

*Бойко В.В., д.т.н., професор
Хлевнюк Д.В., аспірант
Чала О.М., к.т.н., науковий співробітник
Інститут гідромеханіки НАН України*

СЕЙСМОБЕЗПЕКА ГРЕБЕЛЬ І СПОРУД В УМОВАХ КАР'ЄРНИХ ВИБУХІВ

Технічний стан земельно-кам'яної греблі Дніпровської ГЕС багато в чому залежить від статичних і динамічних навантажень, які необхідно контролювати в процесі експлуатації станції.

Тому нами виконано сейсмоконтрольні виміри та емпіричні розрахунки наслідків масових вибухів у кар'єрах, спрямовані на розроблення рекомендацій щодо сейсmobезпеки навколишніх гребель і споруд Дністровської ГЕС. Зроблено порівняльне оцінювання станів греблі та споруд Дністровської ГЕС щодо їх сейсmobезпеки в умовах вібрацій конструктивних вузлів, викликаних запуском – роботою – зупинкою гідроагрегатів, і в умовах кар'єрних вибухів на основі експериментальних сейсмовимірjувальних робіт. Установлено допустимий рівень коливань, що забезпечить цілісність греблі та будівель.

Ключові слова: швидкість зміщення часток ґрунту, масові вибухи, кар'єр, гребля, сейсмовимірjувальна апаратура.

*Бойко В.В., д.т.н., професор
Хлевнюк Д.В., аспірант
Чала О.М., к.т.н., науковий співробітник
Інститут гідромеханіки НАН України*

СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТЬ ПЛОТИН И СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КАРЬЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Техническое состояние земельно-каменной плотины Днепроvской ГЭС во многом зависит от статических и динамических нагрузок, которые необходимо контролировать в процессе эксплуатации станции.

Поэтому нами выполнены сейсмоконтрольные измерения и эмпирические расчеты последствий массовых взрывов в карьерах, направленные на разработку рекомендаций по сейсmobезопасности окружающих плотин и сооружений Днестровской ГЭС. Проведена сравнительная оценка состояний плотины и сооружений Днестровской ГЭС по их сейсmobезопасности в условиях вибраций конструктивных узлов, вызванных запуском – работой – остановкой гидроагрегатів, и в условиях карьерных взрывов на основе экспериментальных сейсμοизмерительных работ. Установлен допустимый уровень колебаний, что обеспечит целостность плотины и зданий.

Ключевые слова: скорость смещения частиц почвы, массовые взрывы, карьер, плотина, сейсμοизмерительная апаратура.

Boyko V., ScD, Professor
Hlevnjuk D., post-graduate
Chala O., PhD, researcher
Institute of Hydromechanics of NAS Ukraine

SEISMIC SAFETY OF DAM AND BUILDINGS UNDER BLASTING IN QUARRY

The technical condition of land and stone dam Dniester hydroelectric station is largely dependent on the static and dynamic loads that need to control process of exploitation of the station.

Vibration Control constructional nodes of hydraulic units in stable and transient modes of operation worked out in details and solved by the system automatically polls the information on the display dispatcher HPP.

Unlike vibration constructional nodes, study vibrations from the start – works – stopping hydraulic units and seismic vibrations from of massive explosions in the quarry on the state of land and stone dams and structures Dniester HPP not conducted.

Note that the the emergence and development of defects in dam and buildings in one way or another conducive to dynamic loads and deformations arising, they as from exposure to vibration forces and from seismic waves.

Therefore research of influence of of vibration hydraulic units during the start, work, stops and also – the impact from the seismic mass explosions conducted in the career the water area of standing ships on the state of stone-land dam is the topical issue.

The criterion for seismic safety during blasting for constructions and dam is speed shift soil particles as their basis. Damage in structures occurs when the soil particles shift speed (U , cm/s) exceeds its allowable value [U].

Especially dangerous is the situation when the oscillation frequency soil base building close to her own. Using these criteria in practice leads to an erroneous definition (usually overstatement) accepted limit when determining allowable intensity fluctuations of soil at the base of the building carried out according to existing rules without technical condition of buildings (weakening cracks) and frequency spectrum system of «soil-building».

