

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Методи аналізу ризику та надійності АЕС

Лабораторна робота №1

Дерева подій

Факультет: Теплоенергетичний

Кафедра: Атомних електричних станцій
і інженерної теплофізики

Спеціальність: «Атомна енергетика»

Дерево подій. Загальні відомості.

Дерево подій (Event Tree) – це логічна модель, яка відображає можливі шляхи розвитку аварії.

Дерево подій складається з:

- **вихідної події** (*стану АЕС, який загрожує цілісності палива та вимагає роботу систем безпеки для запобігання пошкодження активної зони*);
- **аварійних послідовностей** (*набору успішних/неуспішних спрацювань систем безпеки, виконань функцій безпеки*);
- **кінцевих станів** (*результатів протікання аварійних послідовностей*).

Дерева подій використовуються для

- відображення логічних послідовностей розвитку аварійних процесів;
- визначення зв'язку між системами та функціями безпеки, які ними виконуються;
- визначення імовірностей реалізації аварійних послідовностей, які призводять до пошкодження активної зони.

Дерево подій. Загальні відомості.

Функція безпеки (Safety Function) – конкретна ціль, яка повинна бути досягнута для забезпечення безпеки.

Головні функції безпеки

- ✓ Управління реактивністю;
- ✓ Охолодження активної зони (палива);
- ✓ Локалізація радіоактивних матеріалів у встановлених межах.

Розповсюджені функції безпеки у ІАБ

- Забезпечення запасу теплоносія в першому контурі;
- Відведення тепла по другому контуру;
- Відведення тепла по першому контуру;
- Управління тиском першого контуру;
- Управління тиском другого контуру;
- Забезпечення електропостачання.

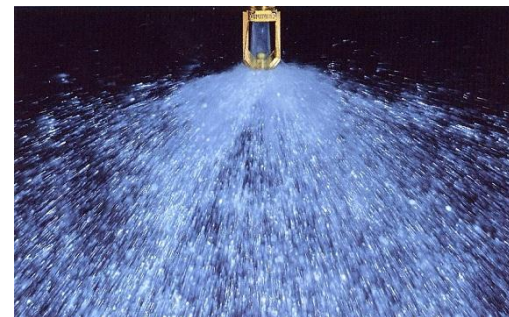
Приклад: Побудова ДП для вихідної події «Виникнення пожежі». Початкові умови.

Побудуємо ДП для випадку пожежі у будинку.

Будинок оснащений пожежною сигналізацією



Коли пожежна сигналізація спрацьовує – подається сигнал на запуск системи пожежогасіння



Якщо пожежна сигналізація відмовляє – пожежа не виявляється і її ліквідація не відбувається.



Якщо система пожежогасіння відмовляє – викликаються пожежники

Приклад: Побудова ДП для вихідної події «Виникнення пожежі». Ключові події.

Таким чином, ключові події, які будуть впливати на сценарій розвитку пожежі наступні:

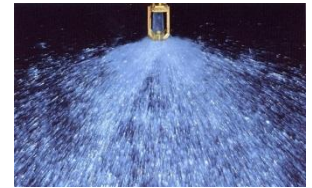
1

Успішне/неуспішне спрацювання пожежної сигналізації



2

Успішне/неуспішне спрацювання системи пожежогасіння



3

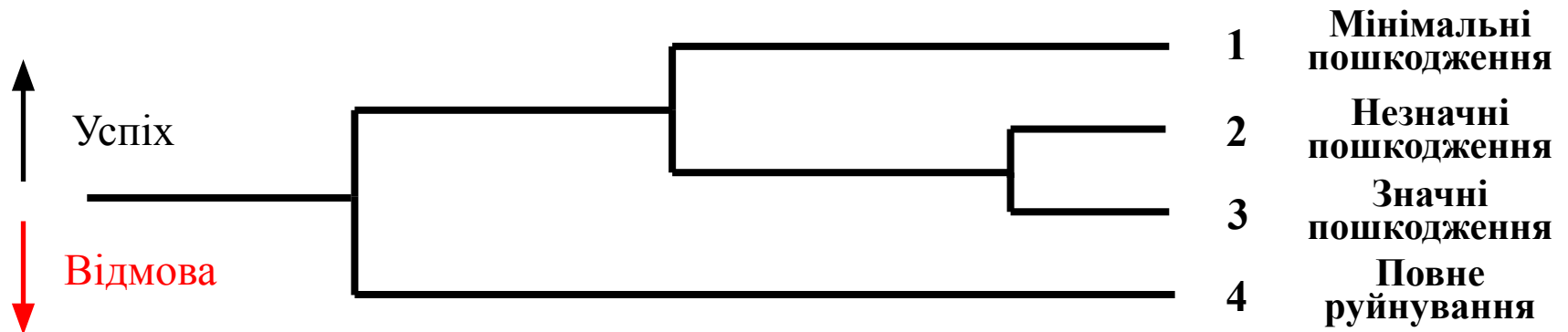
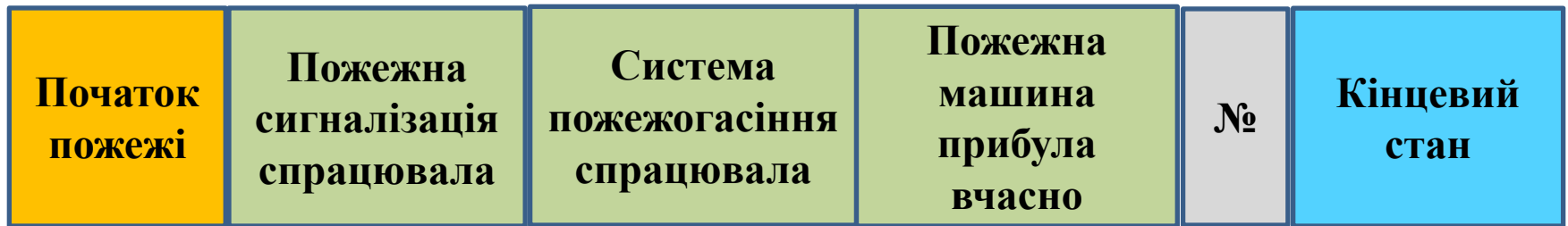
