

# Впровадження в Україні сучасних підходів до оцінки пошкоджуваності обладнання енергоблоків АЕС від сейсмічних впливів

Науковий співробітник лабораторії аналізу кваліфікації обладнання  
відділу сейсмостійкості ядерних установок та кваліфікації  
обладнання

Павлів Євген

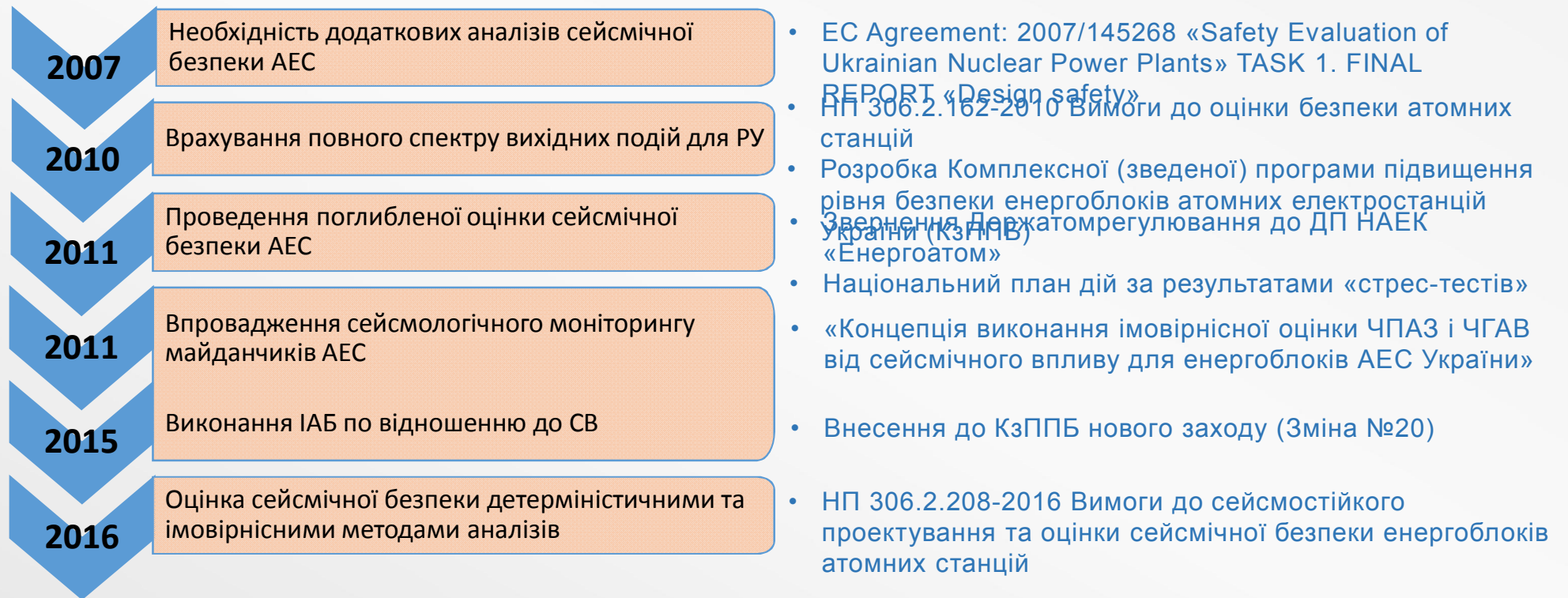
04-06 вересня 2018 року

VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека та ефективність атомної енергетики»

