

УДК 621.039

В.В. БЕГУН*, П.О. ВОЛОШИН**

ПРО МОЖЛИВІСТЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОЦІНКИ РІВНЯ КУЛЬТУРИ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОТОЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, Україна

**Приватне підприємство ФОП, м. Київ, Україна

Анотація. *Культура безпеки (КБ) є сучасною парадигмою управління безпекою надскладних технічних систем, АЕС у першу чергу. Відповідно до новітніх досліджень, імовірність помилки людини, яка сповідує принципи культури безпеки й виникнення аварій взагалі, у порівнянні з попередніми методами менеджменту безпеки зменшується у сотні разів. Тому потрібно якомога підтримувати ці принципи на всіх рівнях влади, навчати всіх фахівців, досліджувати нові можливості цієї парадигми. Задачею даної статті є розробка пропозицій щодо алгоритму автоматизованої оцінки рівня КБ енергоблоків АЕС на основі поточних показників і індикаторів КБ структурних підрозділів з обраною дискретністю з метою подальшої розробки відповідного програмного забезпечення на основі хмарних технологій, що дозволить виключити суб'єктивізм і фіксувати найменші відхилення рівня КБ, що, у свою чергу, дозволить приймати відповідні заходи підвищення безпеки АЕС на ранніх стадіях негативних процесів. Термін «культура безпеки» був уперше сформульований МАГАТЕ в 1986 р. у процесі аналізу причин чорнобильської аварії і опублікований в INSAG-1. У доповіді було зазначено, що відсутність культури безпеки стала однією з основних причин катастрофи. Культура безпеки визначається як набір цінностей і вчинків, що мають місце в результаті досягнутої в колективі угоди між першими керівниками і працівниками щодо надання безпеки найвищого пріоритету відносно інших пріоритетів із метою забезпечення захисту людей і навколишнього середовища. Подальше осмислення цього поняття привело до появи нового погляду на причини виникнення інших аварій та інцидентів на АЕС, що мали місце в минулому. Досвід експлуатації АЕС показує, що їх виникнення так чи інакше пов'язане з поведінкою людей (а саме з їх ставленням до проблем безпеки), тобто, з поточним станом рівня культури безпеки. Але як поточний параметр безпеки КБ оцінюється з великим періодом. У статті пропонується автоматизація процесу оцінки.*

Ключові слова: *культура безпеки, показники та індикатори безпеки, статистичні помилки, моделювання, IT-інфраструктура, система електронного документообігу.*

Abstract. *Safety culture (SC) is a modern paradigm of safety management of ultra-complex technical systems, primarily NPPs. According to the latest researches, the probability of an error made by a human, who professes the principles of safety culture, and the occurrence of accidents in general, compared to previous methods of safety management, is reduced by hundreds of times. Therefore, it is necessary to provide support as much as possible at all levels of government, to train all specialists and explore new possibilities of this paradigm. This article is aimed at developing offers for an algorithm for automated assessment of the level of SC power units based on current indicators and indicators of structural units with a selected discreteness in order to further develop an appropriate cloud-based software which will eliminate subjectivism and record the smallest deviations, which, in its turn, will allow to take appropriate measures to improve the safety of nuclear power plants in the early stages of negative processes. The term «safety culture» was first formulated by the IAEA in 1986 in the course of the analysis of the causes of the Chernobyl disaster, and published in INSAG-1. The report stated that the lack of safety culture was one of the main causes of the disaster. Safety culture is defined as a set of values and actions that occur as a result of an agreement reached in the team between the top managers and employees to give security the highest priority in order to protect people and the environment. Further understanding of this concept has led to a new perspective on the causes of other accidents and incidents at nuclear power plants that oc-*

curred in the past. The experience of NPP operation shows that their occurrence is somehow related to people's behavior (namely, their attitude to safety issues), i.e., the current state of the level of safety culture. But as a current safety parameter (SC) it is estimated with a long period of time. The article offers automation of the assessment process.