Своєчасне/несвоєчасне прибуття пожежної машини



Приклад: Побудова ДП для вихідної події «Виникнення пожежі». Розробка ДП.

Вихідна подія

Ключові події розвитку пожежі



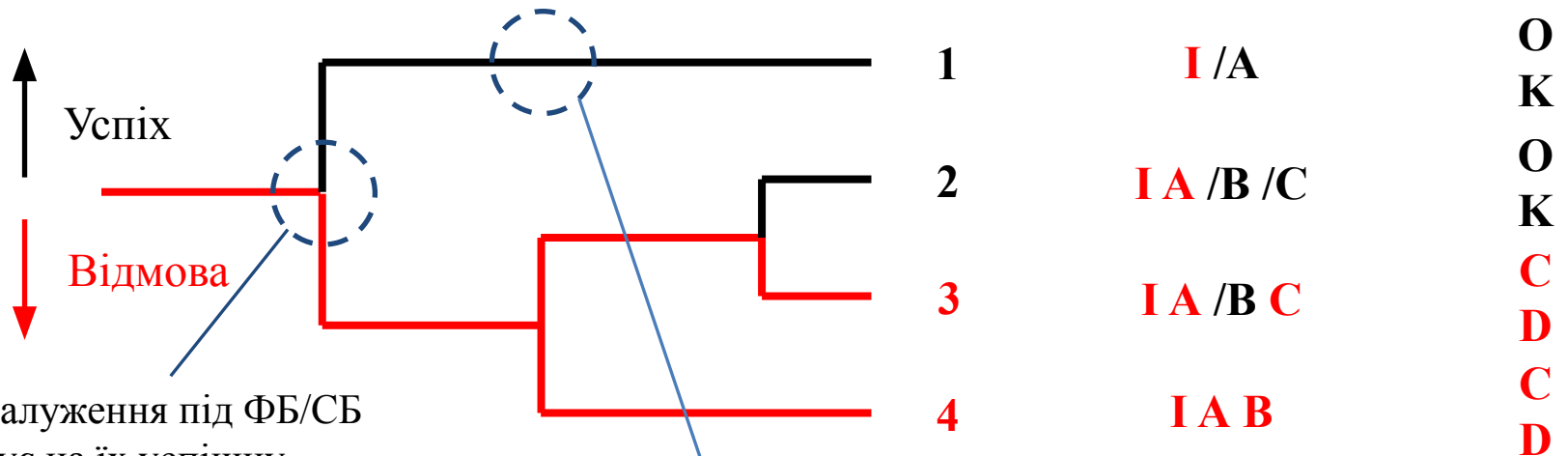
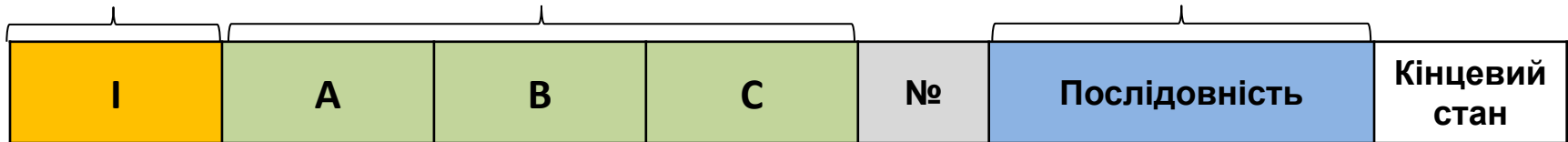
Структура дерева подій

