

УДК 550.34

О.В. Кендзера, канд. фіз.-мат. наук,
Ю.В. Лісовий, асп.**ВРАХУВАННЯ СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВІВ У ПРОЕКТІ ДЕРЖАВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ НОРМ**

Розглянуто проблеми врахування сейсмічних впливів при спорудженні житла і важливих об'єктів. Показано необхідність переходу в будівельних нормативних документах до описання сейсмічної небезпеки у фізичних одиницях (прискореннях, швидкостях, зміщеннях), які характеризують сейсмічні рухи на будівельних майданчиках. Здійснити такий перехід можна лише на основі аналізу параметрів реальних сейсмічних коливань від місцевих і віддалених землетрусів. Щоб надійно оцінити сейсмічну небезпеку на території України, необхідно розвивати мережу сейсмічних станцій, оснащених сучасною цифровою сейсмологічною апаратурою. Це дозволить забезпечити надійний захист житла, промислових споруд, особливо важливих і екологічно небезпечних об'єктів.

The problem of seismic influences assessment at building of habitation and important objects is considered. A necessity of modification in building codes for description of seismic hazard in physical units (accelerations, velocities, displacements) which characterize seismic motions on construction sites is shown. Carrying out such modification is possible only on the basis of analysis of parameters of the real seismic shakings from the local and remote earthquakes. For reliable estimation of seismic danger on the territory of Ukraine, it is necessary to found the network of the seismic stations provide with a modern digital seismological equipments. It will allow providing a reliable protection of habitations, industrial structures, especially important and ecologically dangerous objects.

Недостатньо обґрунтовані рішення на стику сейсмології і сейсмостійкого будівництва можуть призвести в інженерних розрахунках до некоректності у вигляді небезпечного недоврахування реально існуючої небезпеки, або у вигляді надлишкового посилення констру-

цій, тобто їх необґрунтованого подорожчання. Розглянемо деякі проблеми, які виникають при вдосконаленні діючих будівельних норм.

© О.В.Кендзера, Ю.В.Лісовий, 2005

При формуванні будівельних норм постає важливе питання: яким чином слід визначати сейсмічну небезпеку і задавати її для проектувальників?

До недавнього часу в усіх країнах через відсутність достатньої кількості інструментальних сейсмічних спостережень, з яких можна розрахувати дійсні значення фізичних параметрів сейсмічних коливань, сейсмічна небезпека визначалася, в основному, в термінах сейсмічної бальності – I , якою вимірювалася інтенсивність сейсмічних струшувань при землетрусах. Інтенсивність сейсмічних струшувань є інтегральною оцінкою сейсмічних ефектів, яка встановлюється після землетрусу на основі макросейсмічних обстежень його наслідків. Очевидно, що за аналогією можна, користуючись оцінкою прогнозованої інтенсивності, передбачувати макросейсмічні наслідки майбутніх землетрусів. Часто, замість терміна "інтенсивність сейсмічних струшувань", з огляду на одиниці, в яких ця величина вимірюється, використовують термін "сейсмічна бальність". Для вимірювання величини I використовуються сейсмологічні шкали.

Задача будь-якої макросейсмічної шкали – визначити відносну величину струшувань ґрунту при землетрусі, що відбувся, на основі комплексного аналізу даних макросейсмічного обстеження наслідків землетрусів і їх співвідношення з ознаками бальності, описаними в шкалі.

На території країн СНД сейсмічна бальність встановлюється за допомогою шкали макросейсмічної інтенсивності MSK-64 [1; 2] або її вдосконаленого варіанта MMSK-84 [3]. Услід за цією шкалою, в діючих будівельних нормах [4] вказано на приблизний кореляційний зв'язок між середніми статистичними значеннями прискорень сейсмічних коливань і сейсмічною бальністю. Зокрема, в підпункті б пункту 2.2 документа [4] говориться, що максимальні амплітуди прискорень основи споруд треба брати не меншими від 100, 200 або 400 cm/s^2 при сейсмічності будівельних майданчиків 7, 8 і 9 балів відповідно. На жаль, проектувальники часто не звертають увагу на важливі в даному пункті слова "не меншими", що часто призводить до заниження вимог до сейсмостійких споруд.

Нова європейська макросейсмічна шкала – EMS-98 [5] взагалі не містить вказівок на зв'язок між сейсмічною бальністю і амплітудними параметрами коливань.

