

ЗЕМЛЕТРУС 12.03.2006 РОКУ В ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ

В Житомирській області в районі сіл Ямілець і Охотівка була зареєстрована сейсмічна подія, класифікована як локальний землетрус тектонічного походження. Інструментальні координати гіпоцентру землетрусу: широта $\varphi = 50.9436^{\circ}N$, довгота $\lambda = 28.0094^{\circ}E$, глибина вогнища $H = 1.7$ км, магнітуда $M_d = 3.6$. Землетрус відбувся в північно-західній частині Українського щита на Східно-Європейській платформі, в зоні, яка до цього, згідно нормативної карти СР-78, вважалася асейсмічною. Землетрус в Житомирській області, як і землетрус 03.01.2002 р. в Тернопільській області, інтенсивність якого в епіцентрі досягала 6 балів, та декілька слабших локальних землетрусів 1963 і 2001 років на Східно-Європейській платформі, разом з інформацією про сейсмічність інших древніх платформ, свідчать про необхідність проведення інструментальних сейсмологічних спостережень та спеціальних сейсмотектонічних досліджень на всій платформній частині території України для встановлення параметрів її сейсмічної небезпеки.

The seismic event was classified as local tectonic earthquake in the area of Yamilec and Ohotivka villages at Zhytomyr region was registered. The instrumental co-ordinates of earthquake hypocentrum: latitude $\varphi = 50.9436^{\circ}N$, longitude $\lambda = 28.0094^{\circ}E$, depth of source $H = 1.7$ km, magnitude $M_d = 3.6$. The earthquake occurred in north-western part of the Ukrainian shield on the East-European platform in an area was considered earlier as aseismic in according to the normative map SZ-78 (SZ – seismic zoning). The earthquake at Zhitomir region, the 03.01.2002 earthquake in Ternopil region which had at epicentre the intensity up to 6 ball, as well as the several weaker local earthquakes was occurred at 1963 and 2001 at East-European platform, along with the information about the seismicity of other ancient platforms, witness about the necessity to carry out the instrumental seismological observations and special seismotectonic investigations at all parts of the platform's territory of Ukraine for determination of its seismic hazard parameters.

Рядом сейсмічних станцій України і Білорусії 12 березня 2006 року була зареєстрована сейсмічна подія, з епіцентром в Житомирській області, в районі сіл Ямілець і Охотівка. Подія характеризується наступними параметрами: час у вогнищі $t_0 = 09$ год. 52 хв. 17.65 с за Гринвічем; географічна широта $\varphi = 50.9436^{\circ}N$, довгота $\lambda = 28.0094^{\circ}E$; глибина вогнища $H \approx 1.7$ км; магнітуда $M_d = 3.6$. З огляду на час та місце виникнення події, спочатку було прийнято гіпотезу про те, що зареєстровано потужний промисловий вибух в одному із місцевих кар'єрів з видобутку граніту. Але нетипово висока потужність події і незвичайний для запису промислових вибухів вигляд сейсмограм [1, 2], заставив провести додатковий пошук інформації про вибухи, які проводилися в епіцентральному районі події в указаний час.

В результаті проведених пошуків гіпотеза про потужний промисловий вибух в місцевому кар'єрі не підтвердилася. За повідомленням виконуючого обов'язки головного інженера "ЗахідУкрвибухпром": ні згідно графіка проведення вибухових робіт, ні позачергово в зазначений період вибухи в місцевих кар'єрах не проводилися. Аналогічна інформація була одержана від керівництва усіх місцевих кар'єрів. З огляду на це та на відсутність інших факторів, таких як крупні інженерно-гравітаційні, карстові процеси, закачування великих мас рідини в свердловини тощо, які б могли викликати техногенний землетрус, зареєстровану подію можна класифікувати як локальний землетрус тектонічного походження.

На рис. 1 – 3 представлені записи землетрусу 12.03.2006 року, одержані з різних станцій.