Одеський Національний Політехнічний Університет, м. Одеса

## 1.1

### Загальні відомості. Передумови для виконання оцінки пошкоджуваності АЕС України від СВ



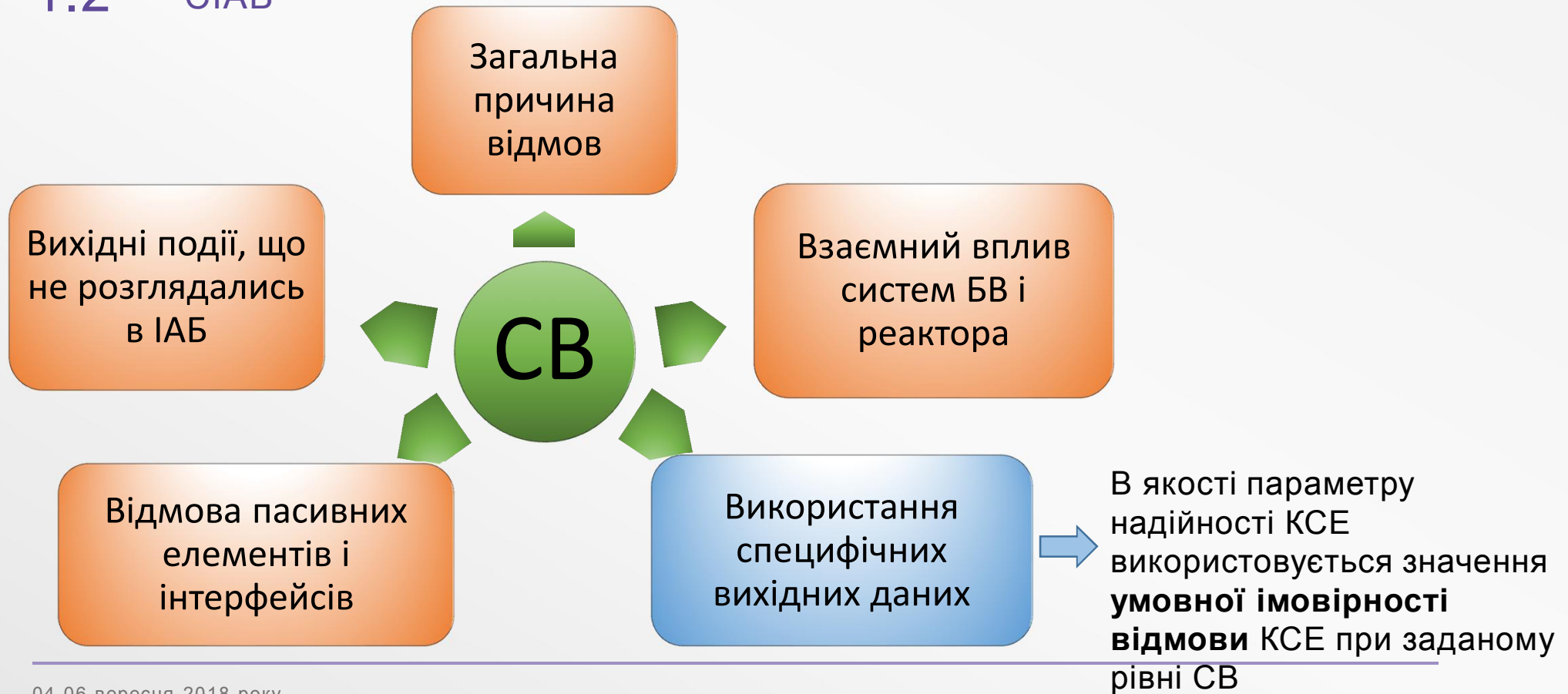
04-06 вересня 2018 року

VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека та ефективність атомної енергетики»

Одеський Національний Політехнічний Університет, м. Одеса

## 1.2

### Загальні відомості. Особливості врахування СВ під час виконання СІАБ



04-06 вересня 2018 року

VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека та ефективність атомної енергетики»

Одеський Національний Політехнічний Університет, м. Одеса

# 1.3

## Загальні відомості. Вихідні дані для СІАБ

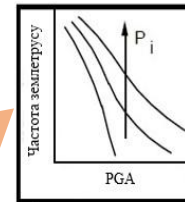
Криві сейсмічної небезпеки

- Визначення частоти виникнення різних рівнів руху ґрунту під час землетрусу (пікове прискорення ґрунту PGA) в усьому діапазоні можливих сейсмічних магнітуд

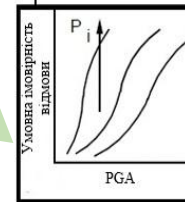
Криві пошкоджуваності

- Визначення імовірності пошкодження КСЕ в усьому діапазоні можливих сейсмічних магнітуд

