

СЕЙСМОСТІЙКЕ БУДІВНИЦТВО В УКРАЇНІ: СТАН ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА РОЗРОБКА НОРМАТИВНОЇ БАЗИ

Немчинов Ю.І., Хавкін О.К., Мар'єнков М.Г., Бабік К.М.

ДП «Державний науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: Проаналізовано сейсмічну небезпеку України, стан експериментальних і теоретичних досліджень конструкцій і будівель при сейсмічних навантаженнях і розроблені пропозиції щодо вирішення проблеми сейсмостійкого будівництва в Україні.

АННОТАЦИЯ: Проанализированы сейсмическая опасность Украины, состояние экспериментальных и теоретических исследований конструкций и зданий при сейсмических нагрузках и разработаны предложения по решению проблемы сейсмостойкого строительства в Украине.

ABSTRACT: Seismic hazard of Ukraine, the status of experimental and theoretical investigations of structures and buildings under seismic loads and developed proposals for solving the problem of seismic construction in Ukraine are analyzed.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Сейсмічна небезпека, норми, концепція національної програми, розрахунок сейсмостійкості будівель.

СЕЙСМІЧНА НЕБЕЗПЕКА В УКРАЇНІ

Сейсмічний ризик для населення та економіки визначається рівнем природної сейсмічної небезпеки територій і уразливістю розташованих на них об'єктів до сейсмічних впливів. Згідно з картами Загального сейсмічного районування ЗСР-2004 [1] та ДСТУ Б В.1.1-28 [2] територія України, охоплена можливими сейсмічними коливаннями з інтенсивністю

з 6 - 9 балів, складає понад 120 тис. км² (рис. 1). Райони з інтенсивністю 7 - 9 балів складають територію близько 12%, і включають майже 80 населених пунктів, в яких проживає понад 7 млн. осіб [3].

Сейсмічні зони різної інтенсивності охоплюють АР Крим (6-9 балів), Закарпатську (7 балів), Івано-Франківську (6 балів), Чернівецьку (6-7 балів), Вінницьку (6 балів), Кіровоградську (6 балів), Львівську (6 балів), Одеську (6-9 балів), Тернопільську (6 балів), Хмельницьку (6 балів) області України.

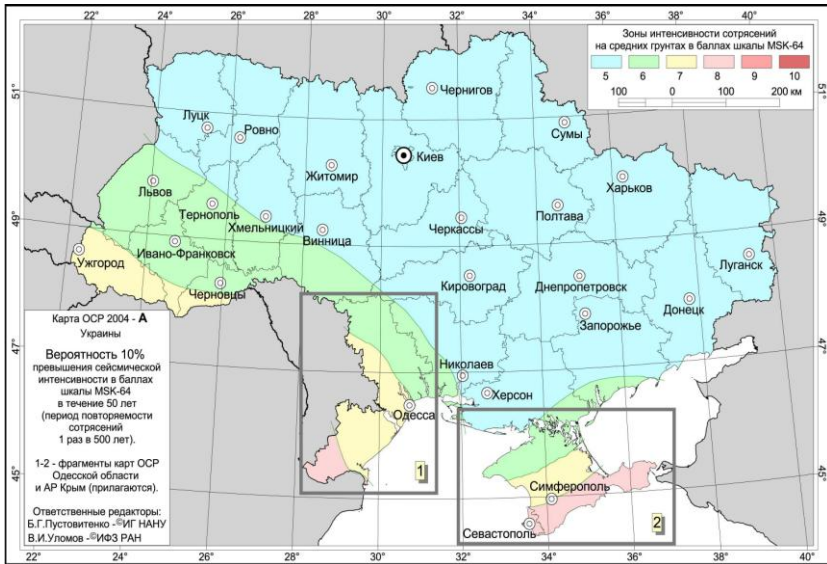


Рис. 1. Карта ЗСР-2004-А загального сейсмічного районування території України [1]

У щорічній доповіді Міністерства з надзвичайних ситуацій України [4] наводяться дані щодо сейсмічної активності на території України. В табл. 1 наведено статистику виникнення землетрусів, зафіксованих на території України, за період 2004 – 2010 років.