У деяких країнах світу застосовують інші шкали сейсмічної інтенсивності. Деякі з них встановлюють жорсткий зв'язок між інтенсивністю сейсмічних струшувань і параметрами сейсмічних коливань, а в інших – вказується на складний імовірнісний характер таких залежностей.

Згідно з сучасними уявленнями макросейсмічні бали I не мають тісного зв'язку з максимальними прискореннями a_{max} зареєстрованих сейсмічних коливань. Спостерігається лише загальна тенденція до збільшення прискорень коливань із збільшенням сейсмічної інтенсивності. На практиці при заданій макросейсмічній бальності спостерігається великий розкид a_{max} , унаслідок чого середню залежність $a_{\text{max}}(I)$ вдається визначити лише із значною похибкою [6; 7]. Більше того, протягом останніх десятиріч, із зростанням кількості акселерограм, зареєстрованих сейсмічними каналами з усе ширшим частотним і динамічним діапазоном, постійно росло значення спостереженого середнього a_{max} , яке відповідає певному балу [8]. Видиме зростання прискорень пов'язане з тим, що в сучасних сейсмічних станціях значно розширився частотний діапазон пропускання як у низькочастотній, так і у високочастотній області. Раніше ця інформація штучно фільтрувалася для зменшення впливу перешкод (мікросейсм).

З огляду на те, що зв'язки між сейсмічною бальністю і величинами, які характеризують фізичні параметри коливань ґрунту, є складними і неоднозначними, засто-

сування шкали сейсмічної інтенсивності для встановлення величини сейсмічних навантажень у сейсмостійкому будівництві є малоефективним.

Враховуючи це, в країнах з добре розвинутою системою сейсмічних спостережень сейсмічну небезпеку задають у вигляді ймовірнісних карт виникнення сейсмічних коливань з різними амплітудними і частотними параметрами прискорень, швидкостей або зміщень. При цьому зв'язок "бал – розрахункове прискорення" не використовують. Карту загального сейсмічного районування (ЗСР), яка входить у будівельні норми, будують безпосередньо в значеннях фізичних параметрів прогнозованих максимальних коливань, які можуть реалізуватися в конкретному місці із заданою ймовірністю. У більшості держав на карті відображають розрахункове максимальне прискорення A .

На рисунках 1 і 2 представлено карти сейсмічної небезпеки для США і для території Європи, на яких показані максимальні горизонтальні прискорення в одиницях прискорення вільного падіння g ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$), які можуть реалізуватися з ймовірністю перевищення 10 % за 50 років [9; 10].



Рис. 1. Карта сейсмічної небезпеки Сполучених Штатів Америки [9]

В останньому варіанті будівельних норм США представлено дві карти, на які винесено значення спектра реакції для періодів 1 с та 2 с. Для інших періодів значення спектра реакції знаходиться шляхом інтерполяції.

Часто можна почути рекомендації про необхідність використання в Україні більш сучасної європейської або американської макросейсмічної шкали. Зазначимо, що суперечка про переваги або недоліки різних сейсмічних шкал є значною мірою схоластичною, оскільки для конкретної країни хорошою і застосовною є лише та шкала, яка ґрунтується на макросейсмічних і інженерно-сейсмологічних спостереженнях, одержаних у цій країні, або в умовах інших країн з аналогічною масовою забудовою. Лише в цьому випадку сейсмічний бал визначає, як будуть поводити себе ті чи інші типові споруди, і як люди, що перебувають у них, будуть відчувати землетрус. Інша справа, що необхідно максимально використовувати наукові напрацювання щодо покращення макросейсмічної шкали MSK-64, яка застосовується в країні.

У випадку проектування нетипових споруд, прямого зв'язку між їх сейсмічною уразливістю і бальністю, як правило, не існує, бо в шкалі в переліку об'єктів, для яких встановлено поведінку при заданій бальності, цих споруд нема. З огляду на це, безвідносно від того, яким чином визначається сейсмічна бальність, вона має важливий недолік. Перехід від розрахункового балу до фізичних характеристик розрахункових сейсмічних рухів: зміщень, швидкостей та прискорень – виявляється складною і, в загальному випадку, неоднозначною задачею.

