

ВЕРБИЦЬКИЙ С.Т., ВЕРБИЦЬКИЙ Ю.Т., ПРОНИШИН Р.С., САПУЖАК І.Я.

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України
м. Київ, Україна

УДК 550.348:550.8.02

РОЗРОБКА СИСТЕМИ СЕЙСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В РАЙОНІ РОЗТАШУВАННЯ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС

Ключевые слова: структурна схема, топологія мережі, сейсмометр.

Запропоновано структурну схему та топологію мережі сейсмічних спостережень в районі Рівненської АЕС з використанням елементів діючої системи радіаційного контролю.

Предложено структурную схему и топологию сети сейсмических наблюдений в районе РАЭС с использованием элементов действующей системы радиационного контроля.

Block diagram and topology of the seismic observation network in the area Rivno NPP using the elements of the current system of radiation control is proposed.

Розробка систем сейсмічного моніторингу в районі розташування атомних електростанцій є одним з напрямків виконання прийнятого у ДП НАЕК «Енергоатом» в кінці 2009 р. та затвердженого ДКЯРУ «Плану заходів з оцінки сейсмічної небезпеки і перевірки сейсмостійкості діючих АЕС», розрахованого на реалізацію протягом 2010-2014 рр. Виконання згаданих робіт відповідає також рішенням засідання Ради національної безпеки і оборони України «Про підвищення безпеки експлуатації атомних електростанцій України» від 8.04.2011р., яка, ґрунтуючись в т.ч. і на нормативних документах МАГАТЕ, визнала за необхідне проведення поглибленої позачергової оцінки стану безпеки енергоблоків атомних електростанцій України, включаючи уточнення сейсмічної небезпеки. Дослідження проводилися протягом 2010-2012 рр. в рамках господарського договору з ВП «Рівненська АЕС» ДП НАЕК «Енергоатом» за темою «Рівненська АЕС. Пост контролю геодинамічної ситуації. Розробка технічного завдання на проект системи сейсмічних спостережень для моніторингу місцевої сейсмічності в районі розташування РАЕС».

Певний досвід розробки проектів систем сейсмічного моніторингу важливих енергетичних та екологічно небезпечних об'єктів, набутий за останні роки фахівцями Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, стосувався, в основному, гідроакумуючих станцій, зокрема Ташлицької і Дністровської ГАЕС [1-3]. Необхідність організації сейсмічного моніторингу згаданих енергокомплексів була обумовлена тим, що їх функціонування в гідроакумуючому режимі, а це щодобове скидання за короткий проміжок часу біля 15...20 млн. тон води, а потім підйом приблизно такої ж маси у верхнє водосховище, може привести до перерозподілу тектонічних напружень по зонах розломів, оскільки їх майданчики розташовані поблизу вузла перетину регіональних розломів, а їх

території перетинають локальні тектонічні порушення, що виділяються як достовірні і передбачувані. Ці процеси можуть спровокувати місцеві землетруси з магнітудою 4,0...4,5, а також викликати вертикальні і горизонтальні переміщення по локальних тектонічних порушеннях без прояву сейсмічності (кріпові рухи) або зі слабким проявом сейсмічності (мікросейсмічна емісія).

Організація системи сейсмічних спостережень в районі розташування Рівненської атомної електростанції з метою отримання кількісних характеристик сейсмічних дій на відповідальні об'єкти АЕС та подальше уточнення, на основі отриманих результатів, кількісних параметрів прогнозованих сейсмічних впливів і побудова розрахункових акселерограм для ПЗ і МРЗ станції з врахуванням вимог документа МАГАТЕ DS 422, є однією з актуальних задач підвищення безпеки експлуатації атомних електростанцій України [4].

Отже, мета роботи - розробити проект системи сейсмічних спостережень для контролю місцевої сейсмічності в районі розміщення Рівненської АЕС, для досягнення якої необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз архівних і фондових матеріалів з сейсмічності, геологічної будови та геодинамічної активності району розташування Рівненської АЕС;
- виконати рекогносцирувальні польові роботи з вибору місць можливого розташування пунктів спостережень майбутньої сейсмічної мережі;
- провести тестові заміри мікросейсмічних шумів та техногенних впливів в районі розташування Рівненської АЕС, їх обробку та інтерпретацію результатів спостережень;
- розробити топологію мережі сейсмічних спостережень на основі результатів згаданих робіт та дослідження динамічних характеристик зареєстрованих природних і техногенних шумів;
- розробити функціональну схему системи та провести аналіз та підбір апаратури і програмних продуктів для забезпечення роботи системи сейсмічних спостережень.

