



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2024-3>

УДК 627.943:550.34



КЕНДЗЕРА О. В.

Член-кореспондент НАН України, Інститут геофізики імені С.І.Субботіна НАН України, Київ, Україна, e-mail: skendzera@gmail.com, тел.: +38 (050) 526-57-75, ORCID: 0000-0003-0691-0227



ЄГУПОВ К. В.

Доктор техн. наук, професор, Одеський національний морський університет, Одеса, Україна, e-mail: yegupov.k@gmail.com, тел.: +38 (097) 238-02-08, ORCID: 0000-0002-8342-820X



ЄГУПОВ В. К.

Канд. техн. наук, науковий співробітник, Інститут геофізики імені С. І. Субботіна НАН України, Одеса, Україна, e-mail: slava.yegupov@gmail.com, тел.: +38 (096) 369-09-17, ORCID: 0000-0001-5093-6948



СЕМЕНОВА Ю. В.

Доктор фізико-математичних наук, провідний науковий співробітник Інституту геофізики імені С.І.Субботіна НАН України, Київ, Україна, e-mail: semenova.igph@gmail.com, тел.: +38 (097) 780-89-88 , ORCID: 0000-0003-4628-8663

ОСНОВНА ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБІТ З СЕЙСМІЧНОГО МІКРОРАЙОНУВАННЯ

АНОТАЦІЯ

Досвід діяльності у сфері сейсмосахисту показує, що основною концепцією сейсмосахисту в Україні має стати запровадження сейсмічного проектування та будівництва житлових і промислових об'єктів на основі об'єктивного знання кількісних параметрів реальної сейсмічної небезпеки території, де розташовані конкретні будівельні майданчики. Забезпечити здійснення сейсмічного захисту об'єктів і територій від майбутніх землетрусів повинні в межах своєї компетенції всі суб'єкти державної влади та господарської діяльності на території країни.

Рівень сейсмічної небезпеки є об'єктивною характеристикою території і визначається ком-

плексом робіт: загальним сейсмічним районуванням території країни, детальним сейсмічним районуванням окремих її ділянок, сейсмічним мікрорайонуванням ділянок. Найбільш небезпечним для будівель і споруд є сейсмічні коливання, що відбуваються в горизонтальній площині. З урахуванням підкорового розташування основного сейсмічного вогнища зони Вранча, підхід сейсмічних коливань до денної поверхні відбувається майже вертикально. Основний внесок в горизонтальні коливання на денній поверхні вноситься поперечними хвилями. У зв'язку з цим, оцінки приросту сейсмічності, виконані за сейсмічними швидкостями поперечних хвиль,



будуть найбільш представницькими.

Комплекс робіт з сейсмічного мікрорайонування здійснюється для оцінки сейсмічної небезпеки, при якому враховується вплив на інтенсивність сейсмічних коливань на поверхні будівельного (експлуатаційного) майданчика місцевих ґрунтових умов. Враховується також вплив рівня ґрунтових вод, особливості морфології майданчика і району його розташування, а також можливого виникнення на майданчику небезпечних резонансних явищ. За цими даними визначаються поправки, що зменшують або збільшують оцінку сейсмічності будівельного майданчика відносно вказаної на картах загального або детального сейсмічного районування. Результатом робіт з сейсмічного мікрорайонування є будівельно-монтажна карта досліджуваного майданчика та комплекти розрахункових акселерограм для опорної точки або для кожного з інженерно-геологічних майданчиків, які виділені на майданчику.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: землетрус, сейсмічне мікрорайонування, розрахункові акселерограми, зона Вранча, сейсмозахист, будівельно-монтажна карта

THE MAIN SEQUENCE OF SEISMIC MICRO ZONING

ABSTRACT

Experience in the field of seismic protection shows that the main concept of seismic protection in Ukraine should be the introduction of seismic design and construction of residential and industrial facilities based on objective knowledge of the quantitative parameters of the actual seismic hazard in the area where specific construction sites are located. All public authorities and business entities within the country must ensure seismic protection of structures, facilities and areas from future earthquakes within their competence.

The level of seismic hazard is an objective characteristic of the territory and is determined by a set of works such as: general seismic zoning of the country's territory, detailed seismic zoning of its individual areas, seismic microzoning of areas. The most dangerous for buildings and structures are seismic vibrations occurring in the horizontal plane. Taking into account the subducted location of the main seismic source of the Vrancea zone, the approach of seismic vibrations to the bottom surface is almost vertical. The main contribution to the horizontal vibrations on the daytime surface is made by transverse waves. In this regard, estimates of seismicity increase based on seismic velocities of transverse waves will be the most representative.

