

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 розщільнення 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 за 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. – Киев: 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. Бугасівський, д-р фіз.-мат. наук, Є.В. Літвінова, ст. викл.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙНОГО РУХУ КОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Запропонована комплексна методика визначення дійсного руху коливальних систем (детального дослідження реакції споруди та ґрунту на механічну дію), яка включає методики 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 проблеми. 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

деяких інтегральних, або матриці їх значень для тієї або іншої сітки вузлів. Як відомо, сили опору рухам в середовищі є непотенційними і тому не піддаються загальному моделюванню. "Невизначеність законів розподілу демпфуючих характеристик конструкцій робить недоцільним розрахунок їх вимушених коливань з використанням уточненої математичної моделі". І далі: "При резонансі... коефіцієнт динамічності..., що визначає відношення максимального переміщення до статичного, залежить лише від величини ϵ (узагальненої характеристики демпфування конструкції). Звідси витікає важливість точного визначення демпфуючих характеристик конструкції" [3]. Без знання цих характеристик доводиться розглядати вільні коливання систем з кінцевим числом мір свободи. І так як відповідні рівняння виявляються однорідними, абсолютні значення амплітуд (і інших характеристик руху) не вдається обчислити. Це вимушує вести мову про відносні амплітуди, коефіцієнти їх розподілу і, відповідно, про головні частоти і форми вільних коливань.

Спектр відгуку істотно змінюється при переході від однієї точки об'єкту до іншої. Доцільно виділяти такі ділянки об'єкту, які характеризуються найбільшими різницями теоретичного і експериментального спектрів, найвищими градієнтами зміни спектру. Ці ділянки повинні бути найбільш чутливими до тимчасових змін частотних властивостей споруди.

Разом з тим, для проблеми сейсмостійкості основною є задача про вимушені коливання конкретної конструкції під впливом місцевого механічного, сейсмічного порушника [2]. Тому правомочним і потенційно перспективним є уявлення про будівлю або споруду як про фізичний об'єкт, реакцію якого на дію слід вивчати фізичними методами.

При сучасних способах організації значно щільніших, ніж раніше, систем інструментальних спостережень створюється можливість районувати сейсмічну небезпеку по величині кінетичної енергії одиничної маси ґрунту при дійсному її русі в сейсмічній хвилі. У такому разі можна було б відійти від використання поняття макросейсмічного балу і оцінювати дію на конструкцію не статично прикладеною максимальною силою інерції, а результатом проходження всього цугу сейсмічних коливань в кінематичних характеристиках дійсного руху ґрунту і споруди.

Постановка задачі. У практиці сейсмометричних досліджень застосовуються способи імпульсного калібрування сейсмічної апаратури, при яких на вхід приладів подаються стандартні імпульси. При рішенні прямої і оберненої задач сейсмометрії використовуються відгуки на ці імпульси, а не значення окремих параметрів приладів. У зв'язку з цим пропонується використовувати для вирішення оберненої задачі сейсмометрії інтегральні рівняння типу Вольтерра I роду.

Інструментальні задачі – задачі з лінійним оператором відповідності, формулюються у вигляді інтегрального рівняння Вольтерра типу згортки.

Основою математичного рішення задачі відновлення вхідного сейсмічного сигналу є метод Лінза [16–20] – покроковий метод, заснований на квадратурі, ваги якої використовують інтегральні характеристики ядра $h(t, \tau)$. За основними показниками (збіжність, швидкість збіжності, стійкість) цей метод еквівалентний методу середніх прямокутників.

Основні умови, яким повинен задовольняти вхідний сигнал.

1. Сигнал $x(t)$ є фінітним на $(0, T)$: $x(t)=0$ при $T < t < 0$.

2. Повна енергія $x(t)$ кінцева $\int_0^T x(t)^2 dt < \infty$.

Можливість такого рішення розглянута А.М. Шулбаєвим [16]. Однак до теперішнього часу практична реалізація цього рішення не була здійснена.

