



DOI 10.36074/grail-of-science.13.10.2023.018

## ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ МАКСИМАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ ЯДЕРНОГО ОБ'ЄКТУ ПРИ МІНІМУМІ ВИТРАТ


### НАУКОВО-ДОСЛІДНА ГРУПА:

Азаренко Олена Василівна 


доктор фізико-математичних наук, професор, заступник керівника  
Науково-дослідний лабораторно-експериментальний  
центр «БРАНД ТРЕЙД», Україна

Гвоздь Віктор Михайлович 


кандидат технічних наук, професор, начальник інституту  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України, Україна

Гончаренко Юлія Юріївна 

доктор технічних наук, доцент, професор кафедри  
Європейський університет, Україна

Дівізінюк Михайло Михайлович 

доктор фізико-математичних наук, професор,  
головний науковий співробітник  
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього  
середовища НАН України», Україна

Фаррахов Олександр Володимирович 

кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник  
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього  
середовища НАН України», Україна

Сівоха Ігор Михайлович 

науковий співробітник науково-дослідного відділу проблем  
розвитку та впровадження стратегічних комунікацій  
інституту стратегічних комунікацій  
Національний університет оборони України, Україна

**Анотація.** Дається опис основних положень концепції максимальної безпеки ядерного об'єкту при мінімумі витрат на основі восьми постулатів: максимальний ефект при мінімумі витрат, можливість настання будь-якої гіпотетичної (віртуальної) катастрофічної події, використання всіх можливих технічних засобів, наявність запасу керованості, можливість втрати управління, розрахунок сумарних витрат та системність при управлінні. Використання концепції теорії оптимального управління

стосовно об'єкту, що охороняється, дозволяє запропонувати вирішення проблеми безпеки у взаємодії з локальними теоріями на кількісній оптимізаційній основі.

**Ключові слова:** критична інфраструктура, АЕС, ядерний об'єкт, безпека, управління безпекою, катастрофічна подія.

### Вступ

Незалежність держави визначається її здатністю зберігати свою територіальну цілісність та національну безпеку, культурні цінності та національні надбання, державні інститути та свободу громадян [1]. Одним із аспектів забезпечення незалежності України є захист об'єктів критичної інфраструктури від терористичного впливу [2,3], до складу яких входять атомні електростанції, комбінати зі збагачення уранової руди, заводи з виготовлення та зберігання ядерного палива, які є стратегічними ядерними об'єктами.[4, 5]. Управління безпекою цих об'єктів – актуальна проблема, яку покликані вирішувати як вчені та і фахівці з безпеки [6].

Метою даної роботи є розгляд концепції забезпечення максимальної безпеки ядерного об'єкту при мінімумі витрат або концепція оптимального управління безпекою об'єкту, що охороняється.

### Виклад основного матеріалу

Найбільш відомою і широко використовується у службах фізичного захисту ядерних об'єктів є концепція глибоко ешелонованого захисту. Вона ґрунтується на експертному підході до забезпечення безпеки атомних електростанцій (АЕС) [7] та міжнародних нормативних положень щодо безпеки АЕС [8-11]. Концепція глибоко ешелонованого захисту зводиться до безпеки за рахунок створення системи захисту з фізичних бар'єрів. Вони будуються за принципом запобігання всім можливим катастрофічним подіям, а у разі їх настання – мінімізації наслідків. Ці бар'єри будуються за допомогою інженерних та організаційних заходів та повинні забезпечувати не менше п'яти рівнів (бар'єрів) захисту.

На основі концепції глибоко ешелонованого захисту розроблено методи безпеки АЕС, деякі з яких викладені у роботах [12-14]. Однак вони не дозволяють забезпечити оптимальне управління безпекою, яке пов'язані з методологічними обмеженнями концепції глибоко ешелонованого захисту.