Overstatement of limit values lead to an erroneous determination of safe seismic parameters mass explosions in quarries, leading to unpredictable grade and favorable environment for further development of existing and creation of new cracks in nearby buildings.

Performed seismic control measurements and empirical calculations of the consequences mass explosions in a quarry blasts aimed at developing a recommendations on the seismic safety of dams and constructions of surrounding the Dniester hydroelectric station.

Made a comparative assessment of the state dams and residential buildings on seismic effects on them of mass explosions. It is established permissible level of vibrations that will ensure the integrity of dams and buildings.

Keywords: *the speed of the displacement of the soil particles, mass explosions, quarry, dam, seismic measuring equipment.*

Вступ. Технічний стан земельно-кам'яної греблі Дністровської ГЕС багато в чому залежить від статичних та динамічних навантажень, які необхідно контролювати в процесі експлуатації станції.

На відміну від вібрацій конструктивних вузлів, вивчення впливу вібрацій від пуску – роботи – зупинки гідроагрегатів і сейсмічних коливань від масових вибухів у кар'єрі на стан земельно-кам'яної греблі та споруд Дністровської ГЕС не проводилося. Слід відзначити, що появі й розвитку дефектів у греблі та спорудах тією чи іншою мірою сприяють динамічні навантаження і деформації, що виникають у них як від впливу вібраційних сил, так і від сейсмічних хвиль. Тому дослідження дії вібрацій гідроагрегатів під час пуску, роботи, зупинки, а також від сейсмічного впливу масових вибухів, що проводяться в кар'єрі акваторії відстою суден, на стан кам'яно-земельної греблі є актуальною темою.

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. Критерієм сейсмобезпеки при вибухових роботах для будівель та греблі є величина швидкості зміщення часток ґрунту в їхній основі [1 – 5]. Ушкодження споруд наступає в тому випадку, коли швидкість зміщення часток ґрунту (U , см/с) перевищує допустиму її величину [U]. Особливо небезпечним становище стає, коли частота коливань ґрунтової основи будівлі наближається до її власної. Відповідно до нормативних документів [1 – 4] і на основі обстеження технічного стану та строку експлуатації земельно-кам'яної греблі й споруд Дністровської ГЕС допустима величина швидкості зміщення часток ґрунту в основі її встановлена 2,0 см/с на частоті більше 20 Гц.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Існує проблема визначення впливу сейсмічної дії масових вибухів, що проводяться в акваторії відстою судів та у Барнашівському кар'єрі пісковиків, на технічний стан земельно-кам'яної греблі Дністровської ГЕС, розташованої в зоні 500 – 2000 м.

Постановка завдання. Завдання полягає в установленні величини критичних сейсмічних навантажень із застосуванням розрахункових методів.

Основний матеріал і результати дослідження. Для запису параметрів сейсмовибухових хвиль (СВХ), що виникли в результаті масових вибухів, і параметрів вібрації від пуску – роботи – зупинки гідроагрегатів Дністровської ГЕС використовувалася така апаратура: сейсмоприймачі СМ-3 та СМ-3В, аналого-цифровий перетворювач сигналів АЦП-440 і реєстратор ПК типу ноутбука.

Спершу визначимо величину критичних сейсмічних навантажень із застосуванням розрахункових методів, серед яких переважає квазістатичний підхід. При цьому сейсмічну дію вибуху на греблю будемо перевіряти на тріщиноутворення та на втрату стійкості. Останні дослідження доповнені й уточнені з позицій того, що як критерій сейсмічної оцінки залежно від зони, в котрій охороняються об'єкти, розглядається той тип хвиль, які найбільш небезпечні та своєю дією приводять до втрати їх сейсмостійкості (резонансу).

Нерівність, котра може описати граничний напружений стан гірської породи, на яку діє сейсмічна хвиля з масовою швидкістю U , має вигляд

$$U \leq U_{дон} , \quad (1)$$

де $U_{дон}$ – критична швидкість зміщення часток породи, см/с.

