



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-2>

УДК 627.943:550.34



КЕНДЗЕРА О.В.

Член-кореспондент НАН України, кандидат фізико-математичних наук, заступник директора Інституту, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна Національної академії наук України, м. Київ, Україна, e-mail: kendzera@igph.kiev.ua, тел. +38 (044) 423 81 43, ORCID: 0000-0003-0691-0227



НЕМЧИНОВ Ю.І.

Д-р технічних наук, проф., заступник директора інституту з наукової роботи, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: yu.nemch@ndibk.gov.ua, тел. +38 (050) 469 35 77, ORCID: 0000-0002-6618-125X



ЄГУПОВ К.В.

Д-р технічних наук, проф., Одеський національний морський університет, директор НДІ фундаментальних і прикладних досліджень, м. Одеса, Україна, e-mail: yegupov.k@gmail.com, тел. +38 (097) 238 02 08, ORCID: 0000-0002-8342-820X



МАР'ЄНКОВ М.Г.

Доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: maryenkov2019@gmail.com, тел.: +38(067)717-40-96, ORCID: 0000-0002-7246-845X



ЄГУПОВ В.К.

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



СЕМЕНОВА Ю.В.,

Канд. фізико-математичних наук, науковий співробітник, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна Національної академії наук України, м. Київ, Україна, e-mail: ulaska@ukr.net, тел. +38 (097) 780 89 88, ORCID: 0000-0003-4628-8663

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ СЕЙСМІЧНОГО РАЙОНУВАННЯ

АНОТАЦІЯ

Розглянуто результати експериментальних досліджень діяльності в галузі сейсмічного захисту показує, що основною концепцією сейсмічного захисту в Україні повинно стати впровадження сейсмостійкого проектування і будівництва житла та промислових об'єктів на базі об'єктивних знань про кількісні параметри реально існуючої сейсмічної небезпеки в районах розташування конкретних будівельних майданчиків. Забезпечувати реалізацію сейсмічного захисту споруд, об'єктів і територій від майбутніх землетрусів повинні в межах своєї компетенції всі суб'єкти державної влади і господарювання на території країни. Держава повинна забезпечити достовірну і

уніфіковану інформацію від чого потрібно захищатися.

Рівень сейсмічної вразливості споруд можна визначити або експериментальним шляхом, або шляхом моделювання їх динамічної поведінки (сейсмічної реакції) споруди, в цілому, або її окремих конструкцій, під час потенційно можливих землетрусів. Останній підхід має суттєву перевагу, як такий, що дозволяє багаторазове повторення розрахунків на змінюваних математичних моделях споруди. Рівень сейсмічної небезпеки є об'єктивною характеристикою території і визначається за допомогою комплексу робіт: загального сейсмічного районування території



країни, детального сейсмічного районування окремих її районів, сейсмічного мікрорайонування (СМР) майданчиків розміщення об'єктів. На основі матеріалів СМР виконаних за методом сейсмічних жорсткостей, методом реєстрації землетрусів, спеціальних вибухів та високочастотних мікросейсм, будуються моделі ґрунтових комплексів для усіх таксонометричних ділянок з врахуванням реологічних властивостей ґрунтів для врахування їх поведінки при максимальних сейсмічних впливах. Результатом робіт з сейсмічного мікрорайонування є карта СМР досліджуваного майданчика та набори розрахункових акселерограм для еталонного пункту, або для кожної із виділених на майданчику таксонометричних ділянок.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: землетрус, сейсмічне мікрорайонування, розрахункові акселерограми.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Опыт деятельности в области сейсмической защиты показывает, что основной концепцией сейсмической защиты в Украине должно стать внедрение сейсмостойкого проектирования и строительства жилья и промышленных объектов на базе объективных знаний о количественных параметрах реально существующей сейсмической опасности в районах размещения конкретных строительных площадок. Обеспечивать реализацию сейсмической защиты сооружений, объектов и территорий от будущих землетрясений должны в пределах своей компетенции все субъекты государственной власти и хозяйствования на территории страны. Государство должно обеспечить достоверную и унифицированную информацию от чего нужно защищаться.

Уровень сейсмической уязвимости сооружений можно определить или экспериментальным путем, или путем моделирования их динамического поведения (сейсмической реакции) сооружения в целом или ее отдельных конструкций при возможных землетрясениях. Последний подход имеет существенное преимущество, как такой, что позволяет многократное повторение расчетов на изменяемых математических моделях сооружения. Уровень сейсмической опасности является объективной характеристикой территории и определяется с помощью комплекса работ: общего сейсмического районирования территории страны, детальное сейсмическое районирование отдельных ее районов, сейсмического микрорайонирования (СМР) площадок размещения объектов. На основе материалов СМР выполненных по методу сейсмических жесткостей, методом регистрации землетрясений, специальных взрывов и высокочастотных микросейсм,

строются модели ґрунтових комплексів для всіх інженерно-геологічних (таксонометричних) участків з урахуванням реологічних властивостей ґрунтів для урахування їх поведінки при максимальних сейсмічних впливах. Результатом робіт по сейсмічному мікрорайонуванню являються: карта СМР досліджуваної площадки і набори розрахункових акселерограм для еталонного пункту, або для кожного із виділених на площадці інженерно-геологічних участків.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: землетрясение, сейсмическое микрорайонирование, расчетные акселерограммы

METHODICAL ASPECTS OF SEISMIC ZONING

ABSTRACT

Experience in seismic protection shows that the main concept of seismic protection in Ukraine should be the introduction of earthquake resistant design and construction of housing and industrial facilities based on objective knowledge of the quantitative parameters of the real seismic hazard on specific construction sites. All governmental entities located on the territory of the country within their competence must ensure the implementation of seismic protection of structures, objects and territories from future earthquakes. The state must provide reliable and unified information on what to protect.