Суть концепції оптимального управління безпекою ядерного стратегічного об'єкту, що охороняється, полягає в забезпеченні максимальної безпеки ядерного об'єкту при мінімумі витрат [15,16], що показано на рис.1.

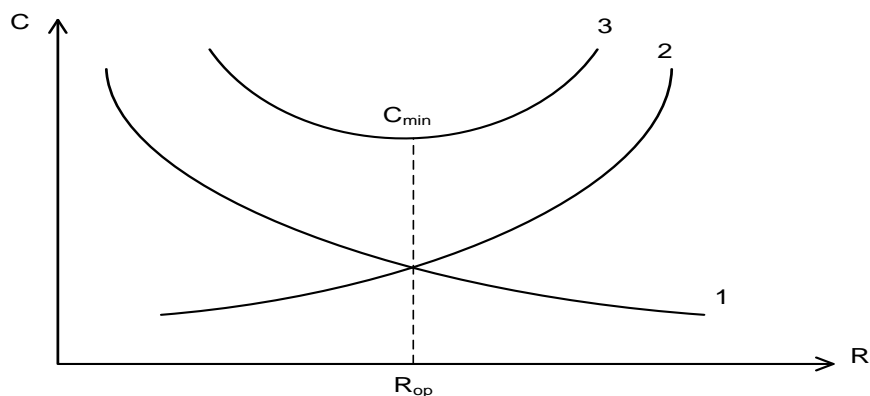


Рис. 1. Залежність витрат на безпеку від ризику катастрофічної події

По осі абсцис відкладено значення ризику  $R$ , який визначає ймовірність настання катастрофічної події. Відповідно, воно вимірюється дробовим числом або у відсотках, і не може перевищувати максимального значення, що дорівнює одиниці або 100%. По осі ординат відкладаються вартісні показники  $C$ , що обчислюються у гривнях або умовних одиницях (зазвичай у тисячах або мільйонах вартісних одиниць).

Ця концепція ґрунтується на наступних восьми постулатах:

- 1) оптимальне управління безпекою об'єкту, що охороняється (максимальний ефект при мінімумі витрат);
- 2) можливість настання будь-якої гіпотетичної (віртуальної) катастрофічної події, як на об'єкті, що охороняється, так і в безпосередній близькості з ним;
- 3) необхідність використання всіх можливих технічних засобів, технологій, закономірностей і знань для попередження настання гіпотетичних катастрофічних подій на об'єкті, що охороняється, і в безпосередній близькості з ним;
- 4) наявність запасу керованості безпекою об'єкту, що охороняється;
- 5) визначення верхніх меж розвитку гіпотетичних катастрофічних подій, при настанні яких можлива втрата управління, як безпекою об'єкту, що охороняється, так і самим об'єктом (його головним технологічним циклом);
- 6) передбачення варіантів екстремального управління об'єктом, що охороняється при настанні верхніх меж розвитку гіпотетичних катастрофічних подій;
- 7) розрахунок сумарних витрат на забезпечення безпеки об'єкту, що охороняється;
- 8) дотримання системності при управлінні об'єктом, що охороняється, і забезпеченні його безпеки.

Послідовно розглянемо їх.

**Перший** – оптимальне управління безпекою об'єкту, що охороняється (максимальний ефект при мінімумі витрат). Це не тільки постулат, це, мабуть, основний принцип оптимального керування безпекою. При цьому під безпекою ядерного стратегічного об'єкту, що охороняється, слід розуміти сукупність усіх видів безпеки та фізичного захисту об'єкту, які визначаються як ступінь його стійкості та здатності протистояти загрозам. Загроза – це потенційно можлива подія, дія, процес або явище, що може призвести до завдання шкоди. Для ядерного стратегічного об'єкту – це здатність протистояти військовим та терористичним, політичним та соціальним, правовим та організаційним загрозам. Це здатність протидіяти техногенним та інформаційним, екологічним та кримінальним, а також загрозам, що викликаються дією сил природи. Забезпечення максимальної безпеки досягається її практичною реалізацією. При цьому реалізація має виконуватись з максимально можливою економічною ефективністю, тобто з мінімальною сумою всіх витрат на безпеку та їх оптимального розподілу.