Keywords: *safety culture, safety indicators, statistical errors, simulation, IT infrastructure, electronic document management system.*

DOI: 10.34121/1028-9763-2021-1-76-85

1. Вступ

Елементи культури безпеки проявляються на всіх рівнях діяльності як у діях персоналу дирекції компанії, колективів відокремлених підрозділів, так і кожного працівника, зокрема, при чіткому визначенні обов'язків, пов'язаних із безпекою, їх точного і осмисленого виконання на основі знань, здорового глузду і персональної відповідальності, створення такої атмосфери в колективі, коли забезпечення безпеки стає головною метою і внутрішньою потребою кожного і приводить до самоконтролю, уваги і відповідальності при виконанні будь-яких робіт, що впливають на безпеку.

Поняття «культура безпеки» для персоналу компанії при всіх видах діяльності включає такі елементи:

- знання і компетентність;
- прихильність безпеки, усвідомлення безпеки АЕС життєво важливою справою;
- створення системи заохочень і покарань осіб, яка стимулює відкритість дій персоналу, мотивація усвідомлення важливості безпеки за допомогою дієвих методів управління;
- нагляд, що включає в себе систему самооцінок і перевірок;
- готовність реагувати на критичну позицію окремих осіб;
- розуміння персоналом своїх прав, обов'язків і відповідальності.

Рівень КБ однозначно характеризує досягнутий рівень безпеки блоку АЕС – факт, установлений у публікаціях МАГАТЕ [1–6]. Підвищення рівня КБ є необхідною і достатньою умовою підвищення рівня безпеки, і, навпаки – зниження рівня КБ тягне за собою зниження рівня безпеки. Тобто, твердження щодо практично лінійної пропорційної залежності вважаємо істинним (1 твердження). З цього твердження логічно випливає, що для підвищення рівня безпеки необхідно підняти рівень КБ, до чого ми всі прагнемо. Це задекларовано в цілях оператора АЕС – ДП НАЕК «Енергоатом». Твердження 2: рівень КБ залежить від повсякденних цілей і дій усього персоналу, впливає з визначення поняття КБ. З першого і другого тверджень слідує загальновідома істина: рівень безпеки залежить від цілей і дій персоналу. Крім того, на підставі вже існуючих моделей імовірнісного аналізу безпеки (ІАБ) блоку і тривалого досвіду експлуатації ми вже знаємо дії, важливі для безпеки, які мають бути особливо контрольовані. Відомі також показники та індикатори безпеки, які відображаються у звітах із безпеки всіх рівнів. Частково вони описані у підручнику «КБ» [7], розробленому у 2012 році на замовлення НАЕК «Енергоатом» у НТУУ «КПІ» (розд. 4, 11). Там же викладені й логічні зв'язки, за якими може бути створений алгоритм відстеження показників та індикаторів.

Актуальність цієї роботи та її соціально-економічна значимість полягають у тому, що застарілі та трудовитратні методи замінюються на сучасний комп'ютеризований метод, що надає змогу не тільки автоматизації процесів, але й створює можливість моніторингу важливих параметрів безпеки з будь-яким мінімальним періодом моніторингу. Це, у свою чергу, надає можливість своєчасного втручання у процеси на ранній стадії появи негативних явищ з метою недопущення їх подальшого розвитку. З іншого боку, відслідковування відхилень трендів рівня КБ у реальному часі надасть можливість проведення своєчасних самооцінок рівня КБ для впливових на безпеку підрозділів АЕС та покращить можливості удосконалити процеси на рівні підрозділу. Тобто, кінцевою продукцією мають бути новий

метод та програмне забезпечення оцінки рівня КБ і безпеки у цілому для енергоблоків АЕС та окремих підрозділів енергокомпанії.

Метою статті є розробка пропозицій щодо зміни методики оцінки рівня культури безпеки на АЕС не шляхом опитувань або експертних оцінок, а на основі математичного моделювання, що стає можливим із впровадженням корпоративної системи електронного документообігу.

