

Д. І. Рижов<sup>1</sup>, О-й П. Шугайло<sup>1</sup>,  
О-р П. Шугайло<sup>1</sup>, О. В. Кендзера<sup>2</sup>,  
М. Г. Мар'єнков<sup>3</sup>, В. Я. Шендерович<sup>1</sup>,  
Р. Я. Буряк<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки, м. Київ, Україна

<sup>2</sup> Інститут геофізики НАН України, м. Київ, Україна

<sup>3</sup> Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій, м. Київ, Україна

## Про сучасні вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій України

Відповідно до статей 22 та 24 Закону України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» та з метою вдосконалення нормативно-правових актів щодо регулювання ядерної та радіаційної безпеки ядерних установок розроблено нормативно-правовий акт «Вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій : НП 306.2.208-2016». У статті наведено сучасні вимоги, які увійшли до НП 306.2.208-2016. Акцент зроблено на нових вимогах, які раніше не містилися у ПНАЭ Г-5-006-87, проте мають бути враховані як у процесі проектування нових енергоблоків АЕС, так і в оцінці/переоцінці сейсмостійкості діючих.

Ключові слова: землетрус, сейсмічна небезпека, сейсмостійкість, сейсмічне проектування, сейсмічна переоцінка.

**Д. И. Рыжов, А-й П. Шугайло, А-р П. Шугайло, А. В. Кендзера, М. Г. Марьянков, В. Я. Шендерович, Р. Я. Буряк**

### Про современные требования к сейсмостойкому проектированию и оценке сейсмической безопасности энергоблоков атомных станций Украины

В соответствии со статьями 22 и 24 Закона Украины «Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности» и с целью совершенствования нормативно-правовых актов регулирования ядерной и радиационной безопасности ядерных установок разработан нормативно-правовой акт «Требования к сейсмостойкому проектированию и оценке сейсмической безопасности энергоблоков атомных станций» : НП 306.2.208-2016». В статье представлены современные требования, которые вошли в НП 306.2.208-2016. Акцент сделан на новых требованиях, которые ранее отсутствовали в ПНАЭ Г-5-006-87, однако должны быть учтены как при проектировании новых энергоблоков АЭС, так и при оценке/переоценке сейсмостойкости действующих

Ключевые слова: землетрясение, сейсмическая опасность, сейсмостойкость, сейсмическое проектирование, сейсмическая переоценка.

© Д. І. Рижов, О-й П. Шугайло, О-р П. Шугайло, О. В. Кендзера, М. Г. Мар'єнков, В. Я. Шендерович, Р. Я. Буряк, 2017

Проблема перегляду чинного донедавна в Україні нормативного документа щодо оцінки сейсмостійкості атомних електростанцій (АЕС) ПНАЭ Г-5-006-87 [1] набула останнім часом особливої гостроти, що підтверджується результатами технічної оцінки звітів з аналізу безпеки енергоблоків АЕС, матеріалів щодо сейсмічної кваліфікації важливого для безпеки обладнання, розрахункових обґрунтувань сейсмостійкості будівель, споруд, обладнання та трубопроводів АЕС України, а також висновками за результатами аварійних подій на АЕС «Фукусіма-1» в Японії внаслідок землетрусу і спричиненого ним цунамі 11 березня 2011 року.

Документ колишнього СРСР [1], який не переглядався з часу його видання (грудень 1987 року), не відповідав НП 306.2.141-2008 [3] щодо врахування досягнутого рівня науки та техніки в технічних та організаційних рішеннях із забезпечення безпеки АЕС, зокрема:

у ПНАЭ Г-5-006-87 не висвітлено питання ймовірного аналізу небезпек, обумовлених сейсмічними впливами;

документ [1] призначений для проектування АЕС, у ньому відсутні будь-які вимоги до виконання оцінки сейсмостійкості існуючих АЕС;

за рекомендаціями Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) мінімальне значення прискорення на рівні ґрунту майданчика АЕС повинно братися рівним 0,1g, що не враховано в [1];

у ПНАЭ Г-5-006-87 відсутні вимоги до встановлення сейсмічних запасів;

згідно з ПНАЭ Г-5-006-87 у розрахунках конструкцій на сейсмічні впливи використовуються положення СНиП II-7-81\* [4], чинність якого скасовано Мінбудом України в 2006 році і на заміну якому введено ДБН В.1.1-12:2014 [5], дія якого не поширюється на проектування АЕС, про що зазначено в його вступній частині.