У зв'язку з тим, що нас цікавить границя між зонами пружних деформацій і радіальних тріщин, яка знаходиться далеко від осередку сейсмовипромінювання (епіцентр вибуху) $r > 2r_0$, і проведення масових вибухів передбачає використання не сферичних, а циліндричних зарядів, хвилю напруження можна вважати достатньо плоскою для того, щоб виконувалася рівність

$$\sigma_r = U \gamma V_p, \quad (2)$$

де σ_r – радіальні напруження;

U – масова швидкість зміщення часток породи;

γ – питома вага, кг/см³.

V_p – швидкість розповсюдження поздовжніх, поперечних хвиль, см/с.

Радіальні тріщини в глибині масиву утворюються під дією тангенціальних напружень, для яких

$$\sigma_\tau = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_r, \quad (3)$$

де σ_τ – тангенціальні напруження;

ν – коефіцієнт Пуассона.

Для ближньої зони вибуху за умови, що ширина гравітаційної греблі, як правило, порівнянна з відстанню до зарядів, тому явища відколювання не є визначальними при розгляді небезпеки тріщиноутворення. Критична масова швидкість визначається за формулою

$$U_{don} = 100 \cdot \frac{1-\nu}{\nu} \cdot \frac{[\sigma_p]}{\gamma W_p}, \quad (4)$$

де $[\sigma_p]$ – тимчасовий часовий опір породи на розривання, Па;

При вибухах дія сейсмічних хвиль за швидкістю зміщення часток ґрунту, яка передається на тіло греблі через нижній б'єф, не повинна досягти більшої за критичне значення величини. Тут також вступає в силу обмеження за стійкістю, котре залежить від технічного стану окремих блоків, з яких вона побудована, та гідроізоляції вертикальних швів між ними.

Сейсмічні хвилі від масового вибуху, проходячи під основою греблі, можуть зменшити коефіцієнт запасу її стійкості до зсуву з таких причин (рис. 1):

– рух скельної основи вниз з прискоренням j_z еквівалентний зменшенню ваги блока на величину

$$\Delta P = M j_z$$

де M – маса блока греблі;

– рух скельної основи в напрямку водосховища греблі з прискоренням j_x еквівалентний збільшенню горизонтальних зсувних сил на величину

$$\Delta N = M j_x$$

– рух дна водойми вгору з прискоренням j_z^H еквівалентний збільшенню ваги води навколо греблі, в результаті чого збільшується зсувна сила гідростатичного тиску на величину, що дорівнює сейсмічному тиску води; для вертикальної напірної грані сейсмічна сила, яка припадає на 1 м довжини греблі, складає

$$P_c = 0,7 j_z^H \gamma_B H^2$$

де j_z^H – вертикальне прискорення основи біля напірної грані;

γ_B – густина води;

H – повна глибина води біля напірної грані.

Прийемо, що вектор прискорення основи напрямлений під кутом 45° до горизонту і перпендикулярний до осі греблі, тоді

$$j_x = j_z = 0,7 j$$

де j – величина вектора прискорення.

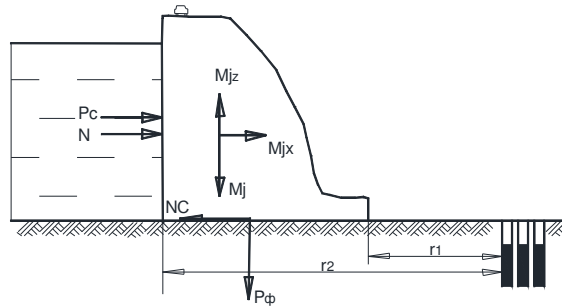


Рисунок 1 – Схема для розрахунку греблі на сейсмостійкість до вибуху

Якщо гребля стоїть на скельній основі без зуба і можна знехтувати силами зі сторони нижнього б'єфа і якщо напірна грань вертикальна, то коефіцієнт запасу стійкості блока греблі до зсуву виразимо відношенням суми всіх стримуючих сил до суми сил, які здатні його зсунути,

$$K_{cm} = \frac{(Mg - P_{\phi} - 0,7Mj)f + cS}{N + 0,7Mj + 0,5j\gamma_B H^2 b (r_e/r_2)^2}, \quad (5)$$