The level of seismic vulnerability of structures can be determined either experimentally or by modeling the dynamic behavior (seismic response) of the structure as a whole or its individual building units in case of possible earthquakes. The latter approach has a significant advantage and allows multiple repetition of calculations on changing mathematical models of the structure. The level of seismic hazard is an objective characteristic of the territory and is determined by a set of works: general seismic zoning of the country, detailed seismic zoning of individual areas, seismic micro-zoning (SMZ) of sites. On the basis of SMZ recordings performed using the method of seismic stiffness, the method of registration of earthquakes, special explosions and high-frequency microseismics, models of soil complexes for all engineering and geological (taxonomic) zones are built taking into account rheological properties of soils. The results of seismic microzoning are as follows a SMZ map of considered site and sets of calculation accelerograms for the reference point or for each of the engineering and geological zones selected on the site.

KEY WORDS: earthquake, seismic microzoning, calculation accelerograms

ВСТУП

Захист в Україні населення, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних



наслідків надзвичайних ситуацій розглядається як невід’ємна частина державної політики, національної безпеки і державного будівництва, як одна з важливих функцій центральних та місцевих органів виконавчої влади.

Сейсмічна небезпека території України зумовлена тісним сусідством її західних, південно-західних і південних областей з потужним сейсмоактивним поясом планети, який утворився в результаті колізії Африканської, Арабської і Євразійської материкових плит. Як свідчить історичний досвід, землетруси відбуваються в межах усіх древніх тектонічних платформ, хоча і набагато рідше, ніж у сейсмоактивних поясах [Kagan, 1999]. Причому землетруси на порівняно стабільних тектонічних платформах, як правило, призводять до значних економічних втрат через непередбачуваність будівель і споруд до їх впливів.

По всій території України відчуваються сильні підкорові землетруси зони Вранча (Румунія), останні з них відбулися у 1940, 1977, 1986 і 1990 рр. [Немчинов та ін. 2013].

В умовах значної зношеності основних фондів, суттєво збільшилися ризики пов’язані із небезпечними впливами землетрусів, що, у свою чергу, підвищує рівень техногенної небезпеки в різних галузях народного господарства.

Забезпечувати реалізацію сейсмічного захисту споруд, об’єктів і територій від майбутніх землетрусів повинні в межах своєї компетенції всі суб’єкти державної влади і господарювання на території України. Держава, представлена центральними органами влади, через сейсмологічну службу НАН України повинна забезпечити достовірну і уніфіковану інформацію від чого потрібно захищатися.

На сьогоднішній день надійного прогнозування часу виникнення землетрусів не існує, а найбільш ефективним шляхом пониження сейсмічного ризику для людей і майна є забезпечення правильного сейсмостійкого проектування, будівництва та реконструкції житла і важливих промислових об’єктів в сейсмічних районах країни.

КОНЦЕПЦІЯ СЕЙСМІЧНОГО ЗАХИСТУ

За оцінками втрат, яких завдають природні катастрофи в світі, землетруси займають перше місце. Вони спричиняють великі втрати людей, спів вимірні з масштабами втрат у великих війнах або в автомобільних катастрофах. Але останні не залежить від природи. А від землетрусів, як одного з найбільш руйнівних чинників можна захиститися.

Існуючі в світі сучасні науково обґрунтовані ефективні концепції сейсмічного захисту включають: встановлення кількісних значень параметрів реальної сейсмічної небезпеки і ризику; зниження уразливості населення і важливих об’єктів в сейсмічних районах шля-

хом підвищення сейсмостійкості вже існуючих будівель і споруд; розробку і впровадження в дію норм сейсмостійкого будівництва, які відповідає реальній сейсмічній небезпеці; контроль за сейсмостійким будівництвом та за правильною експлуатацією будівель і споруд; підвищення обізнаності населення, шляхом освіти і тренінгів; оперативне сповіщення про факт виникнення сильного землетрусу і швидке реагування на нього; допомогу, відновлення і реабілітацію потерпілого населення і районів; страхування від наслідків землетрусів.

Досвід діяльності в галузі сейсмічного захисту показує, що основною концепцією сейсмічного захисту в Україні повинно стати впровадження сейсмостійкого проектування і будівництва житла та промислових об’єктів на базі об’єктивних знань про кількісні параметри реально існуючої сейсмічної небезпеки в районах їх розміщення і на конкретних будівельних майданчиках.

На даний час одним із важливих завдань сейсмічного захисту є впровадження в практику сейсмостійкого проектування прогнозних оцінок фізичних параметрів сейсмічних впливів на майданчиках будинків і споруд для їх захисту від землетрусів

СЕЙСМІЧНИЙ РИЗИК

Ризик руйнування (пошкодження) залежить як від рівня сейсмічної небезпеки, так і від сейсмічної вразливості будинків і споруд. Але, якщо рівень сейсмічної небезпеки є об’єктивною характеристикою майданчика, на якому існує, або проектується споруда, то її сейсмічна вразливість повністю залежить від проектних, або, якщо об’єкт існує та експлуатується - від реальних фізичних характеристик, які визначають його сейсмостійкість (не вразливість до впливу землетрусів).