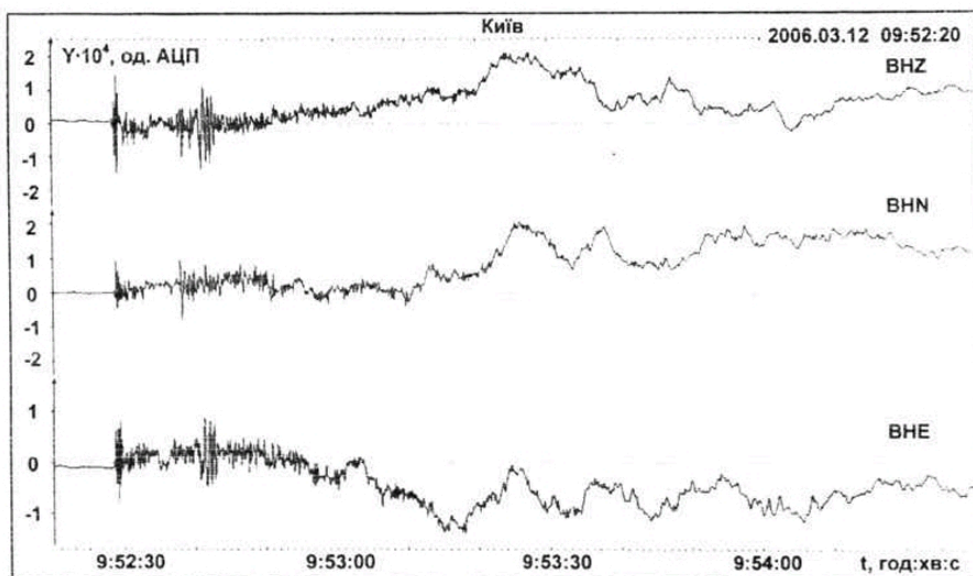


Рис.1. Запис сейсмічної події 12.03.2006 р. на сейсмічній станції "Київ-IRIS"

У геотектонічному плані епіцентр зареєстрованої сейсмічної події розташований у північно-західній частині Українського щита в межах Волино-Подільського мегаблоку, на якому розташовані басейни річок Уборта, Норина, Случ, Тетерів, Південний Буг, Сось і деякі ліві

притоки Дністра, і який складається з двох окремих підблоків (Волинського і Подільського). Підблоки відрізняються між собою за тектонічною будовою, абсолютним віком порід і історією геологічного розвитку [3].

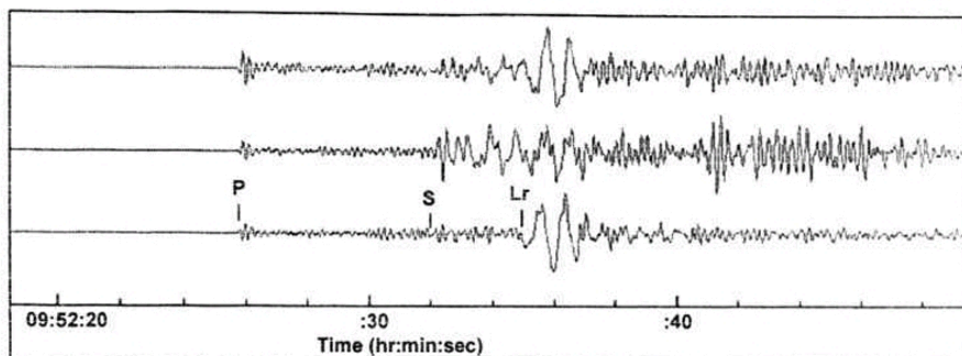


Рис. 2. Запис сейсмічної події 12.03.2006 р. на сейсмічній станції ГЦСК НАУ "Кам'яний брід"

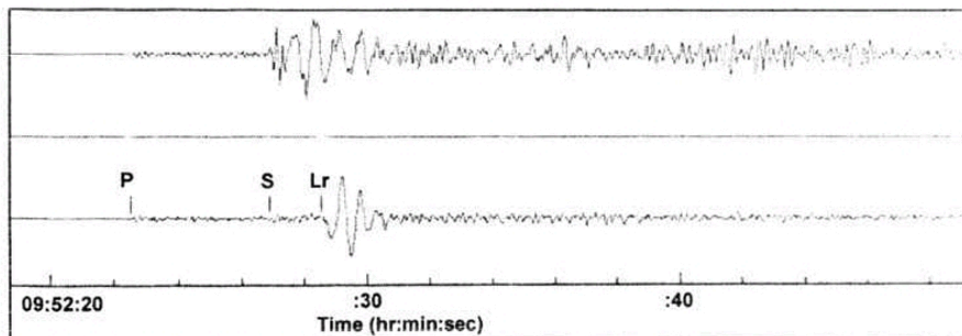


Рис. 3. Запис сейсмічної події 12.03.2006 р. на сейсмічній станції ГЦСК НАУ "Підлуби"