The complex of works on seismic microzoning is carried out to assess seismic hazard, which takes into account the influence of local soil conditions

on the intensity of seismic vibrations on the surface of the construction (operational) site. The influence of groundwater level, peculiarities of the site morphology and its location, as well as possible occurrence of dangerous resonance phenomena on the site are also taken into account. The result of seismic microzoning is a construction and assembly map of the investigated site and sets of calculated accelerograms for the reference point or for each of the engineering and geological sites identified on the site.

KEYWORDS: earthquake, seismic micro zoning, calculated accelerograms, Vrancea zone, seismic protection, seismic protection, a construction and assembly map.

ВСТУП

Сейсмічне мікрорайонування (далі – СМР) є комплексом робіт, за результатами яких формується розрахункові впливи на основи будівель і споруд, сейсмічна стійкість (вразливість) яких визначається. Сейсмічна небезпека будівельного (експлуатаційного) майданчика виражається:

- 1) в приростах (зменшеннях), виражених в балах шкали сейсмічної інтенсивності до оцінок, одержаних в результаті проведення робіт з уточнення результатів загального сейсмічного районування (далі – ЗСР) та роботами з детального сейсмічного районування (далі – ДСР) району розміщення будівель і споруд;
- 2) у вигляді фізичних характеристик сейсмічної небезпеки: розрахункових акселерограм (сейсмограм, велосиграм), якими моделюються (прогнозуються) трикомпонентні розгорнуті в часі прискорення коливань в сейсмічній хвилі, яка падає на основу будівельного (експлуатаційного) майданчика.

СМР першого типу являє собою прогнозування сейсмічної небезпеки будівельного майданчика шляхом уточнення прогнозованої сейсмічної інтенсивності в балах макросейсмічної шкали, показаної на картах ЗСР та ДСР і уточненої за розрахований або експериментально встановлений приріст сейсмічності майданчика, розрахований за даними інженерно-геологічних досліджень згідно ДБН А.2.1-1-2008 [2].

СМР другого типу використовує наявні на будівельному майданчику записи сейсмічних коливань, базуючись на припущенні, що слабкі землетруси із небезпечних для будівельного майданчика сейсмоактивних зон можуть в першому наближенні задаватися записами слабких землетрусів і спеціальних вибухів, якими моделюються функції Гріна, які описують вплив на сейсмічні хвилі: а) особливостей випромінювання коливань з вогнища, б) впливу особливостей будо-



ви на шляху розповсюдження коливань від вогнища до поверхні будівельного (експлуатаційного) майданчика та в) впливу особливостей будови середовища безпосередньо під майданчиком, яка задається його теоретичною або емпіричною частотною (передавальною) характеристикою.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Уточнення сейсмічної небезпеки майданчика методами ЗСР та ДСР проводяться при необхідності враховувати вплив факторів, які не враховувалися при ДСР і ЗСР району розміщення будівель і споруд, зокрема за потреби уточнення даних цих робіт з точність 0,01 бала.

Комплекс робіт з СМР здійснюється для оцінки сейсмічної небезпеки, при якому враховується вплив на інтенсивність сейсмічних коливань на поверхні будівельного (експлуатаційного) майданчика місцевих ґрунтових умов. Враховується також вплив рівня ґрунтових вод, особливості морфології майданчика і району його розташування, а також можливого виникнення на майданчику небезпечних резонансних явищ. За цими даними визначаються поправки, що зменшують або збільшують оцінку сейсмічності будівельного майданчика відносно вказаної на картах ЗСР або ДСР.

Роботи з СМР є особливо важливим при оцінці небезпеки особливо небезпечних, технічно складних або унікальних об'єктів.