Сейсмічний ризик описує потенційні втрати при майбутньому прогнозованому землетрусі. Він залежить від рівня сейсмічної небезпеки майданчика розміщення об’єкту та його сейсмічної вразливості. Ризик вимірюється у відсотках ймовірного руйнування об’єкту, або у обсягах економічних втрат.

Складовими сейсмічного ризику є сейсмічна небезпека території (майданчика, ділянки) і його сейсмічна вразливість. Рівень сейсмічної вразливості споруд можна визначити або експериментальним шляхом, або шляхом моделювання їх динамічної поведінки (сейсмічної реакції) споруди, в цілому, або її окремих конструкцій, під час потенційно можливих землетрусів. Останній підхід має суттєву перевагу, як такий, що дозволяє багаторазове повторення розрахунків на змінюваних математичних моделях споруди.

Рівень сейсмічної небезпеки є об’єктивною характеристикою території і визначається за допомогою комплексу робіт: загального сейсмічного



районування (ЗСР) території країни, детально-го сейсмічного районування (ДСР) окремих її районів, сейсмічного мікрорайонування (СМР) майданчиків розміщення об'єктів.

Сейсмічні впливи вимірюють в позасистемних одиницях (балах сейсмічної інтенсивності), або в системних одиницях: пікових прискореннях, швидкостях або пікових зміщеннях ґрунту.

Найповніше сейсмічну небезпеку можна виразити через величину вектора Умова-Пойнтинга, який характеризує потік сейсмічної енергії за одиницю часу через одиницю площі майданчика. Така оцінка є фізичною. Інтеграл вектора Умова-Пойнтинга по усій тривалості розрахункової акселерограми відповідає величині сейсмічної енергії, за рахунок якої може виконатися робота по руйнуванню споруди, або її відповідальних конструкцій. Величина потоку сейсмічної енергії задається розрахунковими акселерограмами, якими моделюють на досліджуваному майданчику прогнозований із заданою ймовірністю інтеграл по часу повного вектора прискорення в сейсмічних коливаннях вільної поверхні ґрунту.

Спектри розрахункових акселерограм, сейсмограм і велосиграм дозволяють визначити діапазони можливого виникнення резонансного підсилення сейсмічних коливань в будівельних об'єктах та їх окремих конструкціях, що в свою чергу дозволяє проектувати (будувати, зміцнювати існуючі) будівлі при мінімальній затраті ресурсів на забезпечення їх сейсмостійкості.

Важливими напрямками досліджень параметрів сейсмічної небезпеки є:

- Вивчення сейсмічності території України і суміжних районів: інструментальні сейсмологічні спостереження та макросейсмічні обстеження наслідків землетрусів.
- Розвиток і удосконалення апаратурної бази для сейсмологічних спостережень.
- Розв'язок методів і технологій розв'язання обернених задач сейсмології і сейсмометрії.
- Аналіз матеріалів сейсмологічних спостережень і створення баз сейсмологічних даних для досліджуваних територій.
- Побудова карт ЗСР.

Модель загасання пікового прискорення ґрунту (peak ground acceleration - *PGA*) задається за допомогою функції $G(m, r)$, яка визначає залежність середнього значення (натурального) логарифма пікового прискорення ґрунту $\ln PGA$ від події з магнітудою m на відстані r . Ця функція представляє регресійне співвідношення, побудоване на основі регіональної бази акселерограм, отриманих за допомогою мережі акселерографів. Зазвичай вона має вигляд:

$$G(m, r) = \ln Abs(PGA(m, r)) = C_1 + C_2 m + C_3 \ln(r + C_4) - C_5 r + C_6 F + C_7 S + \sigma,$$

де $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7$ – коефіцієнти регресії, а F і S описують відповідно залежність від типу розлому (Fault) і ґрунтових умов майданчика (Soil).

Залежність інтенсивності від довжини розлома (L_{roz} в км), M – магнітуда, I – інтенсивність

$$I = 1.5 * (M - 1.1) - 3.5 * \text{LOG}_{10}(H - 0.1 * 10^{0.3 * M}) + 3 \quad \text{– Ближня зона}$$

$$I = 1.5 * M - 3.5 * \text{LOG}_{10}((L_{roz} * L_{roz} + H * H)^{0.5}) + 3 \quad \text{– Дальня зона}$$

НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ

Існує об'єктивна необхідність в постійному удосконаленні державних будівельних норм (ДБН), яка обумовлюється: потребою освоєння прогресивного світового досвіду, зауваженнями від проектних і наукових установ щодо деяких нормативних положень, які стримують розвиток сейсмостійкого будівництва, збільшення обсягу і якості сейсмологічних даних, необхідності, гармонізації українських будівельних норм з міжнародними стандартами, розвитком методів визначення параметрів сейсмологічної небезпеки та сейсмічного захисту будівель і споруд. В результаті удосконалюється як сейсмологічна частина документа, так і нормативні вимоги до сейсмостійкого проектування, будівництва, які повинні ефективно захищати населення і економіку країни від землетрусів [Немчинов Ю.І. та ін., 2014; Рижов Д.І. та ін. 2017].

