УДК 622.235.

Г.П. ПАРАМОНОВ, В.А. АРТЕМОВ,
А.Н. ХОЛОДИЛОВ, Е.Ю. ВИНОГРАДОВА
Санкт-Петербургский государственный горный институт
(технический университет)

НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ РАСКАЧКИ ЗДАНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ И ВОЗДУШНЫХ УДАРНЫХ ВОЛН

Объектом исследований является состояние безопасности зданий и инженерных сооружений, находящихся в зоне влияния горных работ. Предложен новый подход к критериям оценки реакции охраняемых объектов на воздействие сейсмовзрывных и воздушных ударных волн от производства взрывных работ. Выполнены натурные измерения параметров сейсмовзрывных и воздушных ударных волн при производстве массовых взрывов и дроблении негабарита по различным схемам взрывания в разных горно-геологических и метеорологических условиях. Предложен новый метод оценки предельных значений раскачки зданий при воздействии на них сейсмических и воздушных ударных волн.

The subject of research was the state of safety of buildings of engineering constructions and surrounding environment, which were in affected area of mining operations at impact of the seismic and percussion aerial waves from production of blasting works. In the research work the full scale measurings of arguments of the seismic and percussion aerial waves in requirements of production of mass detonatings and crushing of the lumps with the different schemes of blasting both mining-and-geological and meteorological requirements are carried out. The optimum requirements of organization and production of blasting works are proposed.

Необходимость интеграции в мировое экономическое сообщество требует ужесточения действующих норм безопасности. Соответствующие нормы, гарантирующие безопасность воздействия взрывных работ на сооружения, базируются на ограничении скорости смещения грунта вблизи фундамента и давления на фронте воздушных ударных волн. Однако последние исследования [2, 3] указывают на существование дополнительных рисков, проявляющихся через раскачку наземного сооружения в результате воздействия на него воздушных ударных волн. Эти риски обусловлены воздействием инфразвуковых колебаний на человека и необратимыми деформациями в сооружении.

Действительно, особенностью колебаний высотных зданий является то, что часть их спектра приходится на инфразвуковой диапазон, в котором содержатся частоты колебаний жизненно важных органов человека. Это явление наблюдалось на обогатительной фабрике АК АЛРОСА – сооружении, достигающем 40 м в высоту и расположенном к карьеру фронтально [2]. Скорость смещения здания вблизи фундамента в результате сейсмического воздействия массового взрыва оказалась существенно меньше предельно допустимого значения, в то время как раскачка здания по физиологическому воздействию характеризовалась как сильно ощутимая. Отмеченная проблема еще более усугубляется при воздействии

сейсмовзрывных и воздушных ударных волн на объекты социальной инфраструктуры, так как в этом случае действуют более жесткие нормы.

Другой проблемой, связанной с раскачкой сооружений, является вероятность возникновения необратимых деформаций несущих конструкций даже в том случае, когда уровень воздействия сейсмовзрывных и воздушных ударных волн от массовых взрывов находится в допустимых пределах.

Установление количественных критериев безопасного воздействия взрывных работ на наземные сооружения с учетом раскачки представляет собой достаточно трудную задачу. Если уровень допустимого воздействия раскачки на человека еще можно оценить по санитарным нормам [4], то установить амплитуду раскачки, при которой в конструкциях здания начинают накапливаться необратимые деформации можно, видимо, лишь на основе многократных инструментальных замеров.

Программа проведения инструментальных замеров включает определение скорости смещения грунта в основании охраняемого объекта, скорости колебаний нижней и верхней частей объекта, собственных колебаний объекта и параметров импульса воздушных ударных волн. При обработке натурных измерений вычисляются амплитудно-частотные спектры с последующей идентификацией характерных спектральных линий и получением их количественных характеристик (амплитуды, уширения) на основе наиболее распространенной модели Гауссова контура спектральной линии. Эти данные вместе с выявленной динамикой изменения изучаемых параметров в процессе проведения взрывных работ позволят оценить уровень воздействия инфразвуковых колебаний на человека и прогнозировать риск возникновения необратимых деформаций несущих конструкций в результате раскачки здания.

