

УДК 622.839.45:622.235

А. Н. Путятин, В. Г. Гореликов, В. Н. Монахов, М. Ю. Насонов

ВЛИЯНИЕ ВЗРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ПОРОД
НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЭКСКАВАТОРОВ

В ходе эксплуатации на угольных разрезах несущие металлоконструкции экскаваторов подвергаются воздействию различных внешних нагрузок, в том числе и импульсных, возникающих при проведении взрывной подготовки горных пород. Мощность взрывов на разрезах может достигать 500 т, а в отдельных случаях даже превышать эту величину, хотя, в основном используется заряды мощностью 15÷70 т. Частота проведения взрывов колеблется в пределах 100÷300 раз в год [1]. Однако число взрывов, выполняющихся вблизи экскаватора, составляет не более 1÷2 раза в месяц и не превышает 12÷24 раз в год. Правила эксплуатации экскаваторов требуют отведения их при взрывах на расстояние не менее 100 м от района взрывной подготовки, то есть, по классификации Медведева С. В., они должны располагаться на границе между ближней и дальней сейсмическими зонами.

В ходе взрывных работ возникают колебания двух видов – поверхностные и объемные. Объекты, находящиеся на поверхности земли, в основном подвергаются воздействию поверхностных волн, которые подразделяются на волны Лява, продольные волны, волны Релея и поперечные волны. Колебание поверхности при взрывах имеют наибольшие составляющие в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Изучение влияния взрывов на пром. объекты в России проводилось в большом объеме [2-5]. Однако влияние сейсмических волн на несущие металлоконструкции экскаваторов остается до

конца не изученным.

В ходе исследований в Кузбасском угольном бассейне изучались наиболее распространенные экскаваторы ЭШ 13/50 и ЭКГ 12,5. Масса взрывчатого вещества при выполнении взрывов варьировалась в пределах 70÷300 т, расстояние до экскаваторов составляло от 100 до 500 м. Для определения напряжений в металлоконструкциях экскаваторов использовался тензометрический способ, тензодатчики устанавливались на основных элементах экскаватора: стреле, настройке, поворотной платформе, опорной базе и ходовой тележке. Для регистрации сигнала от тензорезисторов использовался компьютерный осциллограф.

Анализ экспериментов показал, что наиболее опасными зонами в металлоконструкциях являются горизонтальные сварные швы.

Для определения влияния расстояния от взрываемого блока до экскаватора на ускорения колебания почвы использовались сейсмоприемники. Результаты исследований приведены на рис. 1.

В соответствии с методикой М.А. Садовского, разработанной им в 30-40 годах 20 столетия, которая отвергает использование ускорения, как критерия, позволяющего оценивать интенсивность разрушения объекта. Им было отмечено, что при ускорениях, вызываемых взрывами, в диапазоне от 0,1g до 0,4g по расчетам не должно было возникать повреждений сооружений, в то время как такие повреждения в действительности имели

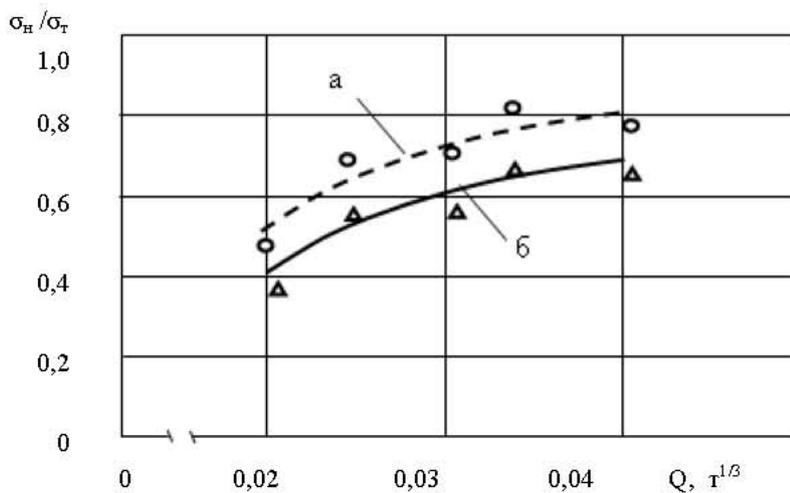


Рис. 1. Зависимость относительных напряжений без учета концентрации напряжений, возникающих в металлоконструкциях экскаваторов, от приведенной мощности взрывов: а – в поворотной платформе ЭШ 10/70; б – в ходовой тележке ЭКГ 15(18)

место. М.А. Садовским было предложено считать критерием интенсивности воздействий скорость колебаний, так как этот параметр наиболее хорошо коррелировал с результатами воздействия взрывов на объект.

