

5. **Гиляров Н. П.** Моделирование речных потоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 200 с.

6. **Жуковская Т. Н., Астапович И. Т.** Качественная и количественная оценка зоопланктона р. Днепра // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: Науч. тр. БелрыбНИИпроект. – Мн., 1995. – Вып. 13. – С. 172–176.

7. **Проектирование сооружений для забора поверхностных вод:** Справ. пособие к СНиП. – М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.

8. **Рекомендации по проектированию самопромыывающихся ковшей у затопленных водоприемников.** – М.: Стройиздат, 1984. – 246 с.

УДК 622.271

## СЕЙСМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИ РАЗРУШЕНИИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЗРЫВАМИ ШПУРОВЫХ ЗАРЯДОВ

*Докт. техн. наук, проф. ОНИКА С. Г.*

*Белорусский национальный технический университет*

При реконструкции промышленных предприятий возникает необходимость в оперативном демонтаже оборудования и разрушении установленных под ним фундаментов и других бетонных и железобетонных конструкций с целью последующего возведения более современного оборудования. Работы, как правило, проводятся в действующих цехах в непосредственной близости к охраняемым объектам.

Наиболее эффективным методом разрушения устаревших строительных конструкций является взрывной метод. В этом случае разрушаемый объем обуривается системой шпуров, заряжаемых взрывчатым веществом, и производится взрывание зарядов или их групп с замедлением.

Данный метод взрывных работ широко применяется при выполнении специальных взрывных работ. В частности, в Украине его использовали при ликвидации бетонных и железобетонных элементов шахтных пусковых установок в г. Первомайске, при реконструкции аглофабрики Ново-Криворожского горно-обогатительного комбината и в других условиях.

Практический интерес представляет экспериментальная оценка сейсмической опасности взрывных работ вблизи разнообразных объектов. Сразу отметим, что расчетные формулы по определению сейсмобезопасных расстояний, приведенные в «Единых правилах безопасности

при взрывных работах», для рассматриваемых условий применить нельзя, так как типы охраняемых объектов при взрывах в действующих цехах выходят далеко за перечень сооружений, сейсмобезопасность которых может быть оценена по единым правилам. Например, при дроблении взрывом бетонных фундаментов трубозлектросварочного цеха № 4 Выксунского металлургического завода охране от сейсмического действия подлежало электронное оборудование, приближенное кое-где к месту взрыва на расстояние до 7 м. Ответственным охраняемым объектом являлся ламповый генератор установки высокочастотной сварки, расположенной в 20 м от источника колебаний.

Согласно технической характеристике для электронного оборудования допустимая величина ускорения вибрации составляет 0,5g (g – ускорение силы тяжести), что в диапазоне промышленных частот 13...26 Гц соответствует скорости смещения грунта 3...6 см/с. Для лампового генератора, для которого противопоказаны вибрации и удары, в соответствии с техническим заданием института Укрگیпромез допустимая скорость смещения грунта в месте его установки не должна превышать 0,4 см/с.

Для обеспечения сейсмической безопасности таких объектов требуется проведение специальных исследований, составной частью которых является экспериментальная оценка

сейсмического эффекта промышленных взрывов. В табл. 1 приведены результаты опытной оценки параметров сейсмических колебаний при взрыве фундаментов шпуровыми зарядами [1].