де g – прискорення вільного падіння;

P_{ϕ} – вертикальна сила, прикладена до основи блока від фільтраційного тиску;

N – сила зсуву від гідростатичного тиску, прикладена до напірної грані блока;

f – коефіцієнт тертя блока по скельній основі;

j_{β} – коефіцієнт зчеплення між блоком і основою;

S – площа основи;

H – глибина води біля напірної грані;

b – довжина блока вздовж осі греблі;

r_e – еквівалентна відстань;

r_2 – відстань від заряду до напірної грані.

Оскільки дія сейсмічних коливань під час вибуху короткочасна, припустимо, що у момент вибуху коефіцієнт стійкості дорівнював 1,1. Тоді з рівняння (5), прийнявши $K_{cm} = 1,1$, отримаємо величину критичного прискорення $j_{кр}$, після чого визначимо критичну швидкість у глибині масиву за формулою

$$U_{кр} = \frac{j_{кр} \cdot T}{2\pi},$$

де T – характерний період коливань ґрунту.

Якщо вибухи виконуються на відстані, яка дорівнює ширині греблі, то слід урахувати згасання хвиль на шляху їх розповсюдження. У зв'язку із цим розрахунок гранично допустимого заряду треба вести для деякої еквівалентної відстані r_e , котра, звичайно, перевищує величину відстані до носка-трампліна греблі. Тут еквівалентна відстань дорівнює такій відстані, на якій реалізується прискорення, котре, якби воно було однаковим під усією основою блока греблі, дало б такий же ефект зменшення ваги блока, що й реальний розподіл прискорення.

У випадку згасання амплітуди прискорення згідно із законом r^{-2} і при рівномірному розподілі маси в поперечнику греблі еквівалентна відстань визначається з рівняння

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dx}{x^2} = \frac{r_2 - r_1}{r_e^2}$$

Як наслідок цього, еквівалентна відстань обчислюється так:

$$r_e = \sqrt{\frac{r_2 - r_1}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}}}, \quad (6)$$

де r_1 – відстань від заряду до носка греблі;

r_2 – відстань від заряду до напірної грані.

Для профілю поперечника греблі довільної форми еквівалентна відстань обчислюється за формулою

$$r_e = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}} \int_{r_1}^{r_2} \frac{f(x) dx}{x^2}},$$

де $f(x)$ – аналітичне подання профілю поперечника греблі.

За наведеною вище методикою можна здійснити наближений розрахунок допустимого заряду для сейсмостійкості греблі. При цьому для простоти приймаємо поперечний переріз греблі, який показано на рис. 2. Масові вибухи проводяться в скельних породах акваторії відстою судів у нижньому б'єфі, однотипних із дном, починаючи з найближчої відстані 30 м від носка греблі й далі. Ширина греблі в основі становить 50 м. На блок довжиною $b = 6,5$ м і масою $9 \cdot 10^6$ кг у статиці діють зсувна гідростатична сила $N = 44 \cdot 10^6$ Н·с та сила фільтраційного тиску $P_\phi = 32 \cdot 10^6$ Н. Глибина води у напірній грані становить 37 м. Коефіцієнт тертя бетонного блока по гранітній основі греблі $f = 0,65$, а коефіцієнт зчеплення $c = 0,2 \cdot 10^6$ Н/м². Згідно з формулою (6), $r_e = 50$ м.

Звівши всі величини у відповідну систему одиниць, підставивши їх у формулу (5) і прийнявши коефіцієнт стійкості до зсуву $K_{cm} = 1,1$, одержимо критичне прискорення $\gamma_{кр} = 290$ см/с², після чого критична масова швидкість у поперечній хвилі при частоті сейсмічних коливань у поперечній хвилі від вибуху зарядів вибухової речовини (ВР) 20 – 30 Гц для періоду $T = 0,05$ с становить $U_{кр} = 2,35$ см/с.