Алгоритм I. Безперервна функція $h(t)$ представляє оригінал імпульсної перехідної характеристики. Нехай на відрізку $[0, T]$ задана рівномірна сітка вузлів $t=i\Delta t$, $i=\overline{1, n}$ з кроком $\Delta t=T/n$. Рішення рівняння

$$y(t) = \int_0^t h(t-\tau) \cdot x(\tau) d\tau \quad (1)$$

для ядра $h(t, \tau) \neq 0$ при $x(0)=0$, $h(0)=1$, $t=\tau$ і $0 \leq t \leq T$ знаходиться по рекурентній формулі:

$$x_{i-1/2} = \frac{y_i}{m_i} - \sum_{j=0}^{i-1} \frac{m_{i-j}}{m_i} x_{j+1/2}, \quad i = \overline{1, n},$$

де $m_i = \int_0^{\Delta t} h(\tau) d\tau$ і залежить від величини кроку Δt , що є

параметром регуляризації даного методу; $x_{i-1/2}$ ($i=\overline{1, n}$) сіткова апроксимація точного рішення $x(t)$. Докази збіжності сіткової функції і рішення (2) розглянуті в [16].

Алгоритм II. Про поведінку фізичної системи можна отримати уявлення, якщо визначити її відгук на деякі виклики спеціального вигляду, здійсненні технічно. Як такий виклик в даній роботі використовувалася одинична ступінчаста функція вигляду

$$x(t) \equiv u(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0, \\ 1 & \text{при } t \geq 0. \end{cases}$$

Рішення рівняння (1), відповідне виклику $u(t)$, називається відгуком $g(t)$ на одиничну ступінчасту функцію, що описує перехід системи під впливом стрибкоподібної дії із стану спокою в стан збудження [4]. Тоді з формули (1) після підстановки в неї значення $h(t)$ для $0 \leq t \leq T$ отримаємо

$$y(t) = \int_0^t g'(t-\tau) x(\tau) d\tau = \int_0^t g(t-\tau) x'(\tau) d\tau, \quad g(0) = 0. \quad (2)$$

Відгук на одиничну ступінчасту функцію та імпульсну перехідну характеристику зв'язані виразом

$$g(t) = \int_0^t h(t-\tau) u(\tau) d\tau = \int_0^t h(\tau) d\tau.$$

Формула Дюамеля (2) дає рішення прямої задачі.

Розглянемо рішення оберненої задачі для ядра $g(t, \tau)$. Нехай відрізок $[0, T]$ розбито на рівномірну сітку вузлів $t=i\Delta t$, $i=\overline{1, n}$, $\Delta t=T/n$, тоді для знаходження рішення x_i отримаємо наступну рекурентну формулу:

$$x_i = \frac{\Delta t y_i}{D_0} - \sum_{j=1}^{i-1} \frac{D_{i-j} - D_{i-j-1}}{D_0} x_j, \quad i = \overline{2, n},$$

де $D_0 = \int_0^{\Delta t} g(s) ds$.

Алгоритми I і II реалізовані на ПК [3, 9, 10, 13, 14]. Стандартна техніка доказу збіжності чисельного методу рішення інтегрального рівняння Вольтерра I роду, аналіз стійкості чисельного рішення до погрешностей правої частини розглянуті в [16].

Методика та результати досліджень. Велике практичне значення має випробування алгоритмів на стійкість при аналізі різних вхідних сигналів, оскільки для обернених задач класу інтерпретації (при "неточних" вхідних даних) застосування стійких алгоритмів дозволить отримати (в рамках вибраної моделі), достатньо близький до реальної характеристики результат, якщо погрешність вхідних сигналів достатньо мала [2]. Були проведені наступні чисельні експерименти:

1) перевірка працездатності алгоритмів рішення оберненої задачі для ядер $h(t, \tau)$ й $g(t, \tau)$ та сімейства фун-

кції $x(t) = x(t, \omega)$, що моделює вхідний сигнал [9]; параметром регуляризації, є крок дискретизації сейсмічного запису; як теоретичні використовуються вхідні сигнали типу імпульсу Берлаге, які добре імітують форму об'ємних сейсмічних хвиль [1] (імпульс Берлаге добре моделює результат реєстрації реальних сейсмічних сигналів. Такий сигнал зручний для вирішення прямого завдання, оскільки дозволяє аналітично обчислювати відгук каналу (сейсмограму) за допомогою інтеграла типу згортки);

2) перевірка стійкості алгоритмів для теоретичних сигналів з "білим шумом";

3) інструментальний аналіз задачі відновлення вхідного сигналу [13] за допомогою інженерно-сейсмометричного вимірювального комплексу для реєстрації відгуку споруди на штучну сейсмічну дію в діапазоні малих енергій (рис. 1), розробленого в лабораторії опору матеріалів, сейсмометрії, сейсмостійкості і мультимедійних технологій кафедри механіки і сейсмостійкості споруд Національної академії природоохоронного і курортного будівництва (м. Сімферополь) [7].

