

УДК 699.841

Д.О. Хохлін, НДІБВ, м. Київ

СТАН БУДІВЛІ ПРИ ПОЄДНАННІ СЕЙСМОНЕБЕЗПЕКИ ТА УМОВ, ЩО МОЖУТЬ ПРИЗВЕСТИ ДО ЗНАЧНИХ НЕРІВНОМІРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ОСНОВИ

АНОТАЦІЯ.

У статті розглянуті питання можливого суміщення сейсмічних впливів та значних нерівномірних деформацій основи різного походження на території України, особливості напружено-деформованого стану будівель при такому суміщенні, а також проблеми та пропозиції щодо нормативних вимог стосовно його врахування.

Ключові слова: нерівномірні деформації, сейсміка, суміщення впливів, напружено-деформований стан, будівельні норми.

Актуальність питань будівництва на майданчиках, де поєднуються сейсмонезбезпека та чинники, які можуть призвести до значних нерівномірних деформацій основ будівель, полягає в широкій розповсюдженості таких умов на території України. Проблема захисту будівель ускладнюється

нормативним та фактичним збільшенням площі територій зі складними та особливими інженерно-геологічними умовами, зокрема розширенням сейсмонезбезпечних регіонів, збільшенням зсувонезбезпечних ділянок, підняттям рівня ґрунтових вод тощо. Проблемою також є наявність великого обсягу застарілого фонду нерухомості, який поєднує фізичну зношеність, незадовільний технічний стан і недостатню пристосованість до сприйняття дії можливих складних впливів та, особливо, їх поєднання.

Розташування сейсмонезбезпечних територій України нормативно визначено у ДБН В.1.1-12:2006 [1], а для будівель масового цивільного, промислового призначення, різноманітних житлових об'єктів у міській та сільській місцевості - на відповідній карті ЗСР-2004-А (рис. 1).

Як видно з карти на рис. 1, до сейсмонезбезпечних територій (6-9 балів за шкалою MSK-64) для масового будівництва відносять частину Західної України (Закарпаття, Івано-Франківська, Чернівецька області, частини Львівської та Тернопільської областей), частина Південної України (Одеська область та АР Крим, частини Запорізької, Миколаївської та Херсонської областей), а також частини Вінницької, Хмельницької та Кіровоградської областей. Для найбільш відповідальних будівель та споруд сейсмонезбезпечними вважають

