джена на підприємствах гірничорудного комплексу, ціна не відповідала собівартості продукції. У 2010 році зазначені співвідношення досягли нормативних значень, що свідчить про дієвість прийнятих управлінських рішень. Як показує аналіз отриманих результатів, менеджменту підприємства слід звернути увагу на екологічну складову – показник сплачених штрафів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Практика застосування методики оцінювання економічної стратегії для забезпечення удосконалення управлінських рішень для підприємств гірничорудного комплексу підприємств Криворізького регіону показала свою дієвість. Методика забезпечується виділенням системних характеристик підприємства: вхід, вихід, оснащення, упорядкованість, каталізатор, суб'єктивний фактор. Методика базується на основних показниках, що визначаються за результатами моніторингу, відображають стан підприємства на поточний момент і дозволяють простежити динаміку руху показників економічної діяльності підприємства.

Аналіз отриманих результатів може бути використаний при прийняті раціональних управлінських рішень щодо вироблення ефективної економічної політики підприємства.

Список літератури

1. **Смолін І.В.** Стратегічне планування розвитку організації: монографія **/ І.В. Смолін. –** К.: Київ, торг.-екон. ун-т, 2004. – 344 с.
2. **Наливайко А.П.** Теорія стратегії підприємства. Сучаний стан та напрямки розвитку: монографія / **А.П. Наливайко**. – К.: КНЕУ, 2001. – 227 с.
3. **Котеленец Б. А.** Экономическая устойчивость предприятий ВКХ : монографія **/ Б. А. Котеленец, Я. В. Леонов, С. М. Полиянский.** – Харьков : «Основа», 2001. – 185 с.
4. **Круглова О. А.** Системний підхід до організації моніторингу на підприємстві **/ О. А. Круглова, В. О. Козуб** // БІЗНЕСІНФОРМ. – № 9. – 2014. – С. 307-311.
5. **Хабер І.Б. Модель гнучкого проекту /** Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем: Тези доповідей ІІ міжнародної науковопрактичної конференції 8-9 квітня 2010 р. – Х.:ФОП Александрова К.М.; ВД «ІНЖЕК», 2010. – С.206-208.
6. **Sloan A.P., Jr.** My Years with General Motors. Doubleday, Garden City, N.Y., 1964.
7. **Лохман Н. В.** GAP- аналіз досягнення цілей організаційної діяльності підприємства. / **Н. В Лохман** // Development strategy of science and education. Collection of scientificarticles Fidelite editionsNamur, Belgique - 2017 - 106 -109с.
8. **Смачило Т. В.** Інформаційне забезпечення організації моніторингу підтримки та прийняття управлінських рішень : дис. … канд. екон. наук : 08.03.02 / Тетяна Володарівна Смачило. – Тернопіль, 2002. – 194 с.
9. **Галіцин В. К.** Системи моніторингу : монографія / В. К. Галіцин. –К. : КНЕУ, 2000. – 231 с
10. **Масленникова Н. Ю.** Понятие и сущность мониторинга с позиции системного подхода [електронний ресурс] / **Н. Ю. Масленникова, О. К. Слинкова**. − режим доступу : http:// cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-i-suschnost-monitoringa-spozitsii-sistemnogo-podhoda
11. **Тищенко А.Н.** Генезис управленческих стратегий транснациональных корпораций: у монографії : Корпорації та інтегрованіструктури: проблеми науки та практики / **А.Н. Тищенко, В.А. Зинченко, И.Л. Райнин**. – Х. : ВД «ІНЖЕК», 2007. – С.50-75.
12. **Мороз О. М.** Система мониторинга предприятия как фактор повышения его эффективности [електронний ресурс] / **О. М. Мороз, А. А. Галба**. – режим доступу : http://intkonf.org/ ken-moroz-om-galba-aa-sistema-monitoringa-predpriyatiya-kakfaktor-povyisheniya-eyo-effektivnosti/
13. **Берідзе Т. М.** Статистичний моніторинг в системі стратегічного управління підприємством : монографія. Кременчук : ПП Щербатих О. В., 2016. 332 с.