Волинська структура, де безпосередньо знаходився епіцентр сейсмічної події (див. рис. 4), впродовж всього протерозою була достатньо рухомою платформою, внаслідок чого тут сформувалися передрозломні трогої і шовні синклінали, розташовані уздовж меж Волинського блоку і у внутрішній його частині. Повна консолідація блоку відбулася в кінці середнього протерозою, після формування порід коростенського комплексу. В той же час Подільська залишалася відносно стабільною.

Складна і багатоетапна історія розвитку Волинського блоку сприяла формуванню численних розломних структур, які відрізняються різними умовами формування, розмірами, глибиною закладання і віком. Найбільш давніми розломами глибинного закладання є міжблокові тектонічні зони, що відносяться ще до раннього докембрію: Прип'ятський, Суцано-Пержанський, Тетерівський глибинні розломи [4].

Древні розломи глибинного закладання: Прип'ятський і Суцано-Пержанський, а також розломи більш пізнього формування: Центральний та Ємільчинський – можна віднести до таких, що контролюють сейсмічну ситуацію даного району.

Історичні прояви локальної сейсмічності на Українському щиті були зареєстровані переважно в його південній і південно-західній частинах на Волино-Подільській, Скіфській плитах та в Донбасі, в зонах із відносно високою тектонічною активністю.

На платформній частині України відомо лише декілька відчутних місцевих землетрусів. Їх вогнища залягали в межах земної кори, внаслідок чого сейсмічний ефект мав локальний характер. Інтенсивність сейсмічних струшувань в епіцентральної зоні досягала 6-7 балів за шкалою MSK-64. За історичними даними, приведеними в [6], такі землетруси проявилися на межі Кіровоградської і Черкаської областей – 7 балів (1873 р.); в Донецькій області (район Константинівки) – 6±1 бал (1937 р.); Харківській – 5-6 балів (1858 і 1913 роки); Чернігівській – 5±1 бал (1905 р.); Тернопільській – 6 балів (2002 р.) та в ряді інших місць.

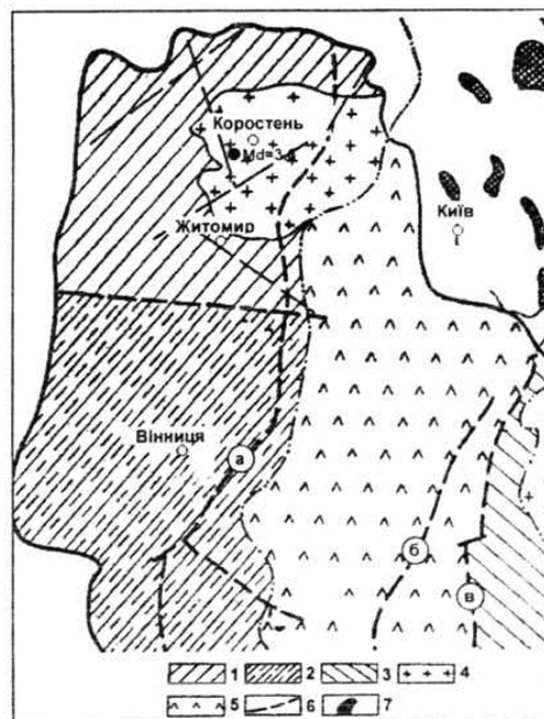


Рис. 4. Геотектонічне районування Українського щита [3]. Платформні блоки: 1 – Волинський, 2 – Подільський, 3 – Кіровоградський, 4 – масиви рапаківі і гранітоїдної лужної формації у платформних блоках; 5 – нерозчленоване Білоцерківсько-Одеське геосинклінальне відгалуження, 6 – глибинні розломи, 7 – інтенсивні маловивчені магнітні аномалії

Під час останнього, Тернопільського землетрусу, на невеликих ділянках ґрунту і в капітальних спорудах проявилися тріщини шириною в декілька сантиметрів, що за шкалою сейсмічної бальності MSK-64 є властивим

для значно сильніших землетрусів. Такі явища, як Тернопільський землетрус, підтверджують загальне правило, згідно якого: неглибокі вогнища землетрусів на платформах можуть викликати руйнівні ефекти навіть при невисоких значеннях магнітуд ($M \leq 4,5$).

