

**О.Г. ЛИСИЧЕНКО<sup>1</sup>, Л.Я. ЕЙДЕЛЬШТЕЙН<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Інститут геохімії навколишнього середовища НАН та МНС України, м. Київ

<sup>2</sup>Науково-виробниче підприємство «ОЗОН С», м. Дніпропетровськ

## **ПРО МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ «ОЗОН КПТ» В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ З ОЦІНКИ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ГІДРОСПОРУДАХ**

*Наводиться короткий опис двох нових інформаційних технологій – автоматизованої системи «ОЗОН КПТ» та інформаційної технології з оцінки виникнення надзвичайних ситуацій на гідропорудах (ІТ-НС/ ГТС). Аналізуються можливості їх об'єднання в єдиний технологічний комплекс, на базі якого планується створити багатофункціональну інструментально-спостережно-розрахункову аналітичну систему з управління техногенно-екологічною безпекою великих гідроенергетичних об'єктів.*

За світовими статистичними даними встановлено, що сучасна реальна імовірність аварійності гребель становить  $10^{-4} - 10^{-5}$  гребле-років [1]. Це означає, що їх безпека з певною імовірнісною залежить від рівнів ризику, який обумовлюють реально можливі небезпечні процеси (загрози), що мають місце в системі "навколишнє природне середовище – гідротехнічна споруда (НПС – ГТС)". Для їх оцінювання необхідно проводити поетапний розгляд усієї природно-техногенної системи (ПТС), у тому числі з урахуванням значущих чинників зовнішніх впливів. Наведений підхід дозволяє визначати безпеку, виходячи з однакового для усіх об'єктів гідроенергетики критерію – "допустимий ризик".

У законодавстві України [2] ризик виникнення НС визначається як "ступінь імовірності певної негативної події, яка може відбутися в певний час або за певних обставин на території об'єкта підвищеної небезпеки і/або за її межами". Проте, як показав досвід експлуатації ГТС, при оцінці ризику виникнення на них НС необхідно враховувати практично всі значимі геодинамічні явища, а також мати дані спостережень про інженерно-геологічний стан масиву. Виходячи з цього, за визначенням Р.В. Уїтмена і С.А. Корнелла, "загальний ризик — це ймовірність реалізації комбінованого ефекту, що обумовлений різними геодинамічними та техногенними збудженнями (впливами), які можуть сукупно діяти на стан певної інженерної споруди та спричинити виникнення в ній негативних реакцій, що створюють передумови для надзвичайних (аварійних) ситуацій, реалізація яких носить імовірнісний характер" [3]. Цей вид ризику також називають інженерним ризиком стійкості споруд. Він визначається таким математичним виразом:

$$P(R_i) = \sum_j P[R_i|S_j]P[S_j], \quad (1)$$

де  $P$  – імовірність події, зазначеної в квадратних дужках;  $R_i$  – подія, яка полягає в тому, що система знаходиться в  $i$ -тому стані;  $S_j$  — означає, що комбінований геодинамічний та техногенний вплив на вході системи має рівень прояву  $j$ ;  $P[R_i|S_j]$  – означає ймовірність того, що поведінка (стан) системи буде  $R_i$  при умові, що має місце вплив комплексу геодинамічних і техногенних чинників з сумарним проявом впливів на вході  $S_j$ .

Основна ідея алгоритму обчислення ризику виконується в рамках типових процедур об'єктно-орієнтованого аналізу ризику [4]. Вона зрозуміла з табл. 1, яка представляє ризик у вигляді набору трьох показників (сценарій, частота реалізації події, міра пошкодження (втрати / збитки):  $R = \langle s_i, \varphi_i, w_i \rangle$ , що фактично відповідає концептуальному визначенню ризику:  $R = \langle \text{"невизначеність"} \text{ і } \text{"втрати"} \rangle$ . У відповідності з наведеним алгоритмом розрахунків, при складанні табл.1, сценарії з виникнення НС розподіляються у порядку збільшення заподіяної шкоди ("втрат", що очікуються), наприклад:  $x_1 < x_2 < \dots < x_N$ .

**Таблиця 1.** Основні параметри та процедури для обчислення ризику виникнення НС при об'єктно-орієнтованому аналізі ризику

Сценарії	Частота	Втрати, збитки,	Загальна періодичність
$s_1$	$\varphi_1$	$w_1$	$\phi_1 = \varphi_1 + \varphi_2$
$s_2$	$\varphi_2$	$w_2$	$\phi_2 = \varphi_2 + \varphi_3$
.	.	.	.
$s_i$	$\varphi_i$	$w_i$	$\phi_i = \varphi_i + \varphi_{i-1}$
.	.	.	.
$s_{N-1}$	$\varphi_{N-1}$	$w_{N-1}$	$\phi_{N-1} = \varphi_{N-1} + \varphi_N$
$s_N$	$\varphi_N$	$w_N$	$\phi_N = \varphi_N$

$R = \langle s_i, \varphi_i, w_i \rangle$ ; де,  $i=1, 2, \dots, N$ ;  $x_1 < x_2 < \dots < x_N$ ;  
 $R = \langle s_i, P_i(\varphi_i), q(w_i) \rangle$ ;  $P_i(\varphi_i)$  – щільність імовірності;  
 $R(s) = 1 - F(M, s_i, \varphi, s_i)$ ;  $q_i(w_i)$  – невизначеності даних про збитки;  
 $F(\varphi_i)$  – функція розподілу випадкової величини.