Така масова швидкість допустима для тих точок під греблею, які розташовані на відстані $r_e = 50$ м від місця вибуху.

Для знаходження гранично допустимого заряду використаємо формулу для знаходження масової швидкості в ближній зоні

$$U = K \frac{\Delta}{\alpha B_e} \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r} \right), \quad (7)$$

де K – коефіцієнт сейсмічності, що залежить в основному від навантаження на заряд (питома витрата ВР) і частково від фізико-механічних властивостей породи;

Δ – коефіцієнт, що залежить від щільності заряджання свердловини (за відсутності повітряних проміжків $\Delta = 1$, якщо ж є повітряні проміжки, то цей коефіцієнт дорівнює відношенню фактичної маси заряду до тієї маси, яка була б при додатковому заповненні повітряних проміжків);

α – коефіцієнт глибини;

B_e – ступінь зниження рівня сейсмічних коливань за екраном, визначається за формулою

$$B_e = U_{ee} / U$$

де U_{ee} – масова швидкість коливань у цій, певній точці за відсутності екрана;

U – масова швидкість коливань у цій, певній точці за екраном.

Використовуючи формулу (7), враховуємо, що нас цікавить швидкість зміщення часток порід у глибині масиву, під греблею ($\alpha = 2$) і що вибухи проводяться в обводнених свердловинах ($K = 600$). Звідси для зосередженого заряду маємо

$$300 \rho^2 = 2,35$$

Отже, при відстані $r_e = 50$ м маса граничного заряду становить $Q_{\max} = 90$ кг.

Формула (4) стосується тільки глибинних точок масиву, де пошкодження пов'язані з дією тангенціальних напружень, які розповсюджуються далі, ніж радіальні. Крім того, ця формула носить оцінюваний характер, тому що в ній застосовуються значення опору на розрив, одержані в результаті статичних дослідів на зразках, що не відповідає умовам навантаження при масових вибухах. Тому надалі проведемо дослідження щодо сейсдобезпеки греблі та споруд Дністровської ГЕС в умовах вібрацій конструктивних вузлів, викликаних запуском – роботою – зупинкою гідроагрегатів і кар'єрних вибухів на основі експериментальних сейсмовимірвальних робіт у реальних умовах. Доцільно було б замінити критерій у формулі М. А. Садовського на енергетичний, використовуючи закон динамічної подібності, та виконати порівняльне оцінювання результатів.

Стосовно широкого застосування критерію $[\sigma_p]$, то це можна виправдати тим, що витрати енергії на пошкодження скельних порід відносно невеликі, а тому в тій частині поля навколо заряду, де напруження перевищені, енергії буває достатньо $[\sigma_p]$.

Слід відзначити, що можливій появі й розвитку дефектів у греблі та спорудах тією чи іншою мірою можуть сприяти динамічні навантаження і деформації в них як від впливу вібраційних сил, так і від сейсмічних хвиль. Сейсмовплив від масових вибухів на конструктивні вузли гідроагрегатів, фундаменти ГЕС та земельно-кам'яну греблю характеризується інтенсивністю поздовжньої, поперечної й поверхневої сейсмічних хвиль, яка залежить від:

- пружних властивостей масивів гірських порід за профілем поширення сейсмічних хвиль і основи греблі й фундаменту будівлі;
- відстані та місця розташування висаджуваних блоків по відношенню до греблі;
- маси заряду ВР загальної й тієї, що вибухає миттєво в групі;
- технологічних схем підривання, які формують амплітудно-частотний спектр коливального процесу.

У районі Дністровської ГЕС було проведено заміри значень вібрацій та сейсмоколивань як при роботі станції в різних режимах, так і при проведенні масових вибухів у кар'єрі (акваторія відстою судів). Виміри проводилися в основі греблі, на її гребені, а також усередині споруди ГЕС. Для запису параметрів СВХ, що виникли в результаті масових вибухів, і параметрів вібрації від пуску – роботи – зупинки гідроагрегатів застосовувалася апаратура й методика вимірювання, наведена вище.