УДК 624.04

Р.О. ТІМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Д.А. КРІШКО, канд. техн. наук, ст. викладач,
В.О. САВЕНКО, канд. техн. наук, наук. співробітник, Д.А. АРИШАКА, магістрант
Криворізький національний університет

РІВЕНЬ РОЗРАХУНКОВОГО СЕЙСМІЧНОГО ВПЛИВУ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Мета. Обґрунтування розрахункового рівня сейсмічного навантаження для розрахунку будівель і споруд, що зводяться та експлуатуються в особливих умовах, відмінних від умов масової забудови..

Методи дослідження. Включають в себе побудову математичних моделей систем, що розглядаються, їх чисе-

© Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Савенко В.О., Аришака Д.А., 2023

льний і аналітичний аналіз, а також зіставлення одержуваних результатів з наявними наслідками минулих землетрусів та розроблення пропозицій щодо використання отриманих результатів в інженерній практиці. Застосовано умову еквівалентності при застосування методів теорії надійності та методів теорії сейсмічної надійності та методів теорії сейсмічного ризику, що спрощує завдання рівня сейсмічного впливу при багаторівневому проєктуванні.

Наукова новизна. Розглянуто методику завдання розрахункового рівня сейсмічного впливу для споруд, що експлуатуються в особливих умовах (відмінних від умов будівництва та експлуатації об'єктів масової забудови). Запропоновано рекомендації щодо завдання розрахункового рівня сейсмічного впливу для багаторівневого проектування з урахуванням повторюваності землетрусів, а також терміну служби та відповідальності споруди і дано оцінку рівня розрахункового впливу для проектування висотних будівель. Розглянуто методику оцінки коефіцієнтів сполучень сейсмічного та інших навантажень.

Практична значимість. Теоретичний аналіз надійності та ризику в сейсмостійкому будівництві доведено до практичних пропозицій у відповідні нормативні документи, а також у розробленні програмних засобів для визначення розрахункових сейсмічних прискорень.

Результати. Розглянуто методику завдання розрахункового рівня сейсмічного впливу для споруд, що експлуатуються в особливих умовах (відмінних від умов будівництва та експлуатації об'єктів масової забудови). Розглянуто рекомендації щодо завдання розрахункового рівня сейсмічного впливу для багаторівневого проєктування з урахуванням повторюваності землетрусів, терміну служби та відповідальності споруди. Розглянуто рекомендації та дано оцінку рівня розрахункового впливу для проектування висотних будівель. Розглянуто методику оцінювання коефіцієнтів поєднань сейсмічного та інших навантажень.

Ключові слова: сейсмічне навантаження, рівня сейсмічного впливу, висотні будівлі, землетруси.

doi: 10.31721/2306-5451-2023-1-57-11-17

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Для оцінки сейсмостійкості споруд використовується лінійно-спектральний метод оцінювання сейсмостійкості споруд, що ґрунтується на спектральному розкладанні рівнянь руху за власними формами коливань і оцінюванні інерційних сейсмічних навантажень за кожною формою. Нормативний варіант лінійно-спектрального методу розроблено стосовно розрахунку об'єктів масового будівництва і дає прийнятні оцінки сейсмостійкості саме для цих об'єктів у середніх сейсмогеологічних умовах. Зараз доводиться мати справу з будівлями, які будуються та експлуатуються в незвичайних умовах, що суттєво відрізняються від середнього рівня. Ці відмінності можуть полягати в повторюваності розрахункових сейсмічних впливів, повторюваності інших навантажень (вітрових, снігових, транспортних тощо), терміні служби споруди, її значущості та ступені відповідальності, величині збитку від руйнування. До числа будівель і споруд із такими особливостями належать будівлі підвищеної поверховості, споруди зі спеціальними системами сейсмозахисту, що включають сейсмоізоляцію і сейсмогасіння, тощо. Зазначені особливості призводять до необхідності уточнення розрахункового рівня сейсмічного впливу і визначають актуальність обраної теми [1-5].