Таблица 1

| № взрыва | Общая масса ВВ, кг | Количество групп зарядов | Максимальная масса ВВ в группе, кг | Замедление, мс | Расстояние, м | Параметры колебаний     |               |                            |
|----------|--------------------|--------------------------|------------------------------------|----------------|---------------|-------------------------|---------------|----------------------------|
|          |                    |                          |                                    |                |               | Скорость смещения, см/с | Амплитуда, мм | Период, с                  |
| 1        | 17,9               | 5                        | 3,95                               | 20             | 13<br>22      | 1,63<br>0,63            | 0,22<br>0,10  | 0,05...0,10<br>0,09...0,10 |
| 2        | 18,83              | 4                        | 7,5                                | 20             | 21<br>30      | 1,18<br>0,60            | 0,20<br>0,13  | 0,10...0,15<br>0,13...0,14 |
| 3        | 32,55              | 10                       | 3,7                                | 20             | 16<br>26      | 0,84<br>0,43            | 0,19<br>0,07  | 0,09...0,17<br>0,09...0,12 |
| 4        | 5,1                | 2                        | 2,65                               | 20             | 35<br>32      | 0,61<br>0,88            | 0,09<br>0,13  | 0,09...0,11<br>0,07...0,11 |
| 5        | 4,8                | 2                        | 3,5                                | 20             | 25<br>14      | 0,80<br>0,96            | 0,13<br>0,21  | 0,10...0,12<br>0,12...0,20 |
| 6        | 10,2               | 3                        | 3,85                               | 20             | 47<br>30      | 0,58<br>0,59            | 0,10<br>0,09  | 0,11...0,14<br>0,08...0,10 |
| 7        | 9,2                | 3                        | 3,24                               | 20             | 42<br>18      | 0,52<br>0,58            | 0,10<br>0,11  | 0,11...0,16<br>0,12...0,13 |
| 8        | 32,2               | 7                        | 5,7                                | 20             | 30<br>35      | 0,68<br>0,56            | 0,17<br>0,12  | 0,13...0,25<br>0,13...0,15 |
| 9        | 4                  | 1                        | 4                                  | -              | 47<br>52      | 0,55<br>0,38            | 0,09<br>0,07  | 0,10...0,18<br>0,10...0,17 |
| 10       | 14,9               | 5                        | 3,5                                | 20             | 45<br>46      | 0,21<br>0,18            | 0,04<br>0,04  | 0,09...0,13<br>0,09...0,13 |

Анализ полученных данных позволил оценить влияние основных факторов, определяющих сейсмический эффект взрыва. Зависимость скорости сейсмических колебаний от основных параметров имеет вид

$$v = \frac{\exp\left(\frac{z-y}{u}\right) \sqrt{Q_3}}{\exp\left(\frac{z-y}{u}\right) r^{1,5}},$$

где  $z$  – нормированное значение коэффициента сейсмичности для заданного уровня вероятности;  $y, u$  – показатели формы теоретического распределения SL-Джонсона;  $r$  – ближайшее расстояние от взрываемых зарядов до охраняемого объекта, м;  $Q_3$  – эквивалентная масса заряда в группе замедления, кг.

Эквивалентная масса заряда в группе замедления может быть определена по формуле

$$Q_3 = kQ,$$

где  $k$  – коэффициент, характеризующий долю сейсмически активной части заряда в общей

массе взрывчатого вещества (ВВ) на ступень замедления;  $Q$  – масса ВВ в группе шпуров, кг.

Значение коэффициента, учитывающего эффект рассредоточения массы заряда ВВ в группе, зависит от расположения охраняемого объекта относительно группы зарядов и относительного расстояния ( $r/l$ ), где  $l$  – длина группы зарядов.

Расположение охраняемого объекта относительно группы взрываемых зарядов можно охарактеризовать следующими основными направлениями:

- перпендикулярно линии группы зарядов, на уровне ее центра;
- перпендикулярно линии группы зарядов, на уровне ее торца;
- под углом  $135^\circ$  к линии группы зарядов по линии кратчайшего расстояния от торца;
- фланговое.

В соответствии с указанными направлениями и в зависимости от относительного расстояния ( $r/l$ ) в табл. 2 приведены значения коэффициента  $k$ , характеризующего долю сейсмически активного заряда в массе ВВ на ступень замедления.