В Україні з метою розроблення сучасних вимог до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків АЕС, з урахуванням міжнародного досвіду та практики, зокрема рекомендацій МАГАТЕ, міжнародних стандартів з оцінки сейсмостійкості АЕС та уроків аварії на АЕС «Фукусіма-1», на замовлення Держатомрегулювання спеціалістами Державного підприємства «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки» (ДНТЦ ЯРБ) із залученням фахівців Інституту геофізики НАН України та Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» розроблено нормативно-правовий акт (НПА) «Вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій : НП 306.2.208-2016» [2] (надалі — «Вимоги»). Вимоги, затверджені наказом Держатомрегулювання від 17.10.2016 № 175 та зареєстровані в Мін'юсті України 07.11.2016 за № 1449/29579, використовуються в Україні з 29.11.2016.

Метою статті є представлення сучасних вимог до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій, які увійшли до НП 306.2.208-2016. Акцент зроблено на нових вимогах, які раніше не містилися у ПНАЭ Г-5-006-87, проте мають бути враховані як у процесі проектування нових енергоблоків АЕС, так і в оцінці/переоцінці сейсмостійкості наразі діючих.

Вимоги складаються з таких основних розділів:

1. Загальні положення.

2. Вимоги до оцінки сейсмічної небезпеки майданчика атомних станцій (АС).

3. Вимоги до сейсмічного проектування енергоблоків АС.

4. Вимоги до антисейсмічних попереджувальних та захисних заходів.

5. Вимоги до переоцінки сейсмічної безпеки енергоблоків АС, що знаходяться в експлуатації.

У розділі «Загальні положення» зазначено, що Вимоги мають застосовуватися в разі:

оцінки сейсмічної небезпеки майданчика для розміщення атомних станцій (АС);

проектування сейсмостійких енергоблоків АС з урахуванням визначеного рівня сейсмічності майданчика;

оцінки/переоцінки сейсмічної безпеки енергоблоків АС, що експлуатуються.

Вимоги можуть застосовуватись як рекомендаційні до інших ядерних установок, а саме: об'єктів з виробництва ядерного палива; ядерних реакторів, які містять критичні та підкритичні збірки; дослідницьких реакторів; підприємств і установок зі збагачення та перероблення ядерного палива; сховищ відпрацьованого ядерного палива; засобів транспортування ядерного палива.

Відповідно до сучасної міжнародної практики, зокрема рекомендацій МАГАТЕ [6, 7], для енергоблоків АС незалежно від сейсмічності майданчика пікове значення прискорення горизонтальної складової руху ґрунту під час землетрусу, яке відповідає максимальному розрахунковому землетрусу, має прийматися не меншим за 0,1g. Це значення відповідає 7-бальному землетрусу за шкалою сейсмічної інтенсивності MSK-64 та ДСТУ Б В.1.1-28:2010 [8], тобто постулюється, що для АС несейсмічних майданчиків не існує. Крім того, енергоблоки АС повинні проектуватися з урахуванням запасу до встановленого рівня сейсмічності майданчика. Рівень запасу визначається експлуатуючою організацією та узгоджується з Держатомрегулювання. Підходи, які можуть використовуватися у визначенні запасу, наведено в [9].

У розділі «Вимоги до оцінки сейсмічної небезпеки майданчика АС» з урахуванням підходів, наведених у [7, 10], містяться докладні вимоги до оцінки геологічних, тектонічних та сейсмологічних умов регіону, району розташування, зони навколо майданчика та майданчика АС; створення регіональної сейсмотектонічної моделі; оцінки небезпеки коливань ґрунту майданчика АС внаслідок землетрусу; розробки характеристик коливань ґрунту майданчика АС.

Для вирішення питань, які стосуються небезпеки АС, пов'язаної із землетрусами, формується комплексна база даних геологічної, геофізичної та геотехнічної інформації щодо умов регіону (радіусом від 150 до 750 км та більше в окремих випадках), району розташування (не менше, ніж 25 км), зони навколо майданчика (не менше, ніж 5 км) та майданчика АС. База даних розробляється за результатами детальних геологічних, геофізичних і геотехнічних досліджень, зокрема за даними польових експедиційних робіт на майданчику і відповідних лабораторних досліджень властивостей ґрунтів.