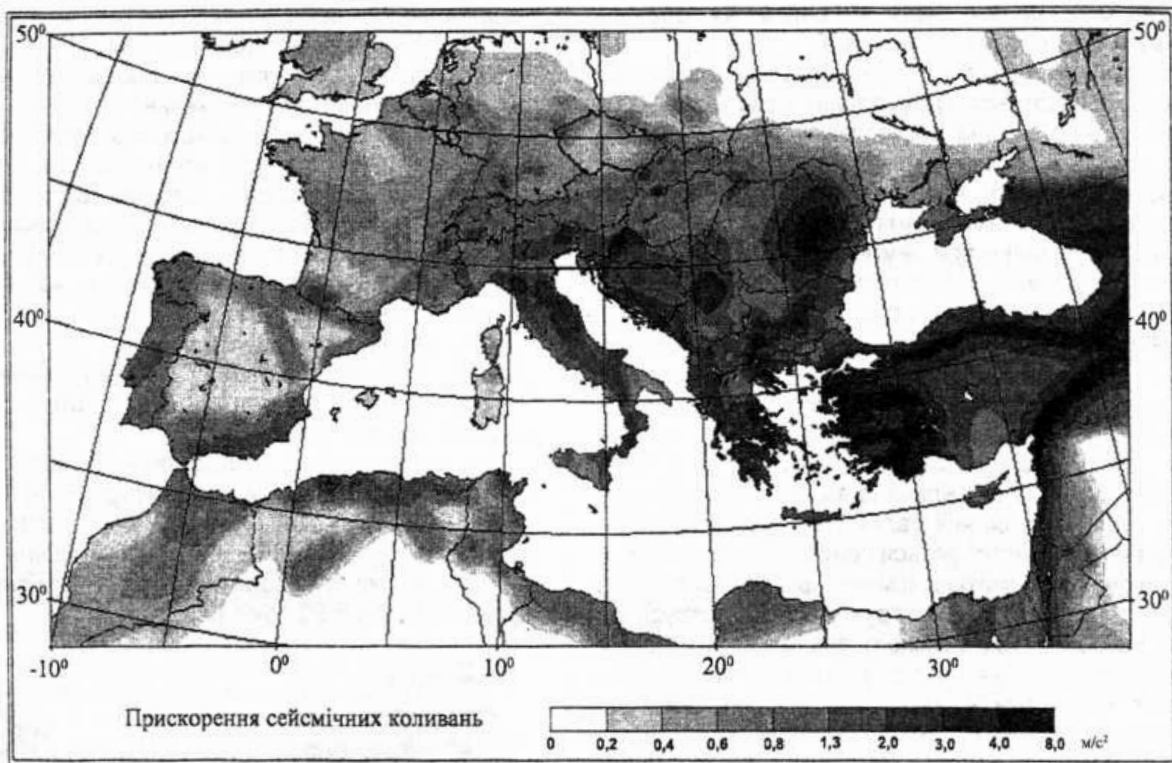


Рис. 2. Карта сейсмічної небезпеки Європи [10]

Для того щоб надійно оцінити сейсмічну небезпеку на території України, з використанням сучасних сейсмо статистичних підходів, необхідно мати достатню кількість інструментальних записів сейсмічних подій: землетрусів різної величини та сейсмічної емісії. Лише в такому випадку можна буде вести мову про достовірні оцінки впливу землетрусів на об'єкти будівництва: житлові будинки, об'єкти промисловості і такі важливі об'єкти, як ГЕС, ТЕЦ, АЕС, сховища небезпечних відходів тощо.

На сьогоднішній день дані інструментальних сейсмологічних спостережень за слабкими місцевими (локальними) сейсмічними подіями є лише для невеликої частини території України. У достатньому обсязі сейсмічні коливання реєструються, обробляються та інтерпретуються лише в Карпатському і Кримському регіонах. У зв'язку з цим неможливо робити об'єктивні висновки про майбутню поведінку ґрунтів під впливом сейсмічних коливань на інших ділянках території країни.

Окрім особливо важливих об'єктів, таких як атомні станції, гідроелектростанції тощо, майже вся взаємодія сейсмологів і інженерів-будівельників продовжується особливою мовою "балів на середньому ґрунті" і "приросту бальності". Такий підхід породжує велику кількість проблем для проектувальників. У будівельних нормах раніше чи пізніше доведеться перейти до фізичних параметрів коливань ґрунту – амплітуд, спектрів тощо.

На даний час, через відсутність на території України достатньо густої мережі сейсмічних станцій, передчасно ставити питання про заміну в нормативних документах сейсмічного балу на більш фізичні величини, такі як прискорення сейсмічних коливань або інтенсивність їх амплітудних спектрів на заданих частотах. Для переходу на більш прогресивний спосіб визначення сейсмічної небезпеки кількість пунктів проведення цифрових режимних сейсмічних спостережень на території країни повинна значно зрости, досягнувши в майбутньому відстані 40–70 км між станціями.