2. Короткий опис чинної методики

Чинні методики оцінки поточного рівня культури безпеки (за кількісними показниками) оснований на бальній системі оцінювання за результатами опитувань достатньої кількості фахівців об'єкта [8] та на основі підсумкових річних значень основних критеріїв безпеки [9].

Головним відображенням ефективності культури безпеки при експлуатації АЕС, відповідно до INSAG-4, є показники безпеки. Для кількісної оцінки культури безпеки згідно з [5] використовуються такі показники:

- К1 – «Показник порушень у роботі АЕС»;
- К2 – «Показник відхилень у роботі АЕС»;
- К3 – «Показник технологічних порушень у роботі АЕС»;
- К4 – «Показник аналогічних порушень»;
- К5 – «Показник аналогічних відхилень»;
- К6 – «Показник готовності оперативного персоналу»;
- К7 – «Показник готовності персоналу»;
- К8 – «Показник якості процедур»;
- К9 – «Показник середньої індивідуальної дози опромінення»;
- К10 – «Показник колективної дози опромінення»;
- К11 – «Показник пожежної безпеки»;
- К12 – «Показник травматизму»;
- К13 – «Показник профзахворювань»;
- К14 – «Показники своєчасності реалізації заходів»:
 - щодо порушень у роботі АЕС;
 - за відхиленнями у роботі АЕС;
 - за основними галузевими програмами: КЗПБ, модернізації, продовження експлуатації;
 - за актами приписів Держатомрегулювання;
 - за актами приписів інших державних наглядових органів.

Згідно з «Методиками ...» [9], встановлені такі критерії оцінки кількісних показників культури безпеки:

- «0» – балів, якщо показник погіршився;
 - «1» – бал, якщо показник залишився на рівні попереднього року;
 - «2» – бали, якщо показник покращився в порівнянні з попереднім роком.
- Оцінка стану культури безпеки за сумою балів:
- $22 \leq \Sigma_{\text{заг.}} < 28$ – критерій «покращення»;
 - $14 \leq \Sigma_{\text{заг.}} < 22$ – критерій «задовільно»;
 - $\Sigma_{\text{заг.}} < 14$ – критерій «зниження».

Для оцінки стану культури безпеки (за результатами анкетування) в компанії, відповідно до методології «SCART», розроблені анкети. Методологія, порядок проведення опитувань і оцінювання за результатами анкетування, зразки анкет наведені в документі [8].

Питання для проведення анкетування згруповані за характеристиками культури безпеки:

- A – «Безпека – визнана цінність».
- B – «Лідерство проявляється в питаннях безпеки».
- C – «Відповідальність чітко проявляється в безпеці».
- D – «Безпека підтримується у всіх видах діяльності».
- E – «Безпека - цілеспрямоване навчання».

Згідно з «Методикою проведення опитування ...» [8], встановлені такі критерії оцінки характеристик і ознак культури безпеки:

- $0,90 \leq \text{КБ} \leq 1$ «відмінно»;
- $0,60 \leq \text{КБ} < 0,90$ «добре»;
- $0,30 \leq \text{КБ} < 0,60$ «задовільно»;
- $0 \leq \text{КБ} < 0,30$ «незадовільно».

Недоліки чинної системи: перше – дуже рідко проводяться перевірки – 1 раз на рік або на 2 роки, друге – дуже трудовитратні процедури. За результатами проведених перевірок та самооцінки (на основі анкетування) рівня культури безпеки в ДП НАЕК «Енергоатом» розробляються такі звіти:

- Звіти про результати попередньої перевірки стану культури безпеки ВП АЕС.
- Звіти про проведення самооцінки (на основі анкетування) з культури безпеки у ВП АЕС.
- Звіти про перевірку стану культури безпеки в ВП АЕС комісією організації, що експлуатує.
- Зведений звіт про результати оцінки стану культури безпеки ДП НАЕК «Енергоатом» [10].

Зауважимо, що зведений звіт має об'єм більше 200 сторінок! Підсумкова оцінка відображається за п'ятибальною системою та числом у діапазоні [0,1] за результатами анкетування.