Таблица 2

| $r/l$ | По нормали      |                | $135^\circ$ | Фланг |
|-------|-----------------|----------------|-------------|-------|
|       | к центру группы | к торцу группы |             |       |
| 1     | 0,47            | 0,35           | 0,25        | 0,17  |
| 1,5   | 0,67            | 0,51           | 0,40        | 0,32  |
| 2     | 0,87            | 0,67           | 0,52        | 0,40  |
| 3     | 0,94            | 0,87           | 0,73        | 0,60  |
| 4     | 0,96            | 0,9            | 0,81        | 0,70  |
| 5     |                 | 0,91           | 0,84        | 0,74  |
| 6     |                 | 0,92           | 0,85        | 0,77  |
| 7     |                 |                | 0,86        | 0,80  |
| 8     |                 |                | 0,87        | 0,82  |
| 9     |                 |                |             | 0,83  |
| 10    |                 |                |             | 0,84  |

Из анализа табличных данных следует, что величина сейсмически активной массы зарядов ВВ в ступени замедления имеет меньшие значения при фланговом расположении охраняемого объекта и большие в направлении, нормальном к центру группы зарядов. При соотношении ( $r/l$ ) > 10 на фланговом направлении  $Q_3$  близко к величине массы ВВ в группе. В направлении нормали к группе зарядов  $Q_3$  приближается к значению массы ВВ в группе на относительных расстояниях ( $r/l$ ) > 4. Выявлен-

ные особенности сейсмического действия взрыва групп одновременно взрывааемых зарядов можно использовать для управления сейсмическим действием взрывов шпуровых зарядов вблизи охраняемых объектов.

### ВЫВОД

Полученные результаты позволяют обеспечить управление сейсмическим эффектом взры-

вов шпуровых зарядов при взрывном способе разрушения устаревших строительных конструкций вблизи действующих промышленных объектов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Опыт сейсмобезопасного производства взрывных работ при разрушении фундаментов / П. И. Федоренко, В. А. Гаврик, С. Г. Оника и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1996. – № 3–4.

УДК 622.363.2 (476)

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОМ ИГР ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ОТВАЛООБРАЗОВАТЕЛЕЙ В КАЛИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Докт. техн. наук, проф. БОГАТОВ Б. А., канд. техн. наук ШЕМЕТ С. Ф.*

*Белорусский национальный технический университет*

Известно, что на обогатительных фабриках калийного производства образуется большое количество твердых галитовых отходов. За 40 лет эксплуатации Старобинского месторождения калийных солей на поверхности земли в Солигорском горнопромышленном районе накопилось свыше 600 млн т отходов обогащения. Устройство солеотвалов – это дорогостоящий процесс. Например, только на обогатительной фабрике 1 РУ в 2003 г. было получено 4755 тыс. т галитовых отходов. Технология производства калийных удобрений предусматривает после основной флотации с перечисткой полученного концентрата его обезвоживание и своевременное удаление с территории фабрики на солеотвал галитовых отходов в полном объеме. В противном случае процесс прерывается и обогатительная фабрика останавливается. При этом даже временное размещение какого-либо объема галитовых отходов вне солеотвала на территории промплощадки запрещено. Галитовые отходы представляют собой песчаную массу с влажностью около 10 %, в поровом пространстве которой находится насыщенный рассол. При подсыхании галитовых отходов из порового рассола выкристаллизовывается вторичная соль (NaCl),

которая цементирует отходы, достаточно быстро превращая их в полускальную техногенную породу, транспортировать которую сложно.

В настоящее время на солеотвале 1 РУ смонтировано три отвалообразователя ОШ-1900-110/150 (стоимость каждого – около 7,5 млн у. е.) с расчетной производительностью по массе транспортируемых галитовых отходов 2700 т/ч. По сложившейся практике, на солеотвале одновременно работают два отвалообразователя с фронтом развития работ на участках с подготовленным ложем. Все три отвалообразователя работают попеременно с коэффициентом использования рабочего времени (КИРВ) соответственно 0,8; 0,7; 0,3 (с учетом остановки на технологическое обслуживание, текущий ремонт и демонтаж при перемещении). При условии монтажа и работы на солеотвале только одного отвалообразователя с развитием фронта работ в одну сторону стоимость размещения 1 т галитовых отходов составляет 0,805 у. е. При одновременной работе двух отвалообразователей стоимость размещения на солеотвале 1 т галитовых отходов составляет 1,305 у. е., а при одновременной работе трех ОШ – 2,525 у. е.

Эксплуатация отвалообразователей ОШ-1900-110/150 по обустройству солеотвалов ха-