Карти загального сейсмічного районування

Рівень небезпеки, яку здатні спричинити землетруси, показано на картах загального сейсмічного районування (ЗСР) в балах макросейсмічної шкали MSK-64. Імовірнісні карти загального сейсмічного районування території України (ЗСР-2004) масштабу 1:1000000 [Національний атлас..., 2007]. Карта побудована на основі міжнародно схваленої методики [Global Seismic ..., 2015]. Карты ЗСР-2004 : А, В і С - відповідають: 90%, 95% і 99% - ній імовірності не перевищення прогнозованої інтенсивності сейсмічних струшуваль за найближчі 50 років.

Слід зазначити, що карти ЗСР показують рівень сейсмічної небезпеки в балах макросейсмічної шкали MSK-64 для ґрунтів 2-ї категорії за сейсмічними властивостями, а кожен із потенційних будівельних майданчиків може характеризуватися своїми ґрунтовими, морфологічними і тектонічними властивостями. Імовірнісний зв'язок між сейсмічною інтенсивністю в балах шкали MSK-64 і максимальними прискореннями в коливаннях ґрунту в акселерограмах зареєстрованих при землетрусах з різною інтенсивністю сейсмічних струшуваль наведено в [ДСТУ-Б-В.1.1-28:2010..., 2010]. Співвідношення побудовані за даними [Аптікаєв



Ф.Ф., Ертелева О.О, 2016].

З метою гармонізації з міжнародними стандартами визначення параметрів сейсмологічної небезпеки та захисту від землетрусів об'єктів атомної енергетики і відповідно до вимог МАГАТЕ і статей 22 та 24 Закону України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» розроблено нормативно-правовий акт «Вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій : НП 306.2.208-2016» [Рижов Д.І. та ін., 2017].

Детальне сейсмічне районування

Детальне сейсмічне районування (ДСР) є методом сейсмічного районування, який служить для визначення можливих сейсмічних впливів, в тому числі в інженерних термінах, на конкретні існуючі і проєктовані споруди, території населених пунктів і окремих районів. Масштаб карт ДСР: 1: 500 000 і крупніше.

При оцінці сейсмічної небезпеки для відповідальних об'єктів необхідно враховувати всі зони можливого виникнення землетрусів (МВЗ), що визначають рівень сейсмічних впливів в районі конкретного майданчика. Магнітудний рівень виділених зон МВЗ залежить від регіональних сеймотектонічних умов. Виділення зон МВЗ базується на використанні результатів польових робіт. ДСР проводиться в масштабах окремих регіонів для адміністративних одиниць і конкретних будівельних об'єктів підвищеної відповідальності.

На даний час в Україні нема затвердженого базового науково-методичного керівництва по ДСР. Приймалося, що частина інформації про небезпеку від зони Вранча та інших потужних сейсмоактивних зон уже врахована в картах ЗСР території України, або в картах детального сейсмічного районування (ДСР) масштабу 1:500 000 -1:200 000.

До завдань сеймотектонічних досліджень входить: виявлення активних розломів з оцінкою параметрів прогнозних зміщень; розробка сеймотектонічної моделі і побудова карти зон МВЗ, небезпечних для об'єктів, які вивчаються.

Загальна тектонічна і геодинамічна обстановка - ДСР.

Потенційні зони виникнення місцевих землетрусів та сегменти розломів, що їм відповідають виділяються методами ДСР. Визначається сеймотектонічний потенціал локальних зон в термінах максимальних магнітуд, які з імовірністю 99% не будуть перевищені за найближчі 50 років.

На основі врахування усієї сукупності даних про зв'язок між довжиною лінементів (активних розломів) і магнітуд землетрусів, приурочених до цих структур, на території Східно-Європейської платформи, для оцінки магнітуди потенційно

можливого максимального землетрусу M_{max} в роботі [Бугаєв Е.Г. ..., 1999 пропонується наступне співвідношення:

$$M_{max} = 0,54 + 1,87 Lg (L) \pm K \sigma ,$$

де L – Довжина лінеамента (геодинамічно активної зони) в км; σ – стандартне відхилення, яке в залежності від вибірки даних змінюється в межах від 0,6 до 0,76; K – коефіцієнт, що визначає забезпеченість оцінки M_{max} , при $K = 0$ – оцінка є найбільш імовірною.

Згідно з [Аптикаєв Ф.Ф., Нерсесов И.Л.,...,1980] результатом ДСР є карта-схема ДСР району розташування будівельного майданчика за даними інженерно-геологічних вишукувань (метод сейсмо-геологічних аналогій за табл. 5.1.1 ДБН В.1.1-12:2014.) та модель будови середовища під майданчиком від глибини 30 м до глибини кривлі консолідованого фундаменту (за даними глибоких свердловин, або з карт консолідованого фундаменту): літологічний склад, товщини шарів, густина, швидкості поздовжніх і поперечних хвиль, декременти поглинання. Сейсмічне мікрорайонування (СМР) будівельних та експлуатаційних майданчиків житлових будинків і важливих промислових об'єктів.

Інженерно-геологічні дослідження під проєктування і будівництво виконуються згідно ДБН «Вишукування, проєктування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва» [ДВН А.2.1-1-2014,...2014].

Інженерно-геологічні дослідження виконуються з метою отримання комплексу даних про інженерно-геологічні умови, що мають вплив на сейсмічний ефект досліджуваної території (включаючи геоморфологічну, тектонічну та геологічну будову, літологічний склад, стан і фізико-механічні характеристики ґрунтів, положення рівня ґрунтових вод, наявність несприятливих фізико-геологічних процесів і явищ тощо), а також можливих змін цих умов у процесі будівництва та експлуатації будівель і споруд.