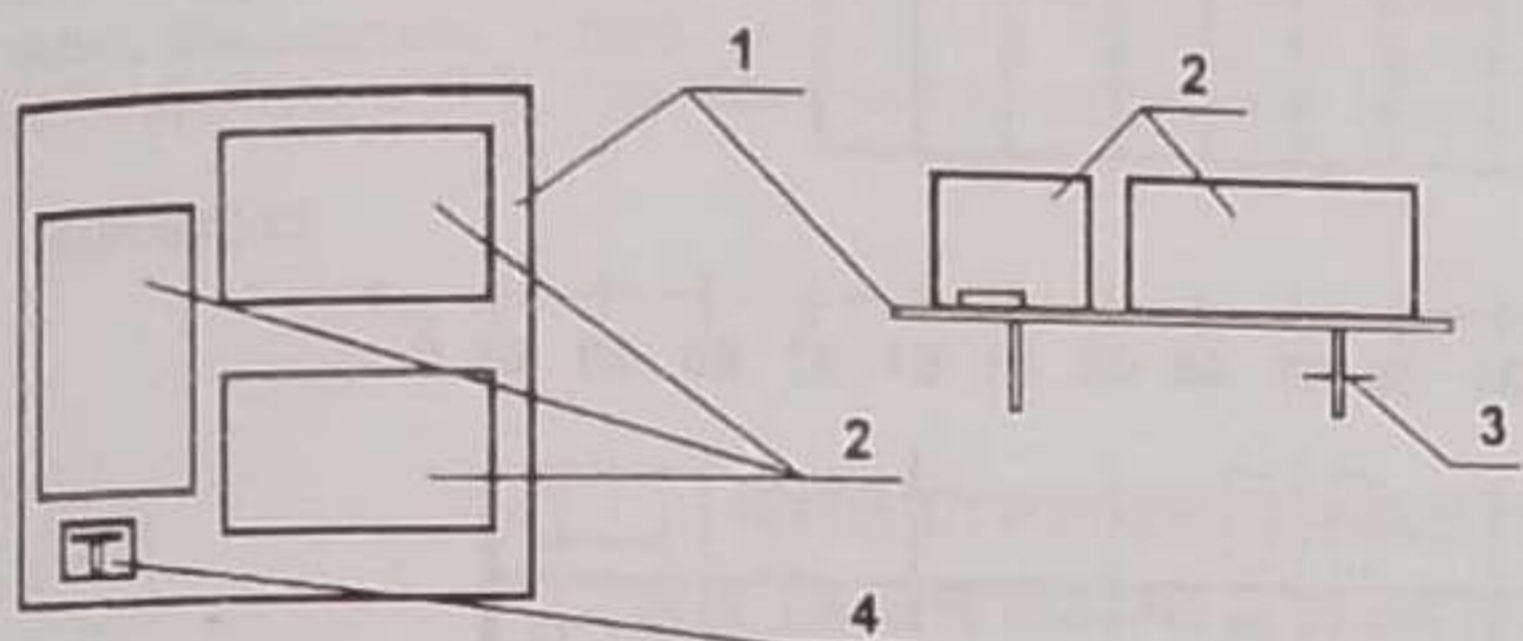


Рис. 1. Схема переносного трьохкомпонентного вимірювального пункту: 1 – сталева плита; 2 – сейсмоприймачі СМЗ-КВ; 3 – гвинтова опора; 4 – система рівнів.

Основою методики визначення дійсного руху ґрунту, будівель і споруд [15] є використання інтегральних рівнянь типа Вольтера, до яких зводиться диференціальне рівняння руху сейсмографа. Основою схеми рішення є формула Дюамеля, використовувана для знаходження швидкості руху об'єкта шляхом рішення такого інтегрального рівняння методом Лінза [16–20]. Усунути некоректність відновлення вхідного сигналу можна шляхом математичного рішення задачі за рахунок накладення обмежень на вхідний сигнал [16].