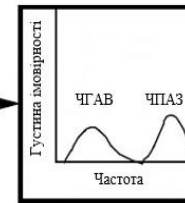
Аналіз сейсмічної небезпеки



Аналіз сценаріїв



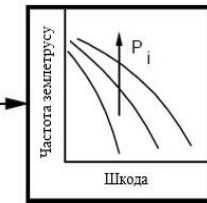
Оцінка пошкоджуваності КСЕ



ЧПАЗ та ЧГАВ

Погодні умови  
Атмосферна дисперсія  
Населення  
Евакуація  
Вплив на здоров'я  
Матеріальні збитки

Кількісна оцінка



Оцінка ризику

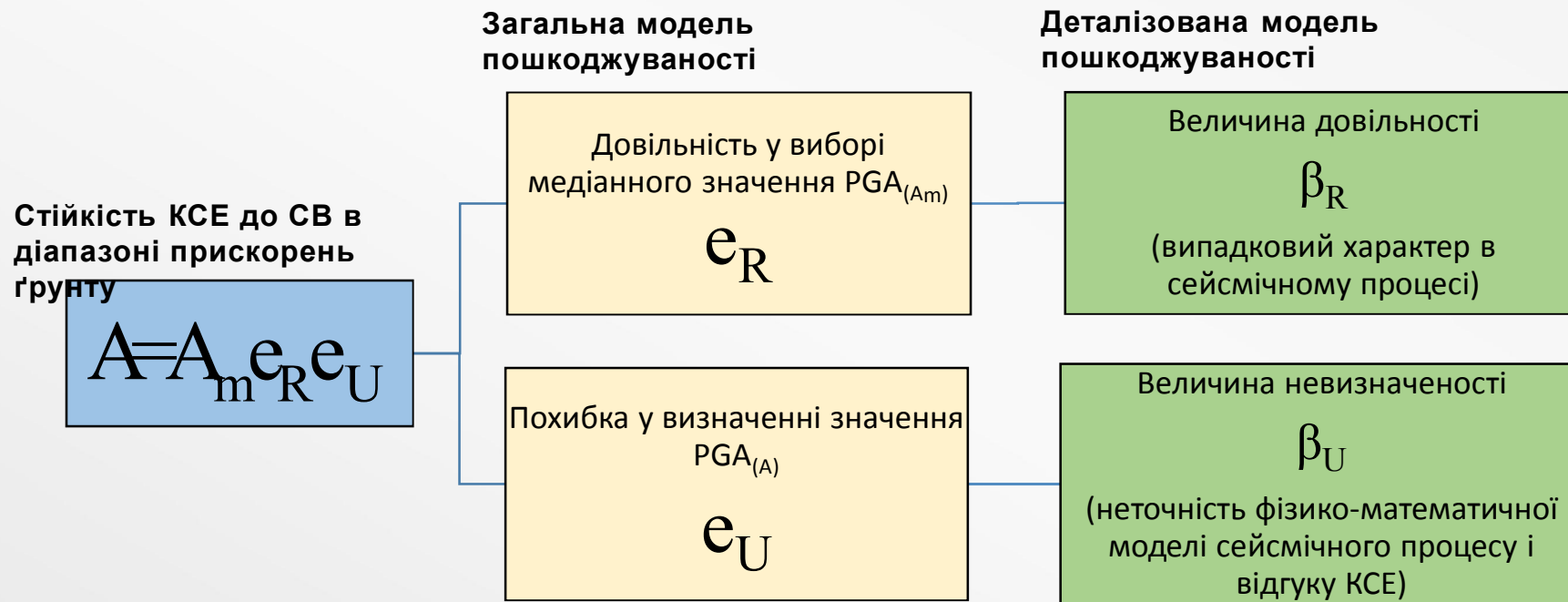
04-06 вересня 2018 року

VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека та ефективність атомної енергетики»