Організаційною та методичною основою для оцінки поточного рівня культури безпеки в підрозділах ДП НАЕК «Енергоатом» є більше десятка методичних настанов [1–6, 8–14]. Тобто, проведення перевірок культури безпеки на ядерному енергетичному підприємстві (блоки АЕС або в компанії) процес досить складний, тим більше її оцінка.

Крім того, в оброблюваних даних опитування накопичуються статистичні помилки опитування (помилки оброблених даних ε), (помилки експертів η) та, головне, помилки суджень респондентів – δ . Останні можуть бути досить значними – до сотень відсотків. Функція залежності невизначеності результату у такому випадку може бути представлена у вигляді

$$Y = \Psi(Z, \varepsilon, \eta, \delta). \quad (1)$$

Таким чином, приходимо до висновку про неминучість суб'єктивізму та неминучих, можливо, високих похибок оцінок важливого параметра КБ при опитуваннях (анкетуванні). Реальність, що відповідає формулі (1), не може бути «ідеалом» анкетного методу.

Можливо провести аналогії між іншими питаннями-ознаками із [9] та запропонованим в [7] набором індикаторів. Тобто, об'єктивно при проведенні оцінок та самооцінок КБ методом анкетування отримуємо підміну реального (спостережуваного) індикатора його образом – оцінкою учасниками процесів щодо питань-ознак. Тому реальна ситуація може істотно відрізнятись, а враховуючи суб'єктивність та вагові оцінки фактора експертами та неминучі помилки обробки анкет у залежності від АЕС, існує висока ймовірність не-об'єктивності, «прикращення» реальності.

3. Пропозиції щодо зміни методики оцінки рівня культури безпеки

Разом з тим, встановлено [7, 15], що всі показники є залежними від певного числа індикаторів. Можна прийняти загальну домовленість (засновану, наприклад, на виокремленні

головних змінних методом математичної статистики) у вигляді функцій цих залежностей і на їх основі побудувати алгоритми розрахунку значень показників. Це перший прямий шлях розв'язку задачі. Числове значення КБ можливо буде отримати шляхом лінійної комбінації показників:

$$SC = a_1 \cdot Y_1 + a_2 \cdot Y_2 + \dots + a_{10} \cdot Y_{10}, \quad (2)$$

де a_1, \dots – вагові коефіцієнти, Y_1, \dots – розраховані значення показників.

У попередніх працях авторів [7, 15] запропонована інша множина показників (А), змінних (В) та індикаторів (С) КБ за методологією оцінки складних соціометричних параметрів [15]. Дійсно, кожний елемент $Y_i, i \in [1;10]$ множини А залежить від певних елементів множин В та С, його неможливо безпосередньо виміряти. У той же час він визначає як стан культури безпеки, так і безпеки (ризик) у цілому, що означає, у відповідності з визначенням (1), елемент Y_i є показником культури безпеки. Аналогічно можливо показати, що елементи множин В та С є відповідно змінними і індикаторами культури безпеки.

Усього пропонується [15] розглядати для моніторингу та оцінки рівня КБ: показників (Y_i) – до 10, де $i_{\max} = 10$, змінних (X_j) – до 27, де $j_{\max} = 27$, індикаторів (Z_k) – до 50, де $k_{\max} = 50$. У відповідності з раніше викладеною теорією [7], кожний показник може бути представлений у вигляді функції від залежних змінних:

$$Y_i = F(X_j), \quad (3)$$

де, у свою чергу, аргумент змінна X_j є певна функція залежних або причинних індикаторів:

$$X_j = \Phi(Z_k). \quad (4)$$

Кожний із індикаторів має свій діапазон можливих значень, причому деякі можуть набувати лише бінарних значень (0 або 1). Зручно розглядати нормовані значення індикаторів. У цьому випадку значення показників та, відповідно, підсумкова оцінка КБ буде приймати значення 0–100%.