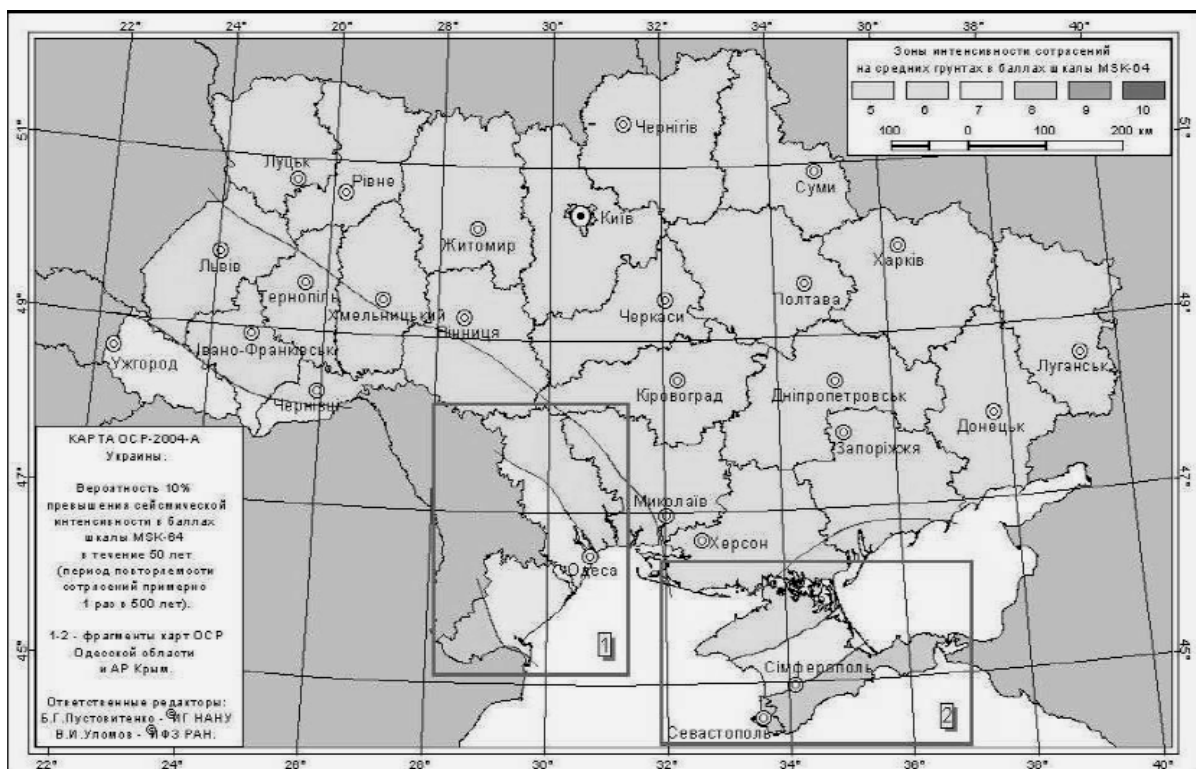


Рис. 1. Карта загального сейсмічного районування України ЗСР-2004-А

(за картами ЗСР-2004-В та ЗСР-2004-С з ДБН В.1.1-12:2006 [1]) майже всю Україну за винятком невеликих територій на північному сході.

Використання поняття "значні нерівномірні деформації" запропоновано у зв'язку з тим, що у реальній практиці (натурно) абсолютно рівномірні деформації основи ніколи не реалізуються. Адже ґрунти основи фактично ніколи не мають абсолютно однорідної будови, крім того, через явище розподільної здатності ґрунту спостерігається нерівномірна стисливість зі збільшенням жорсткості основи при наближенні до краю фундаменту через залучення в роботу ґрунтів навколо будівлі [2]. "Значущими" нерівномірні деформації можна вважати тоді, коли їх вплив на напружено-деформований стан будівлі стає відчутним у порівнянні з умовно рівномірною жорсткістю основи (наприклад, призводить до появи недопустимих пошкоджень та деформацій будівлі). Причини таких деформацій в цілому виділені у науковій, нормативній та іншій літературі. Наприклад, у діючому ДБН В.2.1-10-2009 [3] виділені складні та особливі умови будівництва, наведені у таблиці 1.

ґрунти з особливими властивостями
Просідаючі
Набрякливі
Водонасичені
біогенні та мули
Елювіальні
Засолені
Насипні та намівні
Здимальні
Території з особливими умовами
Території із підземними виробками
Сейсмічні райони
Закарстовані території
Зсувонебезпечні території
Підтоплювані території
Особливі впливи, умови, навантаження
Зони динамічних впливів
Вирівнювання деформованих будівель і усунення кренів
Умови щільної забудови
Реконструкція (підсилення, поглиблення, зміни)

З наведених у табл. 1 складних умов всі в той чи інший спосіб можуть ставати чинниками утворення значних нерівномірних деформацій основи. Але серед найбільш небезпечних, характерних та розповсюджених в Україні (крім сейсмічних районів), можна виділити просідаючі, насипні та намівні ґрунти, території із підземними виробками, закарстовані, зсувонебезпечні та підтоплювані території, а також умови щільної забудови. Серед останніх можна виділити вплив котлованів та вертикальне довантаження основи, які здатні стати чинни-

ками значних нерівномірних деформацій для оточуючої забудови. Такі впливи на відміну від просідання, підробки та інших подібних навантажень за діючими нормами ДБН В.1.2-2:2006 [4] не відносять до особливих (епізодичних), хоча з точки зору впливу на існуючі будівлі вони є подібними.