Таблиця 1
Кількість локальних землетрусів, зафіксованих на території України

Мережа сейсмостанцій	Кількість зафіксованих локальних землетрусів					
	2004	2005	2006	2007	2008	2010
Кримська	150	153	152	46	48	81
Карпатська	>100	~120	~125	~120	79	121

Загальна сейсмічна активність України характеризується наступними сейсмічними зонами:

- Карпатська зона гір Вранча в Румунії;
- Регіон Прикарпаття і Закарпаття;
- Сейсмактивні зони південного заходу Східноєвропейської платформи та дельти р. Дунай (район Добруджа);
- Кримсько-Чорноморський регіон.

Умови сучасного будівництва в сейсмічних районах ускладнюються також наявністю небезпечних геологічних процесів, таких як повені, зсуви, смерчі, карсти тощо. Так за даними [4] 79,7 тис.км² (13%) території України охоплені впливами підтоплень. До таких районів відносяться водопропускні споруди річок Дніпро, Дністер, Південний Буг, Північний Донець, в зону впливу яких потрапляють 536 населених пунктів і 470 промислових об'єктів. Більше 60% території України схильні до утворення карстів, зокрема на 27% виявляється відкритий карст (АР Крим, Вінницька, Волинська, Донецька, Луганська, Львівська, Миколаївська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька області). У Криму, Прикарпатті, Донбасі, Одеській, Хмельницькій і Дніпропетровській областях зафіксовано більше 130 тис. зсувів, які охоплюють площу близько 5 тис. км². Від зсувів страждає морське узбережжя. Перераховані чинники негативно впливають на рівень сейсмічної небезпеки території України.

Сім ядерно небезпечних об'єктів України (серед яких чотири діючі атомні електростанції, об'єкт «Укриття» Чорнобильської АЕС та експериментальні реактори в м. Києві та м. Севастополі) повинні протистояти без руйнувань 5-7 бальним землетрусам. За даними МНС України зона можливого радіоактивного зараження в разі аварії на одній з АЕС становитиме від 53 до 140 тис.км².

Україна володіє значним будівельним фондом, який включає житлові, громадські та виробничі будівлі та споруди. Вартість зазначених фондів в цілому перевищує 60% основних фондів народного господарства. Знос основних фондів досяг гранично небезпечних показників, коли подальша їх експлуатація вимагає значних ресурсів з відновлення функціональної придатності об'єктів і обладнання. Процес деградації стану будівельних конструкцій є причиною техногенних і природних аварій споруд, які є важливим елементом, який впливає в цілому на безпеку в різних областях народного господарства. Землетруси, супроводжувані зсувами, обвалами, селями, цунамі та іншими небезпечними явищами, викликають небезпечні матеріальні й соціальні наслідки.

Збиток від землетрусів можна суттєво зменшити при належній технічно - теоретичній й організаційній підготовці до землетрусу населення і відповідних служб з запобігання і ліквідації небезпечних наслідків від

впливів землетрусів. Особливу увагу у зв'язку з цим слід приділяти дослідженням ризиків виникнення землетрусів, оцінці сейсмостійкості існуючих будівель та споруд, створенню та впровадженню станцій інженерно-сейсмометричних спостережень на відповідальних спорудах та об'єктах, необхідних для ліквідації наслідків землетрусів та супутніх подій, оцінці страхових ризиків для будівельних об'єктів.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЦІЛЬОВОЇ ПРОГРАМИ «СЕЙСМІЧНА БЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ»

Враховуючи важливість даної проблеми в Україні, Міжвідомча комісія з питань науково-технологічної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України під головуванням академіка Б.Є. Патона 3 квітня 2008 р. і 19 травня 2009 р. розглянула питання «Про стан забезпечення сейсмічної безпеки і проблеми розвитку сейсмостійкого будівництва в Україні» [6]. Міжвідомча комісія відзначила зростання негативних процесів деградації технічного стану будівельних об'єктів в Україні і підвищення рівня фізичного зносу основних фондів в різних галузях народного господарства і рекомендувала Кабінету Міністрів України:

- забезпечити розробку Концепції і Програми «Захист населення, будівель і споруд від сейсмічної небезпеки»;
- разом з Радою міністрів Автономної Республіки Крим, місцевими державними адміністраціями, Верховною Радою Автономної Республіки Крим і органами місцевого самоврядування забезпечити складання переліку небезпечних об'єктів і об'єктів житлового і громадського призначення, здійснити їх послідовну паспортизацію, включаючи оцінку сейсмостійкості;
- створити Національну інженерно-сейсмометричну службу України в системі Міністерства регіонального розвитку і будівництва України, передбачивши її матеріально-технічне і кадрове забезпечення.