Аналіз досліджень і публікацій. Питанню обґрунтування рівня сейсмічного впливу приділялася першорядна увага в теорії сейсмостійкості, починаючи від перших досліджень японських фахівців Ф. Оморі і Н. Мононобе до наших днів. Великий внесок у розв'язання проблеми зробили І.Л. Корчинський, С.В. Медведєв, К.С. Заврієв, О.Г. Назаров, Ш.Г. Напетваридзе, О.О. Савінов, Я.М. Айзенберг, Г.М. Карцивадзе, М. Біо, Г. Гаузнер та ін. До основоположних праць, що враховують випадковий характер сейсмічного впливу, належать дослідження А.Д. Абакарова, Я.М. Айзенберга, М.Ф. Барштейна, В.В. Болотіна, І.І. Голденблата, Г.М. Карцивадзе, М.О. Ніколаєнко, О.О. Савінова та інших фахівців. За кордоном цими питаннями займалися Г. Хаузнера, М. Біо, Е. Ванмарке, Н. Ньюмарка, Е. Розенблюта та інші основоположники сучасної науки про сейсмостійке будівництво. Серйозні дослідження проблеми з позицій статистичної динаміки та теорії надійності виконано О.М. Бірбраєром, О.А. Петровим, І.Й. Бойком, В.Б. Швецом, В.Л. Сєдіним, О.О. Петраковим, С.Г. Шульманом, Г.С. Шульманом, Ю.В. Альбертом та іншими вченими. Значна кількість досліджень присвячена проблемам сейсмічного ризику та сейсмічної вразливості. Ці питання висвітлено в працях М.А. Клячка, А.П. Синіцина, Р.О. Тімченка, Г.Л. Коффа, С. Шаха, Р. Дуарте [6-24].

У роботах Г. Кюрнрейтера, а також у книжках О.М. Єлисєєва, О.М. Уздіна і Т.А. Белаш зроблено спроби розглянути завдання забезпечення сейсмостійкості споруди з позицій математичної теорії ухвалення рішень. На основі досліджень останніх 30 років склалося сучасне розуміння інженерних вимог до сейсмостійкого будівництва в цілому. Ці вимоги сформовано в роботах Я.М. Айзенберга, Дж. Барра, І.І. Голденблата, Д. Довріка, Л.С. Килимника,

М.А. Ніколаєнка, С.В. Полякова, Р. Порка, М. Фардіса та інших фахівців. Нині вони враховані в нормативі [25]. Згідно з цими вимогами конструкція повинна зберігати експлуатаційні властивості при відносно частих і слабких землетрусах, мати мінімізований обсяг ушкоджень при землетрусах середньої сили і повторюваності, а також забезпечити збереження життя людей і цінного обладнання при рідкісних руйнівних землетрусах.

Відповідно до цієї концепції необхідно проводити кілька розрахунків конструкції на землетруси різної сили і повторюваності за різних граничних станів. Велика кількість досліджень з цього питання призвела до того, що різні автори вкладають різний зміст у поняття сейсмічної надійності та сейсмічного ризику. При цьому методи обґрунтування розрахункових навантажень з позиції теорії надійності та ризику не узгоджені між собою. Рекомендації щодо завдання розрахункових навантажень на споруди різного ступеня відповідальності не мають необхідного обґрунтування.

Постановка задачі. Обґрунтування розрахункового рівня сейсмічного навантаження для розрахунку будівель і споруд, що зводяться та експлуатуються в особливих умовах, відмінних від умов масової забудови.

Викладення матеріалу та результати. Умови експлуатації багатьох споруд відрізняються від середніх умов експлуатації споруд масового будівництва. Для розрахунку таких споруд необхідне послідовне використання принципів багаторівневого проєктування. На першому етапі це зводиться до подвійного розрахунку конструкції на дію проєктного землетрусу і максимального розрахункового землетрусу. При цьому нормування рівня сейсмічного впливу (розрахункових прискорень денної поверхні) з позицій теорії надійності виходить з обмеження ймовірності перевищення прискореннями розрахункового значення за термін служби споруди, а рівняння для визначення розрахункового прискорення A_K має вигляд

$$\sum_{I=7}^{10} p_I \cdot \varepsilon_{IK} \cdot (A_K) = q_{\text{сл}}^{(K)}, \qquad (1)$$

де p_I – імовірність виникнення за термін служби T землетрусу силою I балів, ε_{IK} – імовірність того, що під час землетрусу силою I балів буде перевищено розрахунковий рівень прискорень A_K для землетрусу силою K балів; $q_{сл}^{(K)}$ – припустима імовірність відмови, тобто перевищення прискоренням розрахункового рівня A_K за термін служби споруди T. Алгоритм методики визначення рівня сейсмічного впливу наведено на рис. 1. Формулу, що пов'язує величину A_K з імовірністю ε_{IK}, наведену на рис. 1.

