



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

УДК 624.042.7

АВТОРИ

НЕМЧИНОВ Ю. І., доктор технічних наук, професор, перший заступник директора ДП НДІБК з наукової роботи

ХАВКІН О.К., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу ДП НДІБК

МАР'ЄНКОВ М.Г., доктор технічних наук, завідувач лабораторії ДП НДІБК

БАБІК К.М., кандидат технічних наук, науковий співробітник ДП НДІБК

АНОТАЦІЯ

Проаналізовано сейсмічну небезпеку України, стан експериментальних і теоретичних досліджень конструкцій і будівель при сейсмічних навантаженнях, розроблені пропозиції щодо вирішення проблем сейсмостійкого будівництва

The seismic hazard in Ukraine and the state of both experimental and theoretical researches on the structures and buildings when seismic loads are analyzed in paper. The proposals on decision of problem of earthquake engineering are presented.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

сейсмічна небезпека, норми, концепція національної програми, розрахунок сейсмостійкості будівель.

1 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

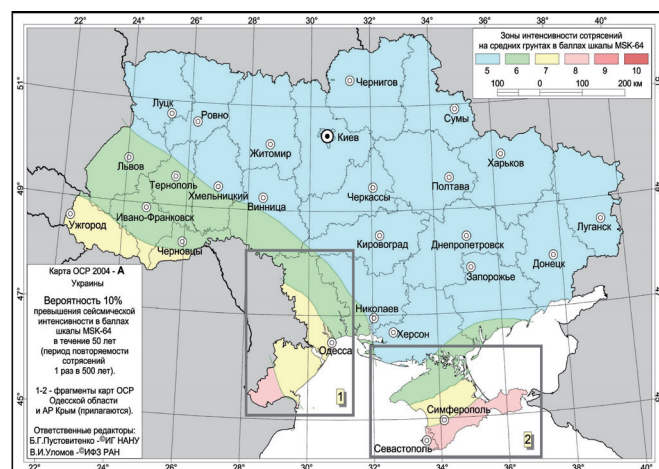


Рис. 1. Карта ЗСР-2004-А загального сейсмічного районування території України [1].

складають близько 12% території України 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.

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 (се-



ред 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 на спорудах, які в цілому впливають на безпеку в різних областях народного господарства. Землетруси, супроводжувані зсувами, обвалами, селями, цунами та іншими 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.

2 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».

Згідно з рекомендаціями Міжвідомчої комісії розроблено Програму «Захисту населення, будівель і споруд від сейсмічної небезпеки», загальна мета якої полягає в підвищенні сейсмічної безпеки населення шляхом підсилення і реконструкції існуючих і будівництва нових сейсмостійких споруд, зменшення збитків від землетрусів, зниження соціального, економічного і екологічного ризиків в сейсмічно небезпечних районах України і підготовка міст, населених пунктів, промислових, енергетичних, транспортних і інших об'єктів до сильних землетрусів.

Завдання Програми сформульовані наступним чином:

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 небезпеки

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 тощо;
 - 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 небезпеки при сейсмічних лихах і забезпечення збереження національних цінностей і культурного надбання на сейсмонебезпечних територіях України.
 5. Підготовка регіональних програм зменшення сейсмічної небезпеки.
 6. Підвищення загальнонаціональної і місцевої готовності до руйнівних землетрусів і ліквідації наслідків землетрусів.
 7. Розвиток системи інформаційного забезпечення населення про сейсмічну небезпеку і вдосконалення системи підготовки кадрів в області сейсмостійкого будівництва.

3 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 ім. С.І. Суботіна НАН України (м. Київ);
- Кримською експертною радою з оцінки сейсмічної небезпеки і прогнозу землетрусів (м. Сімферополь);
- Інститутом геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ);
- Будівельною компанією «Консоль ЛТД» (м. Сімферополь).

В рамках виконання робіт з науково - технічного супроводу об'єктів експериментального будівництва [5] ДП НДІБК були виконані чисельні та експериментальні дослідження із забезпечення



а



б

Рис. 2. Загальний вигляд об'єктів існуючої забудови, досліджених в АР КРИМ:
а – 15-ти поверховий монолітний корпус пансіонату «Нева» у м. Алушта;
б – 5-ти поверховий житловий будинок зі стінами з піляного вапняку кримських родовищ у с. Віліне Бахчисарайського району.