4. База покращень алгоритмів оцінки

Стан розроблення проблеми можливо характеризувати такими складовими:

1. Показники, параметри та індикатори для блоку АЕС описані у наукових публікаціях авторів, доповідалися та обговорювалися на 3-х наукових конференціях.
2. Моделювання методом групового урахування аргументів (МГУА) також розроблено колективом авторів, використовувалося для багатофакторних моделей [16].
3. Моделювання методом згортки обґрунтовано в [15].
4. На деяких енергоблоках уже існує електронний документообіг, що надає можливість створення масивів електронних даних. Найближчим часом заплановано його впровадження в компанії [17].

Отже, для створення нових методів оцінки рівня КБ можливе (потрібно) виконання таких робіт:

- Аналіз існуючих затверджених методик оцінки рівня безпеки.
- Аналіз математичних та експертних методів, що використовуються для вирішення задач оцінки рівня культури безпеки.
- Формулювання та опис варіантів методик вирішення задач кількісного оцінювання стану культури безпеки для ядерних об'єктів.
- Виконання порівнювальної оцінки варіантів та вибір оптимального варіанта.

- Розробка програм для вирішення задач кількісного оцінювання стану культури безпеки для ядерних об'єктів.

5. Короткий опис корпоративної системи електронного документообігу

Інформаційна автоматизована система електронного документообігу вже створена на одній з АЕС і знаходить розвиток в енергокомпанії як «Корпоративна система електронного документообігу ДП НАЕК «Енергоатом» (КСЕД) [17].

Мета створення КСЕД – створення єдиного електронного інформаційного простору компанії і умов для переходу на безпаперовий документообіг, значне підвищення оперативності та ефективності роботи з документами, забезпечення прозорості процесів розробки і опрацювання документів, отримання дієвого інструмента контролю виконавчої дисципліни на кожному управлінському рівні, підвищення ефективності виробничих процесів.

Опис існуючої IT-інфраструктури пілотної зони за матеріалами тендерної документації [17].

IT-інфраструктура пілотної зони КСЕД розташована на двох географічно віддалених об'єктах: дирекція в м. Київ та ВП РАЕС у м. Вараш.

IT-інфраструктура кожного об'єкта являє собою інформаційну мережу, що об'єднує комп'ютерну мережу об'єкта, центр обробки даних, робочі станції користувачів і периферійне обладнання. Комп'ютерні мережі об'єктів об'єднані між собою каналами передачі даних.

Центр обробки даних дирекції компанії з побудованим середовищем віртуалізації на базі програмних продуктів VMware vSphere 6.0-6.7 та VMware vCenter.

Канали передачі даних включають у себе два канали зв'язку, організованих за технологією Ethernet із різною пропускну здатністю:

- наземний канал зв'язку «АЕС-НАЕК»: до 200 Мб/с;
- супутниковий канал зв'язку «АЕС-НАЕК»: до 5 Мб/с.

Наземний канал зв'язку використовується як основний канал передачі даних.

Супутниковий канал зв'язку використовується як канал передачі даних для кризових та аварійних ситуацій.

Інформаційні мережі об'єктів мають вихід в Інтернет.

Робочі станції представляють собою персональні комп'ютери, які підключені до комп'ютерної мережі і працюють під управлінням операційних систем MS Windows 7 або вище в залежності від технічних характеристик ПК.

Технічне завдання на створення інформаційної автоматизованої системи «Корпоративна система електронного документообігу ДП НАЕК «Енергоатом» передбачає автоматизацію великої множини груп функцій (усього 35), серед яких функції ведення електронних реєстрів документів різних класів (внутрішні, вхідні, вихідні, звернення громадян тощо), функції обробки документів згідно з налагодженими процесами (погодження, реєстрація, розгляд), контроль виконання документів і моніторинг виконання завдань, архівне зберігання та ведення номенклатури.

Нижче надано перелік класів документів, у яких можна визначати значення деяких індикаторів безпеки (множина цих індикаторів є різною для кожного із класів):

- Організаційно-розпорядчі документи.
- Виробничі документи.
- Заводська документація.
- Нормативні документи.
- Повідомлення про зміни.
- Проектна документація.
- Ремонтна документація.
- Розпорядження про тимчасову зміну (модифікацію).