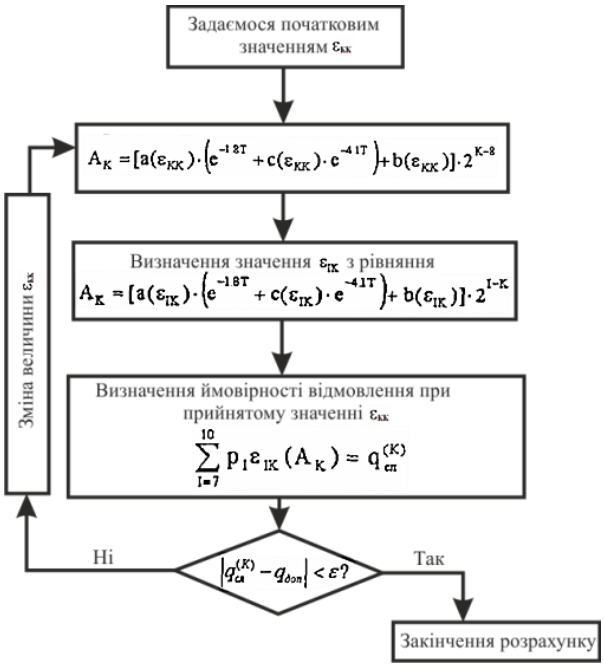

Рис.1. Алгоритм методики визначення розрахункового рівня сейсмічного впливи

Нині повсюдно здійснюється перехід до багаторівневого проєктування, що вимагає розрахунку проєктного землетрусу і максимального розрахункового землетрусу. Під час проєктування гостро постає питання про завдання сейсмічного впливу для проєктного землетрусу і максимального розрахункового землетрусу. Для оцінки рівня впливу під час проєктного землетрусу і максимального розрахункового землетрусу необхідно задатись допустимою ймовірністю його перевищення. Основоположним при цьому є той факт, що нормативні розрахунки об'єктів масового будівництва для середніх сейсмологічних умов дають прийнятні з інженерної точки зору результати. Тому ймовірності перевищення рівнів проєктного землетрусу і максимального розрахункового землетрусу для зазначених споруд можна вважати допустимими. Як базову, розглянуто оцінку рівня впливу для вихідних даних, наведених у табл. 1. Залежність розрахункового прискорення від допустимої ймовірності його перевищення наведено на рис. 2.

Таблиця 1

Вихідні дані для оцінки рівня сейсмічного впливу

Термін служби споруди, роки			Переважний період впливу, с	Повторюваність землетрусів силою I балів у роках			
				$I = 7$	$I = 8$	$I = 9$	$I = 10$
50	0,4	200	1000	6000	∞		

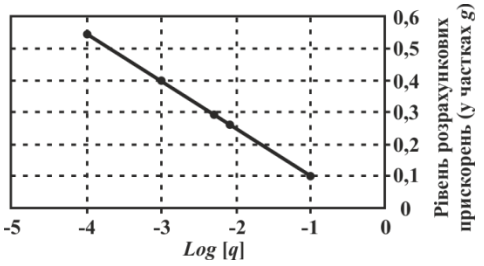

Рис.2. Залежність рівня розрахункових прискорень від імовірності відмови [q] для базових даних

Отримані оцінки величини [q] на базі рівняння (1) дають змогу визначати розрахунковий рівень сейсмічного впливу залежно від сейсмічної небезпеки території та терміну служби споруди. Для розв'язання цього завдання в роботі використано традиційне положення про те, що число струсів заданої сили за певний інтервал часу розподілено за законом Пуассона. Під ситуаційною сейсмічністю розуміють рівні сейсмічної небезпеки на розглянутій території за трьома картами загального сейсмічного районування. Нині, проєктуючи споруди масової забудови, наприклад, на основі карти В, не враховують сейсмічність за картами А і С.