Комплексна методика визначення дійсного руху коливальних систем [15] включає наступні положення:

1. Реєстрація відгуку споруди (ґрунту) на механічну дію [6]:

✓ вибір джерела збудження (рис. 2) здійснюється відповідно до поставленої задачі, умов проведення експерименту і об'єкту дослідження, найбільш застосовними є ударні дії і "відтяжки" (для споруд невеликої маси);

✓ принцип розміщення вимірювальних приладів [6, 11, 12] (пов'язаний з придатністю отримуваної інформації для подальшого аналізу поведінки споруди – рис. 3).

2. Представлення первинних матеріалів – акселерограм, велосіграм і сейсмограм (при цьому враховуються частотні характеристики сейсмометричних каналів; доцільність такої форми представлення початкових даних підтверджується прикладами відновлення дійсного руху коливальних систем [9, 13, 14]).

3. Обробка результатів спостережень за допомогою обчислювального комплексу для автоматизованого аналізу і інтерпретації сейсмічних даних [15]; вхідною інформацією для розрахунку є розрахункові акселерограми або велосіграми; на виході маємо покомпонентні

і поверхові спектри, які можна використовувати для подальшого аналізу.

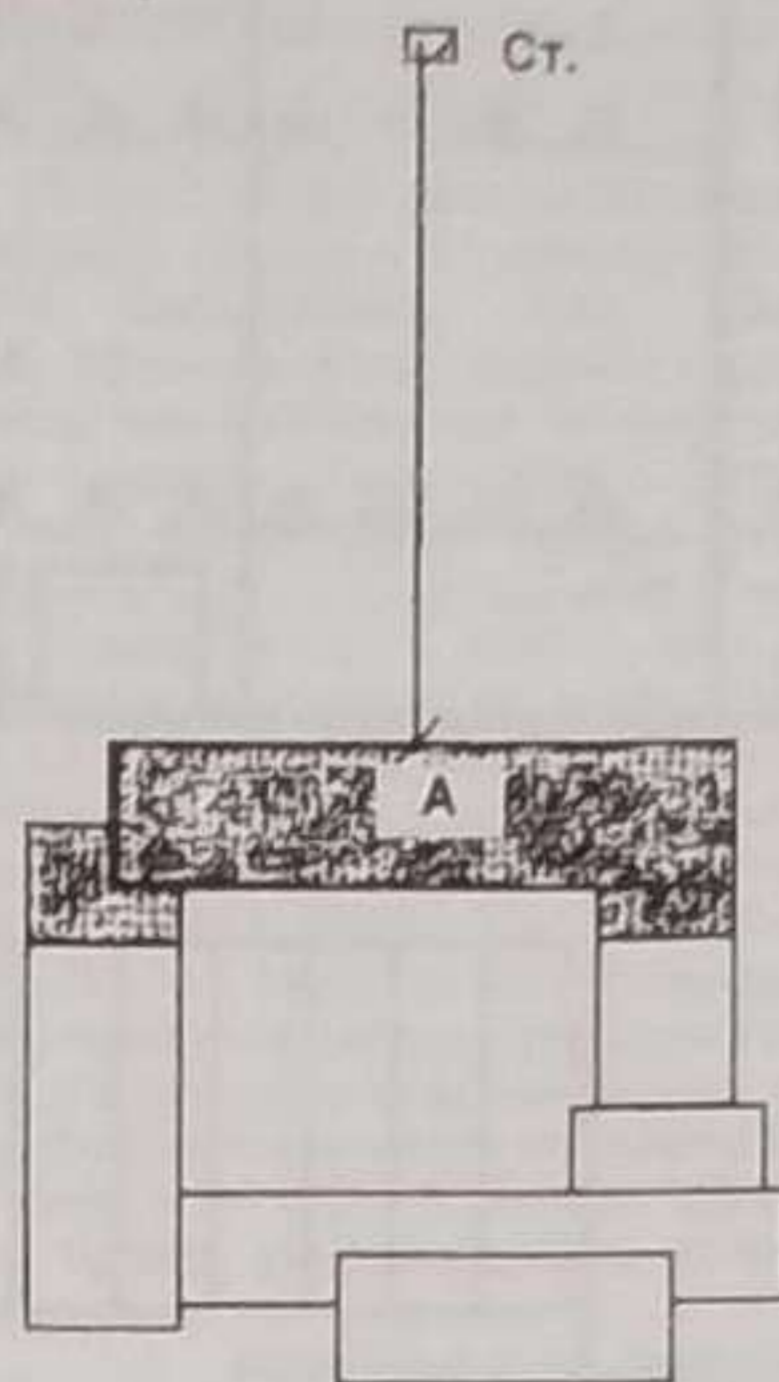


Рис. 2. Схема будівлі третього учбового корпусу НАПКБ: А – досліджувана частина будівлі; Ст – стоянка копра КН-2-10