Вихідна подія
(Initiating event)

Проміжні події:

- функції безпеки (ФБ);
- системи безпеки (СБ);
- базисні події (БП);
- дії оператора.

Запис послідовностей
"/" – означає "успіх"



Розгалуження під ФБ/СБ вказує на їх успішну роботу (верхня вітка) або відмову (нижня вітка).

Відсутність розгалуження під ФБ/СБ означає, що вони не відносяться до даної послідовності.

OK – безпечний стан РУ

CD (Core Damage) – пошкодження активної зони

Деякі властивості імовірностей

- 1) Імовірність будь-якої випадкової події $P(A)$ знаходиться в інтервалі:

$$0 \leq P(A) \leq 1.$$

- 2) Якщо імовірність події A дорівнює нулю ($P(A)=0$), то таку подію називають **неможливою**.

- 3) Якщо імовірність події A дорівнює одиниці ($P(A)=1$), то таку подію називають **достовірною**.

- 4) Подія, яка полягає в тому, що подія A **не** відбувається, називається **протилежною** до події A (або **запереченням** події A) і **позначається** \bar{A} .

$P(\bar{A})$ – імовірність того, що подія A не відбудеться.

$$P(A) + P(\bar{A}) = 1;$$

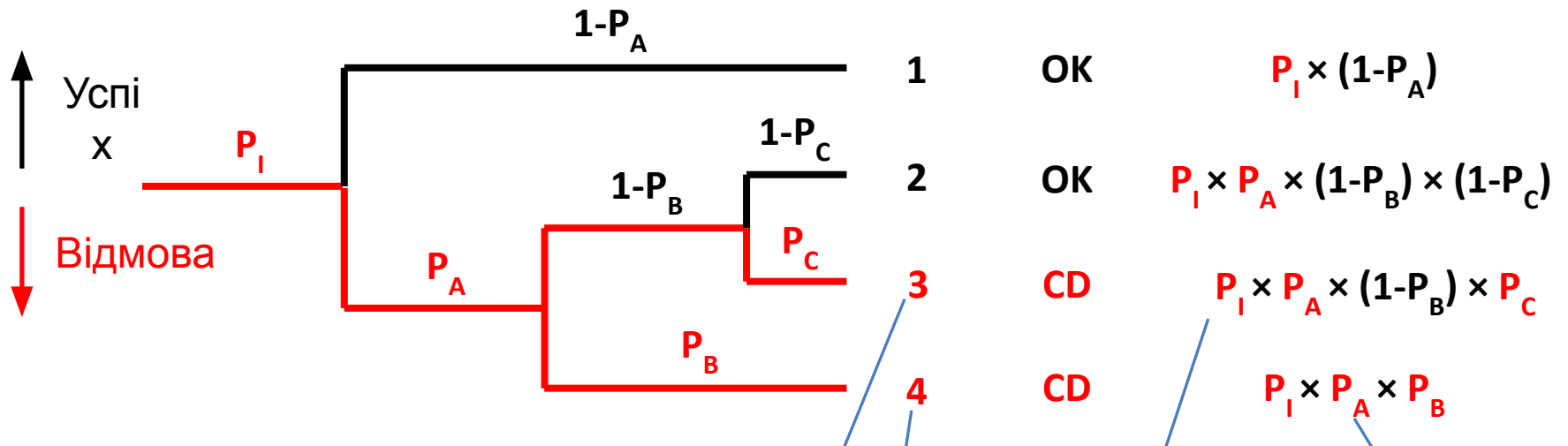
$$P(\bar{A}) = 1 - P(A).$$

- 5) Якщо події A та B несумісні, то:

$$P(A + B) = P(A) + P(B)$$

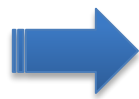
Розрахунок імовірностей для послідовностей

I (P _I)	A (P _A)	B (P _B)	C (P _C)	№	Кінцевий стан	Значення імовірності
---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---	---------------	----------------------



Імовірність пошкодження активної зони для ВПА "І"

Аварійна послідовність, яка приводить до пошкодження активної зони та має найбільшу імовірність реалізації називається **домінантною аварійною послідовністю**.

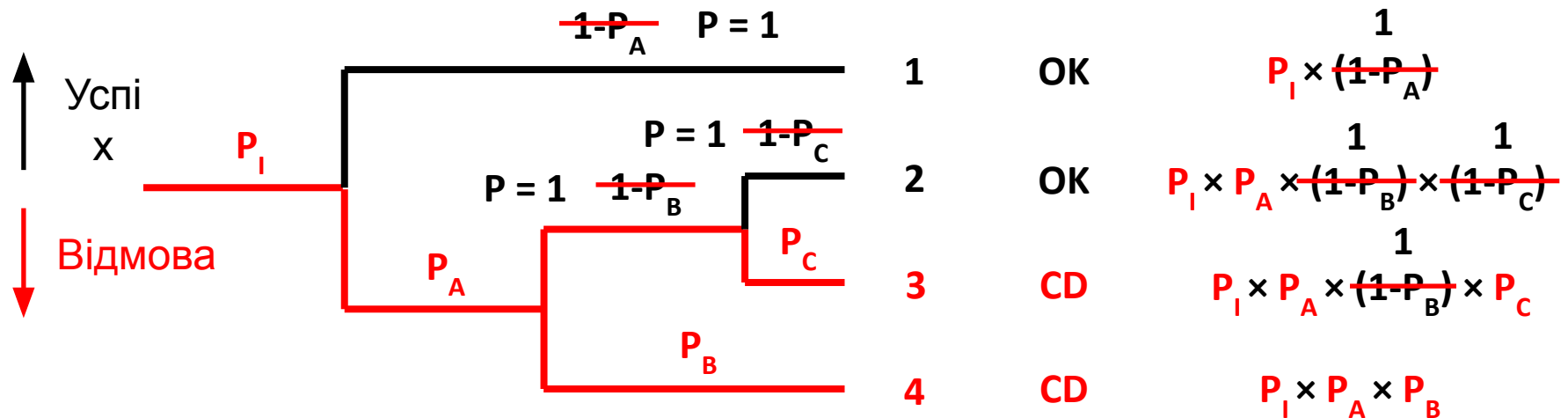


$$P_{CD} = P_3 + P_4 = P_I \times P_A \times (1-P_B) \times P_C + P_I \times P_A \times P_B$$

Особливості розрахунку імовірностей для послідовностей в SAPNIRE

Оскільки імовірність відмови (неуспіху) P загалом є меншою $0,1$, то імовірність успіху $(1-P)$ завжди близька до одиниці. На основі цього припущення імовірність, яка пов'язана з верхньою віткою (успіхом) під час розрахунку в SAPNIRE приймається рівною одиниці.