Необхідність такого врахування неодноразово зазначалася в літературі. Виконані дослідження дають змогу розв'язати це завдання. За результатами досліджень було надано такі рекомендації:

під час проектування необхідно враховувати, що рівень розрахункових прискорень істотно залежить від повторюваності землетрусів, тобто від комбінацій сейсмічної інтенсивності за картами А, Б і С;

розрахунок за однією з карт районування не можна вважати прийнятним;

як вихідну інформацію під час проектування слід використовувати повторюваність максимальної сейсмічності за картами загального сейсмічного районування, а не задану розрахункову сейсмічність за обраною картою.

Виконані дослідження дають змогу задавати розрахунковий рівень сейсмічного впливу залежно від терміну служби споруди. Якщо розглянути, наприклад, вежу для передавання сигналів сотового зв'язку (термін служби дорівнює 20 років), будівлю вокзалу дорівнює 50 років), і великий міст дорівнює 300 років), то рівні розрахункового проєктного землетрусу становитимуть для середніх сейсмологічних умов відповідно 0,4 м/с^2, 1 м/с^2 і 2 м/с^2 проти 1 м/с^2 за чинними нормативами.

На рис. 3 нанесено залежності прискорень А від логарифма допустимої ймовірності їх перевищення за різних термінів служби. Як видно з рисунка, термін служби споруди помітно впливає на величину розрахункового впливу і має враховуватися під час проектування.

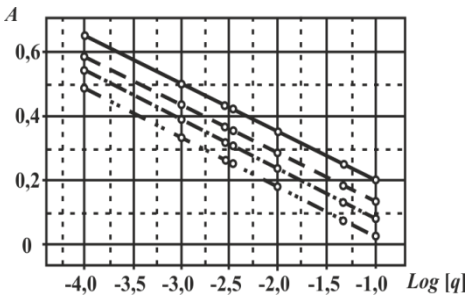

Рис.3. Залежність розрахункового прискорення А від логарифма допустимої ймовірності [q] для споруд з різним терміном служби T_{life}

Звернемося тепер до оцінки рівня розрахункового впливу на особливо відповідальні споруди. До таких споруд належать великі греблі, вокзали великих пасажирських станцій, промислові будівлі з вибухонебезпечним або екологічно небезпечним виробництвом тощо. Основною особливістю цих споруд є їхня висока відповідальність (за прийнятими міжнародними вимогами допустима вірогідність відмови та термін служби споруди (він збільшений від 80 до 300 років). На рис. 3 показано залежність розрахункового прискорення A від допустимої ймовірності [q] для споруд із різним терміном служби. Порівняно з базовою залежністю (рис. 2) отримані результати дають змогу зробити такі висновки:

під час розрахунку на максимальний розрахунковий землетрус слід враховувати силу максимально можливого землетрусу на майданчику будівництва, врахування ситуаційної сейсмічності не є необхідним. У всіх розглянутих випадках розрахункове прискорення при [q] = 10^{-6}, що становило близько 0,55 g. Цей результат отримано в роботі математично;

під час розрахунку від проєктного землетрусу слід враховувати ситуаційну сейсмічність за

картами загального сейсмічного районування. У виконаних прикладах за $I = 0{,}05$ розрахункове прискорення проєктного землетрусу змінюється від 0,15 g до 0,2 g.

Висотне будівництво дедалі ширше починає застосовуватися у високосейсмічних районах. Одним з основних питань забезпечення сейсмостійкості висотних будівель є коректне завдання розрахункового рівня сейсмічного впливу, що визначає ступінь антисейсмічного посилення споруди. Оскільки соціальний ризик висотного будівництва за інших рівних умов істотно вищий за звичайний, розрахунковий рівень сейсмічного впливу на висотні будівлі має бути підвищений. Якщо як характеристику соціального ризику прийняти ймовірність К загибелі заданої кількості людей за термін служби споруди, то можна записати

$$R = H \cdot q \,, \tag{2}$$

де H – кількість людей, очікувана в будівлі під час землетрусу; q – імовірність руйнівного землетрусу (відмови). Якщо прийняти, що величина Н пропорційна поверховості будівлі, то умова збалансованості ризику призведе до необхідності знижувати ймовірність відмови пропорційно поверховості.