Основним видом інженерно-геологічних досліджень є спеціальна інженерно-геологічна зйомка, що проводиться в масштабі прийнятому при виконанні проєктування досліджуваного об'єкту у відповідності з основними вимогами діючих нормативних документів.

В процесі інженерно-геологічних досліджень необхідно встановлювати положення рівня ґрунтових вод і проводити прогнозну оцінку його можливих змін.

Для об'єктів розташованих в зонах сейсмічності 8 балів і вище, слід проводити уточнення просторової мінливості характеристик властивостей ґрунтів і визначення показників стану, міцності і деформаційних характеристик ґрунтів в умовах природного залягання з допо-



могою динамічного або статичного зондування у відповідності з вимогами [Інженерні вишукування ..., 2012; ДБН А.2.1-1-2014..., 2014]. При цьому особлива увага приділяється вивченню динамічно не стійких різновидів ґрунтів (просадних, набухаючих, насипних, наливних, мулів, обводнених пісків тощо).

Встановлюються потужності декількох ґрунтів, що перекидають вивержені, метаморфічні і осадові корінні породи, розчленування розрізу на літологічні шари і визначення положення рівня ґрунтових вод виконуються з допомогою комплексу сейсморозвідувальних і електророзвідувальних методів (кореляційний метод заломлених хвиль (КМЗХ), сейсмокаротаж (СК), вертикальне електричне зондування (ВЕЗ) симетричним, двостороннім трьохелектродним і дипольним устаткуванням).

Вивчення активних розломів та оцінка їх параметрів

Методика виявлення та вивчення активних розломів базується на комплексі дистанційних та польових методів, що дозволяють за проявам у рельєфі та в молодих відкладах виявити активний розлом, закартувати зону пов'язаних з ним деформацій та визначити тип, амплітуду та середню швидкість зміщення.

Для оцінки сейсмотектонічного потенціалу тектонічної структури можна використовувати наприклад, наступні співвідношення:

$$M_{max} = 1,67 (Lg L + 2,5) ,$$

$$M_{max} = 6,67 (Lg W - 0,42) ,$$

де M_{max} – максимальна магнітуда землетрусів, здатних реалізуватися на розломі (лінеаменті); $Lg W$ – логарифм ширини лінеаменту – в км, $Lg L$ – логарифм довжини лінеаменту – в км.

Існують формули, які дозволяють оцінити величину M_{max} за h_{min} і h_{max} - верхньою і нижньою глибиною лінеаменту та кутом падіння його площини α .

СМР -

Мета сейсмічного мікрорайонування полягає в кількісній оцінці зміни (збільшення або зменшення) сейсмічної небезпеки ділянки будівництва порівняно з її фонові (вихідної) величиною, визначеною картою ЗСР-2004 та ДБН В.1.1 -12:2014 [ДБН В.1.1-12:2014., 2014], на основі комплексного вивчення сейсмічних властивостей локальних ґрунтів майданчика [Рекомендации по..., 1985], що включають:

- врахування сейсмотектонічних особливостей території (ґрунтових умов, особливостей рельєфу, наявності сейсмоактивних тектонічних порушень, несприятливих фізико-геологічних процесів і явищ тощо).

- Інженерно-геологічні дослідження, геофізичні та інші інструментальні дослідження, теоретичні розрахунки і спеціальні роботи з вибору еталонних ґрунтів на досліджуваному майданчику, або поблизу від нього.
- Комплекс робіт з сейсмічного мікрорайонування включає побудову карт СМР за методом інженерно геологічних аналогій, за методом сейсмічних жорсткостей та за методом реєстрації землетрусів, вибухів та короткоперіодних мікросейсм.
- Карта ЗСР за методом інженерно-сейсмологічних аналогій, є основою для проведення СМР за методом сейсмічних жорсткостей, а результати СМР методом сейсмічних жорсткостей – основою для СМР і побудови карти СМР методом реєстрації землетрусів, вибухів та короткоперіодних мікросейсм.

Моделі ґрунтових комплексів на таксонометричних ділянках.

На основі матеріалів СМР виконаних за методом сейсмічних жорсткостей, методом реєстрації землетрусів, спеціальних вибухів та високочастотних мікросейсм, будуються моделі ґрунтових комплексів для усіх таксонометричних ділянок з врахуванням реологічних властивостей ґрунтів для врахування їх поведінки при максимальних сейсмічних впливах. Формування бази цифрових записів землетрусів і вибухів, зареєстрованих на досліджуваному майданчику та на еталонному ґрунті. Побудова розрахункових акселерограм за спостереженими на еталонному ґрунті та на таксонометричних ділянках, або підібраних із баз цифрових акселерограм (сейсмограм, велосиграм). На рис. 1 показана сейсмограма землетрусу із зони Вранча 06.10.2013 р., зареєстрованого на сейсмічній станції «LVVO» поблизу майданчика Запорізької АЕС.

Генерування комплексу трикомпонентних розрахункових акселерограм для усіх таксонометричних ділянок досліджуваного майданчика, які моделюють прогнозовані сейсмічні впливи від землетрусів зони Вранча та землетрусів із близьких потенційно сейсмогенних зон, з урахуванням можливої нелінійної поведінки локальних ґрунтів при максимальних розрахункових землетрусах.