Проведений аналіз геологічних матеріалів та рекогносцировочні роботи для вибору місць розміщення сейсмостанцій показав, що літологічно відклади осадового шару в районі розташування Рівненської АЕС представлені пісками мілкими, середньої крупності, крупними, з гравієм, світло-жовтими, кварцовими; глинами коричнево-бурими і світло-сірими; суглинками червонувато-бурими; супісями зеленувато-сірими і голубувато-зеленими глауконітовими; крейдами білими, масивними, м'якопластичними, тріщинуватими та сильно тріщинуватими тощо. Наявні осадові породи мають здатність сильно поглинати коливання ґрунту, внаслідок чого сейсмометри, встановлені на поверхні, не зможуть реєструвати події з малою амплітудою, особливо локальні (високочастотні). Корінна порода, а в даному випадку це базальт темно-сірий, тріщинуватий масивний, тонкозернистий, який є хорошим провідником коливань, в радіусі 20 км від РАЕС не має виходів на поверхню і залягає по усій території на глибинах приблизно 20...60 м. Враховуючи це, для сейсмічних моніторингових спостережень в даних геологічних умовах необхідно використовувати свердловинні сейсмометри.

Смотри рисунок 1 на стр. 3 обложки

Таблиця 1. Радіуси зон чутливості на сейсмічні події з енергетичними класами K=5, K=6 та K=7

Пункт спостереження	№ пункту АСКРО	K=5 R, км	K=6 R, км	K=7 R, км	Відстань до центр. станції, км
P07	22	1,4	3,0	6,8	-
P01	25	5,1	11,4	25,5	9,8
P04	28	5,1	11,4	25,5	12,3
P09	31	4,6	10,4	23,1	10,6
P11	22	4,6	10,4	23,1	8,6

В 20-кілометровій зоні Рівненської АЕС існує розвита мережа пунктів автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки (АСКРО), які відповідають вимогам для облаштування пунктів реєстрації сейсмічних сигналів:

- наявність та якість під'їзних шляхів;
- наявність та надійність електромереж;
- наявність та відповідність споруд, або можливість їх будівництва;
- можливість організації охорони апаратури;
- наявність або можливість організації системи зв'язку.

Зрозуміло, що організація пунктів сейсмічних спостережень на території пунктів АСКРО значно здешевить та прискорить введення системи сейсмічного моніторингу в експлуатацію. Дана пропозиція фахівців ІГФ була підтримана керівництвом РАЕС і наразі прийнято рішення про доцільність її реалізації.

Мережа інструментальних спостережень для сейсмічного моніторингу створюється на базі цифрових сейсмічних станцій або пунктів спостережень, які повинні бути розташовані поблизу майданчика АЕС. Виходячи із задач системи сейсмічного моніторингу, зона забезпечення для енергетичного класу K=5 повинна перекривати всі об'єкти РАЕС, а зона забезпечення для K=6 - охопити, також, і максимально можливу площу навколо електростанції, для чого рівень технічних перешкод повинен бути, як мінімум, в два рази меншим від амплітуди коливань, викликаних землетрусом заданого енергетичного класу, джерело якого знаходиться в досліджуваній зоні. На рис. 1 наведено карту чутливості проектною мережі на сейсмічні події з K=5, побудовану на основі обробки результатів тимчасових сейсмічних спостережень на пунктах P01-P11.

Кількість станцій для впевненої реєстрації і обробки матеріалів, повинна бути не менше п'яти, а топологія мережі визначається тектонічною будовою досліджуваної території, просторовим розташуванням розривних порушень, щодо основних споруд і будівель АЕС. Збільшення кількості станцій покращує точність визначення сейсмічних параметрів: координат гіпоцентрів землетрусів; h – глибини; K або M (класу або магнітуди) – енергетичних характеристик землетрусу. Проте, при значному збільшенні кількості станцій, точність визначення цих параметрів збільшується несуттєво.

Виходячи з аналізу наявної геолого-геофізичної, тектонічної, сейсмологічної інформації і результатів польових робіт, для РАЕС запропонована схема розташування сейсмостанцій мережі в кількості 5 одиниць. Позначення пунктів спостережень (зг. рис.1), розта-

шованих на відповідних пунктах АСКРО, радіуси зон чутливості на сейсмічні події з енергетичними класами $K=5$, $K=6$, $K=7$ та їх відстань до центральної станції наведено у табл. 1.

