

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРУПНОМАСШТАБНОГО ВЗРЫВА НА КАМБАРАТИНСКОЙ ГЭС-2

Нарын дарыясынын сол жээгинде инженердик – сейсмологиялык изилдөөлөрдү жүргүзүү максатында Камбарата ГЭС–2де чоң масштабтуу жардыруулардын эффекти боюнча ГЭСтин негизги курулуш имараттарында инструменталдык байкоолор жүргүзүлгөн. Чоң масштабтуу жардыруулардын термелүүсүндө эсептөө боюнча каралган интенсивтүүлүктүн сейсмикалык таасири чегинен ашкан эмес болуп чыкты. Анын таасири MSK-64 шкаласы менен караганда, байкоолордун маалыматы боюнча 7-ден 4-кө чейинки диапазондогу баллды түзгөн

С целью инженерно-сейсмологических исследований эффектов крупномасштабных взрывов (КМВ) на Камбаратинской ГЭС-2 осуществлены инструментальные наблюдения на основных сооружениях ГЭС на левом берегу р.Нарын. Установлено, что колебания при КМВ не превысили прогнозной интенсивности сейсмических воздействий, которая, по данным наблюдений, оказалась в диапазоне от 7 до 4-х баллов по шкале MSK-64.

For the purpose of engineer–seismological researching of large scale explosion (LSE) effect on the Kambarata HPS-2 it had been instrumental observation on the major constructions of HPS in left bank Naryn river. Oscillation in LSE did not exceed prognoses intensity of seismic influence which observation data showed that was in diapason since 7 till 4 intensity of the MSK-64 scale.

Основным условием наблюдений и фиксации внешних эффектов КМВ является необходимость получения информации о параметрах и характере воздействия потенциально опасных факторов и формирования очага взрыва на поверхности разрушаемого массива. Попутно для возможности оценок закономерностей и местных особенностей распространения процессов воздействия в окрестности взрыва принимается условие исследования затухания, трансформации и районированных проявлений эффектов безотносительно к охраняемым объектам.

Оба условия определяют комбинированную схему наблюдений: с одной стороны, измерения должны быть сосредоточены на капитальных ответственных за эксплуатационное состояние ГЭС сооружениях, с другой стороны – должны охватывать максимально возможную по протяженности область интенсивных воздействий с представительным (учитывающим геологическую неоднородность этой области) распределением пунктов наблюдения (рис.1).

В соответствии с принятой методикой для измерений с регистрацией процессов использован аппаратный комплекс, обеспечивающий неискаженное воспроизведение исследуемых исходных процессов, генерируемых КМВ в окрестной среде. Сейсмометрическая регистрация осуществлена цифровыми комплексами трехосевых акселерографов SMG-5T и велосиграфов фирмы Kinometrics, а также аппаратурой, состоящей из одноосевых сейсмоприемников (акселерометров) ОСП-2М, управляющего блока аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и серийного портативного компьютера.

Сейсмометрические данные; анализ результатов. Ближние пункты сейсмометрических наблюдений расположены в туннеле строительно-эксплуатационного водосброса (СЭВ), колебания от взрыва первого (нижнего, 915) заряда подходят к СЭВ ориентировочно в 11 часов 54 мин (30, 90 с) по местному времени без учета погрешности шкалы абсолютного времени SMG-5T.

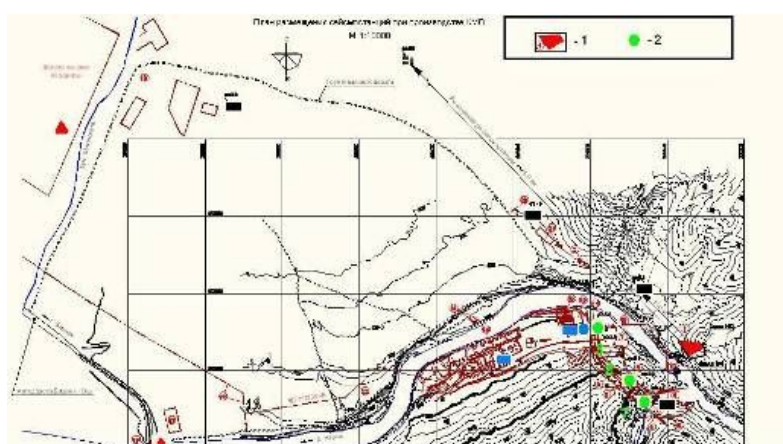


Рис.1. Карта расположения приборов сильного движения и места проведения крупномасштабного взрыва:

1 – место крупномасштабного взрыва; 2 – GeoSIG и номера пунктов наблюдения;

Общий вид акселерограмм соответствует условиям ближней зоны действия взрывов, где объемные волны интерферируют с поверхностными, но, в данном случае, уже при существенно расходящихся передних фронтах, на затухающих колебаниях первого типа волн.

Проявления действия поверхностных волн обнаруживаются в смене фаз максимумов ускорений низкочастотными малоамплитудными колебаниями (3...20 Гц) последующих фаз. По видимым скоростям смещения максимумы показателей действия объемных и поверхностных волн различаются менее определенно, тогда как по радиальной составляющей скорости на фронте продольной волны они почти в 2 раза превышают значения в поверхностных волнах, по вертикальной составляющей эти показатели соотносятся обратным образом. Отмеченное при 1-м взрыве преобладание вертикального движения в фазах поверхностных волн является кинематическим признаком волн Релея, что и отвечает данным условиям.

Колебания от взрывов 2-х зарядов разделены во времени. Общая продолжительность интенсивных колебаний от каждого взрыва ограничивается 0,6...0,7 с, что при времени между

вступлением сейсмических волн $\sim 1,70$ с (см. выше) исключает взаимодействие сейсмоизлучений от обоих источников. Влияние 1-го взрыва на сейсмическую эффективность 2-го исключать нельзя, что и видно из отношений значений максимумов амплитуд (как по ускорениям, так и по скоростям) колебаний от 2-го и 1-го взрывов. Как следует (рис.2) из результатов сейсмонаблюдений в туннеле СЭВ (пункт наблюдений № 2 в середине его протяженности), первые вступления интенсивных волн в пункт регистрации отмечаются в 11 ч 54 мин 31 с, что при расстоянии до 1-го заряда на 915 (с учетом огибания по дну р.Нарын траектории распространения волн) около 400 м и средней скорости продольной волны 3400 м/с дает время 1-го взрыва (по данным измерений абсолютного времени комплектом СМГ-5Т без учета возможной погрешности) 11 ч 54 мин 30,9 с и 2-го – 11 ч 54 мин 32,58 с.

Общее описание процесса колебаний принципиально отличается от предыдущего случая только отсутствием в фазах максимальных амплитуд ускорений признаков суперпозиции высокочастотных (первичных) и низкочастотных воздействий. Последний вид колебаний обнаруживается только на конце акселерограмм (наиболее явно по вертикальной составляющей). Предполагаемые источники этих проявлений – вторичные эффекты формирования очага взрыва (потенциальной воронки или купола в разрушаемом массиве), либо колебания поверхности полости туннеля, распространяющиеся вдоль его контура. Поскольку результаты измерений здесь показывают, что амплитуды низкочастотных колебаний как по ускорению, так и по скорости ниже высокочастотных составляющих, сейсмическое воздействие может оцениваться по начальным фазам колебаний.

Максимальные амплитуды ускорений по радиальной (0,85g и 0,6g) и вертикальной (0,85g и 0,9g) компонентам имеют сопоставимые значения, втрое превышающие величины поперечных, относительно источника, колебаний (вдоль оси СЭВ).

Очевидно, наиболее интенсивные воздействия связаны здесь с продольной волной, что согласуется с представлениями о сейсмическом эффекте внутренних точек среды (в данном случае массива пород, в котором пройден туннель СЭВ) ближней зоны действия взрыва.

