«КОМПЛЕКС МЕТОДІВ ТА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ АЕС УКРАЇНИ»

Автори:

Білей Д.В., к.т.н., директор з безпеки ДП НАЕК «Енергоатом»
Бронніков В.К., президент Українського ядерного товариства
Громов Г.В., к.т.н., директор ДП ДНТЦ ЯРБ
Комаров Ю.О., к.т.н., завідувач сектором відділу ІПБ АЕС НАНУ
Колиханов В.М., завідувач сектором відділу ІПБ АЕС НАНУ
Мазуренко А.С., д.т.н., професор, директор ІЕКСУ ОНПУ
Носовський А.В., д.т.н., професор, завідувач відділом ІПБ АЕС НАНУ
Скалозубов В.І., д.т.н., професор, завідувач відділом ІПБ АЕС НАНУ
Щербін В.М. к.т.н., заступник директора ІПБ АЕС НАНУ.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ, розроблені і впроваджені колективом авторів у період з 1993 до 2009 р. у рамках виконання комплексу науково-дослідницьких та інженерно-технічних робіт з підвищення безпеки і ефективності виробництва АЕС України з ВВЕР:

- **у напрямку підвищення ефективності виробництва**

- оптимізація критичних шляхів планових ремонтів енергоблоків АЕС;
- оптимізація планування ремонтів та іспитів СВБ під час ППР;
- оптимізація контролю металу трубопроводів та обладнання в період ремонтних кампаній;
- методи реалізації концепції переходу на ремонт за технічним станом;
- методичні основи технічних обґрунтувань і нормативних документів щодо продовження експлуатації обладнання та трубопроводів.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ, розроблені і впроваджені колективом авторів у період з 1993 до 2009 р. у рамках виконання комплексу науково-дослідницьких та інженерно-технічних робіт з підвищення безпеки і ефективності виробництва АЕС України з ВВЕР:

- **у напрямку підвищення безпеки**

- програма підвищення рівня радіаційної безпеки і забезпечення радіаційного захисту;
- оптимізація іспитів СВБ на при роботі реактора на потужності
- науково-технічні основи і методичне забезпечення щодо управління позапроектними аваріями;
- метод оперативної діагностики термоакустичної нестійкості у реакторних установках;
- кваліфікація клапана ШРУ-А для енергоблоків №1-6 Запорізької АЕС

Результати оптимізації планових ремонтів

Норми тривалості ППР	ВВЕР-1000		ВВЕР-440	
	КР	СР	КР	СР
Старі	85	65	55	45
СТП 0.05.052-2004 СТП 0.05.053-2004	65	52	49	35

З обліком 4-хрічного циклу ремонтів реактора ***середньорічне скорочення простою*** енергоблоків ВВЕР у зв'язку із проведенням ремонтів:

ВВЕР-440 – 9 діб, ВВЕР-1000 – 14,75 доби

Середньорічний недовиробіток для одного блоку:

ВВЕР-440 – 95040000 кВт-годин, ВВЕР-1000 – 354000000 кВт-годин

З урахуванням тарифу на електроенергію ДП НАЕК "Енергоатом" 11 коп./кВт-година ***середньорічний економічний ефект***:

на один енергоблок ВВЕР-440 – 10,45 млн. грн., ВВЕР-1000 – 38,94 млн. грн.

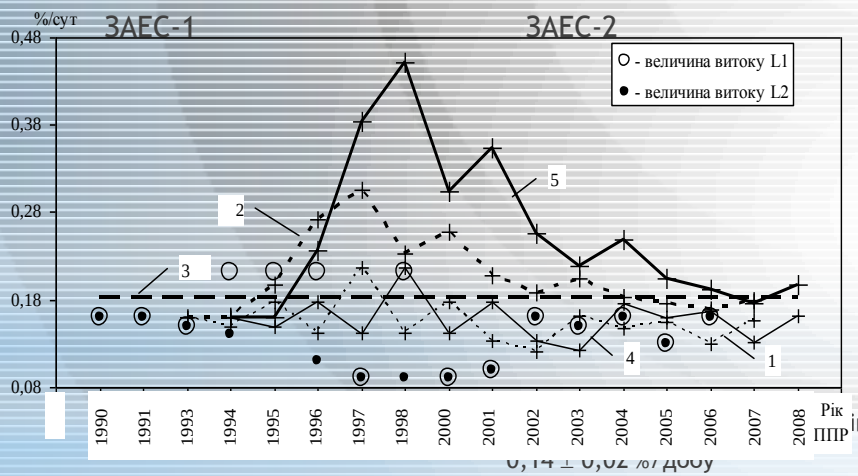
усього ВВЕР-440 – 20,91 млн. грн., ВВЕР-1000 – 506,22 млн. грн.