Карта поширення основних екзогенних геологічних процесів, до яких відносяться значна частина наведених вище чинників значних нерівномірних деформацій основ, наведена на рис. 2 з ДБН В.1.1-24-2009 [5]. При порівнянні карт на рис. 1 та рис. 2 можна дійти висновку про присутність на сейсмонебезпечних територіях (6 різного ступеня) всіх розглянутих явищ.

Огляд літератури з питань будівництва та експлуатації сейсмостійких будівель показав, що, якщо й розглядають поєднання впливів на напружено-деформований стан (НДС) будівель сейсміки та можливих значних нерівномірних деформацій різної природи, то практично в усіх випадках з наукової точки зору розглядають випадок наявності просідаючих ґрунтів в основах. В цілому

Таблиця 1 Класифікація особливих умов будівництва згідно з ДБН В.2.1-10-2009 [3]

<i>ґрунти з особливими властивостями</i>	<i>Просідаючі</i>
	<i>Набрякливі</i>
	<i>Водонасичені біогенні та мули</i>
	<i>Елювіальні</i>
	<i>Засолені</i>
	<i>Насипні та намівні</i>
	<i>Здимальні</i>
<i>Території з особливими умовами</i>	<i>Території із підземними виробками</i>
	<i>Сейсмічні райони</i>
	<i>Закарстовані території</i>
	<i>Зсувонебезпечні території</i>
	<i>Підтоплювані території</i>
<i>Особливі впливи, умови, навантаження</i>	<i>Зони динамічних впливів</i>
	<i>Вирівнювання деформованих будівель і усунення кренів</i>
	<i>Умови щільної забудови</i>
	<i>Реконструкція (підсилення, поглиблення, зміни)</i>

це відображається у діючих будівельних нормах. Наприклад, у другій частині ДБН В.1.1-5-2000 [6] викладені вимоги щодо проектування будівель в умовах поєднання сеймонебезпеки та просідаючих порід в основі, в той же час у першій частині даних норм для підроблюваних територій аналогічні вимоги відсутні повністю. В ДБН В.1.1-24-2009 [5] присутні вимоги щодо врахування сейсмонезбезпеки при забезпеченні стійкості зсувонебезпечних (та обвалонебезпечних) схилів ґрунтових масивів. В ДБН В.1.1-12:2006 [1] переважна більшість складних інженерно-

геологічних умов, що призводять до значних нерівномірних деформацій будівель (крім просідаючих ґрунтів), відносять до "несприятливих у сейсмічному відношенні". Це, зокрема, стосується насипних ґрунтів, біогенних ґрунтів та намулів, зсувів, карсту, наявності гірничих виробок та крутості схилів більше 15°. Будівництво сейсмостійких будівель у таких умовах без достатнього обґрунтування не дозволяється.

Взагалі проблемами будівництва в умовах просідаючих порід сейсмонезбезпечних територій України займалися КиївЗНДІЕП, НДІБК та інші установи, за участю яких був розроблений відповідний розділ ДБН В.1.1-5-2000 [6], введених у дію в 2000 році. Останні дослідження на цю тему проводили у КиївЗНДІЕП у 2005-2008 роках [7]. Вони були присвячені розробленню та обґрунтуванню рекомендацій з конструктивного захисту житлових будинків масових серій, що експлуатуються в умовах просідаючих ґрунтів сейсмонезбезпечних територій України. Необхідність нових досліджень була визначена незадовільним станом даних будівель, які при розвитку деформацій і пошкодженнях від нерівномірного просідання основи також втрачали й запроєктовану сейсмостійкість. Були проаналізовані існуючі та отримані нові наукові дані, на основі яких був запропонований можливий комплекс заходів з конструктивного та технологічного захисту досліджених будівель. Проведене дослідження показало складний характер НДС жорстких будівель при одночасній дії сейсмічного