Научной школой М. А. Садовского: С. В. Медведевым, В. Ф. Богацким, А. Г. Фридманом, Я.И. Цейтлинным разработана 12-бальная шкала интенсивности воздействия взрывов на сооружения аналогичная шкале интенсивности

колебаний и шкале интенсивности определяется уровень разрушений охраняемого объекта.

В результате эксперимента были получены осциллограммы деформаций и по ним были вычислены напряжения в исследуемых зонах. Установлено: наибольшие максимальные напряжения возникали в поворотной платформе и опорной базе, наименьшие максимальные в стреле и надстройке. Соотношение напряжений в поворотной платформе и стреле составило 2,2.

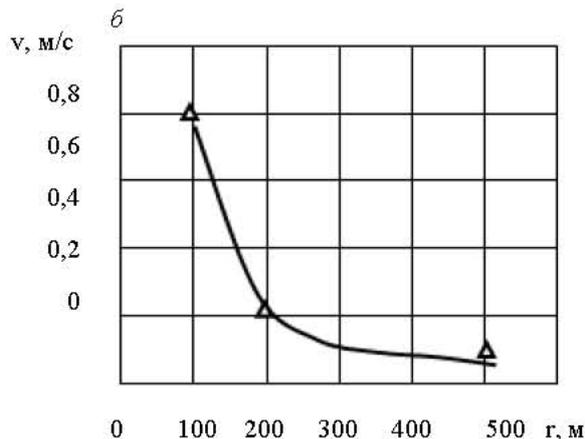
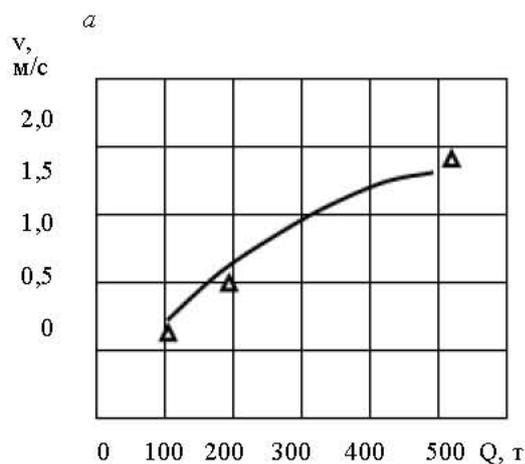


Рис. 2. Зависимость скорости колебания почвы v :
 а – от мощности заряда "Q" при расстоянии от взрывного поля $r = 100$ м;
 б – от расстояния "r" до взрывного поля при мощности заряда 100 т

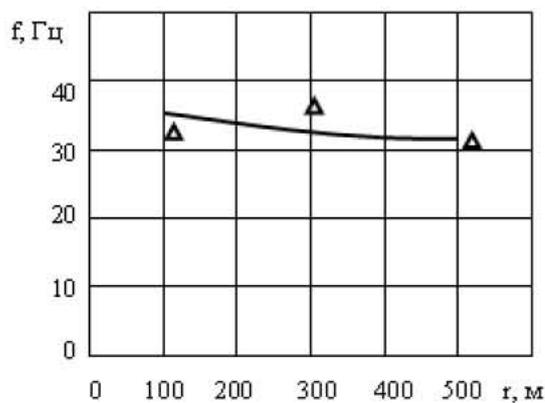
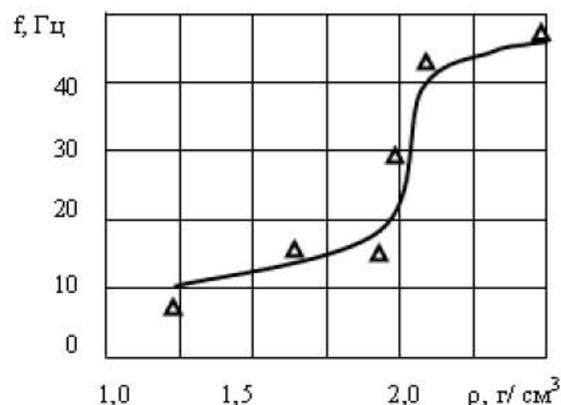


Рис. 3. Зависимость частоты колебания почвы f : а – от плотности пород "rho" при мощности заряда $Q = 70$ т; б – от расстояния "r" при мощности заряда $Q = 70$ т

землетрясений. Согласно разработанной ими методике, минимальная скорость, соответствующая 4 балам шкалы интенсивности и равная 2 м/с, вызывает воздействия, которые необходимо принимать во внимание. Эта скорость колебаний принята критической. В соответствии с расчетными формулами М.А. Садовского и С.В. Медведева по количеству взрывчатого вещества, характеру грунта определяется либо скорость колебаний, возникающая в месте охраняемого объекта, либо определяется безопасное расстояние от эпицентра взрыва. По полученной скорости

Максимальные напряжения в поворотной платформе были $0,6\sigma_t$, где σ_t предел текучести стали. В ходе сейсмического удара в течение 1 с. наблюдалось 12 амплитуд основных колебаний, при этом деформации были одного знака, коэффициент асимметрии при этом составил 0,2 (асимметричный цикл).