З огляду на вищесказане, у проекті державних будівельних норм України (ДБН) для характеристики коливань ґрунту бальність залишиться основним засобом

загального сейсмічного районування (ЗСР) території країни. У той же час, уже в описі призначення ДБН говориться, що норми слід застосовувати при проектуванні, будівництві, реконструкції, посиленні і відновленні будівель і споруд, що зводяться або розташовані на майданчиках з сейсмічністю 6 балів і вище, або на майданчиках, розрахункове прискорення для яких дорівнює або перевищує 50 cm/s^2 .

На даний час більшість відомих нормативних документів щодо підвищення сейсмічної надійності важливих і екологічно небезпечних споруд передбачають виконання робіт з визначення реального значення параметрів сейсмічної небезпеки конкретних будівельних майданчиків або територій експлуатованих об'єктів. До таких належать роботи з детального сейсмічного районування (ДСР) або їх скорочений варіант – "уточнення сейсмічності" (УС) району розташування досліджуваного майданчика. Результатом цих робіт також є розрахункова бальність.

Розрахункова бальність на карті ЗСР належить до "середнього ґрунту", характеристики якого наводяться в таблиці 1 БНІП II-7-81* [4; 11] і в таблиці 1.1 проекту ДБН [12].

Для кожного конкретного майданчика розрахункова бальність має коректуватися за вплив місцевих (локальних) умов, які визначаються фізичними властивостями геологічного середовища, його резонансними властивостями, рівнем ґрунтових вод, особливостями рельєфу та наявністю тектонічних порушень. Таким чином, розрахункова бальність визначається як:

$$I_P = I_{P_0} + \Delta I, \quad (1)$$

де ΔI – поправка – "приріст бальності" за локальні ґрунтові умови, I_{P_0} – фонові розрахункові сейсмічна бальність, яка знімається з карти ЗСР відповідно до географічного положення майданчика будівництва або визначається при проведенні робіт з ДСР чи УС.

Величина ΔI визначається за допомогою комплексу робіт із сейсмічного мікрорайонування (СМР) будівельних майданчиків [13; 14]. Вона може набувати значен-

ня: -1, 0 або +1 бал. У найпростіших випадках ΔI оцінюється за інженерно-геологічними даними майданчика на основі Таблиці № 1 БНіП II-7-81 [4]. У діючих будівельних нормах виділені три категорії ґрунтів: I – скельні ґрунти всіх видів та особливо щільні нескельні ґрунти, II – середні ґрунти і III – м'які ґрунти. А в проекті нових норм [12] додатково виділяється IV категорія. До неї відносять: піски рихлі водонасичені, схильні до розрідження; пливуні, біогенні ґрунти і мули.

Наближено приріст сейсмічної бальності можна розрахувати за формулою $\Delta I = K - 2$, де K – номер категорії ґрунту.

Досвід робіт з СМР свідчить, що приблизні оцінки ΔI за літологією ґрунтів часто не відповідають реальному "підсиленню" або "послабленню" сейсмічних коливань за рахунок локальних ґрунтових умов на досліджуваному майданчику. Надійною вважається лише оцінка ΔI , одержана за допомогою прямих інструментальних сейсмологічних вимірювань методом реєстрації землетрусів, спеціальних вибухів або мікросейсм. Вивчається відмінність амплітуд коливань (або спектрів) на досліджуваному і на еталонному ґрунтах. Найчастіше як еталонний виступають "середні" ґрунти.

Кількісне значення ΔI знаходиться за формулою

$$\Delta I = 3,3 \lg(A_{i\max} / A_{e\max}), \quad (2)$$

де $A_{i\max}$ – максимальна амплітуда коливань у точці i досліджуваного ґрунту, $A_{e\max}$ – максимальна амплітуда коливань еталонного ґрунту, виміряного на синхронних записах землетрусів або спеціальних вибухів.

Значення I_p напряду використовують для встановлення величини квазістатичного розрахункового навантаження за спектральним методом, детально описаним як в діючих Будівельних нормах і правилах (розділ 2 "Розрахункові навантаження" БНіП II-7-81* [4, 11]), так і в проєктованих ДБН (розділ 2, статті 2.1 + 2.18) [12].

Перехід від I_p до квазістатичного розрахункового навантаження в діючих і проєктованих нормах поки що передбачено здійснювати за допомогою приблизних феноменологічних співвідношень.