Оцінка сейсмологічних умов регіону, району розташування, зони навколо майданчика та майданчика АС охоплює збір статистичних даних про землетруси (матеріали про доісторичні, історичні та інструментально зареєстровані землетруси). На підставі зібраної інформації складають каталог землетрусів для майданчика АС та сейсмологічну базу даних. Формуючи сейсмологічну базу даних враховують інформацію щодо проявів землетрусів із сейсмогенних структур регіону, району та зони навколо

майданчика залежно від їх рівня активності, очікуваної максимальної потенційної магнітуди й регіонального загасання коливань ґрунту. Існуючі записи сильних рухів ґрунту під час регіональних та місцевих землетрусів збирають та вивчають, щоб отримати (або вибрати) відповідні закономірності загасання руху ґрунту та розробити спектри відгуку ґрунту. Для отримання достатньої інформації про потенційні сейсмічні джерела створюють мережу чутливих сейсмографів, спроможних реєструвати мікроземлетруси.

Мінімальний період сейсмологічного моніторингу, який надасть достовірні дані для побудови сейсмотектонічної моделі (на основі регіональної сейсмотектонічної моделі здійснюється зв'язок між базою даних землетрусів і розрахунком сейсмічної небезпеки майданчика АС), має становити кілька років залежно від сейсмічності регіону. Якщо наявне обладнання не може коректно записувати одночасно мікроземлетруси та сильні рухи під час потужних землетрусів на пунктах локальної мережі, крім акселерометрів сильних рухів встановлюють чутливі широко-смугові сейсмометри. Сейсмічні спостереження починають на етапі проектування АС та продовжують протягом усіх етапів життєвого циклу АС.

Для побудови сейсмотектонічної моделі інтегрують елементи сейсмологічної, геофізичної, геологічної, геотектонічної та геодинамічної баз даних. Сейсмотектонічна модель має складатися з двох типів сейсмічних джерел:

сейсмогенних структур, які можна ідентифікувати за допомогою доступної бази даних;

розсіяної сейсмічності (зазвичай складається зі слабких або помірних землетрусів), яка не належить до тектонічних структур, виявлених за допомогою бази даних.

Співвідношення «магнітуда — частота повторення землетрусу» визначається для кожного сейсмічного джерела, зокрема й для максимальної потенційної магнітуди. Оцінюють максимальну потенційну магнітуду сейсмогенних структур за допомогою обґрунтованих методів з урахуванням невизначеностей (похибок). Якщо є надійні докази того, що на майданчику можуть бути сейсмоактивні розломи з потенціалом достатнім, щоб вплинути на безпеку встановлених на ньому об'єктів, переглядають можливість проектування, будівництва та експлуатації АС на цьому місці.

Оцінка небезпеки коливань ґрунту майданчика АС має виконуватися ймовірнісними та детерміністичними методами. Наведені у Вимогах положення щодо застосування кожного з методів розроблені на основі положень документа МАГАТЕ [7]. Результати ймовірнісного аналізу сейсмічної небезпеки відображають у вигляді середньої або медіанної частоти перевищення горизонтальних і вертикальних коливань ґрунту майданчика. Невизначеності (похибки) виконання оцінок аналізують та документують. Використовуючи детерміністичний метод аналізу сейсмічної небезпеки, на кожному етапі оцінки також враховують як випадкові, так й епістемічні похибки, взявши до уваги, що прийнятій у цьому методі консерватизм вже міг перекрити невизначеності аналізу.

Крім визначення характеристик коливань ґрунту, результати аналізу сейсмічної небезпеки майданчика АС служать для оцінки та пом'якшення інших небезпек, пов'язаних із землетрусами, які можуть мати суттєвий вплив на енергоблок АС (розрідження та просідання ґрунтів, нестабільність схилів, карстові процеси, руйнування водозахисних споруд тощо). Щоб визначити можливий

вплив цих вторинних ефектів землетрусів на загальну сейсмічну безпеку енергоблоків АС, потрібна детальна оцінка, зокрема в процесі ймовірного аналізу безпеки енергоблоків АС від сейсмічних впливів.