До останнього часу сейсмічності платформних територій не приділялося належної уваги. Однак в 70-х роках ХХ-го століття було показано, що на всіх тектонічних платформах нашої планети рідко, але все ж відбуваються катастрофічні землетруси, максимальні з яких у районах епіцентрів досягають інтенсивності струшувань 8 – 10 балів за шкалою MSK-64. Так у ХХ сторіччі практично на усіх древніх платформах планети відбулися сильні землетруси з магнітудами 6.5 – 7.8. На Східно-Європейській платформі історичні вогнища землетрусів також спостерігалися практично повсюди. Магнітуда землетрусів в основному не перевищувала 3-4, рідше 5-5.5, а інтенсивність струшувань в епіцентрі при найсильніших подіях досягала 6-7 балів [7].

Одержана за останній час у світі сейсмологічна інформація свідчить про те, що внутрішні частини древніх платформ, які раніше відносилися до асейсмічних, також піддаються сучасним деформаційним процесам, хоча і більш повільним ніж їх краї.

З одного боку, землетруси на платформі виникають рідко, що знижує сейсмічний ризик для розташованих тут будівель і споруд, але з іншого боку, з огляду на це – не вдається досить швидко накопичити інформацію про місцеві зони можливої активізації тектонічних процесів і оцінити параметри їх потенційного сейсмічного впливу на важливі об'єкти.

Згідно концепції сейсмогенних зон І.Е. Губіна [5] достатньо сильні землетруси можуть виникати в зонах, обумовлених активними розломами. При цьому повинні бути присутні ряд ознак, серед яких – наявність неотектонічної активізації древніх розломів.

У неоген-четвертинний період геологічного розвитку на території Українського щита спостерігається активізація частини існуючих і виникнення нових тектонічних розломів, а також зростання кількості плікративних структур.

Слід відзначити, що в межах активних і слабоактивних територій у ряді місць сейсотектонічна ситуація виявляється досить подібною. Аналогічними, наприклад, виявляються рівні сейсмічності в області низьких енергетичних класів; подібною є блоковість земної кори і тріщинуватість її верхньої частини, висота рельєфу, глибина фундаменту, потужність земної кори і тепловий потік; на обидвох територіях підтверджується наявність глибинних розломів [8].

З рис. 5 видно, що вогнище землетрусу 12.03.2006 року знаходиться в межах зони, яка зазнала значного підняття в неоген-четвертинний період. Епіцентр землетрусу тягнє до зони Ємільчинського глибинного розлому, тектонічна активність якого проявилася в цей же період.

Зазначимо, що епіцентр землетрусу 12.03.2006 р. лежить в зображеній на рис. 5 області позитивних вертикальних рухів з амплітудою 2 мм на рік. В межах цієї області відбулися ще кілька землетрусів. Зокрема, землетрус 03.01.2002 р. поблизу с. Микулинці, Тернопільського району Тернопільської області, інтенсивність якого в епіцентрі досягала 6 балів, та дещо слабші локальні землетруси 1963 і 2001 років.