Були надані також конкретні рекомендації Мінрегіону України, Національній Академії наук України, Міністерству України з питань надзвичайних ситуацій і у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Міністерству освіти і науки України і іншим державним органам, що мають відношення до проблеми забезпечення сейсмостійкості будівель і споруд.

Загальна мета Програми - підвищення сейсмічної безпеки населення шляхом посилення і реконструкції тих, що існують і будівництва нових сейсмостійких споруд, зменшення збитку від землетрусів, зниження соціального, економічного і екологічного ризику в сейсмічно небезпечних

районах України і підготовка міст, населених пунктів, промислових, енергетичних, транспортних і інших об'єктів до сильних землетрусів.

Головна пріоритетна мета – знизити уразливість будівель, які можуть стати причиною великого числа людських жертв і втрат матеріальних цінностей при землетрусах.

Завдання Програми:

1. Проведення обстежень і паспортизація будівель і споруд в сейсмічно небезпечних районах України і здійснення заходів щодо їх посилення.

2. Створення науково-методичної і експериментальної бази для оцінки сейсмічної безпеки шляхом:

- створення мережі сейсмічних і інженерно-сейсмометричних станцій для запису сейсмічних подій;

- створення експериментальної бази для дослідження сейсмостійкості споруд;

- розробки систем сейсмічного захисту, вібромашин і устаткування для перевірки сейсмостійкості в натурних умовах, моніторингу споруд і т.д.;

- розвитку загального сейсмічного районування міст і населених пунктів України і мікросейсморайонування майданчиків при будівництві нових і реконструкції існуючих будівель і споруд.

3. Розробка і вдосконалення нормативної бази України з сейсмостійкого будівництва і гармонізація її вимог з вимогами європейських стандартів.

4. Зменшення до прийняттого рівня розміру економічних втрат і екологічної безпеки при сейсмічних лихах і забезпечення збереження національних цінностей і культурного надбання на сейсмонебезпечних територіях України.

5. Підготовка регіональних програм зменшення сейсмічної безпеки.

6. Підвищення загальнонаціональної і місцевої готовності до руйнівних землетрусів і ліквідації наслідків землетрусів.

7. Розвиток системи інформаційного забезпечення населення про сейсмічну безпеку і вдосконалення системи підготовки кадрів в області сейсмостійкого будівництва.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПОЛОЖЕНЬ ПРОГРАМИ ЗА УЧАСТІ ДП НДІБК

Окремі положення даної Програми у 2010-2013 рр. реалізовано фахівцями ДП НДІБК спільно з рядом наукових, проектних та технічних організацій України, в рамках бюджетних та господарчих тематик. Слід

відмітити тривалу та плідну співпрацю ДП НДІБК з наступними установами:

- Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України;
- Одеською державною академією будівництва та архітектури (ОДАБА);
- Державним головним територіальним науково-дослідним і проектним інститут «КримНДІпроект» (м. Сімферополь);
- Інститутом геофізики НАН України ім. С.І. Суботіна;
- Кримською експертною радою з оцінки сейсмічної небезпеки і прогнозу землетрусів (м. Сімферополь);
- Будівельною компанією «Консоль ЛТД» (м. Сімферополь).

В рамках виконання робіт з науково - технічного супроводу об'єктів експериментального будівництва ДП НДІБК були виконані чисельні та експериментальні дослідження щодо забезпечення сейсмостійкості близько 200 об'єктів. Ці роботи передбачали виконання сейсмічного мікро-районування будівельних майданчиків, аналіз застосованих конструктивних схем та розрахункове обґрунтування сейсмостійкості.

Розробка нових та перегляд існуючих нормативних документів України з метою забезпечення необхідного рівня сейсмостійкості будівель і споруд, підвищення якості проектування конструкцій, забезпечення необхідного рівня безпеки людей та устаткування при землетрусах, а також актуалізації національної нормативної бази відповідно до сучасних завдань будівельної галузі.