При вимірюванні коливань від масових вибухів датчики встановлювалися на лівому березі р. Дністер по профільних лініях у 4-х пунктах (у кожному по дві – складові X і Z). Пункт № 1 – на відстані 1200 м від гребеня кам'яно-земельної греблі (відм. +127 м); пункт № 2 – 900 м (відм. +82 м. основи греблі); пункт № 3 – на залізобетонній споруді ГЕС на відстані 1000 м (відм. +99 м) і пункт № 4 – на береговій позначці +78, віддаленій на 800 м від місця вибуху, із загальною масою ВР від 4000 кг до 8000 кг. Відмітки горизонтів кар'єру, де виконувалися вибухові роботи і проводилися сейсмовимірювання становили +80 – +130 м. Вимірювання параметрів швидкості коливань при пуску, роботі й зупинці гідроагрегатів виконувалися безпосередньо в машинній залі. Датчики встановлювалися на різних рівнях поблизу джерел випромінювання вібрації (табл. 1):

- пункт 1 (т. 1,2) – шахта турбіни Г-4, справа від входу на її кришці (відм. +67 м);

– пункт 2 (т. 3,4) – турбінний зал Г-4 в районі шафи управління ТВЗ 4-4 (відм. +71,8 м);

– пункт 3 (т. 5,6) – машинний зал Г-5 у районі панелі № 6 АЩУ-5 (відм. +75,7 м);

– пункт 4 (т. 7,8) – машинний зал Г-1 у районі панелі № 6 АЩУ-1, (відм. +75,7 м).

Реєстрація коливань від проведення масових вибухів проводилася при такому ж розташуванні датчиків у режимі спокою гідроагрегатів.

За результатами вимірювань і подальшої обробки даних отриманих сейсмограм були одержані параметри динамічних навантажень на охоронні об'єкти при проведенні масових вибухів і при різних режимах роботи гідроагрегатів.

Як видно з табл. 1, за результатами апаратурних вимірювань за характерними профілями та на різних відстанях від блока, який висаджується, зареєстровано різні рівні сейсмоколивань. Під час вибухів 16.09.2006 і 18.01.2007 максимальна інтенсивність відповідає трьом балам, 25.11.2006 – одному балу, а 16.10.2006 – чотирьом балам згідно із сейсмічною шкалою для вибухів. Відповідно інтенсивність динамічних впливів при запуску, роботі та зупинці гідроагрегатів на тіло греблі (лівий берег, відм. +82; +99; +127) сейсмонавантаження складає три бали, а безпосередньо біля самих агрегатів (машинний зал) складає три – чотири бали.

Оскільки навантаження, спричинені гідроагрегатами, є постійно діючими і такими, що не призводять до порушень у греблі та спорудах, то їх можна прийняти за рівень сейсдобезпечності для вибухових робіт. При цьому допустимою швидкістю сейсмічних коливань (у балах), яка буде забезпечувати збереження кам'яно-земельної греблі, була прийнята швидкість, що не перевищує зареєстрованої величини коливань у тілі греблі від запуску, роботи або зупинок агрегатів Дністровської ГЕС.

Якщо одержані максимальні сейсмонавантаження на греблю при роботі гідроагрегатів становлять три бали, то з урахуванням частотної характеристики коливань доцільно знизити допустиму інтенсивність сейсмоколивань на один бал, тобто за допустиму величину інтенсивності сейсмоколивань при проведенні вибухових робіт потрібно прийняти два бали за сейсмічною шкалою для вибухів (0,2 – 0,4 см/с). У табл. 1 наведені параметри коливань, отримані при проведенні масових вибухів і при різних режимах роботи гідроагрегатів Дністровської ГЕС.

За результатами експериментальних робіт з використанням сейсмометричної апаратури визначені допустимі маси зарядів ВР, які підриваються одночасно в одній максимальній групі в кар'єрі акваторії відстою судів (табл. 2). Указані в табл. 2 маси зарядів, що підриваються на відповідних відстанях від греблі Дністровської ГЕС, забезпечать стабільну роботу охоронної споруди.