Одеський Національний Політехнічний Університет, м. Одеса

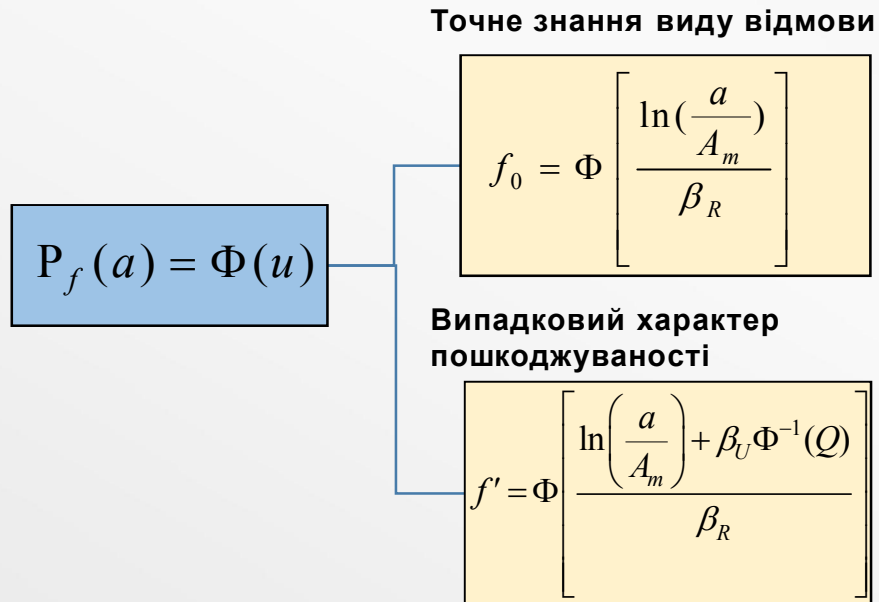
## 2.1

### Загальні підходи до оцінки пошкоджуваності КСЕ АЕС. Модель пошкоджуваності

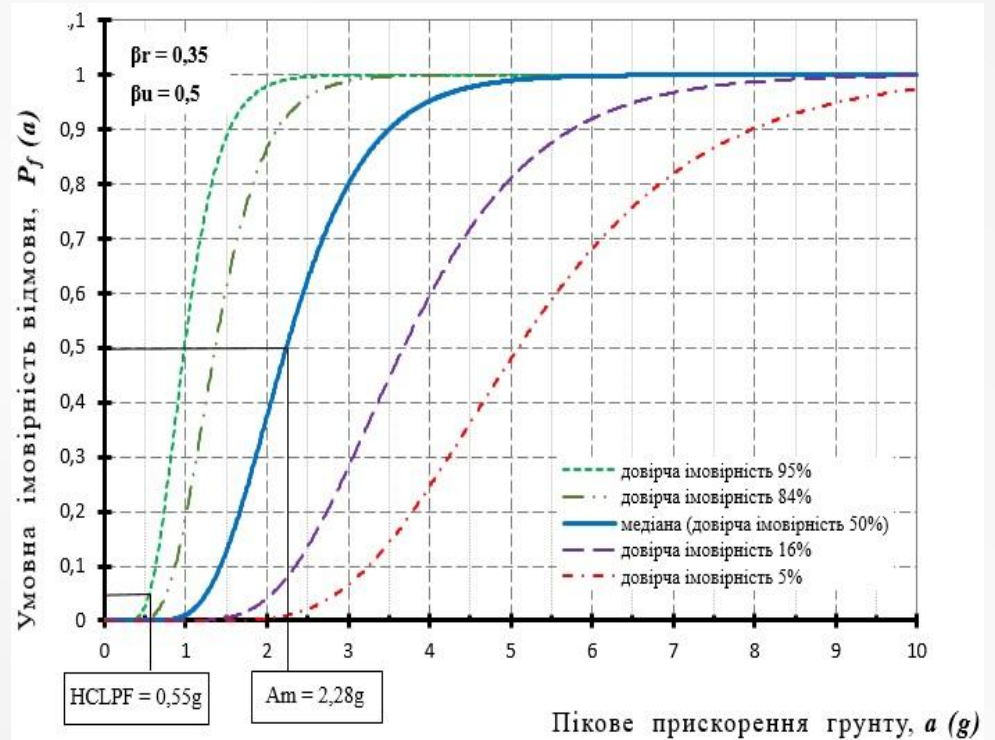


## 2.2

# Загальні підходи до оцінки пошкоджуваності КСЕ АЕС. Побудова кривих пошкоджуваності



$P_f(a)$  – умовна імовірність відмови КСЕ на заданому значенні прискорення;  
 $u$  – стандартизована нормальна змінна, що залежить від імовірності відмови  $P_f(a)$ ;  
 $\Phi[\dots]$  – функція стандартного Гауссівського інтегрального розподілу;  
 $\Phi^{-1}[\dots]$  – зворотна функція стандартного Гауссівського інтегрального розподілу;  
 $Q$  – суб'єктивна (довірча) імовірність того, що умовна імовірність відмови  $f$  менше  $f'$  для пікового прискорення ґрунту  $a$ . [ $f < f'$ ];