Сказане дає змогу задавати розрахункові рівні сейсмічного впливу залежно від поверховості висотного будівництва. На розрахункові навантаження для висотних будівель впливають два фактори – вищий термін служби і вищий період резонансних коливань порівняно з об'єктами масового будівництва.

Виконаний аналіз дозволив установити наступне:

розрахунковий сейсмічний вплив зростає на висотні будівлі приблизно на 10% на кожні 5 поверхів понад п'ять. Це зростання зумовлене збільшенням ризику загибелі людей для багатоповерхових будівель;

збільшення впливу має місце тільки для рівня проєктного землетрусу. Він зумовлений підвищенням терміну служби висотних будівель порівняно з малоповерховими.

враховуючи, що висотні будівлі належать до числа споруд підвищеної відповідальності, з одного боку, та те, що лімітуючими впливами для них є довгоперіодні землетруси, які не враховані належною мірою в спектральних кривих нормативу, слід рекомендувати виконувати послідовний розрахунок висотних будівель на дію проєктного землетрусу та максимального розрахункового землетрусу;

ситуаційна сейсмічність відіграє визначальну роль під час оцінювання рівня сейсмічного впливу і має враховуватися під час проєктування висотних будівель.

Висновки та напрямок подальших досліджень: Умови експлуатації багатьох споруд відрізняються від середніх умов експлуатації споруд масового будівництва. Для розрахунку таких споруд необхідне послідовне використання принципів багаторівневого проектування. Отримано рівняння, що визначають зв'язок між розрахунковим прискоренням A і припустимою ймовірністю його перевищення, що дало змогу дослідити залежність розрахункових прискорень від терміну служби споруди T, ступеня відповідальності споруди та ситуаційної сейсмічності на майданчику будівництва.

Встановлено, що: ситуаційна сейсмічність визначальним чином впливає на розрахунковий рівень сейсмічного навантаження; за однієї й тієї самої розрахункової сейсмічності рівень розрахункових прискорень істотно залежить від повторюваності землетрусів, тобто від комбінацій сейсмічної інтенсивності за картами А, В і С. Завдання рівня розрахункового впливу за однією з карт районування, як це прийнято в нормативі для об'єктів масового будівництва, у загальному випадку не можна вважати прийнятним; термін служби споруди істотно впливає на розрахунковий рівень сейсмічного впливу. Під час будівництва споруд зі строком служби 20-30 років, таких як промислові будівлі та споруди для розроблення корисних копалин, опори сотового зв'язку тощо, рівень розрахункового навантаження може бути знижено в 1.5-2 рази залежно від ступеня відповідальності споруди та ситуаційної сейсмічності.

Розглянуто методику оцінки сейсмічного навантаження на висотні будівлі, яка виходить з того, що ймовірність відмови прийнято обирати пропорційною до числа поверхів. При цьому на розрахункові прискорення для висотних будівель впливають два фактори – більш високий термін служби і більш високий період резонансних коливань. Виконаний аналіз дав змогу встановити, що розрахункове сейсмічне навантаження зростає на висотні будівлі приблизно на 10% на кожні 5 поверхів понад п'ять.

Список літератури

1. **Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Мілько К.В.** Будівництво будівель та споруд у сейсмічних районах // Сталий розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції (22-25 травня 2013 р.). – Кривий Ріг, 2013. – Т. 1. – С. 102-103.

2. Проектування будівель та споруд у сейсмічних районах / **Р. О. Тімченко, Д. А. Крішко, С. О. Попов, Л. В. Кадол, Р. Д. Казнадій** // Розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції (25-27 травня 2016 р.). – Кривий Ріг, 2016. – С. 173.