В процесі виконання СМР передбачено:

- отримання даних про розподіл сейсмічної небезпеки в регіоні, районі та на майданчику будівництва для вибору оптимального варіанта розміщення об'єктів з огляду на сейсмічну небезпеку;
- надання проектним організаціям інформації про очікувані параметри сейсмічної небезпеки для її врахування при проектуванні очікуваних параметрів сейсмічного руху ґрунту (у тому числі: зсувів, селів, обвалів, провалів, карстових воронок, переміщень по активних розломах) та забезпечення безпечного функціонування будівель та споруд, трубопровідного транспорту, експлуатації родовищ корисних копалин, реконструкції, капітального ремонту та відновлення об'єктів, включаючи будівлі та споруди, у сейсмічно активних районах;
- рішення про вибір карти в якості основи для оцінки фонові бальності району розташування майданчика будівництва, у відповідності до вимог ДБН В.1.1-12 [3], яке узгоджено з Замовником будівництва;
- уточнення до соті частки бала нормативної (розрахункової) сейсмічності будівельного майданчика (при цьому уточнення нормативної бальності досліджуваної території в залежності від локальних

інженерно-геологічних умов повинно виконуватися на основі інструментальних сейсмологічних досліджень методами сейсмічних жорсткостей та реєстрації мікросейсм);

- побудова ансамблю розрахункових акселерограм, що моделюють вплив розрахункових землетрусів з зони Вранча і місцевих вогнищевих зон на майданчик будівництва.

Вибір еталонного ґрунту

У відповідності до нормативних вимог (наразі проєкт ДСТУ ХХХХ:202Х «Проведення сейсмічного мікрорайонування» перебуває на стадії затвердження), для оцінки приросту сейсмічності необхідно вибрати еталонний ґрунт, близький за сейсмічними властивостями до ґрунтів II-ї категорії.

За результатами дослідних робіт, ґрунти на еталонній ділянці умовно характеризуються наступними середніми параметрами: $V_0=280\text{м/с}$, $\rho_0=1,80\text{т/м}^3$, де V_0 – швидкість поперечних хвиль, ρ_0 – густина ґрунту.

СМР досліджуваного майданчика методом інженерно-геологічних аналогій (натурний приклад)

Для цілей СМР використовують результати інженерно-геологічних вишукувань, виконаних відповідно до вимог ДБН А.2.1-1 [2].

Ґрунти майданчика будівництва відносяться до найбільш несприятливої категорії ґрунту за сейсмічними властивостями у випадку їх неоднорідного складу, а саме: якщо у межах десятиметрового шару ґрунту (починаючи відлік від планувальної відмітки) – у випадку виймання і чорної відмітки – у випадку насипання, сумарна потужність шарів, що відносяться до цієї категорії, перевищує 5 м.

Наприклад, згідно з даних інженерно-геологічних досліджень в межах 10-ти метрового шару нижче відмітки планування сумарна потужність ґрунтів, які відносяться до III-ї категорії за сейсмічними властивостями, складає 5,10 м, що перевищує 5 м.

У цьому випадку, у відповідності до п.5.1.3, Таблиці 5.1 ДБН В.1.1-12 [3], ґрунти майданчика віднесені до ґрунтів III-ї категорії за сейсмічними властивостями. Для цієї категорії ґрунтів приріст сейсмічної інтенсивності дорівнює: $\Delta I = +1\text{бал}$ відносно уточненої фонові (вхідної) сейсмічної інтенсивності IRN.

У відповідності з вимогами до робіт з СМР, площа досліджень повинна бути розбита на відносно однорідні ділянки (т.з. таксонометричні одиниці), в межах яких приріст сейсмічної інтенсивності буде постійним.

В рамках вказаної площі глибини меж інженерно-геологічних елементів змінюються



менше, ніж на 0,5 м, а фізичні властивості (густина, показник текучості) слабо диференційовані за площею.

Метод сейсмічних жорсткостей

Згідно з нормативних вимог в умовах відсутності даних реєстрації коливань від землетрусів, обов'язковим методом оцінки приросту сейсмічності є метод сейсмічних жорсткостей. Для його застосування використовуються дані польових спостережень, виконуваних геофізичним методом заломлених хвиль (далі – МЗХ) і дані про узагальнення, за швидкостями, поширення сейсмічних хвиль на площах регіону.

Важливим фактором локальної зміни рівня сейсмічних струшувань, відповідно до теорії поширення хвиль, є резонансні коливання в верхній частині розрізу, які виникають за умови значної вертикальної неоднорідності геологічного середовища. На відміну від зміни сейсмічності, що пов'язана зі зміною середньої сейсмічної жорсткості, резонансні коливання викликають підвищення рівня сейсмічних коливань на одних частотах і зниження – на інших. Інженерні сейсмічні дослідження з вивчення сейсмічних швидкостей надають інформацію для розрахунку резонансних властивостей сейсмічних коливань на досліджуваному майданчику, зокрема, переважаючого періоду коливань ґрунтів.