Структура обчислювального комплексу:

1) оригінальні (авторські) програми рішення прямої і оберненої задач сейсмометрії (ОЗСМ) [9, 10, 13, 14];

2) програма для візуалізації і аналізу сигналів і ведення бази даних результатів реєстрації, моделювання і обробки сигналів GeMiS_Win, вживана для обчислення амплітудних спектрів Фур'є і частотної фільтрації велосіграм;

3) універсальна програма для математичних і інженерних розрахунків MathCAD 2001;

4) програмний комплекс для розрахунку і проектування конструкцій LIRA 9.0;

5) програмний комплекс просторового розрахунку споруд PRIS.

При обчисленнях враховуються коефіцієнт збільшення запису сейсмічних коливань, вплив частотної характеристики приладу, крок оцифровки.

Переваги розробленого обчислювального комплексу.

1. Виключення проміжного виведення результатів оцифровки.

2. Можливість обробки інформації, отриманої безпосередньо від сейсмоприймача.

3. Можливість реалізації чисельного рішення оберненої задачі сейсмометрії.

4. Оперативне коректування і доповнення програмного забезпечення.

Висновки.

1. Матеріали експериментальних спостережень необхідно отримувати за допомогою ідентифікованої інженерно-сейсмометричної апаратури, що калібрується, з цифровою реєстрацією інформації. Система пунктів спостережень повинна забезпечувати певну періодичність розміщення, утворюючи, в цілому, просторові решітки спостережень. У кожній точці спостережень повинен встановлюватися трьохкомпонентний комплект сейсмометричної апаратури, орієнтованої по осях споруди. При нестачі апаратури використовується послідовне переміщення комплектів в об'ємі споруди із збереженням бази в споруді і одного нерухомого пункту спостережень за межами об'єкту на ґрунті (на відстані від споруди не меншому його висоти)