Розроблено та вводяться в дію наступні нормативні документи:

- ДСТУ Б В.1.1-28:2010. «Шкала сейсмічної інтенсивності»;
- ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT)»;
- ДСТУ-Н Б EN 1998-2:2012 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 2. Мости (EN 1998-2:2005, IDT)»;
- ДСТУ-Н Б EN 1998-3: 2012 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 3. Оцінка стану та відновлення будівель (EN 1998-3:2005, IDT)»;
- ДСТУ-Н Б EN 1998-4: 2012 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 4. Силосні башти, резервуари та трубопроводи (EN 1998-4:2006, IDT)»;
- ДСТУ-Н Б EN 1998-5: 2012 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 5. Фундаменти, підпірні конструкції та геотехнічні аспекти (EN 1998-5:2004, IDT)»;

- ДСТУ-Н Б EN 1998-6: 2012 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 6. Башти, вежі і димові труби (EN 1998-6:2005, IDT)»;

- Зміни до перерахованих вище ДСТУ-Н Б EN 1998, що містять Національні додатки до відповідних частин Єврокоду 8.

Розроблено проект ДБН В.1.1-12:2013 «Будівництво у сейсмічних районах України», актуалізований з урахуванням результатів останніх досліджень у галузі сейсмостійкого будівництва, отриманих фахівцями України, вченими країн СНД, європейських та інших зарубіжних країн.

Проект ДБН В.1.1-12:2013 передбачає:

- визначення сейсмічних навантажень з урахуванням нелінійного деформування матеріалів і конструкцій;

- застосування нелінійного розрахунку конструкцій з використанням методу спектру несучої здатності, рекомендованого стандартом України ДСТУ-Н Б EN 1998-1 і Єврокодом 8 (EN 1998-1);

- коригування підходу до використання карт Загального сейсмічного районування території України з урахуванням класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд, що проектуються у сейсмічних районах України, відповідно до ДБН В.1.2-14 [6];

- уточнення вимог до сейсмічного мікрорайонування будівельних майданчиків та розрахунків будівель і споруд на сейсмічні дії, задані акселерограмами землетрусів;

- встановлення вимог щодо проектування систем сейсмоізоляції будівель різного призначення та інші.

В рамках спільної діяльності ДП НДІБК, інституту «КримНДІ-проект» і компанії «Консоль ЛТД» виконано комплекс робіт з науково - технічного супроводу адаптації фінського проекту великопанельного житлового будинку до національної нормативної бази України, а саме: необхідне налагодження технологічної лінії з виробництва панелей на Севастопольському заводі залізобетонних виробів, проведення випробувань окремих панелей, розроблення конструктивних рішень, моделювання роботи стикових з'єднань плит з несучими стінами, перевірку несучої здатності окремих елементів і натурального фрагмента будівлі при дії сейсмічних навантажень (рис. 2).

В рамках робіт на замовлення Мінрегіону України за темою «Дослідження питань існуючої забудови та розроблення методичних рекомендацій з проведення сейсмічного мікрорайонування територій, на яких розташовані населені пункти, будівельні майданчики, важливі і потенційно небезпечні об'єкти», ДП НДІБК отримано наступні практичні результати:

1. Виконано оцінку сейсмічної небезпеки і визначені ризики виникнення землетрусів на сейсмонезбезпечних територіях України.



а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Великопанельний будинок з конструкціями, виготовленими за екструзійною («фінською») технологією: а - автоматизована лінія з виробництва екструзійних залізобетонних плит; б - випробування фрагмента будівлі в ДП НДІБК; в - петлевий стик 9-поверхового панельного будинку; г - загальний вигляд побудованого будинку за вул. Ніканорова в Сімферополі

2. Для оцінки сейсмостійкості об'єктів існуючої забудови у сейсмонебезпечних регіонах України (АР Крим та Одеська область) з урахуванням їх технічного стану обрано об'єкти – представники, характерні для досліджуваної території.

3. На об'єктах – представниках проведено комплекс експериментальних досліджень (інструментальних та віброметричних), за результатами яких отримано:

- характеристики матеріалів несучих конструкцій, із застосуванням відпрацьованих методик неруйнівного контролю;
- динамічні характеристики будівель (частоти, форми і декременти коливань);
- оцінку технічного стану і обґрунтування сейсмостійкості об'єктів досліджень.

4. Розроблено динамічні паспорти обстежених будівель, які будуть використані для подальшого порівняльного аналізу параметрів коливань і при оцінці сейсмостійкості конструкцій будівель після майбутніх землетрусів інтенсивністю 6 балів і більше.

5. Визначено сейсмічну небезпеку будівельних майданчиків в м. Одесі за даними сейсмічного мікрорайонування.

6. Розроблено методичні рекомендації з проведення сейсмічного мікрорайонування територій, на яких розташовані населені пункти, будівельні майданчики, важливі і потенційно небезпечні об'єкти.