На рис.1. наведено затратні криві на дві технології, що реалізуються на ядерному об'єкті. Перша – це витрати на запобігання або недопущення гіпотетичної катастрофічної події. Чим більші витрати, тим менший ризик виникнення катастрофічної події, і навпаки. Друга – це витрати на ліквідацію

наслідків гіпотетичної катастрофічної події. У ряді випадків цю технологію називають витратами страхування. Тут чим вищий ризик, тим більші витрати. Третя крива показує сумарні витрати на обидві технології. Ситуація, яка визначається точкою перетину першої та другої кривих, є ситуацією оптимального управління безпекою ядерного об'єкту, що охороняється. За цієї ситуації забезпечується оптимальне (прийнятне) значення ризику настання гіпотетичної катастрофічної події, що потребує мінімальних сумарних витрат.

**Другий** – можливість настання будь-якої гіпотетичної (віртуальної) катастрофічної події, як на об'єкті, що охороняється, так і в безпосередній близькості з ним. В даний час попередження катастрофічних подій, наприклад, техногенних аварій різних масштабів, ґрунтуються на ймовірності їх настання. Це визначається тим, що ці події мають певну повторюваність. Подібні аналізи є основою для попередження аварій та інших надзвичайних ситуацій. За їх результатами будуються дерева подій, що містять сукупність варіантів можливих катастрофічних ситуацій. На їх основі розробляються симптомно-орієнтовані інструкції щодо недопущення надзвичайних ситуацій.

Гіпотетична катастрофічна подія не є статистично стійкою. Вона не може бути визначено в рамках торії ймовірностей (не може бути коректно розрахована ймовірність її наступу). Іншими словами, не можна стверджувати статистичну закономірність настання цієї катастрофічної події. У той же час теоретично не можна виключати можливість її наступу. Подібний підхід до розуміння природи появи гіпотетичної катастрофічної події важливий щодо подальшого застосування методів для її попередження та недопущення. У цьому випадку, коли відсутні дані про статистичні закономірності очікуваної катастрофічної події, вся інформація для управління безпекою ядерного об'єкту, що охороняється, повинна братися з фактичної обстановки всередині об'єкту і навколо нього, а також тенденцій їх розвитку.

**Третій** – необхідність використання всіх можливих технічних засобів, технологій, закономірностей і знань для попередження настання гіпотетичних катастрофічних подій на об'єкті, що охороняється, і в безпосередній близькості з ним. Узагальнюючи весь комплекс організаційних, інженерних, інформаційних та інших заходів щодо забезпечення безпеки ядерного об'єкту, що охороняється, їх можна розділити як складові частини двох технологій. Перша – попередження та недопущення гіпотетичної катастрофічної події. Друга – мінімізація та ліквідація наслідків при настанні цієї катастрофічної події. Обидві технології можуть і постійно вдосконалюються за рахунок розвитку нових наукомістких технічних засобів, способів та методів їх застосування, використання нових матеріалів та нових відкритих властивостей навколишнього світу. Тому третій постулат оптимального управління безпеки віддає пріоритет першій технології, а саме: попередження та недопущення гіпотетичної катастрофічної події.

**Четвертий** – наявність запасу керованості безпекою об'єкту, що охороняється. Це одне з ключових понять оптимального управління безпекою об'єкту, що охороняється. Воно безпосередньо пов'язане з гіпотетичною катастрофічною подією, а точніше із сукупністю гіпотетичних катастрофічних подій. Наприклад, техногенними надзвичайними ситуаціями на об'єкті, що

охороняється, які порушують його основний виробничий цикл, внаслідок знеструмлення частини приміщень об'єкту, викликаного вогневим ураженням електричної підстанції, або внаслідок пожежі, викликані вибухом безпілотного літального апарату, або внаслідок пошкодження однієї з магістральних комунікацій об'єкту після вибуху який спричинив таємно закладений дистанційний вибуховий пристрій та інш. Цей запас керованості безпекою об'єкту визначає зону потенційної небезпеки переходу об'єкту, що охороняється, з працездатного стану в надзвичайний аварійний стан. Розглянемо схему, подану на рис.2.