На рис. 2 показано одну з набору трикомпонентних розрахункових акселерограм, згенерованих для моделювання повного вектора прискорень в сейсмічних рухах поверхні ґрунту на майданчику Запорізької АЕС при максимальному розрахунковому землетрусі з інтенсивністю 7 балів, який може реалізуватися на майданчику станції один раз на 10000 років.

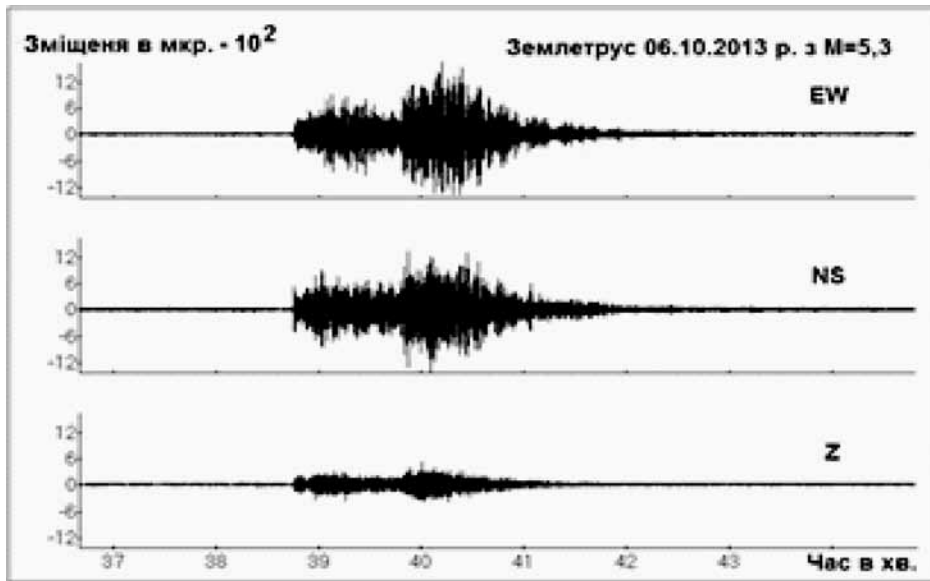


Рисунок 1 – Запис землетрусу із зони Вранча 06.10.2013 р., зареєстрованого на сейсмічній станції LVVO поблизу майданчика ЗАЕС

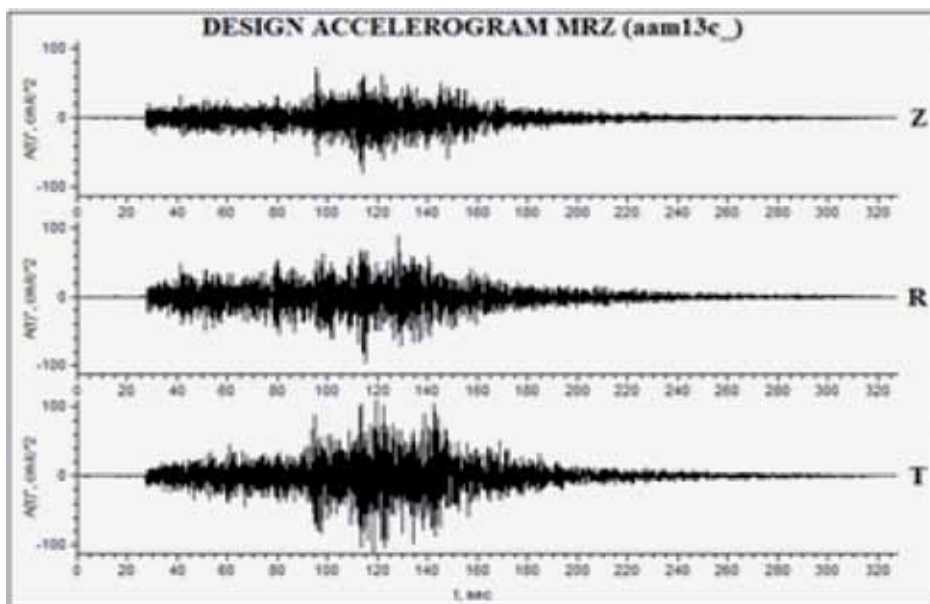


Рисунок 2 – Графік трикомпонентної розрахункової акселерограми для моделювання прискорення коливань вільної поверхні ґрунту на пром-майданчику Запорізької АЕС при реалізації на ньому максимального розрахункового землетрусу із зони Вранча.

ВИСНОВКИ

Забезпечувати реалізацію сейсмічного захисту споруд, об'єктів і територій від майбутніх землетрусів повинні в межах своєї компетенції всі суб'єкти державної влади і господарювання на території України. Держава, представлена центральними органами влади, через сейсмологічну службу НАН України повинна забезпечити достовірну і уніфіковану інформацію від чого потрібно захищатися.

Прогрес у проведенні сейсмологічних спостережень і обробки їх даних дозволяє прогно-

зувати не лише величину, чи спектральну густину, але і форму, тривалість, амплітудний і фазовий спектр прогнозованих коливань, їх розподіл в часі, кути підходу сейсмічної радіації, деформацію ґрунтів в просторі при проходженні сейсмічних хвиль різних типів, можливість виникнення нелінійних ефектів в ґрунтах при потужних землетрусах. Роботи з сейсмічного мікрорайонування повинні максимально опиратися на дані сейсмологічних спостережень, одержані локальними сейсмологічними мережами із 5-6 пунктів спостережень, додатковим завданням яких буде контроль за геодинамічними явищами в районах розташування АЕС. Результати СМР повинні відповідати конкретним майданчикам, що дозволить не лише забезпечити сейсмостійкість об'єктів, але і зробити це без зайвих матеріальних і фінансових затрат.