З метою забезпечення якості й безпечного проведення свердловинно-вибухових робіт необхідно дотримуватися вимог положень Рекомендацій, нормативної документації та контролю за ними.

Контроль виконання робіт відповідно до Типового проекту здійснюється до і після масового вибуху. До проведення вибуху контроль забезпечує чітку організацію та здійснення підготовчих робіт (зачищення і розбивання блока, буріння, доставка до місця робіт ВР і матеріалу для заряджання свердловин, їх забивання, монтаж вибухової мережі й т.д.), корегування параметрів зарядів, організацію та проведення вибуху, його оцінювання, прийом і браковку окремих видів робіт. Після виконання вибуху контроль забезпечує оцінювання результатів (кінцевий продукт), виявлення й усунення дефектів виконаних робіт (подрібнення негабаритних кусків гірничої маси, ліквідація навісів, підробка підшви уступу тощо), загальне оцінювання гірничої маси.

**Таблиця 1 – Значення заміряних швидкостей коливань,
отриманих від масових вибухів та пуску роботи
і зупинки гідроагрегатів на греблі ГЕС**

Джерело випромінювання коливань	Швидкість коливань, см/с (частоти домінуючих коливань, Гц)								max інтенсивність коливань за сейсм. шкалою для вибухів, бали
	Пункт 1		Пункт 2		Пункт 3		Пункт 4		
	т. № 1	т. № 2	т. № 3	т. № 4	т. № 5	т. № 6	т. № 7	т. № 8	
Вибух 16.09.2006	0,160 (6,0)	0,165 (6,0)	0,42 (12; 7,5)	0,24 (12; 7,5)	0,464 (22; 7,5)	0,122 (22; 7,5)	0,592 (22; 75)	0,614 (12; 75)	III
Вибух 16.10.2006	0,060 (1,5)	0,074 (1,5)	0,122 (1,5; 2,0)	0,006 (1,5; 2,0)	0,320 (8,0; 10)	0,580 (8,0; 10)	0,890 (5,0; 8,0)	0,110 (5,0; 8,0)	IV
Вибух 25.11.2006	0,084 (7,5; 10)	0,114 (7,5; 10)	0,042 (7,5; 10)	0,049 (7,5; 10)	0,070 (7,5; 10)	–	0,064 (7,5; 10)	0,067 (7,5; 10)	До 1-го
Вибух 18.01.2007	0,200 (5; 11; 18)	0,190 (5; 8; 17)	0,290 (5; 7,5; 18)	0,450 (7,5; 18)	0,220 (15; 18)	0,160 (3; 5; 6)	–	–	III
Вибух 18.01.2007	0,295	0,246	0,412	0,620	0,470	0,230	–	–	III
25.11.2006 Шумовий фон	0,048 (68; 100; 190)	0,085 (68; 100; 190)	0,013 (68; 100; 190)	0,035 (68; 100; 190)	0,019 (68; 100; 190)	–	0,016 (68; 100; 190)	0,049 (68; 100; 190)	До 1-го
Пуск Г-1 та Г-3	0,65 (150; 170; 180)	0,10 (50; 100; 150; 200)	0,14 (70; 160; 190)	0,10 (50; 100; 150)	0,10 (60; 85)	–	0,28 (75)	0,08 (50; 70; 100; 50)	III
Пуск Г-6	0,6 (50; 150; 180)	0,08 (50; 100; 150; 200)	0,23 (70; 100; 180)	0,09 (50; 100; 125)	0,10 (50; 70)	–	0,8 (50; 75; 175)	0,30 (60; 75)	IV
Робота Г-1, 3, 4, 5, 6	1,13 (150; 180)	0,2 (50; 100)	0,27 (70; 100; 180)	0,42 (50; 100; 125)	0,177 (50; 70)	–	0,58 (50; 75; 175)	1,07 (100; 175; 200)	IV
Зупинка	0,91 (150; 165; 182)	0,08 (50; 100; 150; 200)	0,27 (70; 110; 190; 260)	0,15 (50)	0,08 (50; 100; 150; 200)	–	1,3 (50; 75)	0,41 (50; 70)	IV
18.01.2007 Пуск Г-3, Г-4	0,100 (240)	0,135 (240)	0,68 (4; 7; 12; 10)	0,120 (16; 18)	0,350 (4,5; 9; 12)	0,100 (4; 7)	–	–	III
Робота	0,100 (240)	0,131 (240)	0,638 (5; 13; 14)	0,100 (15; 12)	0,050 (5; 8; 12; 14)	0,090 (5,5; 6,5)	–	–	III