За означенням сейсмічної шкали, значення I_{p0} , I_p в балах можуть бути виражені лише цілими числами [1; 2]. З утилітарних потреб цю величину при прямих розрахунках механічних напружень у сейсмостійких спорудах намагаються умовно прив'язати до певного значення прискорень у сейсмічних коливаннях.

Для того щоб виключити систематичні помилки в розрахункових навантаженнях, прийнята в нормах залежність $A(I_p)$ має відповідати середній залежності між спостереженими значеннями $a_{\max}$ та I . У нормативному документі БНіП II-7-81* [4] у версії 1982 р. випуску, а вслід за ним і в БНіП II-7-81* [11] у версії 2000 р. випуску, сейсмічній інтенсивності $I = 7, 8$ і 9 балів відповідають прискорення, не менші за $a_{\max} = 0,1; 0,2$ і $0,4$ g, де g – прискорення вільного падіння. У той же час, за даними американських учених [15], при $I = 7, 8$ і 9 балів очікувані середні значення $a_{\max}$ відповідно дорівнюють $0,25; 0,5$ і $0,9$ g.

Зазначимо, що в проекті ДБН [12] співвідношення між бальністю і розрахунковим прискоренням в долях g рекомендується, вслід за [11], використовувати у вигляді $A = 0,1 \cdot 2^{I-7}$. При цьому A вважається нижньою межею максимального прискорення для розрахункових акселерограм, призначених для чисельного розрахунку додаткових сейсмічних навантажень на конструкції і споруди. На рис. 3 зображено графік співвідношення між бальністю за шкалою MSK-64 і середніми значеннями прискорень сейсмічних коливань в m/c^2 .

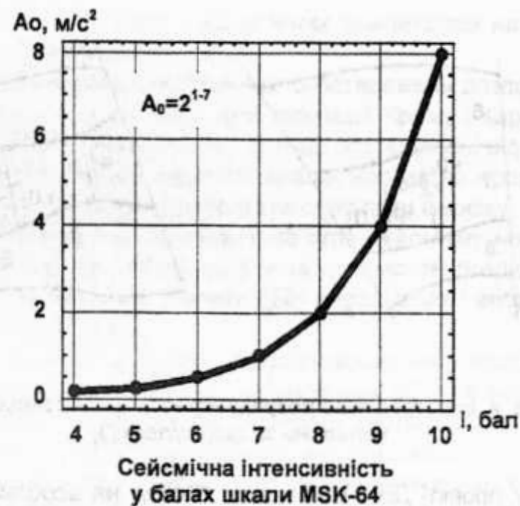


Рис. 3. Співвідношення "бал – середньостатистичні значення сейсмічних прискорень"

Слід зазначити, що є багато прикладів, коли спостережувані значення максимальних прискорень досягають значно більших значень [6; 7], ніж зображені на рис. 3.

З огляду на вищесказане, при проєктуванні особливо важливих об'єктів в прямих динамічних розрахунках доцільно використовувати розрахункові акселерограми, побудовані (для заданої імовірності неперевищення максимальних сейсмічних впливів) на основі інструментальних записів сильних і проміжних за величиною землетрусів, зареєстрованих безпосередньо на будівельному майданчику, або в умовах, близьких до існуючих на ньому. Тобто проєктуванню має передувати проведення спеціальних сейсмічних спостережень.

Розрахункові акселерограми на даний час є найкращим способом інтегрального задання сейсмічної небезпеки для проєктних основ. Їх визначають як $a(t) = A y(t)$, де i – складова вектора коливань, A – максимальне значення амплітуди прискорень, $y(t)$ – нормована на максимальне значення функція, яка описує коливання ґрунту в часі.

Недоліком використання сейсмічної інтенсивності для описання небезпеки при сейсмостійкому проєктуванні є також те, що в межах зони з одним значенням бальності на картах ЗСР сейсмічна небезпека залишається постійною, а на ізосейстах вона стрибком змінюється на 1 бал, що призводить до двократної зміни розрахункових значень амплітуд зміщень, швидкостей і прискорень. Тобто можливою є значна недооцінка або переоцінка розрахункових навантажень щодо реально існуючих.