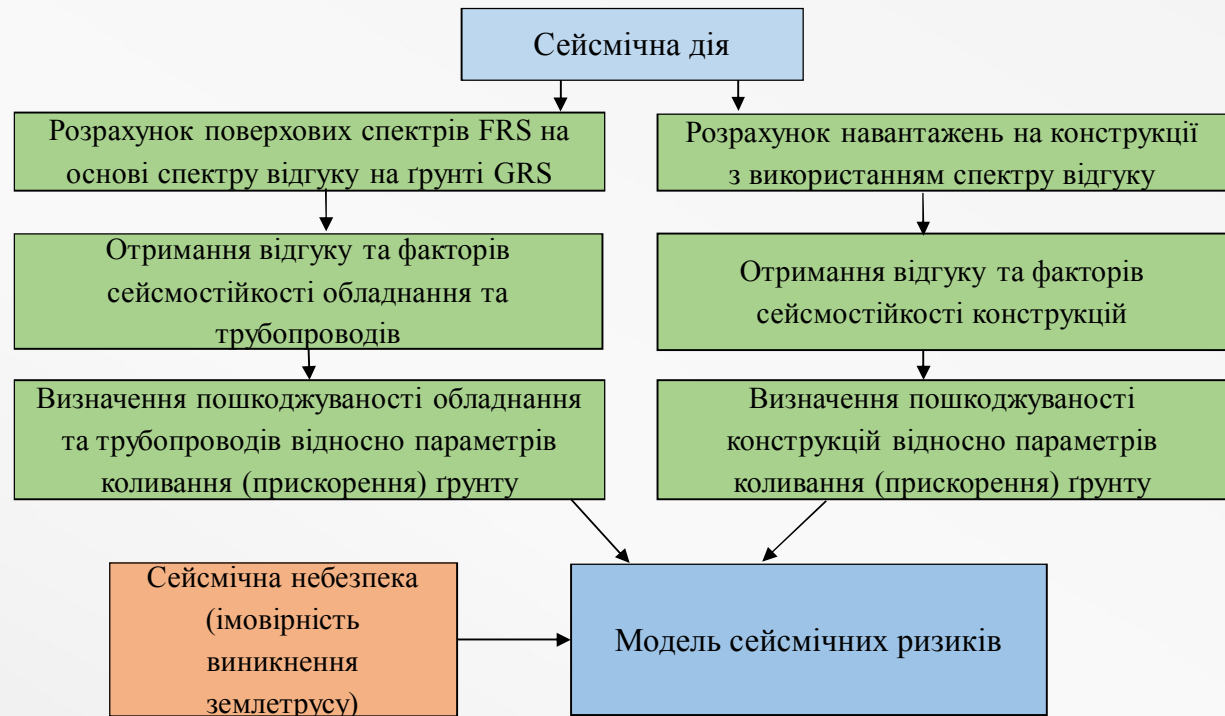


### 3.1

## Підходи до визначення параметрів кривих пошкоджуваності. Розрахункові методи визначення параметрів пошкоджуваності від СВ

### МЕТОД ПЕРЕРАХУНКУ

- Використання результатів існуючих аналізів відгуку на СВ криві пошкоджуваності визначаються відносно параметрів коливання ґрунту. Значення  $A_m$  і  $\beta$  знаходяться окремо для кожного з параметрів, що впливають на сейсмостійкість. Ці значення потім об'єднуються за законом логнормального розподілу, щоб отримати результуюче значення  $A_m$  і оцінити відхилення  $\beta_R$  і  $\beta_U$ .