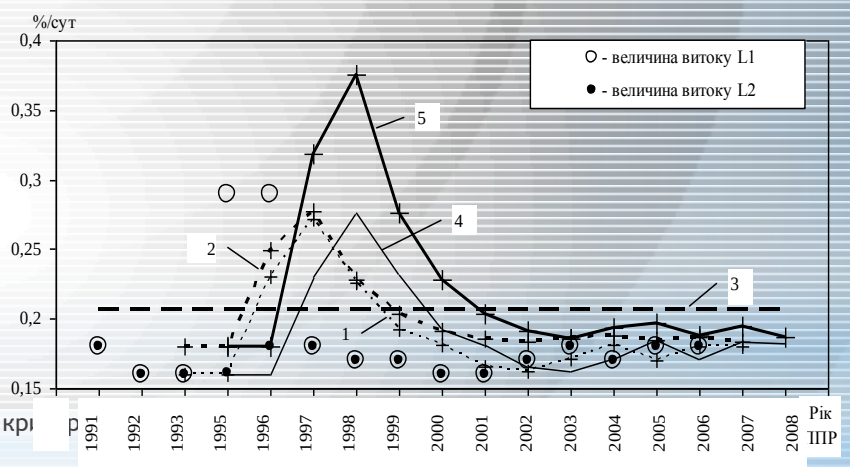
При кількості діючих в Україні енергоблоків: ВВЕР-440 - 2 шт. і ВВЕР-1000 - 13 шт. сумарний максимально очікуваний середньорічний економічний ефект **527 млн. грн.**

Результати оптимізації періодичності іспитів на герметичність ГО

З порівняння отриманих прогнозних оцінок з критерієм успішності іспитів витікає, що умова можливості ***скорочення іспитів*** надмірним тиском виконується для енергоблоків ЗАЕС № 2, 3, 4, 5, 6, а для енергоблоку ЗАЕС № 1 – не виконується.

На основі розробленої методики оптимізації періодичності та обсягів іспитів на герметичність захисної оболонки енергоблоків з ВВЕР-1000 обґрунтовані концептуальні технічні рішення можливості скорочення обсягів іспитів (на прикладі енергоблоків Запорізької АЕС). Обґрунтоване скорочення при збереженні умов безпеки обсягів іспитів на герметичність захисної оболонки дозволяє до ***двох діб*** скоротити загальні терміни планових ремонтів енергоблоків, що приводить до збільшення додаткового вироблення електроенергії вище ***300 млн. кВт·г на рік на один енергоблок*** за інших рівних умов.





0,14 ± 0,02 %/добу

1 – реалістичний прогноз на 1 рік; *2* – консервативний прогноз на 1 рік;

3 – критерій оцінки 1,15(0,14 + 0,02); *4* – реалістичний прогноз на 2 роки;

5 – консервативний прогноз на 2 роки

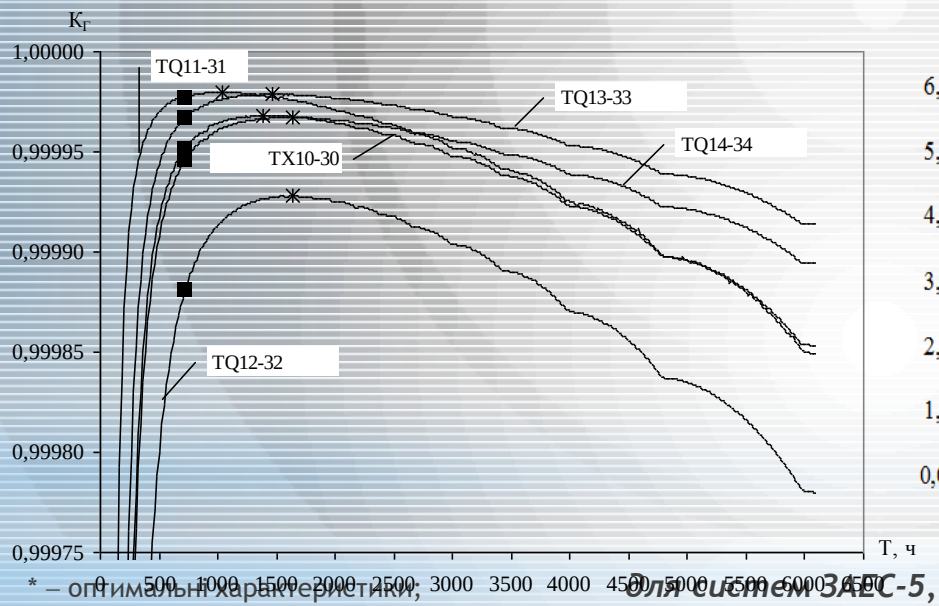
Результати оптимізації періодичності іспитів СВБ