За даними рис. 1 і табл. 1 зрозуміло, що наразі чутливість мережі, зокрема для $K=5$, не задовольняє згаданих вимозі щодо реєстрації сейсмічної події усіма 5-а станціями, однак тимчасові сейсмічні спостереження проводилися на поверхні ґрунту з використанням спеціальної платформи. Використання свердловинних сейсмометрів, встановлених у спеціально облаштовані свердловини, покращить співвідношення «сигнал - шум» у кілька разів, що дозволить перекрити усю заплановану територію для енергетичних класів $K=5$, $K=6$ та $K=7$.

Буріння свердловин для встановлення сейсмометрів заплановано на території пунктів АСКРО, огорожених залізобетонним парканом. Наземна частина апаратури буде розміщена у штатному металевому контейнері, у якому підведено живлення та забезпечено кліматичні умови для роботи електронної апаратури. Аналіз об'ємів інформаційних потоків даних з радіаційної обстановки і сейсмічної інформації показав, що є технічна можливість використання діючої системи зв'язку. Центр збору,

обробки і зберігання інформації також зручно буде розташувати в приміщенні центрального поста контролю (ЦПК) АСКРО, куди сходяться усі інформаційні потоки та забезпечено умови для організації функціонування всіх обчислювальних компонент мережі з використанням загальних баз даних – сервера, систем «АРМ-геофізик», реєстрації і зберігання даних, зовнішніх пристроїв та комунікаційних засобів, що забезпечують двосторонній обмін даними між елементами мережі і споживачами.

Проведено аналіз та підбір апаратури і програмних продуктів для забезпечення роботи системи сейсмічних спостережень: сервер – Кластер на базі HP ProLiant DL380 G7 Server, серверна і клієнтська операційні системи – OS Linux, для автоматизованої обробки сейсмологічної інформації – пакети EARTHWORM, SeisComP, SEISAN, SAC2000, PITSA, Matseis. В якості СУБД запропоновано Oracle Database Standard Edition One.

Отже, в результаті проведених досліджень запропоновано топологію системи сейсмічних спостережень в районі розташування Рівненської АЕС, підбрано апаратні та програмні засоби для її функціонування. Наступний етап – реалізація проекту та проведення постійного сейсмічного моніторингу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРИ

1. Проектування системи сейсмічного моніторингу для дослідження геодинамічної активності в районі будівництва Дністровської ГАЕС / [Вербицький С.Т., Вербицький Ю.Т., Сапужак І.Я., Стасюк А.Ф.] // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – Київ: НДІБК, 2006. – Вип. 64. – С. 416-421.
2. Оцінка структурно-тектонічних і сейсмічних умов району будівництва Дністровської ГАЕС / [Вербицький С.Т., Стасюк А.Ф., Пронишин Р.С. та ін.] // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики: зб. наук. праць. – Київ, 2007. – С. 62-79.
3. Система сейсмічного моніторингу Ташлицької ГАЕС / [Вербицький С.Т., Вербицький Ю.Т., Пронишин Р.С. та ін.] // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – Київ, ДП НДІБК, 2010. – Вип.73. – С. 381-388.
4. Сапужак І.Я. Організація сейсмічного моніторингу атомних електростанцій України / Сапужак І.Я. // Геодинаміка. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2011. – №2 (11). – С. 278-280.

КНИЖКОВИЙ ОГЛЯД



Айзенберг Я.М., Кодыш Э.Н., Никитин И.К., Смирнов В.И., Трекин Н.Н. Сейсмостойкие многоэтажные здания с железобетонным каркасом. - Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012.-264 с.

Книга содержит указания актуализированного СНиП II-7-81 * по проектированию многоэтажных сейсмостойких зданий с железобетонным каркасом, методы определения сейсмических нагрузок, указания по расчету узлов каркаса, стен и фундаментов, а также конструктивные требования к несущим и ограждающим конструкциям. Приведена методика расчета и проектирования сейсмоизолирующих конструкций. Даны рекомендации по повышению сейсмостойкости построенных и эксплуатируемых зданий.

Издание предназначено для инженеров-проектировщиков, разработчиков программ по расчету строительных конструкций, а также студентов строительных вузов.