- Технологічні, конструкторські та проектно-конструкторські документи.
- Нижче надаються приклади кодування електронних документів за їх видами:

Код	Вид документа
ВР-Р	Відомість документів для ремонту
ГР-Д	Графік перегляду документації
ГР-К	Графік перевірки знань
ГР-Р	Графік виконання робіт
ЖЛ-Д	Журнал обліку документації
ЖЛ-К	Журнал інструктажів, перевірки знань
ЖЛ-Р	Журнал розпоряджень

Цифрові значення майже всіх індикаторів культури безпеки можна «витягти» з цих електронних документів, що й створює реальну можливість автоматизації процесу оцінювання на основі документальних даних.

6. Постановка задачі автоматизації

У роботах [7, 15] показана можливість числової оцінки стану культури безпеки на АЕС шляхом опитувань або експертних оцінок, а з використанням розрахунку на основі задокументованих у процесі експлуатації даних. Для цього розроблено перелік індикаторів, змінних та індексів, який може бути розширений. Для мінімізації помилки судження в такому варіанті на основі опитувань досліджується тільки психологічний клімат у команді та колективі у цілому (соціометричні індикатори, які у цей час поки не обчислюються). Всі інші параметри беруться з документації або розраховуються на основі задокументованих даних. Такий підхід може бути розповсюджений на інші типи потенційно небезпечних об'єктів із розробкою відповідного набору специфічних для цих типів потенційно небезпечних об'єктів, індикаторів, змінних та індексів.

КБ є комплексним показником стану безпеки на потенційно небезпечному об'єкті і відображає як технічний складник безпеки, так і внесок людського чинника. Так, при оцінці стану культури безпеки оцінюються рух фінансових потоків, достатність та ефективність використання коштів, спрямованих на підтримання та вдосконалення безпеки, технічний стан об'єкта, ризики, пов'язані з технічним станом об'єкта, укомплектованість персоналом та його кваліфікація, ризики, пов'язані з людським чинником, результати експлуатації об'єкта [8, 9, 15]. Всі ці параметри мають різні розмірності і характеризують різні види діяльності, які впливають на рівень забезпечення безпеки на об'єкті. Тому при оцінці рівня культури безпеки необхідно використовувати відносні (безрозмірні) значення цих параметрів, які відобразатимуть рівень достатності величини досліджуваного параметра та відповідні вагові коефіцієнти, які відобразатимуть вплив кожного окремого параметра на загальний рівень культури безпеки на об'єкті.

Отже, наступним кроком буде створення нової універсальної методики оцінки інтегрального рівня культури безпеки для довільного виду потенційно небезпечного об'єкта з урахуванням наведених вище вимог, яка буде придатна як для одноразових оцінок стану культури безпеки, так і для online розрахунків поточного стану культури безпеки на потенційно небезпечних об'єктах. Можливі етапи:

1. Побудова математичної моделі за методом нечіткого МГУА або згортки.
2. Розробка програмного забезпечення (ПЗ) та оцінка можливості програм для різного типу операційного середовища.
3. Верифікація ПЗ.
4. Оцінка невизначеностей та порівняння ефективності нової і старої методик.

5. Оприлюднення результатів та доведення їх до світового суспільства (WANO, MFGATE, EDF та ін.).

6. Оцінка (можливостей комерціалізації) ПЗ та можливостей адаптації.

Основні принципи побудови універсального методу оцінки рівня культури безпеки такі: розрахунок інтегрального показника рівня культури безпеки за принципом, чим більший, тим кращий для можливості порівняння результатів оцінки рівня культури безпеки для різних об'єктів.