**Таблиця 2 – Визначення допустимої маси зарядів ВР,
яка підривається одночасно в тах групі**

Сейсмобезпечна відстань до охоронного об'єкта, м				500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
Максимальна допустима маса зарядів в одній групі сповільнення, кг	Допустима швидкість коливань для об'єкта, см/с	0,4	Сезонність робіт	літо – зима	80	140	220	330	470	640	850	1100	1400	1750	2100
				весна – осінь	65	110	175	260	370	510	680	880	1120	1400	1680
		0,2	Сезонність робіт	літо – зима	–	–	–	80	120	160	210	280	350	440	540
				весна – осінь	–	–	–	65	95	130	170	285	280	350	430

У процесі виконання свердловинно-вибухових робіт з урахуванням гірничо-геологічних або виробничих умов допускається відхилення від контрольованих параметрів на величину до 5%.

Висновки. Визначені допустимі маси зарядів ВР, які підриваються одночасно в одній максимальній групі в кар'єрі акваторії відстою на відповідних відстанях від греблі Дністровської ГЕС. Дані табл. 2 забезпечать необхідну сейсмобезпеку для будівель та гідроспороди тільки з використанням параметрів масових вибухів (висота уступу, конструкція й діаметр свердловинного заряду ВР, тип ВР і т. п.). Виконання масових вибухів за іншими технологіями або в зоні відстаней, не відображених у табл. 2, не допускається без даних, які необхідно одержати на основі додаткових сейсмовимірювальних робіт у цих умовах.

Література

1. Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення. – Х. : ТОВ Видавництво «Форт», 2013. – 186 с.
2. Технічні правила ведення вибухових робіт на денній поверхні. – Х. : ТОВ Вид-во «Лідер», 2013. – 120 с.
3. ДСТУ 4704:2008. Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 11 с.
4. ДСТУ 7116:2009. Вибухи промислові. Методи визначення фактичної сейсмостійкості будівель і споруд. – К. : Держспоживстандарт України. – 2010. – 6 с.
5. Бойко В. В. Проблеми сейсмічної безпеки вибухової справи у кар'єрах України: монографія / В. В. Бойко. – К. : ТОВ «Видавництво «Сталь»», 2012. – 234 с.
6. Kuzmenko A. A. Seismic effects of blasting in rock / A. A. Kuzmenko, V. D. Vorobev, I. I. Denisyuk, A. A. Dauetas // Oxford IBH Publishing Co. Pvt. Ltd, 1993. – 169 p.
7. Berzon J. S. Experimental Investigation of Dinamic Parameters of seismic waves in real media / J. S. Berzon // Studia geoph. et geodet. – 1959. – №3.
8. Baron R. Threshold values for blast damage assessment / Baron R. // Tunnels and Tunnelling. – 1994. – 26, № 5. – pp. 46–47.
9. Voda Jiří. Sledování seizmických účinků trhavých prací při V stavbě jaderných elektráren / Voda Jiří. //Inz. Stavby. – 1989. – 37, № 7–8: pril. : Stavby jad. energ. – С. 49–52.
10. Pal Roy P. Vibration control in an opencast mine based on improved blast vibration predictors / Pal Roy P. // Mining Sci. and Technol. – 1991. – 12, № 2. – pp. 157–165

© Бойко В.В., Хлевнюк Д.В., Чала О.М.
Надійшла до редакції 2.12.2015