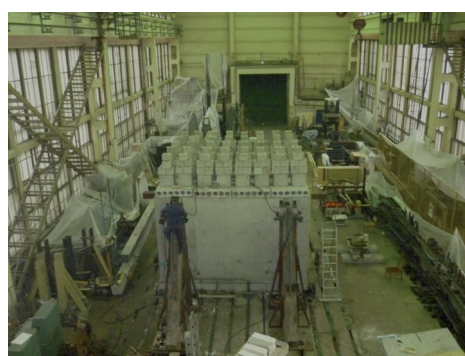
сейсмостійкості близько 200 об'єктів. Ці роботи передбачали виконання сейсмічного мікрорайонування будівельних майданчиків, інструментальні і віброметричні дослідження конструкцій, аналіз застосованих конструктивних схем та розрахункове обґрунтування сейсмостійкості. На рис. 2 наведено приклад об'єктів у АР Крим, для яких виконано комплексну оцінку сейсмостійкості з урахуванням сейсмічної небезпеки району розміщення та фактичного технічного стану.

За результатами виконаних досліджень об'єктів існуючої забудови у сейсмонебезпечних регіонах України (АР Крим, Чернівецька та Одеська області) розроблено динамічні паспорти обстежених будівель, які будуть використані для подальшого порівняльного аналізу параметрів коливальних і при оцінці сейсмостійкості конструкцій будівель після можливих землетрусів інтенсивністю 6 балів і більше. Розроблено методичні рекомендації з проведення сейсмічного мікрорайонування територій, на яких розташовані населені пункти, будівельні майданчики, важливі і потенційно небезпечні об'єкти.

В рамках спільної діяльності ДП НДІБК, інституту «КримНДІпроект» 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



а



б



в



г

Рис. 3. 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.

ня динамічної жорсткості блоків на стиск і зсув (рис. 5, б). Отримані також фактичні дані щодо коефіцієнтів дисипації ГМСБ (зі свинцевими сердечниками та за їх відсутності).

Оцінка ефективності застосування даного виду сейсмічного захисту показала, що застосування сейсмоізоляції 10-ти поверхового панельного житлового будинку, що проектується для будівництва в районі із сейсмічністю 8 балів, призводить до змен-

несучої здатності окремих елементів і натурного фрагмента будівлі при дії сейсмічних навантажень (рис. 3).

Спільно з фахівцями Інституту геотехнічної механіки НАН України виконані експериментально-теоретичні дослідження статичних і динамічних характеристик гумометалевих сейсмоізолюючих блоків (ГМСБ), які запатентовані, розроблені і виготовляються в Україні (рис. 4).

Випробування проводилися в два етапи: статичні - визначення жорсткості блоків на стиск при різних навантаженнях і на зсув при фіксованому навантаженні опори вертикальним навантаженням (рис. 5, а) і динамічні - визначен-

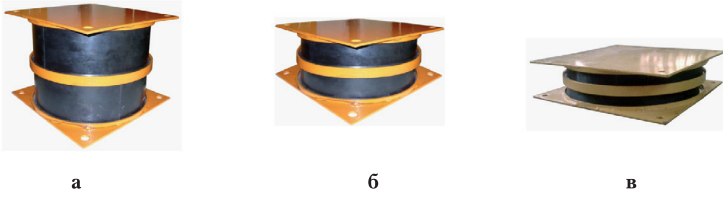


Рис. 4. Дослідні зразки конструкцій гумометалевих сейсмоізолюючих блоків: а) 2×120 мм; б) 2×70 мм; в) 2×50 мм.

шення розрахункових сейсмічних навантажень не менш ніж у два рази. За розрахунками відділу економічних досліджень ДП НДІБК зниження вартості будівництва складає не менше 470 тисяч грн. на одну секцію житлового будинку [6].

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.1.1-12:2014 «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.1.1-12:2014 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 [7];
- 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.

З метою гармонізації вимог нормативних документів України з положеннями європейських норм у відділі автоматизації досліджень та сейсмостійкості будівель і споруд ДП НДІБК розроблено інженерну методичку, яка дозволяє враховувати нелінійну роботу матеріалів конструкцій при сейсмічних впливах на основі непружних спектрів реакції (рис. 6).

Розроблена методика показала гарну відповідність результатам натурних динамічних випробувань і прямого нелінійного динамічного розрахунку будівель, а також результатам розрахунку за методиками, що містяться в Єврокод 8 та нормативних документах США. Методика може застосовуватися як при проектуванні нових будівель, розташованих в сейсмонезбезпечних районах, так і при оцінці сейсмостійкості існуючих будівель з отриманими пошкодженнями конструкцій.

За рекомендаціями Мінрегіону України у сейсмонезбезпечних 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 проектування та будівництва сейсмостійких будівель різних систем. Останній такий семінар проведено 19-20 лютого



Рис. 5. Випробування гумометалевих сейсмоізолюючих блоків, проведені в ДП НДІБК: а) статичні випробування; б) динамічні випробування.