На кафедре безопасности производств и разрушения горных пород СПГГИ (ТУ) была разработана измерительная установка с применением новейших полупроводниковых датчиков сейсмических колебаний (акселерометров ADXL105) и датчиков давления на фронте воздушных ударных волн MPX2010. В качестве устройства ввода измерительной информации, перевода ее в цифровой вид и последующей обработки были использованы цифровой осциллограф TDS3034B фирмы Tektronix, 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь E-330 фирмы L-card (Москва) и портативный компьютер.

По изменению амплитудно-частотного спектра от взрыва к взрыву (появление новых гармоник, относительное изменение амплитуд собственных колебаний, изменение ширины спектральной линии) можно судить, с одной стороны, о приемлемости параметров буровзрывных работ с точки зрения минимизации ущерба наземному сооружению, с другой, о напряженно-деформированном состоянии объекта. На рис.1 представлены временные эволюции характерных спектральных линий для упомянутой выше обогатительной фабрики, имеющей хорошее качество строительных конструкций, и жилого девятиэтажного дома (г. Каменногорск Ленинградской области) с многочисленными трещинами в стыках панелей. Хорошо видно, что в случае повреждений строительных конструкций время затухания колебаний существенно увеличивается. Это наиболее наглядный пример проявления необратимых деформаций в спектре колебаний здания.

Выше отмечалась определяющая роль воздушных ударных волн в раскачке наземного сооружения. Известно, что одним из основных параметров таких волн является избыточное давление. Аппроксимация амплитуд скорости смещения наиболее интенсивного собственного колебания здания обогатительной фабрики (рис.2) позволяет увидеть практически линейную связь между массой заряда и скоростью смещения и легко прогнозировать результат воздействия сейсмовзрывных и воздушных ударных

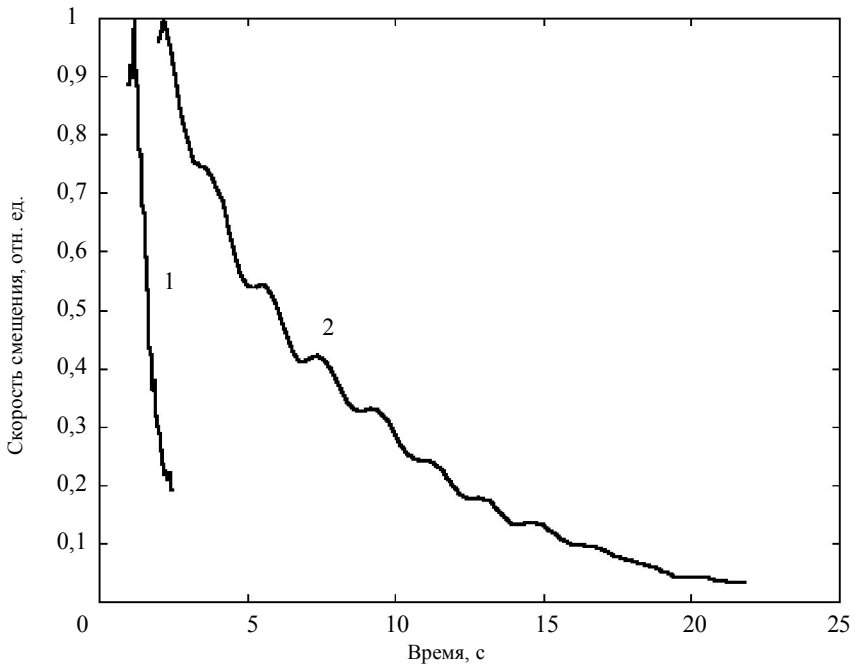


Рис.1. Зависимость амплитуд собственных колебаний от времени

1 – для обогатительной фабрики (частота 7,8 Гц); 2 – для жилого дома (частота 2,3 Гц). Колебания возбуждались импульсом воздушных ударных волн от массовых взрывов