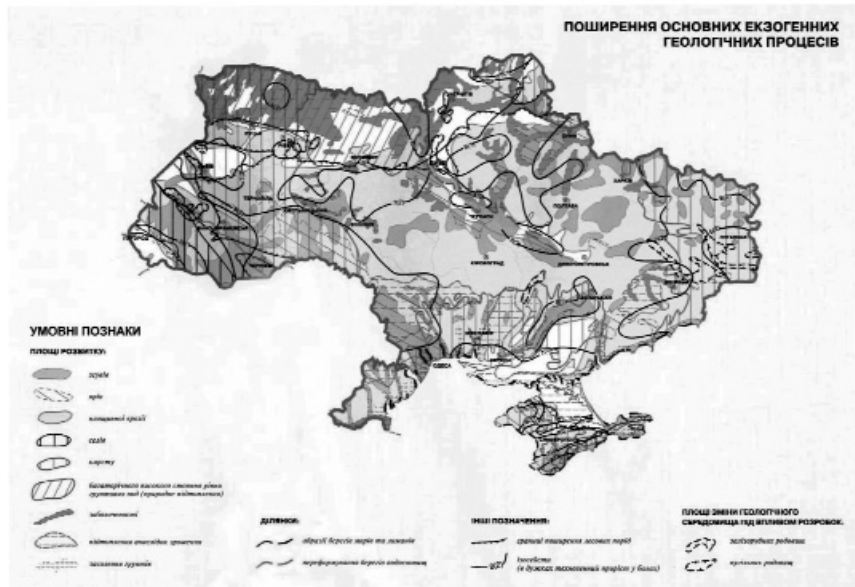


Рис. 2. Поширення основних екзогенних геологічних процесів

навантаження та нерівномірного просідання основи. Визначено, що спрощений підхід до їх розрахунку у варіантах урахування більшого значення зусиль від кожного впливу окремо або їх додавання у вигляді кореня квадратного з суми квадратів зусиль від кожного з впливів, як пропонується, наприклад, у роботі [8], є некоректним.

Аналізуючи наявні дані щодо НДС у складних умовах, необхідно виділити певні його особливості. Можна розрізнити два його основних варіанти (випадки), які взагалі були описані для будівель на просідаючих ґрунтах ще у дослідженні [8]:

- спочатку виникають нерівномірні деформації основи та з'являються відповідні зусилля, пружні та непружні деформації будівлі, які "консервуються" на довгий час навіть після завершення дії чинників, що призвели до цього (замокання, довантаження основи тощо), з різним ступенем перерозподілу та релаксації зусиль. А сейсмічні навантаження будівля вже сприймає саме у такому НДС, тобто складні впливи діють послідовно, при цьому основа на час землетрусу знаходиться у відносно стабілізованому стані (не відбувається суттєвого розвитку її нових деформацій та зниження її жорсткості);

- сейсмічні навантаження припадають на період активного розвитку нерівномірних деформацій і фактично складні впливи діють одночасно, при цьому розвиток деформацій та зниження жорсткості основи також впливають на динамічні характеристики будівлі (в першу чергу, періоди та

форми власних коливань).

Важливо відмітити, що в обох випадках відбувається суміщення зусиль від складних впливів (крім випадків, коли зусилля від деформацій основи в конструкціях практично не виникають через їх піддатливість).

Ймовірність другого, більш небезпечного варіанту є значно меншою, але в той же час суттєвою. Адже період дії активних нерівномірних деформацій та їх чинників також може бути достатньо розтягнутим у часі (до кількох місяців та навіть перевищувати 1 рік в залежності від виду складних умов [9]). Необхідно відмітити, що виділяють ще третій варіант суміщення складних впливів [8], в якому передбачають можливість активізації нерівномірних деформацій з різних причин після землетрусу. Але при цьому не відбувається безпосереднє суміщення зусиль від сейсміки та деформацій основи, хоча такий варіант треба брати до уваги при проектуванні нових або відновленні та підсиленні існуючих будівель.