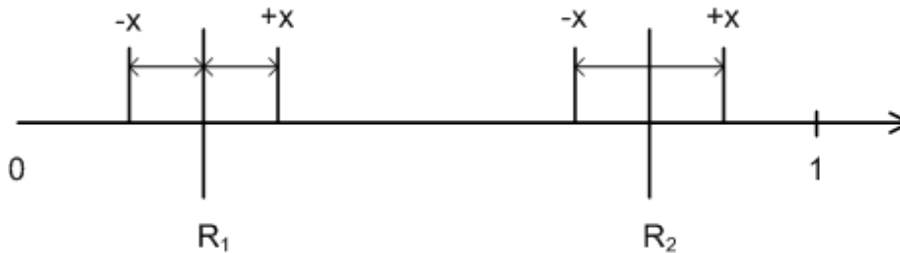


Рис. 2. Схема запасу управління безпекою

На рисунку зображено числову вісь, від нуля до одиниці, що показує чисельний розподіл ймовірності настання гіпотетичної катастрофічної події. Відповідно, у точці  $0$ , ймовірність настання цієї події дорівнює нулю, а в точці  $1$ , вона дорівнює одиниці, тобто катастрофічна подія вже відбулась (якщо вона миттєва) або настала (якщо вона займає певний проміжок часу, як пожежа, викид радіоактивних речовин та інш.).

$R_1$  – це граничне значення ризику, або ймовірності настання гіпотетичної катастрофічної події. Це перша ключова точка в процесі управління безпекою об'єкту, що охороняється. На відрізку від нуля до  $R_1$  об'єкт, що охороняється, знаходиться в нормальному стані і експлуатується за прямим призначенням. Після переходу за граничне значення ризику об'єкт, що охороняється, переходить з безпечного стану в потенційно небезпечний стан.

Тут необхідно відзначити, що, строго кажучи, безліч порогових значень  $R_{1j}$  визначається кількістю гіпотетичних катастрофічних подій, кожна з яких має  $z$  параметрів об'єктивного приладового контролю, які свідчать про перехід об'єкту, що охороняється, з безпечного стану в стан потенційної небезпеки. Наприклад, як було зазначено раніше, катастрофічна подія внаслідок знеструмлення частини приміщень об'єкту має один технічний параметр об'єктивного контролю – напруга в мережі. Його відсутність свідчить про перехід об'єкту у потенційно небезпечний стан. Інша катастрофічна подія, як спалах внаслідок спрацьовування дистанційного вибухового пристрою, має два технічні параметри об'єктивного контролю. Перший – це зростання температури у приміщеннях, другий – збільшення задимленості приміщень, що фіксується датчиками температури повітря у приміщеннях та газоаналізаторами. Третя катастрофічна подія, як порушення герметичності першого контуру реакторної установки внаслідок спрацьовування дистанційного вибухового пристрою, має три технічні параметри об'єктивного контролю. Це фіксація підвищення рівня гамма-випромінювання, бета-

випромінювання та альфа-випромінювання. Четверта катастрофічна подія як виявлення атакуючого безпілотного літаючого апарату (БПЛА) типу «шахед» має чотири технічні параметри об'єктивного контролю. Це реєстрація радіолокаційних відбитих сигналів від БПЛА, оптичне, акустичне та інфрачервоне виявлення.