Розроблені за результатами аналізу небезпеки коливань ґрунту майданчика АС сейсмічні характеристики проектного землетрусу (ПЗ) і максимального розрахункового землетрусу (МРЗ) описують прогнозованою інтенсивністю сейсмічних коливань (бальністю) та задають набором трикомпонентних розрахункових часових функцій: акселерограм, велосиграм або сейсмограм, якими моделюється рух (прискорення, швидкість або переміщення) в коливаннях ґрунту на вільній поверхні майданчика. Зазвичай для оцінки сейсмостійкості споруд, систем та елементів АС використовують акселерограми землетрусів і розраховані на їх підставі спектри відгуку на вільній поверхні ґрунту майданчика АС. Сейсмічні характеристики можуть бути спеціальними, тобто зареєстрованими безпосередньо на майданчику з небезпечних зон можливих джерел землетрусів, або синтезованими — розробленими на підставі всієї сукупності наявних сейсмологічних і геолого-геофізичних даних, які характеризують небезпечні для майданчика джерела землетрусів, з урахуванням особливостей впливу середовища на шляху поширення коливань від джерел землетрусів до майданчика та фільтруючих (резонансних) властивостей геологічного середовища під майданчиком.

Основні відмінності вимог, наведених у розділі «Вимоги до сейсмічного проектування енергоблоків АС», від вимог ПНАЭ Г-5-006-87 [1]:

1. Внесено зміни до принципів сейсмічної категоризації будівель, споруд, систем та елементів АС.

2. Розширено перелік комбінацій навантажень, які обов'язкові до розгляду в процесі оцінки сейсмостійкості будівель, споруд, обладнання і трубопроводів. Наприклад, в оцінці сейсмостійкості будівельних конструкцій, обладнання і трубопроводів І категорії сейсмостійкості врахуванню підлягають такі комбінації навантажень:

- НЕ (нормальні умови експлуатації) + ПА (проектна аварія) + МРЗ — для будівельних конструкцій, що входять до складу герметичного огороження (ГО), та для обладнання і трубопроводів, що входять до складу та/або забезпечують функціонування ГО;
- НЕ + МРЗ; ПНЕ (порушення нормальних умов експлуатації) + МРЗ.

Для обладнання і трубопроводів додатково мають розглядатися також комбінація НЕ + ПА + ПЗ та НЕ + ПЗ.

В оцінці сейсмостійкості будівельних конструкцій, обладнання і трубопроводів ІІ категорії сейсмостійкості врахуванню підлягають комбінації навантажень НЕ + ПЗ та ПНЕ + ПЗ.

Зауважимо, що необхідність розгляду комбінації НЕ + ПА + МРЗ введена вперше з урахуванням уроків аварійних подій на АЕС «Фукусіма-1» і є гармонізацією з підходами МАГАТЕ [6]. Необхідність урахування комбінацій ПНЕ + МРЗ, ПНЕ + ПЗ, НЕ + ПА + ПЗ згідно з ПНАЭ Г-5-006-87 [1] визначалась проектною організацією.

3. Введено новий підрозділ «Вимоги для врахування взаємодії ґрунт — конструкція». У процесі проектування сейсмостійких будівель, споруд, а також великих наземних резервуарів має детально моделюватися взаємодія ґрунту та конструкцій під час землетрусу. З урахуванням заглиблення, рівня підземних вод і локально змінених властивостей ґрунту вихідні коливання ґрунту, визначені

для умов вільної поверхні, можуть відрізнятися від впливу на рівні фундаменту конструкцій. Проектуючи підземні конструкції (трубопроводи, канали і тунелі великої протяжності) треба враховувати додаткові впливи на них, спричинені землетрусом (додатковий тиск ґрунту, його руйнування, нерівномірні поздовжні зусилля та напруження в підземних конструкціях, спричинені поздовжніми хвилями під час землетрусу тощо). Для будівельних конструкцій І категорії сейсмостійкості оцінюють потенційну можливість розрідження водонасичених шарів ґрунту внаслідок землетрусу, потенційну можливість втрати несучої здатності й осідання будівель і споруд та підтверджують спроможність виконання ними функцій безпеки за сейсмічних впливів.

4. Сейсмостійкість електротехнічного обладнання, обладнання інформаційних і керуючих систем, а також засобів автоматизації та зв'язку має обґрунтовуватись експериментальними методами. Інші методи можуть застосовуватись лише в разі достатніх обґрунтувань коректного функціонування виробів під час та після сейсмічних впливів згідно з вимогами технічної документації на відповідні вироби (ТУ, ТЗ, паспорти тощо).