Найбільш небезпечними для будівель і споруд є сейсмічні коливання, що відбуваються в горизонтальній площині. З урахуванням підкорового розташування основного сейсмічного вогнища зони Вранча, підхід сейсмічних коливань до денної поверхні відбувається майже вертикально. Основний внесок в горизонтальні коливання на денній поверхні вноситься поперечними хвилями. У зв'язку з цим, оцінки приросту сейсмічності, виконані за сейсмічними швидкостями поперечних хвиль, будуть найбільш представницькими.

Вивчення швидкостей розповсюдження поздовжніх сейсмічних коливань використовується для контролю і співставлення з даними спостережень поперечних хвиль. За співвідношенням швидкостей поздовжніх і поперечних хвиль визначається модуль Пуассона, значення якого потрібні для розрахунку напруженого стану в основі будівлі. Ця унікальна інформація, отримана за даними польових спостережень в масиві ґрунту, як правило, не надається геотехнічними лабораторіями в рамках інженерно-геологічних вишукувань, тому без виконання робіт з СМР методом сейсмічних жорсткостей їх результати будуть неточними.

З метою визначення швидкостей поширення сейсмічних коливань у верхній частині розрізу, які необхідні для розрахунків приросту сейсмічності за методом сейсмічних жорсткостей, проводяться

роботи методом МЗХ.

Польові спостереження методом МЗХ проводилися з використанням цифрової сейсмічної станції. Відстань між сейсмоприймачами сейсмічної коси складала 2 м.

У зв'язку з інтенсивним рівнем перешкод, при роботі в міських умовах, потрібні багаторазові спостереження з вибірковою сейсмограм і накопиченням результатів до 30 і більше ударних впливів.

В роботі застосовується оцінка середнього періоду коливань, яка визначається за кореляційною функцією інтервалу траси, що містить кілька фаз перших вступів. Для оцінки поглинання будується графік зміни залежності середнього періоду від часу приходу перших вступів хвиль. Декремент поглинання обчислюється як похідна залежності періоду від часу приходу хвиль.

За співставленням отриманих графіків швидкостей поперечних і поздовжніх хвиль і даних інженерних вишукувань виділені окремі шари, за якими обраховані середні пластові швидкості. Ці дані швидкісної моделі середовища рекомендується використовувати для розрахунків спектральних характеристик і акселерограм.

Метод реєстрації мікросейсм

Виконання практичних робіт з СМР передбачає в якості одного з найбільш об'єктивних інструментальних методів використання методу реєстрації високочастотних короткоперіодних мікросейсм. Застосування останнього засноване на порівнянні параметрів мікроколивань ґрунтів, збудованих джерелами природного або техногенного походження на досліджуваному і еталонному майданчиках. При цьому ґрунт розглядається як деякий фільтр, що виділяє коливання певного діапазону частот з амплітудним рівнем, який залежить від інженерно-геологічних умов в пункті спостереження. Приріст сейсмічної інтенсивності визначається за результатами порівняння амплітуд коливань ґрунтів в пунктах реєстрації (досліджуваному і еталонному).

Запис мікросейсм виконувався двома триканальними цифровими сейсмічними станціями.

Зареєстровані сейсмічні сигнали мають розмірність одиниць аналого-цифрового перетворювача. Цифрова форма запису дозволяє за допомогою методів регуляризованого числового вирішення оберненої задачі сейсмометрії перейти до «істинного» вигляду коливань. Для цього використовують частотні характеристики реєструючих сейсмічних каналів.

При проведенні польових спостережень, встановлені на ґрунті сейсмометри орієнтувалися по трьох взаємно перпендикулярних напрямках (північ-південь – NS, схід-захід – EW і вертикальному – Z).



При проведенні польових робіт реєстрації мікросейсм виконується на еталонній ділянці (т.з. еталонний пункт), до якого віднесена нормативна і розрахована для території інтенсивність сейсмічних струшувань, і пунктах реєстрації в межах досліджуваного майданчика будівництва.

Спектр мікросейсм на майданчику і еталонному пункті достатньо повно охоплює весь інженерний діапазон частот, що дозволяє отримати значення відносної частотної характеристики сейсмічних коливань на майданчику, відносно коливань на еталонній ділянці.