Записи сейсмічних подій з потенційно небезпечних сейсмоактивних зон, зареєстрованих сучасною цифровою апаратурою з надійним метрологічним забезпеченням, використовуються для генерування розрахункових акселерограм за розробленою методикою [Кендзера и др. 1989; Штейнберг В.В. и др. 1993. Руководство ..., 2000; Guide No. SSG-9. ..., 2010;

Кендзера и др. 2014; Кендзера 2015 a,b,c].

Результатом робіт з сейсмічного мікрорайонування є карта СМР досліджуваного майданчика та набори розрахункових акселерограм для еталонного пункту, або для кожної із виділених на майданчику таксонометричних ділянок.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Guide No. SSG-9. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. ISBN



- 978-92-0-102910-2. – Vienna: IAEA. - 2010. – 62 p.
2. Kagan Y.Y. Universality of the seismic moment-frequency relation // *Pure and Appl. Geoph.* - Vol.155. -1999. – P. 537-573.
 3. Global Seismic Hazard Assessment Program - GSHAP legacy. // Danciu L., Giardini D. - *Annals of geophysics*, 58, 1, 2015, S0109; doi:10.4401/ag-6734
 4. Аптикаев Ф.Ф., Эртелева О.О, Российская сейсмическая шкала нового поколения.- *Вопросы инженерной сейсмологии*, - Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, том 43, № 2, 2016. - С. 37-46.
 5. ДСТУ-Б-В.1.1-28:2010 "Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Шкала сейсмічної інтенсивності". 2010. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26656.
 6. 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.
 7. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України. Київ: Мінрегіобуд України, Укрархбудінформ, 2014. 110 с.
 8. Кендзера А.В., Лесовой Ю.В., Егупов В.К., Вербицкий С.Т., Вербицкий Ю.Т., Вербицкая О.С., Прокопишин 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 конференції-семинару «Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах*. 3-5.06.2014 р. - Львів: «СПОЛОМ». - 2014. – С. 79-92.
 9. Кендзера А.В., Скляр А.М., Роман А.А., Исичко Е.С., Илиеш И.И., Стародуб Г.Р., Князева В.С. О возможности использования эмпирических передаточных функций среды при микрорайонировании территорий со сложным геологическим строением // *Оценка эффекта сильных землетрясений*. - М.: Наука. - 1989. - С.82-89. (Вопр. инж. сейсм. Вып.30).
 10. Кендзера О.В. Сейсмічна небезпека і захист від землетрусів. Практичне впровадження розробок Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. - *Вісн. НАН України*, 2015с, № 2. – С.44-57.
 11. Кендзера О.В. Сейсмічна небезпека і сейсмічний захист в Україні. - *Український географічний журнал*, № 3, 2015b. – С.9-15.
 12. Кендзера О.В., Семенова Ю.В. Встановлення спектральних характеристик ґрунтової товщі при проектуванні сейсмостійких будинків і споруд. – *Наука та будівництво*, № 4 , 2015а (ISSN 2313-6669). – С.48-50.
 13. Національний атлас України/ Гол. ред. Руденко Л.Г. – К.: ДНВП "Картографія", 2007. – 640 с.
 14. Немчинов Ю.І., Бабик К.М., Бамбура А.М., Богдан В.М., Мар'єнков М.Г., Хавкін О.К., Тарасюк В.Г., Шарапов Г.В., Матвеев І.В., Кришук О.Б., Рижов Д.І., Гудков Б.П., Кукунаев В.С., Кендзера О.В., Омельченко В.Д., Пустовітенко Б.Г., Городецький О.С. та ін. Державні будівельні норми України. Будівництво в сейсмічних районах України. ДБН В.1.1-12:2014. Видання офіційне. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014. – 110 С.
 15. Немчинов Ю.І., Хавкін О.К., Мар'єнков М.Г., Жарко Л.О., Дунін В.А., Бабік К.М., Єгупов К.В., Кендзера О.В., Єгупов В.К., Булат А.Ф., Дирда В.І., Лисиця М.І. Практичні питання динаміки будівель // *Науково-виробничий журнал Будівництво України*. - №6. - 2013. – С.6-21.
 16. Рижов Д.І., Шугайло О-й.П., Шугайло О-р.П. Кендзера О.В., Мар'єнков М.Г., Шендерович В.Я., Буряк Р.Я. (2017). Про сучасні вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій України URI - Ядерна та радіаційна безпека. 2017. № 2(74). С. 9-13. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/129891>
 17. Руководство по ядерной и радиационной безопасности: Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ (РБ-006-98). Нормативный документ. - М.: НТЦ ЯРБ. - 2000. – 76 с.
 18. Штейнберг В.В., Сакс М.В., Аптикаев Ф.Ф., Алказ В.Г., Гусев А.А., Ерохин Л.Ю., Заградник И, Кендзера А.В., Коган Л.А., Лутиков А.И., Попова Е.В., Раутиан Т.Г., Чернов Ю.К. Методы оценки сейсмических воздействий (пособие). // *Вопросы инженерной сейсмологии*, вып.34, - М.: Наука, 1993. - С.5-94. http://www.emsd.ru/~gusev/main_ru.htm
 19. Аптикаев Ф.Ф., Нерсесов И.Л. Методика детального сейсмического районирования в количественных характеристиках сейсмических колебаний - *Детальное сейсмическое районирование*.-М.: Наука,1980,- С.96-100.
 20. Бугаев Е.Г. Методика оценки максимального потенциала платформенных землетрясений (на примере условий размещения площадки Калининской АС). – *Известия РАН. Физика Земли*, № 2, 1999. – С.35-51.
 21. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях



для строительства. /Под ред. С.А. Федорова. – М: Госстрой СССР, 1985. – 136с.