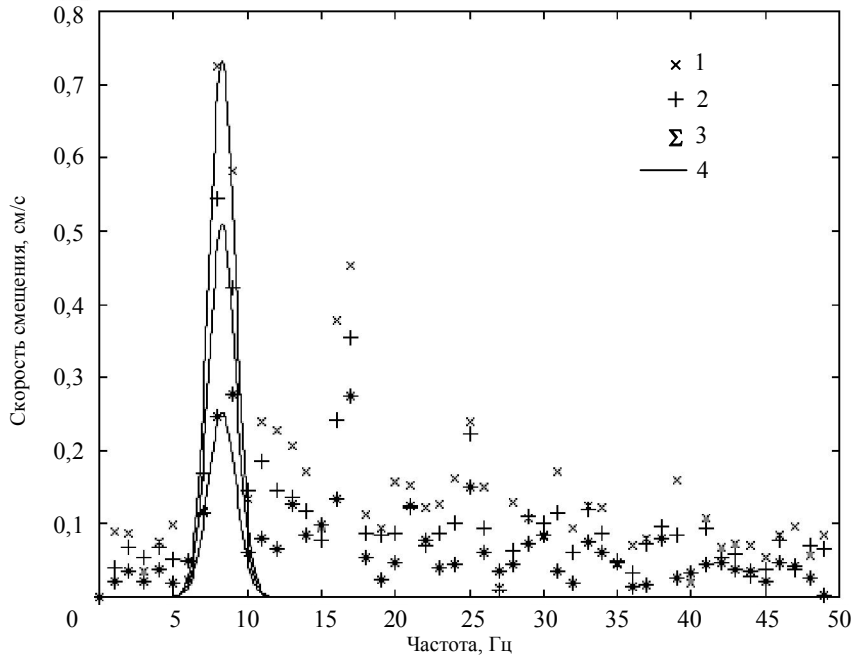


Рис.2. Амплитудно-частотные спектры колебаний обогатительной фабрики, полученные в результате раскачки здания от взрывов наружных зарядов. Заряды находились на расстоянии 1120 м

1, 2 и 3 – масса зарядов 120, 80 и 40 кг соответственно; 4 – аппроксимация собственных колебаний здания (частота 7,8 Гц)

волн от массовых взрывов на наземный объект. Разработаны методики [1], которые позволяют по результатам взрывов наружных зарядов оценивать долю энергии массового взрыва, переходящую в энергию воздушных ударных волн.

Таким образом, чтобы определить предельную амплитуду раскачки здания от взрывных работ, достаточно проводить наблюдения за динамикой изменения амплитудно-частотного спектра здания от его раскачки. При этом нет необходимости каждый раз измерять параметры импульса воздушных ударных волн, так как достаточно лишь установить связь между величиной избыточного давления и скоростью смещения здания в его верхней точке.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аюрзанайн Б.А.* Физические процессы формирования и распространения пылегазового облака при взрывных работах на карьерах / Б.А.Аюрзанайн, И.З.Битколов, В.И.Пичуев // Борьба с силикозом: Сб.статей. М.: Наука, 1986.

2. Взрыв и безопасность / Г.П.Парамонов, В.Л.Ерлыков, А.Н.Холодилов, В.А.Артемов, Е.Ю.Виноградова // Берг-коллегия. Промышленная безопасность. СПб, 2004. № 1 (16).

3. *Гончаров А.И.* Акустические волны при карьерных массовых взрывах / А.И.Гончаров, В.И.Куликов, А.И.Перепелицын // Физические проблемы разрушения горных пород: Сб. тр. Междунар. науч. конф. (Абаза, Хакасия) / ИПКОН. Новосибирск, 2003.

4. Динамический расчет зданий и сооружений: Справочник проектировщика / Под ред. Б.Г.Коренева, И.М.Рабиновича. М., 1984.