3. **Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Казнадій Р.В.** Каркас сейсмостійкої багатоповерхової будівлі // Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних систем – 2017: Матеріали Міжвузівської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (21 квітня 2017 р.). – Кривий Ріг, 2017. – С. 63-64.

4. **Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Казнадій Р.В.** Конструктивні методи забезпечення сейсмостійкості будівель // Розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції (24-26 травня 2017 р.). – Кривий Ріг, 2017. – С. 182.

5. Використання енергопоглиначів для каркасів будівель і споруд / **Р. О. Тімченко, Д. А. Крішко, А. В. Богатинський, М. О. Кравченко** // Современные проблемы строительства. – 2013. – № 16 – С. 47-52.

6. **Остриков Г.М., Максимов Ю.С.** Стальные сейсмокаркасы многоэтажных зданий. – 1985. – 120 с.

7. **Сахаров О.А.** Задание уровня расчетной сейсмической нагрузки при проектировании высотных зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2007. – №1. – С. 16-19.

8. **Давыдова Г.В., Белаш Т.А., Сахаров О.А**. Модель сейсмического воздействия для статистического моделирования колебаний сейсмоизолированных систем // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 2. – С. 101-107.

9. Комплекс исследований для анализа сейсмической надежности эксплуатируемых сооружений / **А. А. Долгая, И. О. Кузнецова, А. М. Уздин, О. А. Сахаров** // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 1999.– № 2. – С. 24-26.

10. Сейсмическое микрорайонирование строительных площадок для сейсмостойкого проектирования зданий и сооружений в сейсмических районах Украины / **А. В. Кендзера, К. В. Егупов, Н. Г. Марьенков и др.** // Наука та будівництво. – 2015. – № 4. – С. 12-18.

11. **Обозов В.И., Толстых М.А.** Анализ напряженно-деформированного состояния фундаментной плиты на просадочных грунтах при сейсмических воздействиях // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2011. – № 1. – С. 20-23.

12. **Домбровския Я.И.** Изменение напряженно-деформированного состояния грунта межсвайного пространства при сейсмических воздействиях // Будівельні конструкції. – 2011. – Вип. 75. – Кн. 1. – С. 292-297.

13. **Уздин А.М., Фрезе М.В.** Об эффективности применения экранов в грунте для сейсмозащиты зданий и сооружений // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2011. – № 1. – С. 17-19.

14. **Немчинов Ю.И.** Сейсмостойкость зданий и сооружений. – 2008. – 480 с.

15. **Заалишвили В.Б.** Сейсмическое микрорайонирование территории городов, населенных пунктов и больших строительных площадок. – 2009. – 350 с.

16. **Уздин А.М., Сандович Т.А., Самихмин Аль-Насер-Мохомад.** Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. – 1993. – 176 с.

17. **Павленко О.В.** Сейсмические волны в грунтовых слоях: нелинейное поведение грунта при сильных землетрясениях последних лет. – 2009. – 260 с.

18. **Вознесенский Е.А.** Динамическая неустойчивость грунтов: монография. – 2014. – 264 с.

19. **Степанчук Н.В., Червинский Я.Н.** Влияние армирования грунтов на изменение напряженнодеформированного состояния грунтового массива при сейсмических воздействиях // Будівельні конструкції. – 2011. – Вип. 75. – Кн. 2. – С. 622-630.

20. **Ишихара К.** Поведение грунтов при землетрясениях. – 2006. – 384 с.

21. **Ставницер Л.Р.** Сейсмостойкость оснований и фундаментов: монография. – 2010. – 448 с.

23. **Preistley M.J.N., Calvi G.M., Kowalsky M.J.** Displacement-Based Seismic Design of Structures. – 2007. – 721 p.

23. **Verruijt A.** Soil Dynamics. – 2009. – 427 p.

24. **Zotsenko N., Vynnykov Yu., Zotsenko V.** Soil-cement piles by boring-mixing technology. – Energy, energy saving and rational nature use. – 2015. – P. 192-253.

25. **ДБН В.1.1 – 14:2014.** Будівництво у сейсмічних районах України. – 2014. – 110 с.