- Спринклерна система (TQ11–31) – 1040 г
- Система аварійного розхолоджування (TQ12–32) – 1640 г
- Система введення бора з насосами впорскування бора (TQ13–33) – 1460 г
- Система введення бора з насосами подачі бора (TQ14–34) – 1640 г
- Система аварійної живильної води парогенераторів (TX10–30) – 1380 г
- Канали системи технічної води відповідальних споживачів (QF/VF) – від 1020 до 1100 г
- Канали резервної дизельної електростанції (РДЕС) – від 2300 до 2940 г
- Система підживлення-продувки 1-го контуру (TK) – 1780 г
- Система дренажів та організованих протікань 1-го контуру (TY) – 2260 г
- Система води проміжного контуру (TF) – 1760 г
- Система вентиляції для охолодження верхнього блока та приводів СУЗ (TL03) – 6360 г
- система розхолодження басейна витримки (TG) – 2220 г

Регламентна періодичність систем (каналів систем) складає 720 г, крім TL03, для якої регламентна періодичність – 1440 г

Результати оптимізації періодичності іспитів СВБ

Залежність стаціонарного коефіцієнта готовності від періодичності іспитів

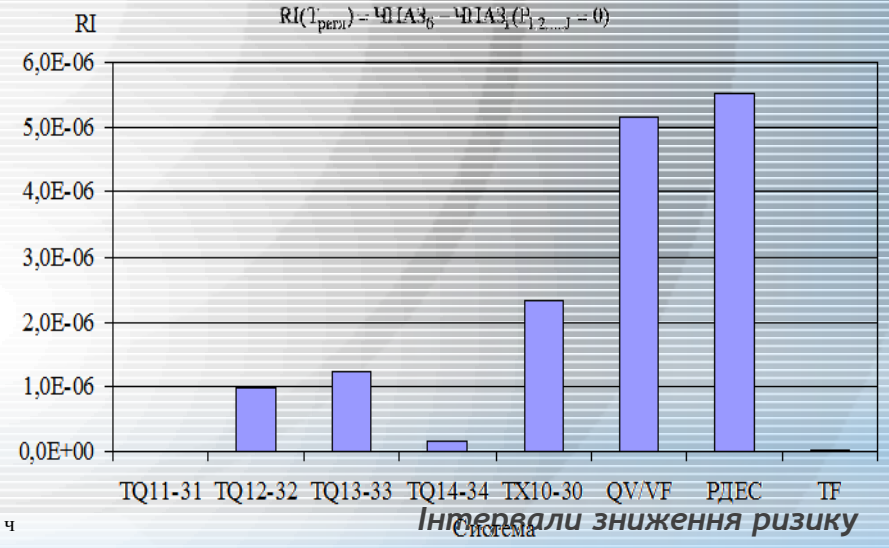


* – оптимальні характеристики;

■ – регламентні характеристики

Інтервал зниження ризику при зниженні ймовірності відмови i-ї системи від номінального значення до нуля

$RI(T_{регл}) = ЧПАЗ_6 - ЧПАЗ_i(T_{1,2,...}) = 0)$

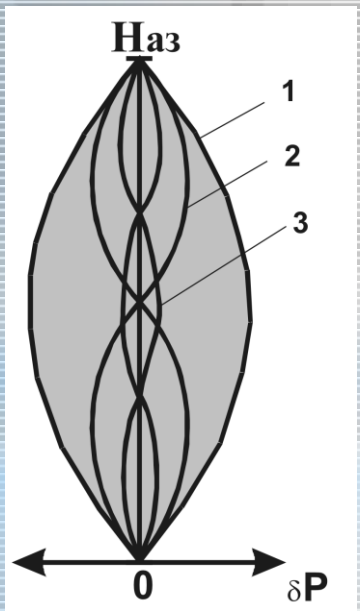


Інтервали зниження ризику для систем ЗАЕС-5, що беруть участь у комплексних іспитах

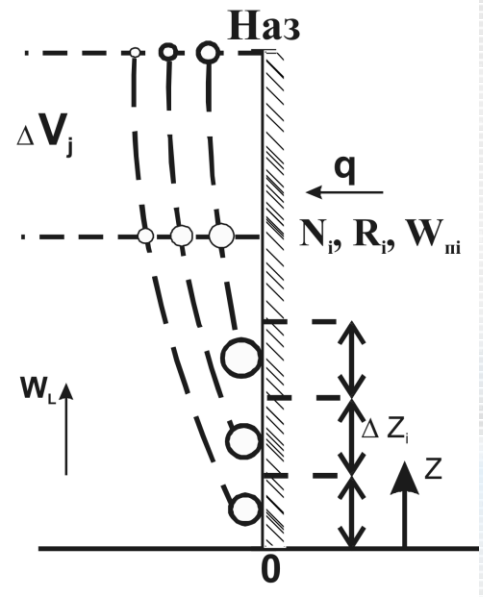
Фізична модель формування ТАН теплоносія в активній зоні