З огляду на це, у проекті ДБН величина прискорення коливань A_0 на максимальній горизонтальній складовій вектора прогнозованих сейсмічних рухів в точці O , що належить сейсмічній зоні з прогнозованою інтенсивністю I , розраховується за допомогою приблизної формули

$$A_0 = A_{i\max} = 2^{I + \Delta I - 7 + \frac{d}{D}} \quad (m/c^2), \quad (3)$$

де d – відстань від точки O до середини відрізка прямої, проведеної через цю точку так, щоб довжина відрізка D , який відсікається обмежувальними зоною ізосейстами, була мінімальною. Значення d приймається позитивним, якщо точка O розташована, відносно середини відрізка, у напрямку зростання сейсмічної бальності, і негативним – у напрямку її зменшення. ΔI – приріст сейсмічної бальності за рахунок впливу місцевих ґрунтових умов майданчика, отриманий при проведенні її сейсмічного мікрорайонування. Ілюстрація позначень наводиться на рис. 4.

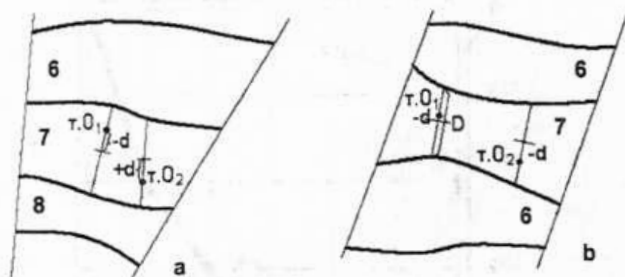


Рис. 4. Ілюстрація до розрахунку величини прискорення коливань за формулою (3)

У проекті ДБН розрахунок споруд на особливе співвідношення навантажень з урахуванням сейсмічних впливів рекомендується виконувати із застосуванням двох підходів: спектральним методом і методом прямого динамічного розрахунку з використанням реально зареєстрованих, синтезованих або стандартних розрахункових моделей сейсмічних рухів основи споруд як функцій часу. Найбільш поширеними моделями таких рухів у термінах прискорень є розрахункові акселерограми. Норми регламентують області їх застосування залежно від відповідальності споруд, їх висоти і форми.

При проектуванні особливо важливих, екологічно-і техногенно-небезпечних споруд (перелік об'єктів затверджується директивними органами країни) та об'єктів підвищеної небезпеки (визначається Законом України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" від 18.01.01. № 2245-III) в прямих динамічних розрахунках слід використовувати розрахункові акселерограми, побудовані (для заданої вірогідності неперевиконання максимальних сейсмічних впливів) на основі інструментальних записів сильних і проміжних за величиною землетрусів, зареєстрованих безпосередньо на будівельному майданчику, або в умовах, близьких до умов майданчика проектованої будівлі або споруди. Величини A_i в цьому випадку визначаються за допомогою робіт з уточнення сейсмічної небезпеки майданчика.

При проектуванні нетипових і відповідальних будівель і споруд, прив'язаних до конкретного майданчика, в прямих динамічних розрахунках допускається використання синтезованих розрахункових акселерограм, побудованих з урахуванням умов майданчика і його положення відносно небезпечних сейсмогенних зон. За відсутності інструментальних записів для генерації розрахункових акселерограм можуть використовуватися розрахункові методи і дані про приріст сейсмічної бальності за рахунок впливу місцевих ґрунтових умов майданчика – ΔI , отримані при проведенні її сейсмічного мікрорайонування.

У проекті ДБН опис впливу ґрунтових умов рекомендується здійснювати традиційним способом у термінах "приросту бальності". З огляду на цілочисловий характер "приросту бальності" і відсутність його однозначного співвідношення з фізичними параметрами сейсмічних коливань, доцільно перейти до визначення кількісного значення впливу місцевих ґрунтових умов на сейсмічну небезпеку в приростах прискорень, швидкостей або зміщень сейсмічних коливань. Перспективною слід визнати пропозицію відомого російського сейсмолога О.Л.Гусєва [8] замінити "приріст бальності" спектральним описом реакції осадового шару ґрунту на майданчику або його відносною частотною характеристикою.

При проектуванні типових будівель і споруд, не прив'язаних до конкретного майданчика, в прямих динамічних розрахунках допускається використання пакета трикомпонентних синтезованих акселерограм, побудованих на основі записів коливань ґрунтів, зареєстрованих у різних регіонах України за допомогою цифрових сейсмостанцій. У проекті ДБН передбачається представити пакети таких акселерограм.

При проведенні прямих динамічних розрахунків з використанням набору стандартних синтезованих акселерограм як розрахункові необхідно вибирати акселерограми, переважачі періоди яких збігаються з періодом власних коливань будівлі (споруди) за першою формою.