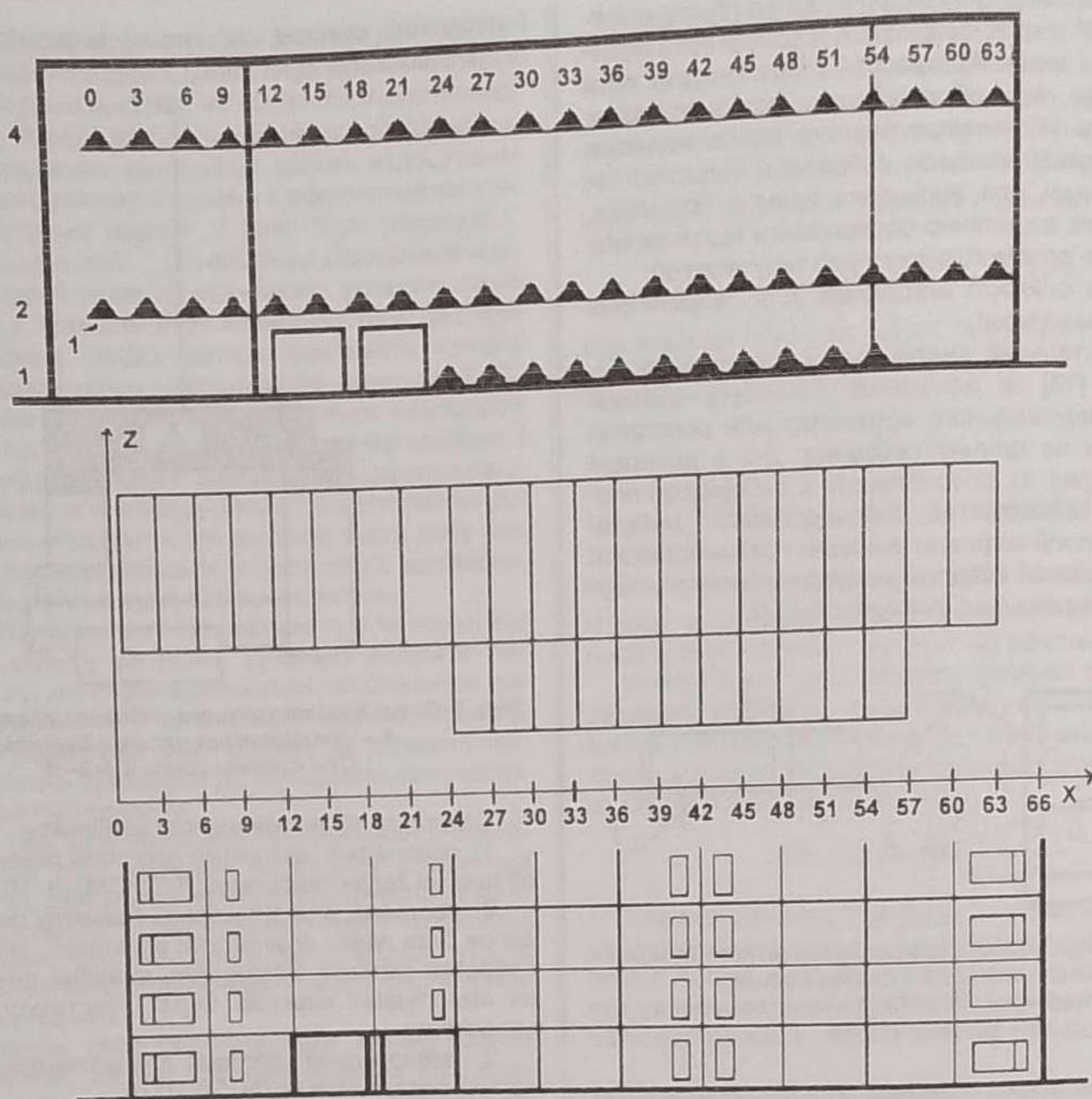


Рис. 3. Схема розміщення по 1, 2, 4 поверхам частини А будівлі НАПКБ пунктів спостереження з вказівкою координати X (віддалення пункту від початку координат в метрах), де 1 – пункти спостереження

Таким чином, для площ населених пунктів і будівельних майданчиків, розташованих в зонах можливих сильних близьких землетрусів, доцільне проведення детальних сейсмометричних спостережень, що калібруються. Їх метою повинна бути побудова частотно-залежних карт сейсмічного спектрально-динамічного зонування безпосередньо за цифровими матеріалами спостережень. Розрахунок відносних спектрів швидкостей дозволяє диференціювати сейсмічні дії по кінетичній енергії руху ділянок об'єкту. Це створює можливість розглядати не статичне ступінчасте застосування сили інерції, а використовувати як вхідний в споруду сигнал кінетичну енергію руху ґрунту і фундаменту в різних частотних діапазонах.

Визначення енергії дії в окремих частотних діапазонах коливань ґрунту дозволить ще на стадії проектування вибрати найбільш вигідні, з погляду сейсмічної стійкості, місця розташування будівель і споруд, що мають конкретні проектні частоти власних коливань. При цьому місця, несприятливі для будівництва, доцільно використовувати для проектування і створення зон ландшафтної архітектури [8].

2. Задача відновлення вхідного сигналу за відомою інформацією про оператора фізичного приладу (імпульсній характеристиці приладу – апаратній функції) і про відгук цього приладу на вхідний сигнал мають визначальне значення для вимірювальної техніки взагалі, зокрема, для сейсмометричної.

Застосування інтегрального рівняння Вольтерра I роду для вирішення оберненої задачі сейсмометрії є перспективним у рішенні проблеми калібрування сейс-

мометричних каналів і отримання достовірної інженерно-сейсмометричної інформації. Інтегральні рівняння типу Вольтерра при відомому вхідному сигналі дають можливість вирішувати пряму задачу, а з використанням методів регуляризації дозволяють відновити вхідний сейсмічний сигнал по його запису.

3. Знайдені рішенням прямої задачі теоретичні сейсмограми не містять погрешностей обчислювальних алгоритмів, з якими доводиться мати діло при чисельній інтеграції. Рішення прямої задачі принципово дозволяє оцінити вимоги до точності завдання параметрів апаратури для відновлення дійсного сигналу. Нарешті, використання теоретично заданих вхідних сигналів при рішенні прямої задачі дає можливість оцінити ефективність рішення і обернених задач.