Іншими словами, поріг переходу об'єкту, що охороняється, з безпечного стану в стан підвищеної небезпеки визначається сукупністю всіх гіпотетичних катастрофічних подій (1)

$$R_1 \equiv \sum_{j=1}^n R_{1j} \quad (1)$$

а кількість загальних технічних параметрів об'єктивного контролю, що реєструють цей перехід, сумі параметрів, що контролюють настання кожної катастрофічної події (2)

$$z \equiv \sum_{j,i=1}^{m,n} z_{ji} \quad (2)$$

Наступне за  $R_1$ , це значення ризику або ймовірності настання гіпотетичної катастрофічної події  $R_2$ . Воно свідчить про перехід об'єкту, що охороняється, зі стану підвищеної небезпеки в критичний стан, в якому настає втрата управління безпекою об'єкту, що охороняється. Раніше цей стан називався балансуванням на межі, який може закінчитися як настанням катастрофічної події, так і відстрочкою її на більш пізній час.

Різниця в значеннях ймовірності настання катастрофічної події при переході об'єкту, що охороняється, зі стану підвищеної небезпеки в критичний стан, що визначається як  $R_2$ , і ймовірності переходу об'єкту, що охороняється, з безпечного стану в стан підвищеної небезпеки, що визначається як  $R_1$ , прийнято називати запасом керованості безпекою об'єкту, що охороняється (3)

$$U = R_2 - R_1 \quad (3)$$

**П'ятий** – визначення верхньої межі розвитку гіпотетичних катастрофічних подій, при настанні яких можлива втрата управління, як безпекою об'єкту, що охороняється, так і самим об'єктом (його головним технологічним циклом). Це значення ризику або ймовірності настання гіпотетичної катастрофічної події  $R_2$ . Вважається, відповідно до логіко-ймовірнісного підходу, що при перевищенні цієї величини об'єкт, що охороняється, перестає бути керованим і наступна катастрофічна подія стає невідвратною.

Однак тут виникають питання, пов'язані з похибками фіксації технічних параметрів об'єктивного контролю. Як показує вираз (2), найбільша сумарна похибка фіксації сукупності технічних параметрів об'єктивного контролю катастрофічної події, що розвивається, визначатиметься найбільшим значенням похибок  $\chi$ . Тоді межа переходу з безпечного стану об'єкту, що охороняється, в стан підвищеної небезпеки буде визначатися (4)

$$R_1 = R_{1,j} \pm \chi \quad (4)$$

Аналогічним чином буде визначатися межа переходу зі стану підвищеної небезпеки об'єкту, що охороняється, в критичний стан або верхня межа розвитку гіпотетичних катастрофічних подій (5)

$$R_2 = R_{2,j} \pm \chi \quad (5)$$

**Шостий** – передбачення варіантів екстремального управління об'єктом, що охороняється при настанні верхньої межі розвитку гіпотетичних катастрофічних подій. Оскільки гіпотетична катастрофічна подія в принципі не може виключатися, необхідно передбачати варіанти екстремального управління або управління безпекою за поточним станом об'єкту. Прикладом відпрацювання подібних дій із екстремального управління є тренування оперативного складу ядерних установок, командного складу екіпажів кораблів та літаків. Перші (групи оперативного складу, які здійснюють протягом доби управління ядерною енергетичною установкою) відпрацьовують у навчально-тренувальних центрах при атомних електростанціях злагодженість своїх дій у разі виникнення затвердженого набору аварійних ситуацій. Крім цього, їм пропонується відпрацьовувати дії при появі різних симптомів. Ці симптоми – незрозумілі показання приладів, які здійснюють фіксацію технічних параметрів об'єктивного контролю, які, у свою чергу, свідчать про розвиток гіпотетичної катастрофічної події.

Другі на навігаційних тренажерах відпрацьовують дії щодо проходження проливних зон та вузькостей, розходження з іншими суднами, обходу навігаційних небезпек та інше. Треті на авіаційних симуляторах навчаються виконувати злети та заходи на посадку, дії в аварійних ситуаціях як загорання на борту, розгерметизація корпусу повітряного судна, відмова одного з двигунів та інш.