22. Інженерні вишукування для будівництва. Сейсмічне мікрорайонування. Загальні положення. Методичні рекомендації (перша редакція). / Мар`єнков М., Хавкін О., Немчинов Ю. – Київ: Мінерегіон України, 2012. – 20 с.

REFERENCES

1. IAEA. (2010). SSG-9. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Vienna: IAEA.
2. Kagan Y.Y.(1999). Universality of the seismic moment-frequency relation. Pure and Applied Geophysics. Vol.155. R. 537-573.
3. Danciu L., Giardini D. (2015). Global Seismic Hazard Assessment Program - GSHAP legacy. Annals of geophysics, 58 (1) Retrieved from: <https://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/6734>
4. Aptikaev F.F., Erteleva O.O. (2016). Russian seismic scale of the new generation. Questions of engineering seismology, 43(2), 37-46.
5. Protection against dangerous geological processes, harmful operational influences, fire. Seismic intensity scale. (2010). DSTU-B-B.1.1-28:2010 Retrieved from: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26656.
6. Survey, design and territorial activities. Engineering surveys for construction (2nd ed.).(2014).DBN A.2.1-1-2014.
7. Construction in seismic areas of Ukraine. (2014). DBN B.1.1-12: 2014.
8. Kendzera A.V, Lesovoy Y.V, Egupov V.K, Verbitsky S.T, Verbitsky U.T, ... Kirtoka V.A. (2014). Determination of parameters of seismic effects for seismic design in Odessa. Proceedings of the scientific conference-seminar "Seismological and geophysical research in seismically active regions". Lviv: SEX.
9. Kendzera A.V., Sklar A.M., Roman A.A., Isichko E.S., Iliesh I.I., Starodub G.R., Kniazeva V.S. (1989). On the possibility of using of the empirical environment transfer functions for the micro zoning of the areas with complex geology. Evaluation of the effect of strong earthquakes. The Questions of Earthquake Engineering. Vol. 30, 82-89.
10. Kendera O.V. (2015). Seismic hazard and earthquake protection. Practical implementation of developments of the Institute of Geophysics named after S.I. Subbotin of the National Academy of Sciences of Ukraine. Visnyk NAS of Ukraine, 2, 44-57.
11. Kendera O.V. (2015). Seismic hazard and seismic protection in Ukraine. Ukrainian Geographical Journal, 3, 9-15.
12. Kendera O.V, Semenova Yu.V. (2015). Establishing the spectral characteristics of the soil layer in the design of earthquake-resistant buildings and structures. Science and Construction, 4, 48-50.
13. Rudenko L.G. (ed.). (2007). National Atlas of Ukraine. Kyiv: DNVP Cartography
14. Nemchinov Yu.I, Babik K.M, Bambura A.M, Bogdan V.M, Marienkov M.G, Khavkin O.K, Tarasyuk V.G, ... Gorodetsky O.S. (2014). Construction in seismic areas of Ukraine. DBN B.1.1-12: 2014.
15. Nemchinov Yu.I, Khavkin O.K, Marienkov M.G, Zharko L.O, Dunin V.A, Babik K.M, Egupov K.V, ... Lisitsa M.I. (2013). Practical issues of building dynamics. Scientific and Production Journal of Construction of Ukraine, 6, 6-21.
16. Ryzhov D.I, Shugailo O.P, Shugailo O.P., Kendzera O.V, Maryenkov M.G, Shenderovich V.Ya., Buryak R.Ya. (2017). On modern requirements for seismic design and assessment of seismic safety of power units of nuclear power plants of Ukraine. Nuclear and radiation safety, 2 (74), 9-13. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/129891>
17. Nuclear and Radiation Safety Guide: Determination of Initial Seismic Soil Vibrations for Design Bases (RB-006-98). (2000). Moscow: STC NRS.
18. Steinberg V.V, Sachs M.V, Aptikaev F.F, Alkaz V.G, Gusev A.A, Erokhin L.Yu., Zagradnik I.I. ... Chernov Yu.K. (1993). Methods of seismic impact assessment (manual). Questions of engineering seismology, 34, 5-94. Retrieved from http://www.emsd.ru/~gusev/main_ru.htm
19. Aptikaev F.F, Nersesov I.L. (1980). Methods of detailed seismic zoning in the quantitative characteristics of seismic oscillations: Detailed seismic zoning. Moscow: Nauka
20. Bugaev EG (1985). Methods for estimating the maximum potential of platform earthquakes (on the example of the conditions of the Kalinin NPP site). Notices of the Russian Academy of Sciences. Earth Physics, 2, 35-51.
21. Fedorov S.A.(ed). (1985). Recommendations for seismic microzoning in engineering surveys for construction. Moscow: Gosstroy SSSR.
22. Marenkov M.G., Khavkin O.K., Nemchynov Yu.I. (2012). Engineering surveys for construction. Seismic microzoning. Terms. Methodical recommendations (first edition). Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine

Стаття надійшла до редакції 06.07.2021 року