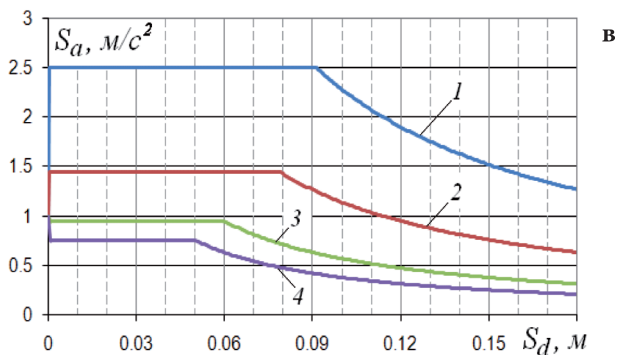
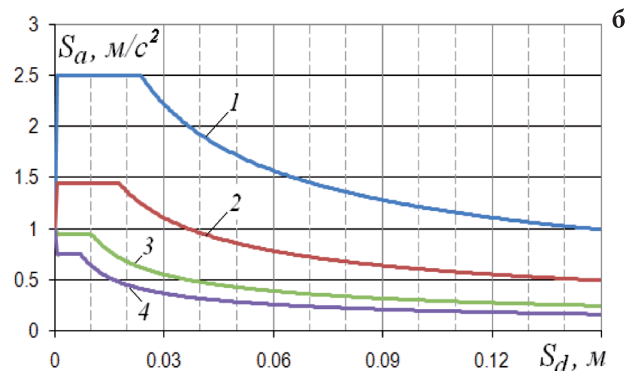
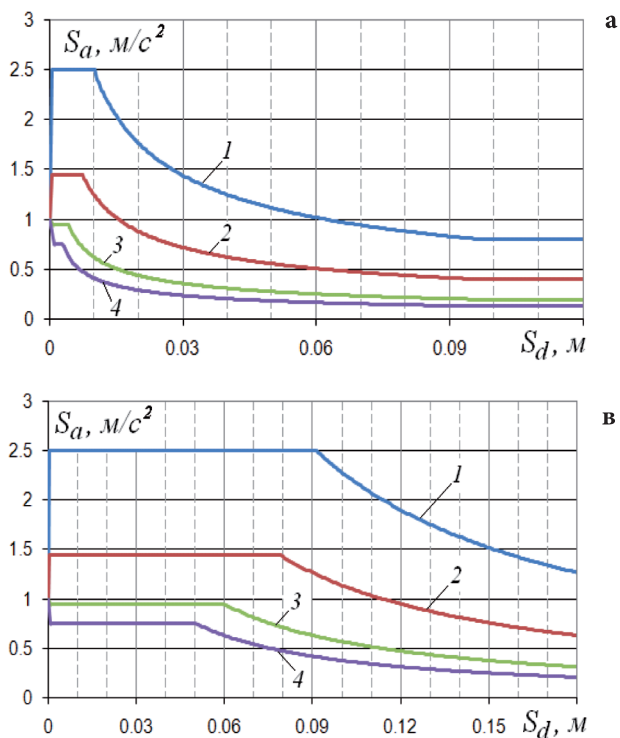


Рис. 6. Залежність «спектральне прискорення S_a - переміщення S_d » при різних значеннях коефіцієнту податливості μ для ґрунтів 1-ї (а), 2-ї (б) і 3-ї (в) категорії за сейсмічними властивостями і інтенсивності землетрусу 7 балів
1, 2, 3, 4 – відповідно, при $\mu=1, 2, 4, 6$

2014 року на базі ДП НДІБК для ознайомлення з основними положеннями проекту ДБН В.1.1-12:2014.

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 [5] вимагають ретельнішого опрацювання питань безпеки при проектуванні 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 технологій. 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. ДБН В.1.1-12: 2006 Будівництво у сейсмічних районах України. - Мінбуд України. - Київ: 2006. - 82 с.
2. ДСТУ Б В.1.1-28:2010 Шкала сейсмічної інтенсивності. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. - 47 с.
3. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях. - 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. ДБН В.1.2-5:2007. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. - Мінрегіонбуд України. - Київ: 2007. - 14с.
6. Немчинов Ю.И. Экономическая целесообразность научно-технического сопровождения объектов экспериментального строительства/[Ю.И. Немчинов, А.К. Хавкин, Н.Г. Марьенков, Н.П. Ивлева, В.И. Дырда, Н.И. Лисица]// Будівельні конструкції. Зб. наук. праць. - К.: ДП НДІБК, 2008. - Вип. 69. - С. 143-149.
7. ДБН В.1.2-14-2009 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. - Мінрегіонбуд України. - Київ: 2009. - 45с.