5. Новим по відношенню до ПНАЭ Г-5-006-87 [1] є підрозділ «Вимоги до розрахункових моделей і застосування комп'ютерних розрахункових кодів». Зокрема, експлуатуюча організація забезпечує використання валідованих і верифікованих програмних засобів та розрахункових моделей для обґрунтування сейсмостійкості споруд, систем та елементів енергоблоків АС.

6. Обґрунтування сейсмостійкості, зокрема опорних конструкцій обладнання, має виконуватися на підставі відповідних нормативних документів. У більшості випадків опорні конструкції обладнання є класичними металевими конструкціями (рами, стійки тощо). Отже, розрахунки на міцність (методологія, критерії міцності, допустимі напруження тощо) опорних конструкцій мають виконуватись відповідно до вимог нормативного документа ДБН В.2.6-198:2014 [11]. Проте досвід виконання технічної оцінки розрахункових обґрунтувань сейсмостійкості опорних елементів обладнання показує, що доволі часто розрахунки вказаних елементів виконувались відповідно до ПНАЭ Г-7-002-86 [12]. Такий підхід не є коректним та прийнятним, адже критерії міцності за ПНАЭ Г-7-002-86 загалом орієнтовані на обладнання та трубопроводи, навантажені внутрішнім тиском. Крім цього, ПНАЭ Г-7-002-86 регламентує застосування підвищуючих коефіцієнтів у правій частині критерію міцності (тобто підвищення допустимих напружень). Водночас ДБН В.2.6-198:2014, встановлюючи рівень допустимих напружень, враховує специфіку металевих конструкцій, яка виражається в тому, що права частина критерію міцності загалом залишається без змін незалежно від кількості навантажувальних факторів — центральний розтяг (стискання), одночасна дія розтягу (стискання) та згину тощо — та розрахункового випадку: нормальні умови експлуатації, врахування сейсмічних навантажень. Тому оцінка сейсмостійкості опорних елементів відповідно до підходів ДБН В.2.6-198:2014 є більш коректною з технічної точки зору та консервативною порівняно з оцінкою за ПНАЭ Г-7-002-86.

У розділі «Вимоги до антисейсмічних попереджувальних та захисних заходів» передбачено безперервний у часі сейсмічний моніторинг АС за допомогою локальної мережі сейсмічних станцій в районі майданчика на відстані

в радіусі 20–30 км від АС. За одержаними з їх допомогою даними реєстрації землетрусів, вибухів і мікросейсмічного шуму визначають реакцію майданчика, розрахункові ймовірнісні значення параметрів руху ґрунту, будують розрахункові акселерограми та ймовірнісні криві сейсмічної небезпеки тощо. Вторинні ефекти від землетрусів, такі як затоплення, втрата водопостачання, пожежі, руйнування інфраструктури поблизу майданчика АС (зокрема руйнування автошляхів, мостів, дамб на річках та водосховищах), мають враховуватися в аналізі сейсмічної безпеки енергоблоків АС. Потужні землетруси можуть призвести до аварій на підприємствах поблизу майданчика, вибухів та викидів у навколишнє середовище хімічних речовин. Такі можливі події розглядають у звітах з аналізу безпеки енергоблоків АС. Адміністрація кожної АС має розробити план аварійної готовності АС до впливу землетрусів.

Розділ «Вимоги до переоцінки сейсмічної безпеки енергоблоків АС, що знаходяться експлуатації» є новим порівняно з ПНАЭ Г-5-006-87 [1]. Він містить вимоги до переоцінки сейсмічної безпеки майданчика АС на основі оновлених даних сейсмічного моніторингу; переоцінки сейсмостійкості діючих енергоблоків АС; сейсмічної кваліфікації обладнання; забезпечення якості виконання робіт з оцінки сейсмостійкості енергоблоків АС. Так, у разі збільшення сейсмичності майданчика АС експлуатуюча організація обґрунтовує безпечну експлуатацію АС з урахуванням такого збільшення і за потреби розробляє відповідні компенсуючі заходи. У разі прийняття рішення про розширення АС (заміщення виведених з експлуатації енергоблоків або будівництво нових) виконується переоцінка (уточнення) сейсмічної небезпеки майданчика АС як за результатами попередніх робіт, так і за новими даними, одержаними в результаті режимних неперервних моніторингових досліджень майданчика АС.