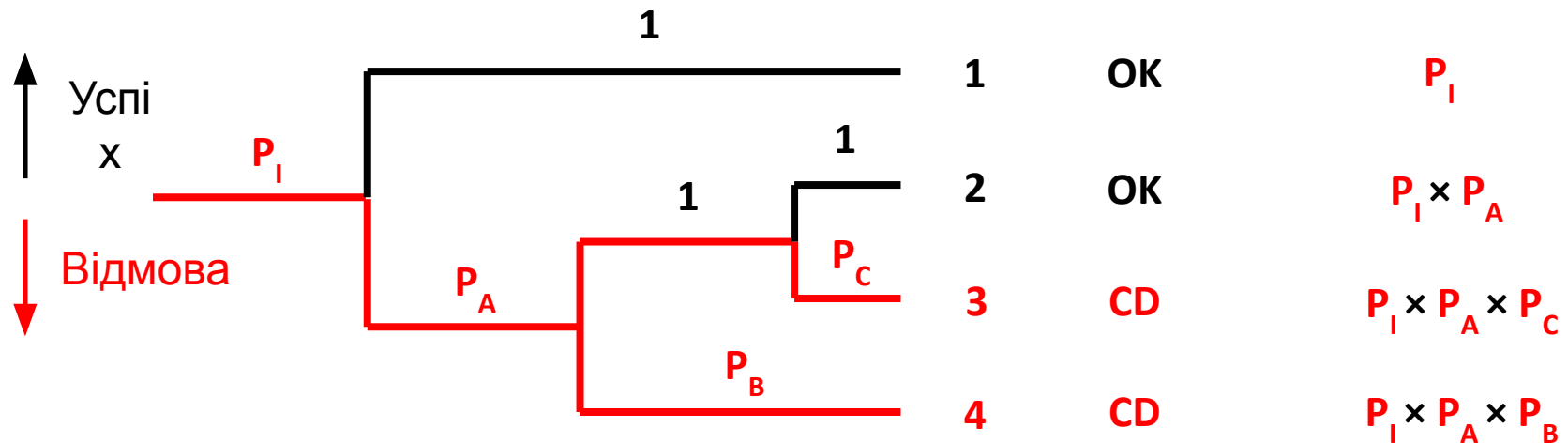
$I (P_I)$	$A (P_A)$	$B (P_B)$	$C (P_C)$	№	Кінцевий стан	Значення імовірності
-----------	-----------	-----------	-----------	---	---------------	----------------------



Особливості розрахунку імовірностей для послідовностей в SAPNIRE

Оскільки імовірність відмови (неуспіху) P загалом є меншою $0,1$, то імовірність успіху $(1-P)$ завжди близька до одиниці. На основі цього припущення імовірність, яка пов'язана з верхньою віткою (успіхом) під час розрахунку в SAPNIRE приймається рівною одиниці.

$I (P_I)$	$A (P_A)$	$B (P_B)$	$C (P_C)$	№	Кінцевий стан	Значення імовірності
-----------	-----------	-----------	-----------	---	---------------	----------------------



Приклад: Побудова ДП для ВП «Мала теча 1-го контуру». Загальний опис ВП.

Опис вихідної події

Назва	«Мала теча 1-го контуру»
Маркування	SLOCA (Small Loss-of-Coolant Accident)
Діаметр течі	11-50 мм
Максимальна витрата	800 т/год
Особливості	<ul style="list-style-type: none">• Течі розглянутого діапазону <u>не</u> можуть бути компенсовані системою продувки-підживлення 1-го контуру і викликають спрацьовування СБ (АЗ і захистів САОЗ).• Енергія, що виноситься в течу, менше енергії залишкових тепловиділень і, таким чином, для проектного протікання аварії обов'язково потрібна робота системи 2-го контуру в режимі розхолодження.