Спектр стоячих хвиль в акустично ізольованому каналі активної зони:

1 – перша мода; *2* – друга мода; *3* – третя мода

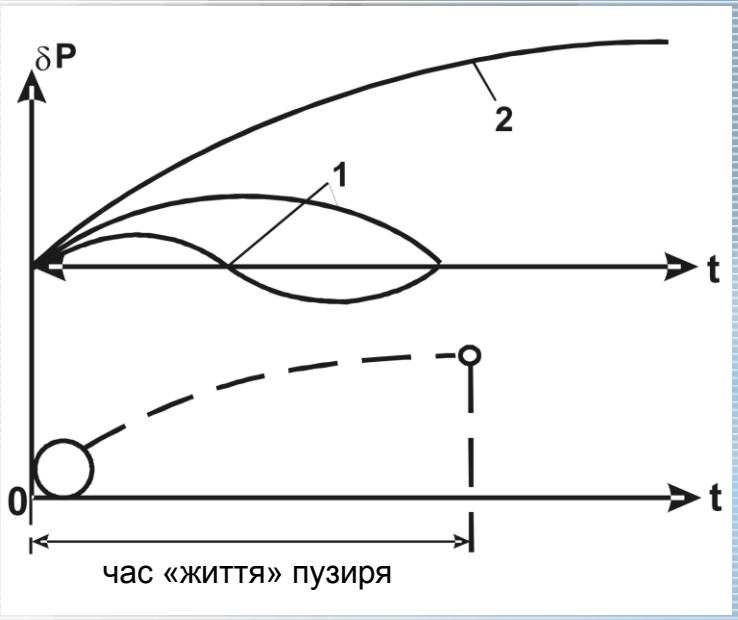


Формування пузиркового полідисперсного потоку в активній зоні

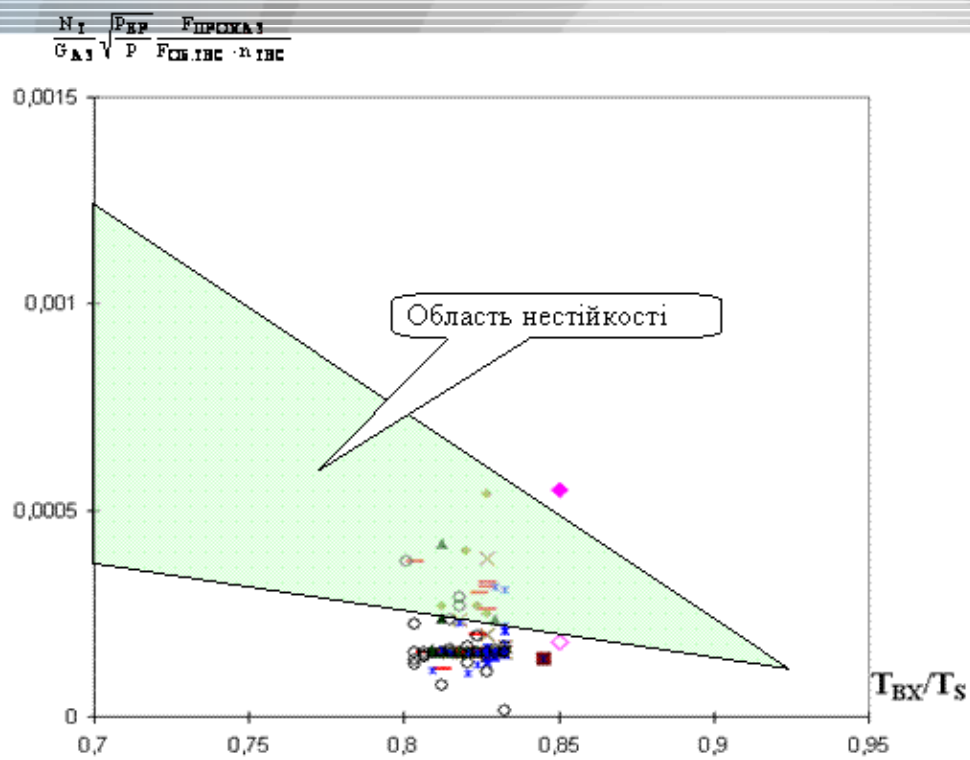


Участь пузирів у збудженні термоакустичних коливань:

1 – для «коротких» каналів;
2 – для «довгих» каналів



Система оперативної діагностики ТАН



таженні

енні

$$\frac{N_T}{N_{TO}} < \frac{G_{A3}}{G_{A3O}}$$

Заключення

Основні результати підтверджені галузевими актами впровадження і розрахунками очікуваних максимальних економічних ефектів.

Основні положення отриманих результатів також представлені в понад 100 наукових монографіях і статтях.