Видимые (взятые непосредственно по акселерограммам) частоты колебаний в фазах максимумов варьируют незначительно: для 1-го взрыва 18...25 Гц; для 2-го – 25...40 Гц, укладываясь в диапазон частот колебаний порталного участка (сейсмостанция № 1).

Спектральные показатели колебаний в СЭВ (рис.2) по большей части повторяют характеристики реакции его порталного участка, вместе с тем в спектрах внутри туннеля более выражены высокочастотные (до 30...40 Гц) составляющие процесса, что качественно соответствует видимому содержанию акселерограмм.

По значениям горизонтальных компонент скоростей смещения интенсивность сейсмического нагружения на входе в участок наблюдений в туннеле СЭВ не превышает 7 баллов по MSK-64, что согласуется с прогнозом, приведенным в /1-3/.

Принимая во внимание, что борт массива, вмещающего СЭВ, является конструктивным элементом строительного комплекса водоприемник – водоводы. СЭВ, осуществленные на ∇ 970 этого борта результаты наблюдений в сейсмопункте № 7, целесообразно рассматривать в совмещении с данными по сейсмостанциям № 1 и 2.

Спектр (рис.3) колебаний на сейсмостанции № 7 от взрывов не имеет сколько-нибудь существенных отличий от случаев для станций № 1 и 2. Доминирующие частоты колебаний здесь – 4...5 Гц (до 8 Гц в направлении восток-запад).

По спектрам ускорений в основании здания ГЭС (рис. 4) выделяются две относительно узкие полосы частот преобладающих амплитуд – 2...3 Гц и 10 Гц. Колебания с частотами выше 10 Гц, по-видимому, отфильтрованы сложноструктурной средой распространения сейсмических волн при подходе к объекту.

Сейсмические измерения на участке основных сооружений существенно неоднородны по геологическим и конструктивным условиям на объектах наблюдений: скальные породы в основании пунктов № 2, 7; сложно-пересеченный геологический разрез с несвязными грунтами в пункте № 3; расположение на дневной поверхности пунктов № 3, 7, а пункта № 2 – в глубине массива с возможным влиянием туннеля на результаты измерений; особенности исследования поведения откоса при сейсмическом воздействии для пункта № 7 и т.д.

Как видно из описания характеристик процессов колебаний в распределении таких показателей, как продолжительность колебаний, устанавливается определенный тренд: продолжительность колебаний от каждого из обоих взрывов заметно увеличивается с увеличением расстояний от 0,6...0,7 с до 1,1 с для пункта № 3 (для пункта № 2 возрастает до 1,7 с вследствие реакции туннеля).

Видимые периоды интенсивных колебаний по волнам, определяемым как объемные, не обнаруживают тенденции в изменении значений, выходящей за их флуктуацию для объектов левого берега в пределах 0,03...0,07 с.

Таким образом, итоги наблюдений за показателем интенсивности сейсмического воздействия КМВ – скоростью смещения – обнаруживают очевидную обусловленность закономерности распределения этого показателя свойствами пород (грунтов) в пункте

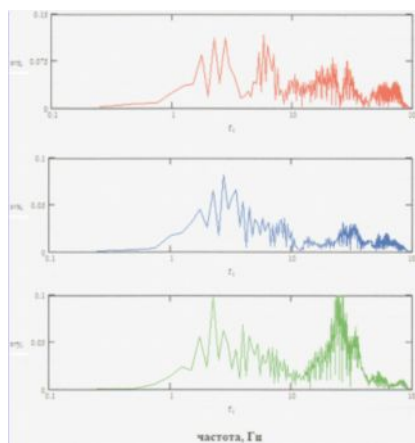


Рис.2. Амплитудный спектр акселерограмм: сеймопункт № 2 (внутри СЭВа): верхний график – вертикальные колебания; средний – юг-север; нижний – запад-восток (радиальные колебания)