Остаточо в якості значення середнього приросту сейсмічної інтенсивності за методом мікросейсм для майданчика проєктованого будівництва, відносно вихідної сейсмічності, прийнята оцінка осереднена за двома способами:

$$\Delta I_M = \frac{(\Delta I_{M1} + \Delta I_{M2})}{2} \text{ бала}$$

де ΔI_{M1} – приріст сейсмічної інтенсивності за методом сейсмічних жорсткостей, а ΔI_{M2} – за методом реєстрації короткоперіодних мікросейсм.

Остаточна розрахункова оцінка сейсмічної інтенсивності майданчика IR повинна округлятися до цілого числа, так як ДБН В.1.1-12 [3] не передбачає дробових значень сейсмічності, а базується на шкалі сейсмічної інтенсивності MSK-64, яка оперує цілими значеннями балів так само, як і її більш пізні модифікації, в тому числі і європейська шкала EMS-98.

Розрахункові акселерограми для майданчика будівництва

ДБН В.1.1-12 [3] передбачено, що для «будівель і споруд з принципово новими конструктивними рішеннями, що не пройшли експериментальної перевірки, об'єктів класу наслідків СС2 і СС3 відповідно до ДБН В.1.2-14; будівель вище 16 поверхів та споруд висотою понад 50 метрів і більше, а також споруд з прольотами понад 30 метрів ...» потрібен прямий динамічний розрахунок з використанням розрахункових акселерограм.

Акселерограми мають вигляд часових функцій, що моделюють компоненти вектора прискорень в сейсмічних рухах поверхні ґрунту на майданчику будівництва – при землетрусах, які можуть реалізуватися на ньому. До практичного використання пропонуються два типи розрахункових акселерограм, що відповідають землетрусам з вогнищевої зони Вранча і місцевих вогнищевих зон можливого виникнення землетрусів, залежно від положення зони відносно майданчика, його сейсмічного режиму, величини енергії, яка вивільняється у вогнищі, механізму землетрусу, а також від спектральних особливостей впливу середовища на шляху поширення сейсмічних хвиль від вогнища до майданчика (змінюються

величини пікових прискорень, тривалість коливань, форма обвідної і спектральний склад розрахункових акселерограм).

Зазначені струшування на майданчику можуть викликати сильні підкорові землетруси з сейсмоактивної зони Вранча (Румунія), так і вогнища землетрусів, що відповідають розсіяній (доменній) сейсмічності в районі розташування досліджуваного майданчика. При відсутності для конкретного майданчика результатів робіт з виявлення та засвідчення параметрів сучасної активності розломних зон, при визначенні сейсмічних впливів від місцевих землетрусів доводиться приймати консервативне припущення, згідно з яким вогнище слабкого місцевого землетрусу може перебувати в жорстких слабдеформованих породах безпосередньо під будівельним майданчиком.

Напівемпіричний підхід базується на використанні теоретичних амплітудних спектрів розрахункових акселерограм і емпіричних фазових спектрів. Спектральна густина результуючого впливу розраховувалася за регіональними (для зони Вранча) і середньосвітовими (для місцевих вогнищевих зон) залежностями між положенням характерних точок амплітудного спектру прискорень, магнітудою розрахункового землетрусу і епіцентральною відстанню до прогнозованого вогнища землетрусу.

Вплив ґрунтових умов на майданчику враховувався шляхом використання узагальнених теоретичних частотних характеристик моделей геологічного середовища під майданчиком, які є обвідними частотних характеристик, розрахованих для поздовжніх і поперечних сейсмічних хвиль в діапазоні кутів їх падіння в межах $70 \div 90$ градусів. Розрахункові акселерограми синтезувалися за допомогою регуляризованого алгоритму зворотного перетворення Фур'є.

Для досліджуваного майданчика будується набір з трьох реалізацій трикомпонентних розрахункових акселерограм, що моделюють вплив місцевих розрахункових землетрусів з інтенсивністю 7-м балів на майданчику будівництва. При їх генерації використовувались різні комбінації теоретичних обвідних спектрів розрахункових акселерограм, нормовані узагальнені теоретичні частотні характеристики геологічного середовища під майданчиком, і фазові спектри, отримані з різних записів близьких землетрусів, модифікованих з урахуванням умов майданчика.

ВИСНОВКИ

У даній статті розглянуто ключові аспекти методики сейсмічного мікрорайонування, яка відіграє важливу роль у забезпеченні сейсмічної безпеки будівель та споруд.