Основні етапи протікання аварійного процесу

1 Спрацювання АЗ по одному із сигналів:

- $t_{S1k} - t_{г.н.} < 10^{\circ}C$
- $\uparrow p_{ГО} > 0,3 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$
- $\downarrow p_{1k} < 148 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$
- $\downarrow L_{КТ} < 4600 \text{ мм}$

Після спрацювання АЗ теплова потужність зменшується до рівня залишкових енерговиділень

2 Компенсація течі 1-го контуру насосами САОЗ ВТ ТQ13(23,33)D01

3 Розхолодження по 2-му контуру

4 Після зниження тиску 1-го контуру до 15 кгс/см^2 починається довготривале відведення залишкових енерговиділень системою САОЗ НТ

Функції безпеки для ДП «Мала течя 1-го контуру»

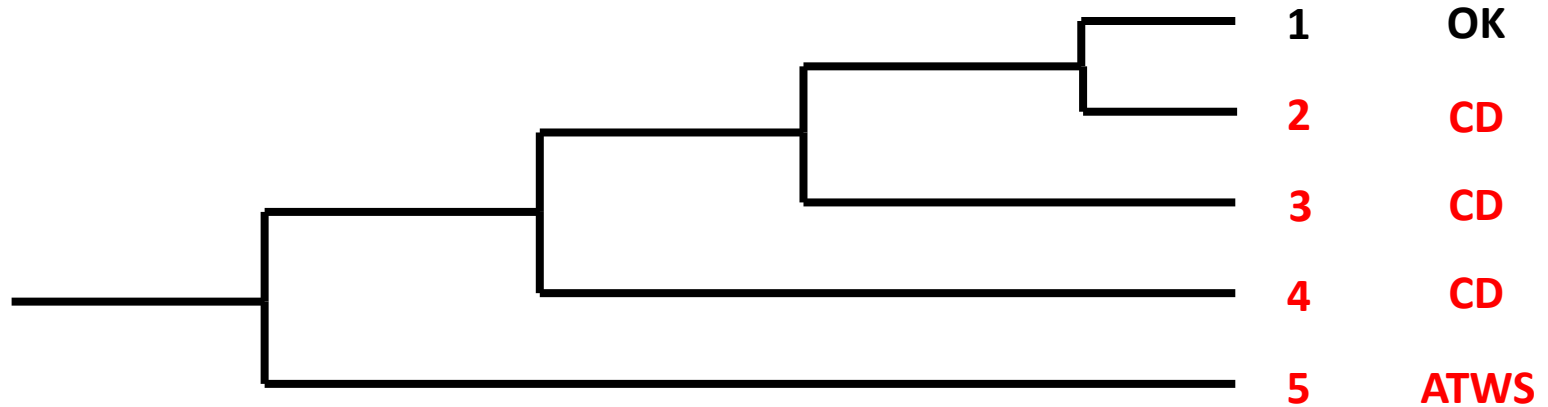
Назва функції безпеки	Системи безпеки	Маркування
Аварійна зупинка реактора	СУЗ	RT (Reactor Trip)
Довготривале відведення залишкових енерговиділень	САОЗ НТ	RHR (Residual Heat Removal)
Відведення тепла по 2-му контуру	САЖВ	AFW (Auxiliary Feedwater)
Підтримання запасу теплоносія 1-го контуру	САОЗ ВТ	HPI (High Pressure Injection)

Кінцеві стани для ДП «Мала течя 1-го контуру»

Маркування	Опис
ОК	Безпечний стан РУ
CD (Core Damage)	Пошкодження активної зони
ATWS (Anticipated Transient Without Scram)	Перехідний процес без аварійного зупину реактора

Дерево подій «Мала течя 1-го контуру»

ДП «Мала течя 1-го контуру»	1	2	3	4	№	Кінцевий стан
SLOCA						



Завдання на ЛРН№1

«Дерева подій»

□ ВПА (Т62)

"Ізольований розрив паропроводу за межами ГО"

□ ВПА (S3)

"Малі течі 1-го контуру (Ду 11-50 мм)"

□ ВПА (Т42)

"Середні течі із 1-го контуру в 2-ий"

Дякую за увагу!

Питання?

Остапенко Іван Анатолійович
[mailto: i.ostapenko.kpi@gmail.com](mailto:i.ostapenko.kpi@gmail.com)