# 3.1

## Підходи до визначення параметрів кривих пошкоджуваності. Розрахункові методи визначення параметрів пошкоджуваності від СВ

### МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ

➤ Виконання нового поглибленого аналізу КСЕ

- криві пошкоджуваності визначаються відносно параметрів локального відгуку КСЕ, але в кінцевому підсумку перераховуються (нормалізуються) на параметри СВ на ґрунті.



04-06 вересня 2018 року

VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека та ефективність атомної енергетики»

Одеський Національний Політехнічний Університет, м. Одеса



## 3.2

### Підходи до визначення параметрів кривих пошкоджуваності. Проблеми застосування методів перерахунку та моделювання

Методи перерахунку та моделювання є універсальними, проте потребують використання значної кількості специфічних вихідних даних для кожного КСЕ, що має бути розглянутий в

СІАБ: Вид відмови	Пластичність КСЕ	Варіабельність відгуку конструкції	Відгук елементів з урахуванням їх опор
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ крихке руйнування</li><li>✓ втрата функціонування</li><li>✓ пластичний розрив</li><li>✓ малоциклічна втома</li><li>✓ відмови від пошкодження/руху ґрунту</li><li>✓ відмови в наслідок руйнування будівель та споруд</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ форма гістерезисної петлі «сила-зміщення»</li><li>✓ зсув частоти конструкції</li><li>✓ час та тривалість коливання ґрунту</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ невизначеність відгуку через різницю між спектром МПА і теоретичним спектром</li><li>✓ нерівномірність коливань фундаменту</li><li>✓ невідповідність між фактичним затуханням і проектним</li><li>✓ ефект взаємодії «ґрунт-конструкція»</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ спектральна модель/форма спектра</li><li>✓ некогерентність переміщення ґрунту</li><li>✓ затухання/демпфування</li><li>✓ моделювання</li><li>✓ ефект взаємодії «ґрунт-конструкція»</li><li>✓ орієнтація у просторі</li></ul>

04-06 вересня 2018 року

VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека та ефективність атомної енергетики»

Одеський Національний Політехнічний Університет, м. Одеса

# 4.1

## Оцінка пошкоджуваності КСЕ АЕС комбінованим методом. Визначення медіанного прискорення

### Дослідження «Electric Power Research Institute» (EPRI), Palo Alto, CA, USA

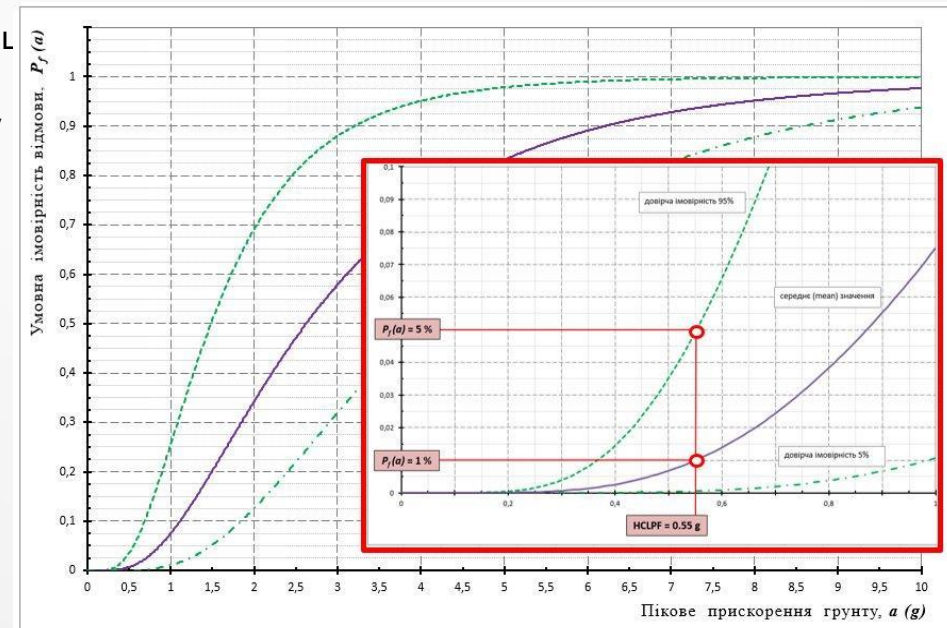
(Final Report EPRI FR-3002000709 Seismic Probabilistic Risk Assessment Implementation Guide)