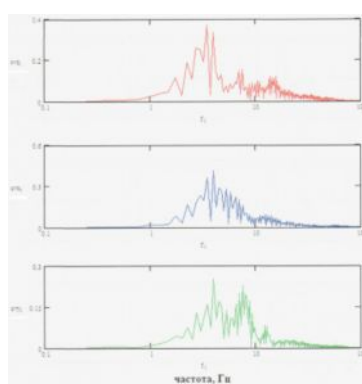


Рис.3. Амплитудный спектр акселерограмм: сеймопункт № 7 (скала над выходным порталом СЭВа): верхний – вертикальные колебания; средний – юг-север; нижний – запад-восток (радиальные колебания)

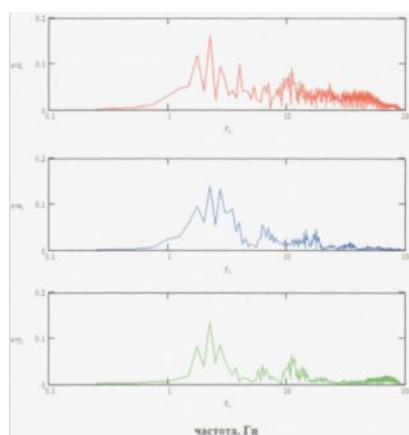


Рис.4. Амплитудный спектр акселерограмм: сеймопункт № 3 (основание ГЭС): верхний – вертикальные колебания; средний – юг-север (приблизительно-поперечные колебания); нижний – запад-восток (радиальные колебания)

наблюдения, размером радиуса области наблюдений относительно заряда, типом энергоносителя – волн, действующих в данном геологическом разрезе на данных расстояниях. Последнее условие, вероятно, является вторичным признаком первых двух.

Выводы. В результате выполненных при КМВ инструментальных наблюдений и визуальных обследований установлено следующее:

– сейсмическое воздействие на охраняемых объектах ГЭС и с.Кара-Жигач соответствует по интенсивности и временным параметрам процесса прогнозным оценкам, данным в /1-6/. При этом зарегистрированная балльность колебаний имеет значения от 7 баллов (участок водоприемника и СЭВ, здание ГЭС) до 4...5 баллов (ближняя к КМВ окраина с.Кара-Жигач);

– волновой состав агентов излучения сейсмической энергии в массиве в окрестности КМВ, полученный из анализа данных сейсмических наблюдений, соответствует, с одной стороны, характеристикам сейсмогеологического разреза участка, с другой – условию закономерной смены волн, несущих интенсивные колебания. В зоне до 1 км максимальные амплитуды скоростей смещения распространяются продольной волной (со скоростью распространения 3,4...3,5 км/с);

– макросейсмические характеристики, исследованные после КМВ, полностью подтверждают инструментальную оценку балльности. Каких бы то ни было признаков деформации сооружений ГЭС, зданий поселка, мазаров на старом кладбище не обнаружено, что согласуется с измеренной интенсивностью колебаний;

– особенностей колебаний, связанных непосредственно с масштабом взрыва, не проявлено;

В общей оценке эффекты КМВ по факторам волнового воздействия принимаются как прогнозируемые (несмотря на масштаб взрыва и особенности его производства), в данном случае безопасные для охраняемых объектов.

Полученные данные измерений и их интерпретации позволяют уточнить предпосылки для прогноза возможной реакции сейсмоактивной территории КР на крупномасштабные строительные взрывы в перспективе и обеспечить сейсмотехнические условия производства таких взрывов.

Список литературы

1. Шуйфер М.И. Обобщенное представление сейсмического процесса для динамического расчета воздействия взрыва // Гидротехническое строительство. – М., 2001. – № 8.

2. Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А. Сейсмичность территории Токтогульского водохранилища 1961-2006 гг. // Гидротехническое строительство. – М., 2007. – № 9.

3. Шуйфер М.И., Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А., Добрынин И.А. Исследования сейсмотехнических условий возведения плотины Камбаратинской ГЭС-2 // Гидротехническое строительство. – М., 2009. – № 12.