Для сейсмостійкого проектування типових споруд, якщо уточнення сейсмічної бальності і сейсмічне мікрорайонування майданчика не проводилося, в проекті ДБН прискорення A_0 рекомендується приймати рівним $K \cdot 9,8 \text{ м/с}^2$, де K – коефіцієнт сейсмічності, який приймається рівним 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 при сейсмічності майданчика 6, 7, 8, 9 і 10 балів відповідно. У процесі прив'язки одержаних таким чином проектів споруд необхідно врахувати можливі зміни амплітуд прискорень сейсмічних коливань в основі споруди за рахунок впливу місцевих ґрунтових умов.

Максимальні амплітуди належать до горизонтальних складових сейсмічних коливань. За відсутності об'єктивних даних сейсмічних спостережень, значення вертикальних прискорень основи допускається приймати рівними 0,7 від значень горизонтальних прискорень.

При роздільному використанні в розрахунках акселерограм горизонтальних і вертикальних прискорень слід вибирати найбільш небезпечні для будівель (споруд) напрями сейсмічних впливів.

Значення сейсмічних навантажень, переміщень і деформацій конструкцій слід визначати з урахуванням особливостей нелінійної деформації конструкцій. Прямі динамічні розрахунки будівель з системами сейсмоізоляції, з адаптивними системами сейсмічного захисту (зв'язками, що включаються і виключаються), динамічними демпфуючими пристроями та іншими елементами сейсмічного захисту, з огляду на значну складність проведення розрахунків, доцільно виконувати за участю спеціалізованих науково-дослідних організацій.

При проектуванні устаткування, встановленого на перекриттях будівлі або споруди, а також при визначенні сейсмічних навантажень на сталеві конструкції верхніх надбудованих поверхів, розрахунки необхідно виконувати із застосуванням акселерограм і спектрів реакцій, одержаних окремо для кожного поверху на основі акселерограм, моделюючих коливання основи споруди.

Розрахунок спектрів відповіді (реакції) одиничних осциляторів, які характеризуються власними періодами T і власними загасаннями коливань δ , можна виконувати на основі співвідношень, наведених у роботі [16]. За розрахункове значення спектра реакції осцилятора приймається максимальне значення прискорення його коливань з усього часового інтервалу дії розрахункової акселерограми. З досвіду розрахунків відомо, що надійне представлення спектрів реакції вимагає використання змінного по частоті кроку. Нижче наведено рекомендовані в проекті ДБН [12] значення кроку для різних частотних діапазонів (табл. 1).

У проекті ДБН рекомендується додатково розраховувати спектри реакції також для частот, що відповідають власним частотам устаткування або окремих конструкцій.

При прямих динамічних розрахунках системи "основа – фундамент – споруда" рекомендується приймати

експериментальні значення логарифмічних декрементів коливань ґрунту і конструкцій. У разі відсутності дослідних даних допускається приймати такі значення декрементів загасання: для залізобетонних і кам'яних конструкцій $\delta = 0,25$; для сталевих – $\delta = 0,1$ [12].

Таблиця 1. Крок по частоті при розрахунку спектрів реакції

Частотні діапазони, Гц	Крок по частоті у відповідному діапазоні, Гц
0,2 – 3,0	0,10
3,0 – 3,6	0,15
3,6 – 5,0	0,20
5,0 – 8,0	0,25
8,0 – 15,0	0,50
15,0 – 18,0	1,00
18,0 – 22,0	2,00
22,0 – 34,0	3,00

Коефіцієнти жорсткості і демпфування пружно-в'язкої основи, яка лінійно деформується, допускається визначати за методикою БНІП 2.02.05-87 "Фундаменти машин з динамічними навантаженнями". При цьому відносно демпфування основи слід приймати не більше 10 % від критичного загасання коливань (декремент загасання коливань $\delta \leq 0,6$) [12].

Розглянуті вище пропозиції щодо вдосконалення будівельних норм не вичерпують усієї сукупності труднощів, які існують у цій галузі. Але в умовах недостатнього сейсмологічного інформаційного забезпечення їх урахування дозволить зменшити неоднозначність визначення кількісних параметрів сейсмічної небезпеки, за допомогою яких на стадії проектування, будівництва і експлуатації забезпечується сейсмостійкість житла і важливих народногосподарських об'єктів. Це буде сприяти підвищенню безпеки проживання населення і забезпеченню стабільного розвитку сейсмічних районів країни.