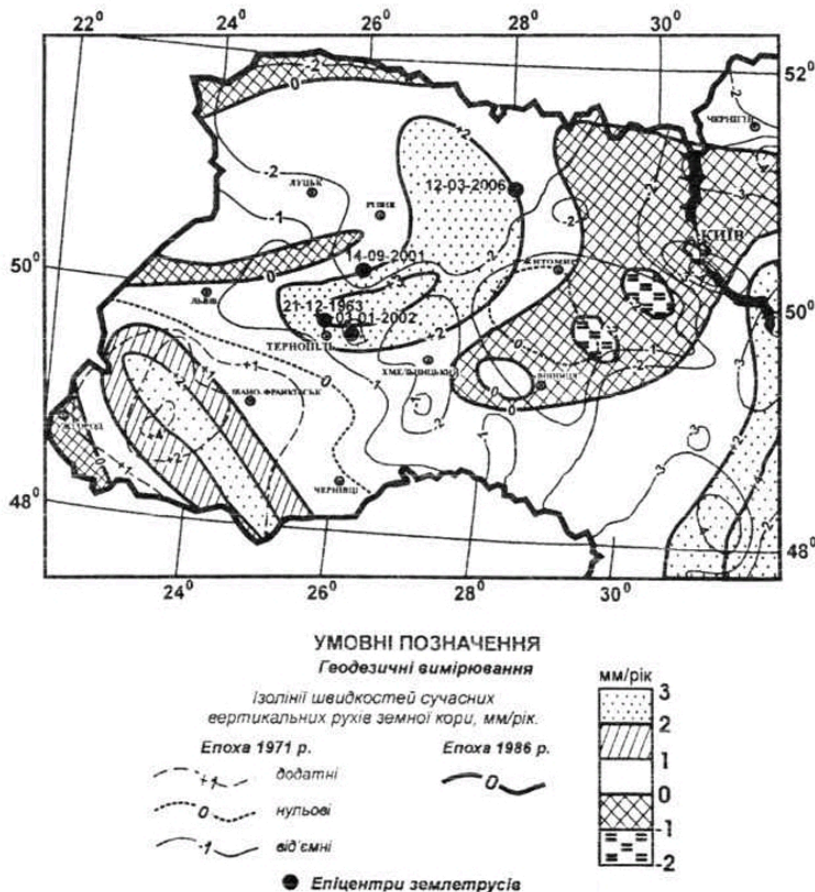


Рис. 5. Фрагмент карти сучасних вертикальних рухів в районі вогнища землетрусу 12.03.2006 року [10]

В результаті раніше проведених досліджень з уточнення сейсмічної небезпеки Рівненської, Хмельницької і Чорнобильської АЕС, розташованих в межах північно-західної частини Українського щита, було зроблене припущення, що зони ймовірного виникнення сильних місцевих землетрусів тут співпадають з ділянками розшліщення масивів гірських порід і аномального збільшення середніх градієнтів швидкостей неотектонічних рухів земної кори. Факт виникнення землетрусу в межах Волинської структури, поблизу активізованого глибинного розлому, підтверджує ці припущення.

На жаль приходиться констатувати, що внаслідок недостатньої сейсмостатистичної забезпеченості робіт по створенню нових карт ЗСР для платформної частини території України, для цієї території довелося використовувати сейсмологічну інформацію, зібрану за достатньо короткий проміжок часу, з огляду на це, вона навряд чи може адекватно описувати реальну сейсмічну небезпеку платформної частини території України. Доповнити її необхідною інформацією, хоча б про слабку частину сейсмічного процесу, неможливо без суттєвого розширення мережі сейсмічних спостережень на цій частині території України.

Сейсмологія, звичайно, володіє досить потужним арсеналом розрахункових методів, однак потрібно визнати, що найнадійніше параметри прогнозованих струшувань у даний час можуть бути визначені лише на основі безпосередніх широкосмугових інструментальних спостережень [9]. На жаль, для виконання цієї задачі на платформній частині території України сейсмологічна мережа є не достатньо щільною.

Висновки. Аналіз прояву геофізичних полів на території виникнення землетрусу 12 березня 2006 року в Житомирській області дозволяє зробити висновки про те, що геолого-тектонічна будова району приуроченості гіпоцентру цієї події з рядом ознак відповідає раніше відомим теоретичним характеристикам сейсмоактивних зон на древніх щитах.

Існуюча на території України на даний час сейсмологічна мережа не дозволяє контролювати джерела

слабких землетрусів, пов'язаних з розломними зонами на більшості платформної частини території України. Тим більшим є як теоретичне, так і практичне значення інструментально зареєстрованих відносно сильних локальних землетрусів, аналогічних події 12 березня 2006 року в Житомирській області. Ці унікальні для платформної частини території України природні явища підтверджують встановлений для інших древніх платформ світу факт, що сильні землетруси на платформах можуть виникати, але відбуваються вони тут набагато рідше, ніж в активних сейсмогенних зонах, зокрема, в сейсмоактивних поясах, пов'язаних із зонами стику крупних планетарних тектонічних плит, де відбувається понад 90% усіх землетрусів планети.