Переоцінка сейсмічної безпеки енергоблоків АС має проводитися:

у разі зміни сейсмічних характеристик майданчика АС, врахованих у процесі проектування енергоблоків АС, за результатами даних сейсмічного моніторингу;

якщо енергоблоки АС проектувалися з відхиленням від вимог до сейсмічного проектування енергоблоків АС;

у разі внесення змін до проекту енергоблоків АС, якщо такі зміни можуть вплинути на рівень безпеки енергоблоків;

після впливів потужних землетрусів;

на вимогу Держатомрегулювання за наявності відповідних причин.

Переоцінку сейсмічної безпеки енергоблоків АС виконують відповідно до програми переоцінки, яка має розроблятися експлуатуючою організацією й узгоджуватися з Держатомрегулюванням. У сейсмічній переоцінці існуючих енергоблоків АС потрібно застосовувати як детерміністичний метод аналізу, так і ймовірнісний аналіз безпеки та їх комбінації. Детальні візуальні інспекції енергоблоків АС є обов'язковою складовою обраного методу переоцінки, оскільки дають фактичну інформацію про стан споруд, систем та елементів на момент виконання переоцінки з урахуванням старіння. Вимоги до складу інспекцій наводяться у розроблених експлуатуючою організацією програмах та методиках.

Сейсмічна кваліфікація обладнання є частиною програми переоцінки сейсмічної безпеки енергоблоків АС і має проводитися:

у разі постачання на АС нового (модернізованого) обладнання;

за відсутності на АС документації, яка підтверджує виконання обладнанням необхідних функцій безпеки під час та після сейсмічних впливів;

при змінненні сейсмічних характеристик майданчика АС, врахованих у процесі проектування АС, за результатами сейсмічного моніторингу;

якщо сейсмостійкість обладнання не відповідає вимозі щодо мінімального значення прискорення на рівні ґрунту майданчика АС  $0,1g$ ;

на вимогу Держатомрегулювання.

Вимоги до складу й порядку проведення сейсмічної кваліфікації обладнання встановлюються в програмах кваліфікації обладнання, які розробляються експлуатуючою організацією та узгоджуються з Держатомрегулюванням. Процес сейсмічної кваліфікації обладнання охоплює такі етапи:

підготовку проектних вихідних даних для проведення кваліфікації (переліки обладнання, що підлягає кваліфікації; кваліфікаційні вимоги — акселерограми, спектри відгуку, спектри впливу для інтенсивності землетрусу, на які проводиться кваліфікація);

встановлення (підвищення) кваліфікації (оцінка стану та підвищення кваліфікації обладнання, що експлуатується; встановлення кваліфікації нового, модернізованого обладнання);

збереження кваліфікації (виконання заходів щодо забезпечення відповідності обладнання умовам та обмеженням кваліфікації протягом усього строку експлуатації).

Програми та методики, які застосовуються в процесі сейсмічної кваліфікації обладнання, узгоджують з Держатомрегулюванням. Рекомендовані методи сейсмічної кваліфікації систем та елементів енергоблоків АС наведено в додатку 2 Вимог.

Оцінка сейсмостійкості енергоблоків АС має здійснюватися відповідно до програми якості, яка розробляється на початку виконання робіт. Оцінка сейсмостійкості передбачає заплановані та систематичні дії, потрібні для забезпечення достатньої впевненості в тому, що конструкції, системи і елементи виконуватимуть свої функції із забезпечення безпеки під час та після землетрусу.

## Висновки

У статті розглянуто основні відмінності «Вимог до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій : НП 306.2.208-2016» від документа колишнього СРСР ПНАЭ Г-5-006-87. Ці відмінності є доволі суттєвими, тому експлуатуючій організації знадобиться певний час для приведення діючих енергоблоків АС у відповідність з новим НПА. Саме з урахуванням цього в новий НПА внесено вимогу, що комплекс заходів, необхідних для приведення діючих енергоблоків АС у відповідність з Вимогами, розробляється та затверджується експлуатуючою організацією та узгоджується з Держатомрегулюванням.

## Список використаної літератури

1. ПНАЭ Г-5-006-87. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций. М.: Энергоатомиздат, 1989. 29 с.
2. Вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій : НП 306.2.208-2016. *Офіційний вісник України*. 2016. № 92., ст. 3013.