В обох наведених основних випадках відбуваються відчутні зміни у жорсткісних та(або) геометричних параметрах конструкцій та основи будівлі, що впливає й на зусилля від сейсмічних навантажень. Характеристики даних змін залежать від конструктивних та інших особливостей будівлі. У дослідженні [10] показано суттєвий вплив урахування деформованої схеми будівлі при визначенні її НДС при дії сейсміки.

Враховуючи наведене вище, можна запропонувати ряд корекцій і змін у діючі нормативні документи.

Перша група пропонованих корекцій і змін стосується врахованих у розрахунках навантажень та їх сполучень. В першу чергу це стосується вимоги ДБН В.1.2-2:2006 [4] щодо можливості врахування в особливих (аварійних) сполученнях навантажень тільки одного епізодичного навантаження, до якого відносять сейсмічні та основні впливи, що призводять до значних нерівномірних деформацій основи (просідання, підробка, карст тощо). Враховуючи наведені міркування, на наш погляд, така вимога є дуже спірною. В підтвердження цього у ДБН В.1.1-5-2000 [6] викладені положення, які передбачають у певних випадках використання особливих сполучень навантажень з одночасною дією сейсміки та просідання основи або просідання та підробки основи, що суперечить вимогам ДБН В.1.2-2:2006 [4]. В даному випадку мо-

же бути запропоновано два варіанти вирішення проблеми: перший передбачає видалення всіх вимог щодо можливості врахування у особливих (аварійних) сполученнях навантажень тільки одного епізодичного навантаження, другий - виділення окремої групи навантажень "тимчасових особливих", в яку мають бути перенесені епізодичні, пов'язані з деформаціями основи, а також чинники значних нерівномірних деформацій існуючої забудови, пов'язані з новими будівельно-монтажними роботами поруч.

Друга група пропонованих корекцій і змін містить безпосередньо вимоги щодо способів розрахунків на сумісну дію особливих впливів, що розглядаються. Серед них можна виділити такі основні пропозиції:

- додати текст у п. 1.1.4 ДБН В.1.1-12:2006 [1] та п. 8.9 ДБН В.1.1-5-2000 [6]: "Для будівель і споруд з класом наслідків СС2 та СС3 необхідно враховувати можливість одночасної дії зусиль від просідань та сейсмічних впливів. При цьому необхідно передбачати два випадки. Перший враховує ймовірність збігу землетрусу та процесу просідання основи та передбачає врахування при визначенні зусиль від сейсміки нерівномірної стисливості (деформативності) основи від дії просідання. Другий враховує послідовне та розведене у часі виникнення просідання та землетрусу, коли зусилля від сейсміки визначають без врахування нерівномірної стисливості (деформативності) основи від її просідання. В обох випадках розрахунок на особливі сполучення навантажень передбачає додавання зусиль від сейсміки та просідання. При розрахунку споруди на сейсмічне навантаження також рекомендується враховувати найбільш імовірні та наявні (для існуючої споруди) деформовані схеми". Аналогічне формулювання про допущення визначення зусиль у конструкціях окремо на дії просідання і сейсміки тільки для будинків і споруд з класом наслідків СС1 необхідно передбачити у останньому пункті переліку в п. 4.16 ДБН В.1.1-5-2000 (ч. II) [6];

- додати текст у п. 1.1.6 ДБН В.1.1-12:2006 [1]: "У випадку необхідності, розрахунок на особливі сполучення навантажень будівель і споруд на ділянках зі складними та особливими умовами експлуатації, що призводять до значних нерівномірних деформацій основи і споруди (карст, підробка, вплив котлованів тощо), рекомендується проводити з урахуванням можливості дії зусиль від нерівномірних

осідань та сейсмічних впливів аналогічно, як для просідаючих основ (див. п. 1.1.4)";

- передостанній абзац п. 2.1.1 ДБН В.1.1-12:2006 [1] викласти так: "При цьому в особливе сполучення навантажень входять постійні, можливі довготривалі та короткочасні навантаження, сейсмічні дії, а також дії, що обумовлені значними деформаціями основи при замочуванні просідаючих ґрунтів, підробці та через наявність інших складних і особливих умов";

- пропонується відмінити положення в п. 8.9 ДБН В.1.1-5-2000 (ч. II) [6]: "Коефіцієнт K_1 , що враховує допустимі пошкодження будинків і споруд згідно зі СНіП 11-7, слід приймати 1".