За рекомендаціями Мінрегіону України у сейсмонебезпечних районах проведені науково-практичні семінари з ознайомлення проєктувальників та будівельників з вимогами нормативних документів. До цього часу фахівцями ДП НДІБК спільно з представниками провідних наукових і будівельних організацій України проведено 16 семінарів в Одесі, Чернівцях, Львові, Івано-Франківську, Севастополі, Києві, Ялті, на яких розглядалися основні положення ДБН, особливості проєктування та будівництва сейсмостійких будівель різних систем. Останній такий семінар проведено 19-20 лютого 2014 року на базі ДП НДІБК для ознайомлення з основними положеннями проєкту ДБН В.1.1-12:2013.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Зростання поверховості будівель і споруд, відхід від симетричних форм розташування споруд в плані, ускладнення технологій промислового виробництва будівельних матеріалів і постійне збільшення техногенного навантаження територій є причиною підвищення ймовірності виникнення техногенних катастроф, пов'язаних з природною геодинамічною активністю і землетрусами. Необхідно проведення комплексу заходів щодо приведення сейсмостійкості об'єктів до рівня нормативних вимог.

2. Норми України ДБН В.1.1-12 [1] і ДБН В.1.2-5 [6] вимагають ретельнішого опрацювання питань безпеки при проєктуванні і будівництві будівель в сейсмічних районах, урахування специфічних умов будівництва в сейсмічно небезпечних зонах, здійснення експериментальних перевірок сейсмостійкості вживаних конструктивних рішень, впровадження систем сейсмоізоляції, обґрунтувань підвищення висоти будівель з врахуванням

методології розрахунків нелінійних переміщень та ґрунтових умов будівельного майданчика.

3. Для вирішення згаданих питань необхідне вдосконалення і розвиток експериментальної бази експертних науково-дослідних організацій Мінрегіону, Національної Академії Наук і Міністерства освіти України. Розвиток експериментальної бази включає створення нових засобів експериментальної перевірки сейсмостійкості споруд (сейсмічних платформ, вібраційних машин для натурних випробувань, сейсмічних станцій для реєстрації землетрусів, вібродіагностичного устаткування тощо).

4. Нормативні документи, що діють в області ціноутворення науково-технічної продукції в будівництві, не враховують ефективність реалізації інноваційних розробок і не стимулюють впровадження нової техніки і технології. В зв'язку з цим, важливо розробити механізм отримання частини економічного ефекту від впровадження результатів досліджень з метою вдосконалення експериментальної бази для проведення досліджень і стимулювання розробників. Це дозволило б частково вирішити головну проблему - фінансування розвитку будівельної науки в цілому та галузі сейсмостійкого будівництва, зокрема.

ЛІТЕРАТУРА

1. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12: 2006. – К.: Мінбуд України, 2006. - 82 с.
2. Шкала сейсмічної інтенсивності: ДСТУ Б В.1.1-28:2010. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 47 с.
3. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях / Немчинов Ю.И. – К., 2008. – 408 с.
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні. 2004 – 2012 роки. Міністерство надзвичайних ситуацій України, Міністерство екології та природних ресурсів України, Національна академія наук України. За матеріалами офіційного сайту МНС України. Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html
5. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів: ДБН В.1.2-5:2007. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 14 с.
6. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 45 с.

REFERENCES

1. Building in seismic regions of Ukraine: DBN V.1.1-12: 2006. - K.: Minregion of Ukraine, 2006. - 82 p.
2. Scale seismic intensity: DSTU B B.1.1-28:2010. - Kiev: Minregion of Ukraine, 2011. - 47 p.
3. Nemchynov I.I. Seismic stability of buildings and constructions. In two parts / Nemchynov I.I. - K., 2008. - 408 p.
4. National report on the state of technogenic and natural safety in Ukraine. 2004 - 2012. The Ministry of emergency situations of Ukraine, Ministry of ecology and nature resources of Ukraine, national Academy of Sciences of Ukraine. On materials of the official site of the Ministry of emergencies of Ukraine. access mode: http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html
5. Scientific-technical support of construction objects: DBN V.1.2-5:2007. - K.: Minregion of Ukraine, 2007. - 14 p.
6. General principles of reliability and constructive safety of buildings, constructions, building structures and foundations: DBN V.1.2-14-2009. - K.: Minregion of Ukraine, 2009. - 45 p.

Статья поступила в редакцию 15.11.2013 г.