Відповідно до цього постулату необхідно заздалегідь мати різні варіанти екстремальних станів об'єкту, щоб була можливість, виходячи з поточного екстремального стану об'єкту, вибрати один з найбільш підходящий до поточної ситуації варіантів дій.

**Сьомий** – розрахунок сумарних витрат на забезпечення безпеки об'єкту, що охороняється. Щоб практично забезпечити оптимальне управління безпекою об'єкту, необхідно враховувати сумарні витрати на безпеку, які включають два види витрат. Перший – це технологія запобігання та ослаблення гіпотетичної катастрофічної події, яка в принципі враховується концепцією глибоко ешелонованого захисту. Другий – це витрати на усунення наслідків гіпотетичної катастрофічної події, що настала (або страхування від цих наслідків), яка в принципі не враховується концепцією глибоко ешелонованого захисту.

Тому в теорії оптимального управління безпекою об'єкту, що охороняється, показник ризику настання гіпотетичної катастрофічної події розглядається залежним від економіки, на відміну від концепції глибоко ешелонованого захисту. Там показник ризику катастрофічної події сприймається як ізольована від економічних показників задача.

Сумарні витрати на безпеку об'єкту, що охороняються, будуть рівні

$$C = C_1 + C_2 \quad (6)$$

де  $C_1 = \varphi_1(R)$  – функція витрат на попередження та ослаблення гіпотетичної катастрофічної події від показника ризику;

$C_2 = \varphi_2(R)$  – функція ймовірних витрат на страхування наслідків від настання гіпотетичної катастрофічної події від показника ризику.

У свою чергу це дозволяє показник ризику настання гіпотетичної катастрофічної події розглядати як функцію цін  $C_1$  і  $C_2$  (7)

$$R = f(C_1, C_2) \quad (7)$$

**Восьмий** – дотримання системності при управлінні об'єктом, що охороняється, і забезпеченні його безпеки. Системність ґрунтується на аксіоматичному положенні про неможливість вирішення комплексної проблеми на базі однієї теорії. Кожна теорія вирішує певне коло завдань і тому має важливі, методологічні обмеження. Системність містить методологію управління, що забезпечує структурний синтез локальних теорій, математичний апарат, який дозволяє розробити алгоритми оптимального управління об'єктів, що охороняються, і реалізувати управління у вигляді наукомісткої технології. Безумовно, що системність так само має всі формальні обмеження, як і будь-яка теорія, заснована на аксіоматиці. Вона обмежена за інтуїцією, філософією, методологією, математичним апаратом та сферою застосування.

У той же час необхідно відзначити, що теорія оптимального управління стосовно об'єкту, що охороняється, використовується для вирішення проблеми безпеки у взаємодії з локальними теоріями на кількісній оптимізаційній основі. Вона виконує функцію оптимального стикування цих теорій в загальний алгоритм управління безпекою об'єкту, що охороняється, за критерієм ефективності.

#### Висновки

Таким чином, концепція максимальної безпеки ядерного об'єкту при мінімумі витрат ґрунтується на восьми постулатах: максимальний ефект при мінімумі витрат, можливість настання будь-якої гіпотетичної (віртуальної) катастрофічної події, використання всіх можливих технічних засобів, наявність запасу керованості, можливість втрати керування, розрахунок сумарних витрат та системність під час керування. Використання концепції теорії оптимального управління стосовно об'єкту, що охороняється, дозволяє запропонувати вирішення проблеми безпеки у взаємодії з локальними теоріями на кількісній оптимізаційній основі. Тут вона виконує функцію оптимального стикування локальних теорій в загальний алгоритм управління безпекою об'єкту, що охороняється, за критерієм ефективності.