На основі наведеного вище можна зробити загальні висновки.

Різноманітність складних і особливих інженерно-геологічних умов України призводить до перетинання територій їх розвитку. Зокрема це стосується суміщення сейсмонебезпеки та умов, що можуть призвести до значних нерівномірних деформацій основи. Питання будівництва при такому суміщенні впливів досліджені (або впроваджені) недостатньо. Наслідками є незадовільний стан із втратою запроектованої сейсмостійкості значної кількості існуючих будівель та низка спірних положень і недоліків у діючих нормах. В той же час наявні в даний момент наукові дані вже дозволяють їх скоригувати з метою врахування особливостей потенційної суміщеної дії сейсміки та чинників значних нерівномірних деформацій основи, що відображені у вигляді ряду основних пропозицій у даній статті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2006. — Офіц. вид. — [На заміну СНіП II-7-81*; Чинні від 2007-01-02]. — К.: Укрархбудінформ: Мінбуд України, 2006. — 82 с.

2. Горбунов-Посадов М.И. Расчет конструкций на упругом основании / М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова, В.И. Соломин. — [3-е изд., перераб. и доп.]. — М.: Стройиздат, 1984. — 679 с.

3. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування: ДБН В.2.1-10-2009. — [На заміну СНіП 2.02.01-83; Чинні від 01.07.09]. — К.: Укрархбудінформ: Мінрегіонбуд України, 2009. — 104 с.

4. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2-2:2006. — Офіц. вид. — [На заміну СНіП 2.01.07-85*; Чинні

від 2007-01-01]. — К.: Укрархбудінформ: Мінбуд України, 2006. — 75 с.

5. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування: ДБН В.1.1-24-2009. — [На заміну СНіП 2.01.15-90; Чинні від 01.01.2011]. — К.: Укрархбудінформ: Мінрегіонбуд України, 2010. — 108 с.

6. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах: ДБН В.1.1-5-2000. — Офіц. вид. — [На заміну СНіП 2.01.09-91; Чинні від 2000-07-01] — К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. — 87 с.

7. Хохлін Д. О. Конструктивний захист житлових будинків масових серій, що експлуатуються в умовах просідаючих ґрунтів сейсмонебезпечних територій : дис. ...канд. техн. наук : 05.23.01 / Хохлін Денис Олексійович. — К., 2009. — 204 с.

8. Метелюк Н.С. Совершенствование расчета сооружений, возводимых в сложных грунтовых условиях / Метелюк Н.С. — К.: Будівельник, 1980. — 144 с.

9. Банах А.В. Влияние динамических воздействий на прочность железобетонных конструкций зданий, эксплуатируемых в сложных инженерно-геологических условиях / А.В. Банах // Будівельні конструкції. — К.: НДІБК, 2011. — Вип. 74. — С. 424-432.

АННОТАЦИЯ,

В статье рассмотрены вопросы возможного совмещения сейсмических воздействий и значительных неравномерных деформаций основания различного происхождения на территории Украины, особенности напряженно-деформированного состояния зданий при таком совмещении, а также проблемы и предложения относительно нормативных требований, касающихся его учета.

Ключевые слова: неравномерные деформации, сейсмика, совмещение воздействий, напряженно-деформированное состояние, строительные нормы.

ANNOTATION.

The article deals with issues of a possible combination of seismic effects and substantial non-uniform deformation of the base of different origin in the territory of Ukraine, features of the stress-strain state of the buildings in such a combination, as well as the problems and proposals for regulatory requirements with regard to their records.

Keywords: non-uniform, deformation, seismics, combination, influences, the stress-strain, state, rules.