4. Чисельний аналіз результатів спостережень і теоретичний розрахунок частот коливань виконаний за допомогою обчислювального комплексу для автоматизованого аналізу і інтерпретації сейсмічних даних. Модельні розрахунки показали хорошу працездатність методу Лінза для вирішення оберненої задачі сейсмометрії з використанням інтегральних рівнянь типу Вольтерра I роду і принципову можливість його використання для обробки реальних сейсмограм з метою визначення дійсного руху об'єкта. При такому рішенні не потрібні параметри приладів, необхідні при інших способах відновлення дійсного руху об'єкта. Для даного вирішення оберненої задачі сейсмометрії використовуються відгуки на стандартні імпульси (без використання значень окремих параметрів приладів), тобто застосу-

вугється більш безпосередня схема, ніж в інших відомих способах відновлення дійсного руху об'єкта.

1. Аранович З.И., Василькович Е.В., Долгополов Д.В. Амплитудные характеристики сейсмографа при нестационарных сигналах и оценка погрешностей, связанных с применением амплитудных характеристик для стационарных гармонических колебаний // Вычислительная сейсмология. – Вып. 1. – М.: Наука, 1966. 2. Гласко В.Б. Обратные задачи математической физики. – М.: Изд. МГУ, 1984. – 112 с. 3. Егулов В.К., Езулов К.В., Лукаш Э.П. Практические методы расчета зданий на сейсмостойкость. – Киев: Будівельник, 1982. – 144 с. 4. Хураин Я.И., Яковлев В.П. Фinitные функции в физике и технике. – М.: Наука, 1971. – 408 с. 5. Бугаевский Г.Н. Проблемы сейсмостойкости и СНиП. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр., вып. 6. Симферополь, КАПКС, 2002, с. 29-32. 6. Бугаевский Г.Н. Экспериментальное изучение реакции сооружения на механическое воздействие. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. – Вып. 9. Симферополь, КАПКС, 2005, с.44-51. 7. Бугаевский Г.Н., Белов В.П., Смертенков З.Я., Балашов Ан.В., Геращенко А.А. Стенд для испытаний и калибровки сейсмометрической аппаратуры // Доповіді науково-технічної конференції "Будівництво в сейсмічних районах України". – Ялта, – 1999. – С. 221-226. 8. Бугаевский Г.Н., Ковалев В.Я. Комплексная научная основа устойчивого функционирования и развития курортных зон. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр., вып. 10. Симферополь, КАПКС, 2005. 9. Бугаевский Г.Н., Литвинова Э.В. Проверка устойчивости алгоритма решения обратной задачи сейсмометрии по методу Линза // Строительство и техногенная безопасность. – КАПКС, Симферополь. – 2002. – Вып. 7. – С. 121-125. 10. Бугаевский Г.Н., Литвинова Э.В. Универсальный метод решения обратной

задачи сейсмометрии // Геофизический журнал. – Киев – 2002 – № 1. – Т. 24. – С. 120-123. 11. Геофизические и физико-математические основы анализа сейсмостойкости и сейсмозащиты сооружений // Отчет о научно-исследовательской работе (госбюджетное финансирование). – Симферополь, 1999. – 72 с. 12. Государственные строительные нормы и правила // Строительство в сейсмических районах Украины. – Киев, 2004. 13. Литвинова Э.В. Инструментальный анализ задачи восстановления входного сигнала // Строительство и техногенная безопасность. – КАПКС, Симферополь. – 2003. – Вып. 8. – С. 75-77. 14. Литвинова Э.В. Математическое решение обратной задачи сейсмометрии // Доповіді науково-технічної конференції "Будівництво в сейсмічних районах України". – Ялта, – 1999. – С. 221-226. 15. Литвинова Э.В. Разработка обоснованной сейсмометрической методики анализа сейсмических записей // Строительство и техногенная безопасность. – КАПКС, Симферополь. – 2002. – Вып. 6. – С. 249-259. 16. Шульбаев А.Н. Алгоритмы решения обратной задачи сейсмометрии. Диссертация канд. физ.-мат. наук. 01.04.12. – Южно-Сахалинск, 1980. – 110 с. 17. Шульбаев А.Н. Восстановление входного сейсмического сигнала с помощью интегрального уравнения Вольтера // Сейсмичность и глубинное строение Сибири и Дальнего Востока. – Владивосток, 1976. – С. 151-161. 18. Шульбаев А.Н. Решение обратной задачи сейсмометрии с помощью интегральных уравнений Вольтера // Физика сейсмических волн и внутреннее строение Земли. – М. Наука, 1983. – С. 27-37. 19. Linz P. Numerical methods for Volterra integral equations of the first kind // The comp. J. – 1969. – V. 12, №4. 20. Linz P. Product integration methods for Volterra integral equations of the first kind // BIT. – 1971. – V. 11, №3.