#### Список використаних джерел:

- [1] Ключове завдання нашої держави... (2023). Офіційне інтернет-представництво Президента України. Промови та звернення. Вилучено з: <https://www.president.gov.ua/news/speeches>.
- [2] Азаренко Е.В., Гончаренко Ю.Ю., Дивизинюк М.М., Ожиганова М.И. (2018). Защита



- критической инфраструктуры государства от террористического воздействия. Київ: ИГНС НАНУ. ISBN 978-617-7187-25-6.
- [3] Азаренко О.В., Гончаренко Ю.Ю., Дівізінюк М.М., Шевченко Р.І., Шевченко О.С. (2023). Характеристика об'єктів критичної інфраструктури держави (особливості ядерних та інших стратегічних об'єктів). Комунальне господарство міст. Том 1, випуск 175. С.160-168. DOI 10.33042/2522-1809-2023-1-175-160-168.
- [4] Азаренко О.В., Гончаренко Ю.Ю., Дівізінюк М.М., Шевченко Р.І., Шевченко О.С. (2023). Поняття загрози та ризику, їх загальні риси та принципіальні відмінності (стосовно ядерних та інших стратегічних об'єктів). Комунальне господарство міст. Том 2, випуск 177. С.153-158. DOI 10.33042/2522-1809-2023-3-177-153-158.
- [5] Азаренко Е.В., Гончаренко Ю.Ю., Дивизинюк М.М., Лазаренко С.В., Ожиганова М.И. (2019). Информационно-технические методы предотвращения чрезвычайных ситуаций террористического характера на объектах критической инфраструктуры. Часть 1. С использованием активных импульсных радиолокационных средств. Київ: ИГНС НАНУ. ISBN 978-617-7187-33-1.
- [6] Дівізінюк, М.М., Єременко, С.А., Лефтеров, О.А., Пруський, А.В., Стрілець, В.В., Стрілець, В.М., Шевченко, Р.І. (2022). Теоретичні засади парадигми «цивільний захист». Київ: ТОВ «АЗИМУТ-ПРИНТ». ISBN 978-617-8015-20-6.
- [7] Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. Н.П.306.2.141-2008 (2007). Видучено з: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=69189](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=69189).
- [8] Основные принципы безопасности атомных стаций. Отчет международной консультативной группы по ядерной безопасности. 75. INSAG-3, REV-1. (2015). Вилучено з: <https://www.iaea.org/ru/publications/10545/osnovnye-principy-bezopasnosti-atomnyh-elektrostantsiy-75-insag-3-rev1>.
- [9] SKB Technical Report TR 99-06. Deep repository for spent nuclear fuel. SR 97 – Post-closure safety. (1999). Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Stockholm, Sweden. Вилучено з: [https://www.skb.com/publication/2488114/TR-99-06\\_summary.pdf](https://www.skb.com/publication/2488114/TR-99-06_summary.pdf).
- [10] SKB Technical Report TR 01-17. Project JADE Comparison of repository system. Executive summary of result. (2001). Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Stockholm, Sweden, Вилучено з: <https://skb.se/upload/publications/pdf/TR-01-17.pdf>.
- [11] SKB Technical Report TR 01-18. Project JADE Long – term function and safety comparison of repository system. (2001). Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Stockholm, Sweden. Вилучено з: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20226346>.
- [12] Уивер Л. (1980). Риск от аварии на АЭС с легководяными реакторами. Москва. Атомиздат.
- [13] Швыряев Ю.В. (1992). Вероятностный анализ атомных станций. Москва: ИАЭ им. Курчатова.
- [14] Бегун В.В. (2000). Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Киев: Наука.
- [15] Пампура В.И. (2001). Концепция тяжелой аварии и верхняя оценка ее риска. Доповіди НАН України.
- [16] Пампура В.И. (2006). Концепция максимальной безопасности АЭС при минимальных затратах. Двадцать лет Чернобыльской катастрофы. Взгляд в будущее. Киев. Т.3. С. 22 – 26.