Висновки. З огляду на відсутність однозначних співвідношень між інтенсивністю сейсмічних струшувань, вираженою в балах сейсмічної шкали і фізичними величинами, які характеризують сейсмічні коливання ґрунту при землетрусах, – зміщеннями, швидкостями або прискореннями – визначення нормативного рівня сейсмічної небезпеки в балах спричиняє проектувальникам сейсмостійких споруд труднощі з переходом від них до фізичних величин, що застосовуються при розрахунках проектуваних споруд на сейсмічну стійкість.

Назріла потреба переходу в нормативних документах до характеризовання сейсмічної небезпеки у фізичних одиницях (прискореннях, швидкостях, зміщеннях) або в значеннях спектрів реакції на заданих періодах коливань.

Здійснити такий перехід можна лише на основі аналізу параметрів реальних сейсмічних коливань, спосте-

режених від місцевих і віддалених землетрусів на різних ділянках території країни.

Існуюча мережа сейсмічних спостережень дозволяє одержати такі дані лише для території Криму і Карпатського регіону, де сейсмічні станції розташовані відносно густо. На решті території країни необхідно продовжити кількісно і якісно розвивати сейсмічну мережу.

Для конкретних важливих об'єктів сейсмічну небезпеку найточніше можна задати за допомогою розрахункових акселерограм. Проект ДБН передбачає і вносить їх використання.

Для надійної побудови розрахункових акселерограм для важливих і екологічно небезпечних об'єктів потрібно мати записи сейсмічних коливань безпосередньо на їх будівельних (експлуатаційних) майданчиках.

Поки що карти сейсмічного мікрорайонування будуються в термінах приростів сейсмічної бальності, що спричиняє проектувальникам сейсмостійких споруд труднощі, пов'язані із цілочисловим представленням сейсмічної бальності і неоднозначністю співвідношень між "приростом бальності" і приростом параметрів сейсмічних рухів. Оцінку приросту сейсмічної небезпеки за рахунок впливу локальних ґрунтових умов на будівельних майданчиках також слід визначати у фізичних термінах (зміщеннях, швидкостях, прискореннях), які характеризують максимальні прогнозовані сейсмічні рухи, або за допомогою відносних частотних характеристик ґрунтів.

1. Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР. – М., 1968. – С. 151–162.
2. Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности / Отв. ред. А.Г. Назаров, Н.В. Шебалин. – М., 1975.
3. Ериш И.А., Шебалин Н.В. Проблемы конструкции шкалы интенсивности землетрясений с позиций сейсмологии // Прогноз сейсмических воздействий (Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 25). – М., 1984. – С. 78–95.
4. СНиП-II-7-81*. Строительные нормы и правила. Строительство в сейсмических районах. Госстрой СССР. – М., 1991.
5. European Macroseismic Scale EMS-98, 1998 / Grunthal G. (Editor) – Luxembourg: ESC, 1998.
6. Алтункаев Ф.Ф., Шебалин Н.В. Уточнение корреляций между уровнем макросейсмического эффекта и динамическими параметрами движения грунта // Исследования по сейсмической опасности (Вопросы инженерной сейсмологии, вып. 29). – М., 1988. – С. 98–107.
7. Алтункаев Ф.Ф. Проблемы создания шкалы интенсивности нового поколения // Вулканология и сейсмология. – 1999. – № 4–5. – С. 23–28.
8. Гусев А.П. О геологической основе норм сейсмостойкого строительства в России // Физика Земли. – 2002. – № 12. – С. 56–70.
9. U.S. Geological Survey shaking-hazard maps // <http://eqhazmaps.usgs.gov/>
10. U.S. Geological Survey hazard maps // <http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/>
11. СНиП II-7-81*. Строительные нормы и правила. Строительство в сейсмических районах. Госстрой России. – М., 2000.
12. Строительство в сейсмических районах. ДБН. В. 1.1 (проект). – К., 2004.
13. Сейсмическое микрорайонирование / Под ред. С.В. Медведева. – М., 1977.
14. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию / Отв. ред. О.В. Павлов. – М., 1988.
15. Wald D.J., Quattano V.O., Heaton T.H., Kanamori H. Relationships between peak ground acceleration, peak ground velocity, and modified Mercalli intensity in California // Earthq. Spectra. – 1999. – Vol. 15. – P. 557–564.
16. Ньюмарк Н., Розенблюм Э. Основы сейсмостойкого строительства. – М., 1980. – С. 61–99.

Надійшла до редакції 23.12.04