7. Короткий опис методів моделювання, що пропонуються

Застосування методу МГУА до рішення поставленої задачі описано в роботах [7, 15, 18, 19]. Ця суто українська теоретична розробка Інституту кібернетики НАН України стосується математичного опису параметра, який є залежним від багатьох змінних різної фізичної природи, належить академіку Івахненку О.Г. Вона розроблена у минулому сторіччі [16]. Але нещодавно розробка отримала подальшого розвитку у науковому середовищі для вирішення практичних задач, у нашому інституті та в інших установах. МГУА успішно застосовується в задачах аналізу даних і виявлення закономірностей, прогнозування і моделювання, кластеризації та розпізнавання образів. Він дає можливість автоматично знаходити взаємозалежності в даних, обирати оптимальну складність моделі. Нами проведені попередні дослідження щодо можливості застосування методу для оцінки рівня культури безпеки на основі спостереження поточних параметрів експлуатації. Розв'язання задачі надає можливість автоматизації процесів оцінки, що фактично означає переведення параметра в ранг контрольованого показника, що надасть змогу оперативної самооцінки як для підрозділів, так і для АЕС у цілому. У такому випадку традиційні методи анкетування персоналу залишаться як альтернативний (контрольний) варіант.

Застосування методу згортки для аналогічних розрахунків рішення багатокритеріальних задач описано в роботах [15, 20]. Інтегральний показник рівня культури безпеки (SCL) на потенційно небезпечному об'єкті пропонується розраховувати за такою формулою:

$$SCL = \frac{1}{W} \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot S_i, \quad (5)$$

де n – кількість індикаторів культури безпеки;

S_i – відносне значення величини i -го індикатора культури безпеки у відносних одиницях (безрозмірне);

ω_i – ваговий коефіцієнт, який відповідає i -му індикатору культури безпеки;

$$W = \sum_{i=1}^n \omega_i.$$

У формулі (5) коефіцієнти ω_i розраховуються на основі результатів проведеного ІАБ, включаючи аналіз впливу людського чинника. ІАБ проводиться за стандартною процедурою, як показано в роботах [3]. Докладно про розрахунок ω_i наведено нижче в [15, 20]. Безрозмірні відносні значення величин індикаторів S_i визначаються на основі задокументованих розмірних величин індикаторів безпеки $Sdoc_i$ з використанням процедури нормалізації.

Для контролю коректності проведених досліджень рівня культури безпеки можна застосовувати кореляційний аналіз отриманих результатів [15]. Саме за таким принципом діють досвідчені експерти. Для цього використовують пари сильнокорельюючих параметрів

та пари антикорелюючих параметрів S_i та S_j . Якщо відношення $\frac{S_i}{S_j}$ виходить за межі певного діапазону при певних значеннях величин інших параметрів, тоді дослідження вважається некоректним і вимагатиме детального розслідування помилок із залученням висококваліфікованих експертів. З цією метою, у випадку комп'ютерної обробки даних дослідження, в алгоритм обробки мають бути закладені відповідні діаграми для різних варіантів відношення сильнокорелюючих та антикорелюючих параметрів: $\frac{S_i}{S_j}$.

Для рішення розв'язання оцінки рівня КБ названими методами потрібно провести дослідження масивів статистичних даних для 2-3-х підрозділів та блоку АЕС у цілому, які характеризують процеси, пов'язані з безпекою протягом часу спостереження:

- Показників безпеки та їх перелік для підрозділу і енергоблоку у цілому.
- Змінних з безпеки та їх функціональну «причетність» до кожного показника.
- Індикаторів безпеки, що в явному чи неявному виді впливають на змінні з безпеки та відображаються у документообігу.
- Масивів загальних оцінок рівня КБ, отриманих методом анкетування відповідних підрозділів.

8. Висновки

Створення КСЕД надає можливість зберігання параметрів (показників та індикаторів) культури безпеки в єдиній автоматизованій системі та актуального розрахунку визначення стану культури безпеки згідно з наявними даними КСЕД.

Відстежуючи невеликі відхилення рівня КБ, можливо здійснювати коригування планів, стратегій, навчальних програм та ін. більш оперативно. Тобто, можливий варіант «недопущення великих відхилень». Оскільки всі процеси документообігу на блоці вже автоматизовані, створення системи цілком можливе і практично не потребує додаткових витрат на обладнання.