Для встановлення просторово-часових закономірностей сучасної тектонічної активності на платформній частині території України необхідно сформувати на цій території достатньо густу мережу режимних сейсмічних станцій (пунктів спостережень), здатну здійснювати постійний контроль слабких місцевих землетрусів і реєструвати сейсмічну емісію з активізованих розломних структур.

1. Кедров О.К., Немытов А.И., Калинина Н.Н., Виллемсон О.П. Метод и программная реализация автоматического обнаружения и локализации сейсмических явлений на отдельной трехкомпонентной станции в режиме реального времени. – Докл. АН СССР. 1989. Т. 307. № 1. – С. 67-73.
2. Пасечник И. П. Характеристики сейсмических волн при ядерных взрывах и землетрясениях. М.: Наука, 1970. – 193 с.
3. Тектоника Украинского щита. – Київ: Наукова думка, 1972. – 300 с.
4. Рябенко В.А. Основные черты тектонического строения Украинского щита. – Київ: Наукова думка, 1970. – 125 с.
5. Губин И.Е. Сейсмогенные тектонические процессы // Современная тектоническая активность Земли и сейсмичность. – М.: Наука, 1987. – С. 5-21.
6. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Отв. ред. Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин. – М.: Наука, 1977. – 535 с.
7. Ананьин И.В. Сейсмоактивные зоны Восточно-Европейской платформы и Урала // Комплексная оценка сейсмической опасности. – М.: Наука, 1991. – С. 106-121. (Вопр. инженер. сейсмологии, Вып. 32).
8. Рейснер Г.И. Очередной урок сейсмическому районированию – Известия АН СССР. Физика Земли, №3, 1993. – С. 109-112.
9. Кендзера О.В. Стан та перспективи розвитку сейсмологічної служби України – Вісник КНУ, серія Геологія, вип. 19, 2002. – С. 15-24.
10. Атлас "Глибина будова літосфери та екогеологія України". Масштаб 1:5000000. – Київ: Державна геологічна служба України, 2002. – 55 с.

Надійшла до редколегії 06.12.06

УДК 550.831+624.04

Г.М. Бугаєвський, д-р фіз.-мат. наук, Є.В. Літвінова, ст. викл.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙСНОГО РУХУ КОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Запропонована комплексна методика визначення дійсного руху коливальних систем (детального дослідження реакції споруди та ґрунту на механічну дію), яка включає методи проведення спостережень за допомогою інженерно-сейсмометричного вимірювального комплексу й обробки результатів спостережень за допомогою обчислювального комплексу для автоматизованого аналізу і інтерпретації сейсмічних даних і дозволяє враховувати оцінку змінної в часі спектральної характеристики споруди.

The complex method of determination of veritable motion of the oscillating systems (of the detailed research of reaction of building and foundation on a mechanical action), which includes the methods of conducting of supervisions by engineering-seismometrical of measuring complex and treatment of results of supervisions by and calculable complex for the automated analysis and interpretation of seismic information and that allows to take into account the estimation of variable in time of spectral description of building, have been given.

Актуальність проблеми. Для вдосконалення методів розрахунку будівель і споруд на сейсмічні дії, для цілеспрямованих досліджень зниження матеріаломісткості сейсмостійкого будівництва, а також для вирішення багатьох інших практичних питань, пов'язаних з проектуванням і будівництвом об'єктів в сейсмонебезпечних районах, необхідна достовірна і численна інформація про динамічну поведінку будівель і коливання ґрунту.

Всяка споруда, пов'язана з ґрунтом, є коливальною системою зі своїми частотними характеристиками. Дійсний рух точок споруди можна визначити через дійсний рух ґрунту і реакцію споруди, як механічної системи, на цей рух. Таким чином, задача визначення дійсного руху

ґрунту і окремих точок споруди є найважливішою оптимізаційною задачею теорії сейсмостійкості.

Актуальність рішення основної задачі – це і отримання великої кількості записів сильних рухів, і розширення можливостей для вирішення обернених задач завдяки використанню могутніх ЕОМ.

Аналіз задачі. Рішення задачі про вимушені коливання споруди в загальному випадку вимагає знання зовнішньої силової дії як функції часу і частот дійсного спектру. В рамках математичних моделей це рішення зводиться до матричних рівнянь в термінах кінцевих елементів. Необхідність урахування демпфуючих властивостей споруди вимагає завдання характеристик дисипації енергії механічних коливань в об'ємі споруди, як