- Визначення HCLPF методом МГС (детерміністична оцінка)
- HCLPF відповідає значенню прискорення, при якому імовірність відмови становить менше 5% з довірчою імовірністю 95% (стандартизована нормальна змінна  $u = -1.65$ )

$$HCLPF = A_m \exp\{-1.65(\beta_R + \beta_U)\}$$

- Визначення параметру  $A_m$

$$A_m = \frac{HCLPF}{\exp\{-1.65(\beta_R + \beta_U)\}}$$



04-06 вересня 2018 року

VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека та ефективність атомної енергетики»

Одеський Національний Політехнічний Університет, м. Одеса

## 5.1

### Прийнятий в Україні підхід до оцінки пошкоджуваності КСЕ АЕС. Застосування комбінованого методу

#### Нормативна та методична база:

- «Методика расчетного анализа сейсмостойкости элементов действующих АЭС в рамках метода граничной сейсмостойкости. МТ-Т.0.03.326-13» (процедура детерміністичного аналізу)
- «Концепція виконання імовірнісної оцінки ЧПАЗ і ЧГАВ від сейсмічного впливу для енергоблоків АЕС України» (процедура імовірнісного аналізу)
- «IAEA-Tecdoc-724 Probabilistic safety assessment for seismic events» (синтез детерміністичного та імовірнісного аналізу)

#### Прийнятий підхід щодо виконання СІАБ:

##### Етап I

- Оцінка ЧПАЗ і ЧГАВ по відношенню до СВ та їх вкладу в інтегральні значення ЧПАЗ і ЧГАВ. Під час цього аналізу пошкоджуваність КСЕ енергоблока АЕС визначається за значенням  $A_m$ , отриманого з використанням результатів детерміністичної оцінки граничної сейсмостійкості КСЕ.

##### Етап II

- У разі виявлення КСЕ, що мають значний вплив на інтегральні ЧПАЗ і ЧГАВ, проводиться уточнення параметрів їх пошкоджуваності розрахунковими методами та повторна оцінка ЧПАЗ і ЧГАВ з використанням уточнених даних.

04-06 вересня 2018 року

VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека та ефективність атомної енергетики»

Одеський Національний Політехнічний Університет, м. Одеса

## 5.2

### Прийнятий в Україні підхід до оцінки пошкоджуваності КСЕ АЕС. Досвід застосування

- «Запорожская АЭС. Энергоблок № 1. Результаты исследований сейсмических воздействий. Разработка сейсмического вероятностного анализа безопасности (ВАБ) энергоблока № 1 ОП ЗАЭС. Техническое руководство по выполнению ВАБ ВЭВ для сейсмического исходного события. АТ75/208-13.100.ОД.3» (розглянутий та рекомендований експертами RISKAUDIT).
- Звітні матеріали з визначення параметрів пошкоджуваності обладнання енергоблоків №№ 1÷4 ВП ЗАЕС (прийняті Держатомрегулювання).
- Матеріали з виконання СІАБ енергоблока №1 ВП ЗАЕС (надані до Держатомрегулювання).

---

04-06 вересня 2018 року

VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека та ефективність атомної енергетики»

Одеський Національний Політехнічний Університет, м. Одеса

## 6 | Висновки

- Аналіз пошкоджуваності КСЕ енергоблоків АЕС проводиться з метою формування вихідних даних для розробки СІАБ.
- За положеннями теорії сейсмічної пошкоджуваності умовна імовірність відмови КСЕ для заданого рівня сейсмічного впливу описується сімейством кривих пошкоджуваності.
- Процедура побудови кривих пошкоджуваності КСЕ енергоблоків АЕС України зводиться до визначення медіанного прискорення ґрунту  $A_m$  з використанням результатів детерміністичної оцінки граничної сейсмостійкості КСЕ та репрезентативних значень відхилень  $\beta_R$  і  $\beta_U$ .

ДНТЦ  
ЯРБ

Державний науково-технічний центр  
з ядерної та радіаційної безпеки

Дякую за увагу

---