3. Загальні положення безпеки атомних станцій : НП 306.2.141-2008. К. : Державний комітет ядерного регулювання України, 2008. 53 с.

4. СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах. М. : АПП ЦИТП, 1991. 50 с.

5. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. К. : Мінрегіон України, 2014. 110 с.

6. Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Guide No. NS-G-1.6, Vienna, 2003.

7. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. IAEA Specific Safety Guide No. SSG-9, Vienna, 2010.

8. ДСТУ-Б-В.1.1-28:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Шкала сейсмічної інтенсивності. К. : Мінрегіонбуд України, 2010. 60 с.

9. Д. І. Рижов, О-й П. Шугайло, О-р П. Шугайло, Р. Я. Буряк, Л. В. Хамровська, Н. І. Крицька. Огляд сучасних міжнародних підходів до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків АЕС. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2012. № 4. С. 23–26.

10. WENRA Guidance Document. Issue T: Natural Hazards. Guidance on Seismic Events. Annex to the Guidance Head Document on Natural Hazards, 11 October, 2016.

11. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. К. : Мінрегіон України, 2014. 199 с.

12. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. М. : Энергоатомиздат, 1989. 525 с.

## References

1. PNAE G-5-006-87. Seismic Stability Design Standards for Nuclear Power Plants [PNAE G-5-006-87. Normy proektirovaniia seismostoikikh atomnykh stantsii], Moscow, Energoatomizdat, 1989, 29 p. (Rus)

2. NP 306.2.208-2016. Requirements for Seismic Resistance Design and Evaluation of Seismic Safety of Ukrainian NPPs [Vymohy do seismostiikoho proektuvannia ta otsinky seismichnoi bezpeky enerhoblokov atomnykh stantsii], Official Bulletin of Ukraine, 2016, No. 92, 3013 p.

3. NP 306.2.141-2008. General Safety Provisions for Nuclear Power Plants [NP 306.2.141-2008. Zahalni polozhennia bezpeky atomnykh stantsii], State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine, 53 p. (Ukr)

4. SNiP II-7-81\*. Construction in Seismic Regions [SNiP II-7-81\*. Stroitelstvo v seismicheskikh raionakh], Moscow, APP TsITP, 1991, 50 p. (Rus)

5. DBN V.1.1-12:2014. Construction in Seismic Regions of Ukraine [DBN V.1.1-12:2014. Budivnytstvo u seismichnykh raionakh Ukrainy], Kyiv, Ministry of Regional Development of Ukraine, 2014, 110 p. (Ukr)

6. Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-1.6, Vienna, 2003.

7. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Specific Safety Guide No. SSG-9, Vienna, 2010.

8. DSTU-B-V.1.1-28:2010. Protection against Hazardous Geological Processes, Harmful Operational Impacts, Fire. Seismic Intensity Scale [DSTU-B-V.1.1-28:2010. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhzhi. Shkala seismichnoi intensyvnosti], Kyiv, Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010, 60 p. (Ukr)

9. Ryzhov, D.I., Shugailo, O.I.P., Shugailo, O.I.P., Buryak, R.Ya., Khamrovska, L.V., Krytska, N.I (2012), "Review of State-of-the-Art International Approaches to Seismic Design and Seismic Safety Assessment of NPP Units" [Ohliad suchasnykh mizhnarodnykh pidkhodiv do seismostiikoho proektuvannia ta otsinky seismichnoi nebezpeky enerhoblokov AES], Nuclear and Radiation Safety, No. 4, pp. 23–26. (Ukr)

10. WENRA Guidance Document, Issue T: Natural Hazards, Guidance on Seismic Events, Annex to the Guidance Head Document on Natural Hazards, 11 October 2016.

11. DBN V.2.6-198:2014. Steel Structures. Design Standards. [DBN V.2.6-198:2014. Stalevi konstruktsii. Normy proektuvannia], Kyiv, Ministry of Regional Development of Ukraine, 199 p. (Ukr)

12. PNAE G-7-002-86. Standards for Strength Calculation of NPP Equipment and Piping [PNAE G-7-002-86. Normy raschiota na prochnost oborudovaniia i truboprovodov atomnykh energeticheskikh ustanovok], Moscow, Energoatomizdat, 1989, 454 p. (Rus)

Отримано 10.03.2017.