Надійшла до редколегії 23.01.07

УДК 550.83

С.І. Шепель, д-р геол. наук,

А.В. Сухорада, канд. геол.-мін. наук, М.В. Кравчук, інж.

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З МАГНІТНОЮ СПРИЙНЯТЛИВІСТЮ

На основі статистичного аналізу електричних параметрів ґрунтів України встановлені особливості їх змін. Визначено характер кореляційних зв'язків електричних та магнітних параметрів ґрунтів.

Based on statistical analysis of electrical parameters of Ukrainian soils is definite peculiarity its change. The character of correlation connections between electrical and magnetic parameters was determined.

Вступ. При комплексних дослідженнях фізичних властивостей ґрунтів важливе значення набувають не тільки результати лабораторних досліджень конкретних характеристик певних типів ґрунтів, але й матеріали всебічних досліджень кореляційних залежностей, що дає можливість виконувати якісний аналіз природи їх змін, в залежності від природних факторів.

На даному етапі агрогеофізичних досліджень отримано певний фактичний матеріал по електричних та магнітних параметрах основних типів ґрунтів (почв) України. В роботі [2] встановлена наявність чіткої електричної диференціації генетичних горизонтів лучно-болотного ґрунту поліської зони Київської області. При переході від гумусного горизонту до глеєвого фіксується зменшення питомого електричного опору (ρ) приблизно на півтора порядки, що являється досить суттєвою величиною. Значних змін зазнає також діелектрична проникність (ϵ), виміряна на різних частотах електромагнітного поля. Для чорноземів Харківської області по результатах лабораторних вимірювань були побудовані педоелектричні та воднофізичні моделі ґрунтових розрізів по шурфах з різними потужностями гумусного горизонту [8]. Польова електрометрія цих чорноземів показала можливість її використання для визначення потужності гумусного горизонту, що може бути використано при моніторингу ерозії родючого шару. Суттєва різниця в значеннях питомого електричного опору, та відносно діелектричної проникності встановлена для основних типів ґрунтів (почв) України [7]. Різниця між екстремальними значеннями як ρ так і ϵ складає декілька порядків, що дає можливість рекомендувати польову електрометрію в якості експресного методу при картуванні ґрунтів. Виділено групи низькоомних (чорноземи),

середньоомних (лугові, лісові) та високоомних (дерново-підзолисті, лучно-болотні) ґрунтів України. Встановлена помітна географічна зональність електрофізичних параметрів досліджених ґрунтів. З півночі на південь зменшується електроопір та збільшується діелектрична проникність. Відмічено значну диференційованість педоелектричних характеристик вздовж вертикального профілю. Для всіх типів ґрунтів досить чітко виділяється гумусний горизонт, що найбільш помітно проявляється для високоомних утворень. В роботі [6] наведені результати польової електрометрії ґрунтів різних регіонів України, що виявили успішність використання даного методу при вирішенні задач агрогеофізики. Результати досліджень магнітних параметрів ґрунтів України приведені в роботах [3-5]. Виявлено зростання з півночі на південь магнітної сприйнятливості, природної залишкової намагніченості та зменшення фактора Кенігсберга.

Аналіз гістограм та статистичних оцінок розподілу. Статистичний аналіз результатів лабораторних вимірювань електричних параметрів ґрунтів дав можливість виявити деякі особливості в розподілі фізичних характеристик ґрунтів України. Пункти відбору ґрунтів та їх опис приведені в роботах [2, 6-8]. По результатах вимірювань комплексу електрофізичних та воднофізичних властивостей, а також магнітної сприйнятливості побудовані гістограми (110) для дерново-підзолистого, сірого лісового, лугового та чорноземного ґрунтів при польовій і максимально-гігроскопічній вологості. В якості прикладу на рис. 1,2 показані гістограми розподілу, а в таблиці 1 статистичні оцінки розподілу фізичних параметрів. Аналіз гістограм дав можливість зробити наступні висновки.