Таким чином, розроблення наукових засад розв'язування проблеми управління культурою безпеки на АЕС України, спираючись на сучасні інформаційні технології відповідно до кращих світових практик і розробка відповідного програмного забезпечення для оцінок й самооцінок рівня КБ підрозділів атомних станцій, енергоблоку та енергокомпанії, у цілому можливо.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Основные практические проблемы укрепления культуры безопасности: доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности. *INSAG-15*. Вена: МАГАТЭ, 2002. 48 с.
2. Руководство SCART. Справочный отчет по группе по проверке оценки культуры безопасности (SCART). Вена: МАГАТЭ, 2008. IAEA-SVS-16. 57 с.
3. Самооценка культуры безопасности на ядерных установках. Ключевые аспекты и положительная практика. TECDOC-1321. Вена: МАГАТЭ, 2002. 36 с.
4. Культура безопасности на ядерных установках. Руководство по повышению культуры безопасности» TECDOC-1329. Вена: МАГАТЭ, 2002. 98 с.
5. SCART – Safety Culture Assessment Review Team (Команда МАГАТЭ по проверке оценки культуры безопасности). IAEA. 2008. № 16. 57 с.
6. Руководство по ядерной безопасности. Эксплуатирующая организация для атомных электростанций» NS-G-2.4. Вена: МАГАТЭ, 2004. 69 с.
7. Бегун В.В., Широков С.В., Бегун С.В., Письменный С.М., Литвинов В.В., Казачков І.В. Культура безпеки в ядерній енергетиці: підручник. К., 2012. 563 с.

8. Методика проведення опитування з культури безпеки у ДП НАЕК «Енергоатом» МТ-Д.6.06.496-16. Київ: ГП НАЭК «Энергоатом», 2016. 108 с.
9. Методики і критерії оцінки стану культури безпеки ДП НАЕК «Енергоатом» МТ-Д.0.03.486-09, Київ: ГП «НАЕК «Енергоатом», 2009. 102 с.
10. Сводный отчет о результатах оценки состояния культуры безопасности в ГП НАЭК «Энергоатом» 2017–2018 pp. URL: http://energoatom.com.ua/uploads/08_bezpeka.pdf.
11. Положение о требованиях к отчету по оценке состояния культуры безопасности в ГП НАЭК «Энергоатом» ПЛ-Д.0.41.549-13. 23 с.
12. Программа проверки состояния культуры безопасности в обособленных подразделениях ГП НАЭК «Энергоатом» ПМ-Д.0.26.217-18. 38 с.
13. Производственные задачи и критерии их выполнения. WANO PL 2013-1. 40 с.
14. Особенности здоровой культуры ядерной безопасности. WANO GL 2013-1. 52 с.
15. Бегун В.В. Методологічні основи інформаційної технології управління безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06. Київ, 2020. 553 с.
16. Ивахненко О.Г. Метод группового учета аргументов – конкурент метода стохастической аппроксимации. *Автоматика*. 1968. № 3. С. 58–72.
17. Технічні вимоги до створення інформаційної автоматизованої системи «Корпоративна система електронного документообігу ДП НАЕК «Енергоатом». URL: <http://energoatom.com.ua/>.
18. Azarov S.I., Taranovski A.V., Begun V.V., Lytvynov V.V. Determination of the Current Level of Safety Culture Based on Observed Nuclear Power Plant Safety Indexes. *International Nuclear Safety Journal*. 2014. Vol. 3, Issue 1. P. 6–12.
19. Begun V.V., Lytvynov V.V., Begun S.V. On Method Concept for Safety Culture Assessment with Application of Inductive Learning Algorithms. *Управляющие системы и машины*. 2014. № 6. С. 59–64.
20. Бегун В.В., Потєтєєв С.Ю. Нова методика оцінки пожежного ризику. *Математичні машини і системи*. 2020. № 4. С. 125–135.

Стаття надійшла до редакції 01.02.2021