рис. 1. Изменение давления при прохождении у.в.в.**



40 м и шириной 20 м из железобетонных конструкций на фундаменте из железобетонных блоков. Второй и четвертый этажи имеют застекление по всему периметру. На втором этаже размеры оконных проемов составляет 1,7 x 5 м с большими размерами стекол 1,5 x 1 м. На четвертом этаже размеры оконных проемов составляют 1 x 5 м, а размер оконных рам и стекол – 0,8 x 1,0 м. Дымовая труба железобетонной конструкции высотой 45 м, состоящая из колец с внутренним диаметром 2100 мм. Наружный диаметр кольца в основании трубы составляет 2630 мм.

Как видно из таблицы наиболее критично к действию ударной воздушной волны остекление.

Измерение и регистрация параметров давления на фронте ударной воздушной волны на котельной железнодорожной станции Седельниково проводились на втором этаже в оконном проеме.

Давление на фронте ударной воздушной волны определялось прибором MiniMate Plus. По результатам замеров с помощью программного обеспечения BlastWare III на компьютере определялись расчетные величины в динамике процесса.

Замеры проводились на втором этаже здания котельной. Прибор MiniMate Plus с микрофоном, регистрирующим давление на фронте УВВ, устанавливался в оконном проеме котельной. Микрофон крепился к шесту и выводился из окна здания по направлению взрыва. Шест в свою очередь крепился к ра-

ме окна. Микрофон располагался на расстоянии 1 м от стены здания. Расстояние от места взрыва до места замера – 3 км.

По ЕПБ при взрывных работах (раздел VII формула 13) для наружного заряда (при взрывной сварке металлов)

$$r_e = 65 \sqrt{Q_3}, \text{ при } 2 \leq Q_3 < 1000 \text{ кг}$$

где  $Q_3$  – эквивалентный заряд ( $Q_3=867$  кг)

$$r_e = 65\sqrt{867} = 65 \cdot 29,5 = 1918 \text{ м}$$

Взрывные работы выполнялись при отрицательной температуре воздуха, поэтому безопасное расстояние определенное по формуле 13, должно быть увеличено не менее чем в 1,5 раза тогда

$$r_e = 1918 \text{ м} \cdot 1,5 = 2877 \approx 3000 \text{ м}$$

Для остекления зданий опасно избыточное давление 200-250 Па [3] (стр.56). Здания и сооружения получают серьезные повреждения при давлении на фронте у.в.в. силой 10 кПа (стр.60).

Величина замеренной У.В.В. в стадии сжатия составила 269 Па при времени записи 0,04 с; волна разряжения соответственно 323 Па при времени записи 0,117 с и частоте колебаний волны 6,9 Гц (рис. 2). При такой величине У.В.В. (269Па) не может оказать вредного



**Рис. 2. Фактическое изменение давления при прохождении у.в.в.**

влияния на здание котельной и дымовую трубу, а только на остекленные здания. Величина давления у.в.в. в стадии сжатия несколько превысила приведенные значения по литературным источникам.

Параметры у.в.в. при взрыве на карьерах в значительной мере зависят от эффективного использования энергии ВВ. Наиболее эффективной с точки зрения ослабления у.в.в. является засыпка открытых зарядов, которая может ослабить волну в 10 раз и более. При взрывах необходимо учитывать климатические условия, силу и направление ветра. Взрыв необходимо отложить, если, по данным метеорологических станций, в атмосфере существует положительный градиент. При отрицательном градиенте и скорости ветра менее 6,5 м/с фокусирование у.в.в. весьма незначительно, поэтому взрыв выполнить можно. При скорости

ветра больше 6,5 м/с необходимо учитывать направление ветра. Если ветер направлен в сторону жилых районов, взрыв необходимо отложить. Если ветер порывистый и число порывов меньше одного в течение 2 мин, то кратковременный взрыв (до 5 с) можно выполнить в промежутках между порывами. Наиболее благоприятное время для взрыва – полдень, когда положительный градиент в атмосфере наблюдается очень редко. Защита остекления оборудования на карьере от воздействия у.в.в. может быть выполнена установкой защитных экранов. За 2 ч до взрыва на метеорологическую станцию должен быть дан запрос об изменении температуры воздуха с высотой, о направлении и скорости ветра и его порывах, влажности воздуха, а также прогноз этих параметров на ближайшее время.

---

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Безопасность* при взрывных работах: Сборник документов. Серия 13. Выпуск 1. /Колл. авт. – М.: ГУП «НПЦ «Промышленная безопасность», 2001. – 244 с.
2. *Безопасность* при взрывных работах. Сборник документов Единых правил безопасности при взрывных работах (ПБ13-407-01) стр.4-210. Москва. Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». 2001г.
3. *Богачкий В.Ф., Фридман А.Г.* Охрана инженерных сооружений и окружающей среды от вредного действия промышленных взрывов. М., Недра, 1982. 162 с. (Безопасность взрывных работ).
4. *Взрывные явления.* Оценка и последствия: В 2-х кн. Кн. 2. Пер. с англ./Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П. и др.; Под ред. Я. Б. Зельдовича, Б. Е. Гельфанда. – М.: Мир, 1986. – 384 с., ил. **ИДБ**

**Коротко об авторах**

*Меньшиков П.В.* – горный инженер-физик, научный сотрудник ИГД УрО РАН, раб.тел. (343) 355-09-51, факс (343) 355-09-51, (343) 218-33-87.  
E-mail: Menshikovpv@mail.ru



---

**ДИССЕРТАЦИИ****ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ  
ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

<b>Автор</b>	<b>Название работы</b>	<b>Специальность</b>	<b>Ученая степень</b>
<b>УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			
ПОПОВ Юрий Владимирович	Повышение эффективности комплексов многоканатных подъемов с наземным расположением подъемных машин	05.05.06	д.т.н.
СОКОЛОВ Василий Владимирович	Прогнозирование прочности и устойчивости горных пород по фрактальной размерности линии контура подземных выработок	25.00.20	к.т.н.
СОСОРБАРА- МЫН Бат-Эрдэнэ	Исследование и выбор ресурсосберегающих параметров шаровой загрузки мельниц при измельчении медномолибденовых руд	05.05.06	к.т.н.