Сейсмічне мікрорайонування є невід'ємним етапом в дослідженні особливостей сейсмічного впли-



ву на ґрунти конкретного майданчика. Це надає можливість адаптувати конструктивні рішення будівель до потенційних сейсмічних навантажень, забезпечуючи їхню оптимальну стійкість та надійність.

В статті акцентовано увагу на важливості залучення всіх зацікавлених суб'єктів для ефективної реалізації сейсмічного захисту споруд та територій.

Проведення робіт з сейсмічного мікрорайонування є ключовим для ефективної оцінки сейсмічного ризику та прийняття обґрунтованих рішень з покращення сейсмічної безпеки будівель та споруд.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДСТУ-Б-В.1.1-28:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Шкала сейсмічної інтенсивності. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 73 с.
2. ДБН А.2.1-1-2014. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва (2-га ред.). Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. 63 с.
3. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України. Київ: Мінрегіобуд України, 2014. 110 с.
4. Кендзера А.В., Лесовой Ю.В., Егупов В.К., Вербицкий С.Т., Вербицкий Ю.Т., Вербицкая О.С., Прокопшин В.И., Дорофеев В.С., Егупов К.В., Ковальчук С.П., Киртока В.А. Определение параметров сейсмических воздействий для сейсмостойкого проектирования в г. Одессе: материалы научовой конференции-семинару «Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах, м. Львів, 3-5 черв. 2014 р. Львів: «СПОЛОМ», 2014. С. 79-92.
5. Кендзера О.В. Сейсмічна небезпека і захист від землетрусів. Практичне впровадження розробок Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Вісник НАН України. 2015. № 2. С.44-57.
6. Кендзера О.В. Сейсмічна небезпека і сейсмічний захист в Україні. Український географічний журнал. 2015. № 3. С.9-15.
7. Кендзера О.В., Семенова Ю.В. Встановлення спектральних характеристик ґрунтової товщі при проектуванні сейсмостійких будинків і споруд. Наука та будівництво. 2015. № 4. С.48-50
8. Немчинов Ю.І., Хавкін О.К., Мар'єнков М.Г., Жарко Л.О., Дунін В.А., Бабік К.М., Егупов К.В., Кендзера О.В., Егупов В.К.,

Булат А.Ф., Дирда В.І., Лисиця М.І. Практичні питання динаміки будівель. Науково-виробничий журнал Будівництво України. 2013. №6. С.6-21.

REFERENCES

1. DSTU-B-V.1.1-28:2010. (2010). Protection against dangerous geological processes, harmful operational effects, and fire. Seismic intensity scale. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
2. DBN A.2.1-1-2014. (2014). Surveying, design, and territorial activities. Engineering surveys for construction (2nd ed.). Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.
3. DBN B.1.1-12:2014. (2014). Construction in seismic regions of Ukraine. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
4. Kendzera, A. V., Lesovoy, Y. V., Yegupov, V. K., Verbitsky, S. T., Verbitsky, Y. T., Verbitskaya, O. S., Prokopishin, V. I., Dorofeev, V. S., Yegupov, K. V., Kovalchuk, S. P., & Kirtocka, V. A. (2014). Determination of seismic impact parameters for earthquake-resistant design in the city of Odessa. In Seismological and geophysical research in seismically active regions: materials presented at the scientific conference-seminar, June 3-5, 2014. Lviv: SPOLOM.
5. Kendzera, O. V. (2015). Seismic hazard and protection against earthquakes. Practical implementation of developments by the S. I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine. Visnyk of the NAS of Ukraine, (2), 44-57.
6. Kendzera, O. V. (2015). Seismic hazard and seismic protection in Ukraine. Ukrainian Geographical Journal, (3), 9-15.
7. Kendzera, O. V., & Semenova, Y. V. (2015). Establishing spectral characteristics of soil layers in the design of earthquake-resistant buildings and structures. Science and Construction, (4), 48-50.
8. Nemchinov, Y. I., Khavkin, O. K., Marienkov, M. G., Zharko, L. O., Dunin, V. A., Babik, K. M., Yegupov, K. V., Kendzera, O. V., Yegupov, V. K., Bulat, A. F., Dyrda, V. I., & Lysytsia, M. I. (2013). Practical issues of building dynamics. Scientific and Production Journal Construction of Ukraine, (6), 6-21.

Стаття надійшла до редакції 01.06.2024