Наиболее опасными зонами в экскаваторе при взрыве оказались горизонтальные сварные швы поворотной платформы, расположенные перпендикулярно взрывной волне. Несмотря на небольшие при взрыве значения напряжений в

металлоконструкции, наличие в сварных швах трещиноподобных дефектов и трещин может приводить к их значительному росту.

В результате экспериментов были получены зависимости относительных напряжений, возникающих в металлоконструкциях экскаваторов, от приведенной мощности взрывов (рис. 1)

Эти зависимости были аппроксимированы выражениями:

$$\sigma_n / \sigma_T = 0,65 \ln(Q) + 3,5; \quad (1)$$

$$\sigma_n / \sigma_T = 0,53 \ln(Q) + 2,61. \quad (2)$$

Для определения влияния мощности заряда и расстояния до объекта на ускорения, скорости и частоты колебания почвы в продольном направлении (продольные волны) был проведен ряд исследований на разрезе "Красногорский". Для этого использовался сейсмоприемник СПМ-16, величины скорости определяли путем интегрирования, результаты исследований приведены на рис. 2.

Было установлено, что частота колебаний зависит от плотности пород, через которые проходит волна, и расстояния от сейсмического источника (рис. 2). При увеличении плотности пород с 1 до 2,5 г/см³ она возрастает с 10 до 45 Гц. т. е. в 4,5 раза, наибольшая частота колебаний у крепких пород, наименьшая в наносах.

Из рис. 2 видно, что с увеличением мощности заряда от 100 до 500 т при одинаковом расстоянии до экскаватора 100 м скорость движения грунта возрастает от 0,6 до 0,75 м/с, а с увеличением дальности расположения экскаватора при одинаковой мощности заряда 100 т уменьшается с 0,8 до 0,1 м/с

В результате обработки графиков были получены выражения для ускорений и скорости движения грунта в зонах наиболее частого расположения экскаваторов:

$$v = 75,9 \frac{Q^{0,5}}{r^{1,5}},$$

где v – скорость движения грунта, м/с; Q – масса заряда, т; r – расстояние до экскаватора, м.

Из рис. 3 видно, что с увеличением мощности заряда со 100 до 500 т время колебаний увеличивается с 1 до 2 с. С увеличением расстояния r со 100 до 500 м время колебания сокращается 1 до 0,8 с.

Установленные в результате испытаний значения скоростей и частот колебаний почвы позволяет определять влияние взрывов интенсивность развития трещин в металлоконструкциях их на долговечность проведения взрывных работ на угольных разрезах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богацкий В.Ф.* Охрана инженерных сооружений и окружающей среды от вредных воздействий промышленных взрывов. /В.Ф. Богацкий, А.Г. Фридман. // М.: Недра, 1982. 161 с.
2. *Медведев С.В.* Сейсмика горных взрывов. /М.: Недра. 1964. 188 с. *Богацкий В.Ф.* Сейсмическая безопасность при взрывных работах. М. Недра, 1978 г. 158 с.
3. *Богацкий В.Ф.* Сейсмическая безопасность при взрывных работах. М. Недра, 1978 г. 158 с.
4. *Сафонов Л.В.* Сейсмический эффект взрывов скваженных зарядов. /М. Наука. 1967 г.
5. *Пестряков В.А.* О сейсмической безопасности экскаваторов на открытых разработках полезных ископаемых. \ Горный журнал, 1979, № 2, с. 48-50.

□ Авторы статьи:

Путятин
Алексей Николаевич
канд. техн. наук, доцент,
зав. каф. сопротивления
материалов КузГТУ
Email:
kuzstu_sopromat@rambler.ru

Насонов
Михаил Юрьевич,
докт. техн. наук, доцент
каф. механики (Санкт-
Петербургский государ-
ственный горный
университет). Email:
nmu.shsf@kuzstu.ru

Гореликов
Владимир Георгиевич,
докт. техн. наук,
профессор, зав. кафедрой
механики (Санкт-Петер-
бургский государственный
горный университет),
т. (812) 3288282

Монахов
Вячеслав Николаевич
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский
государственный горный
университет),
т. (812) 3288282