Повний обсяг емпіричних даних щодо частоти реалізації сценарію НС " $\varphi_i$ " і відповідних збитків " $w_i$ " для всіх можливих сценаріїв " $s_i$ " отримати практично неможливо. Проте існує можливість частоту " $\varphi_i$ " для  $i$ -того сценарію визначити наближеною функцією  $P_i(\varphi_i)$ , що відповідає щільності імовірності. Теж саме відноситься до невизначеності розмірів втрат при НС, величину яких у імовірнісному аналізі ризику визначають як " $q(w_i)$ ". Враховуючи наведене, логічна формула оцінки ризику (при невизначених даних) приймає вигляд:  $R = \langle s_i, P_i(\varphi_i), q_i(w_i) \rangle$ . Відповідний алгоритм для обчислення ризику буде мати вигляд:  $R(s) = 1 - F(M, s_i, \varphi, s_i)$ .

При характеристиці потенційно небезпечних чинників впливу для оцінки імовірності прояву ризику виникнення НС задавались такі градації:

- **B** - відсутній – чинник ризику практично відсутній;
- **MI** - малоімовірний: ( $R \leq n \cdot 10^{-6}$ ) – такий, що має дуже низьку імовірність та практично неможливий, ( $10^{-6} < R \leq 10^{-4}$ ) – такий, що має низьку імовірність, але вимагає детального обґрунтування та контролю;
- **I** - імовірний ( $10^{-4} < R \leq 10^{-3}$ ) – відноситься до категорії допустимого ризику, але вимагає детального обґрунтування та постійного контролю;
- **BI** – імовірність реалізації виникнення НС дуже висока ( $R > 10^{-3}$ ).

Ступінь екологічного ризику потенційно небезпечних чинників, що можна визначити як очікувані збитки при реалізації ризику виникнення НС, оцінювалась за якісними показниками: низька, середня, значна.

Практичне відтворення складових стану екосистеми в зоні впливу ГТС здійснюють шляхом застосування об'єктно-орієнтованих логіко-інформаційних моделей (ЛІМ), що дозволяють наочно представити усю систему чинників впливів (загроз і ризиків) у вигляді, що є зрозумілим для осіб, які приймають рішення (ОПР) з питань життєздатності цих об'єктів. Ці моделі при умові їх інформаційного об'єднання з засобами реалізації управлінських рішень та системами моніторингу і контролю утворюють унікальну

інформаційну технологію, що має скорочену аббревіатуру ІТ-НС/ГТС. Вона нещодавно розроблена в Інституті геохімії навколишнього середовища НАН та МНС України, а її окремі підсистеми зараз поступово впроваджуються на гідроенергетичних об'єктах України.

За результатами оцінки ризику із застосуванням ГІС - технологій складаються карти (плани) зон підвищеного ризику та при необхідності розробляються рекомендації з підвищення рівня безпеки функціонування ГТС. Запропонована інформаційна технологія з аналізу і оцінки ризику гідроенергетичних споруд ІТ-НС/ГТС представлена на рис.1 відповідною структурно-логічною моделлю, яка складається з таких основних підсистем:

- інформація про об'єкт (дані про природні умови, інфраструктуру та технічні характеристики ОГЕ );
- картографічна підтримка інформації;
- оцінка ризику з модулями: аналіз параметрів ризику; розрахунок величин ризиків; визначення допустимості ризику ГТС; оцінювання перевищення критеріїв ризику аварій ГТС;
- управління ризиками аварій ГТС;
- впровадження заходів з безпеки та вдосконалення системи моніторингу і контролю;
- вимірювання та оцінювання параметрів моніторингу;
- реагування і оповіщення.

У цій моделі розрахункові процедури щодо оцінки ризику узгоджені з блоками моніторингової та картографічної підтримки інформації в єдину інструментально-спостережно-розрахункову аналітичну систему. Це дозволяє здійснювати оперативну обробку і представлення як моніторингової інформації, так і розрахункових даних у зручних картографічних форматах, що зрозумілі для експертів і осіб, які приймають рішення та забезпечують управління техногенно-екологічною безпекою об'єкту досліджень.

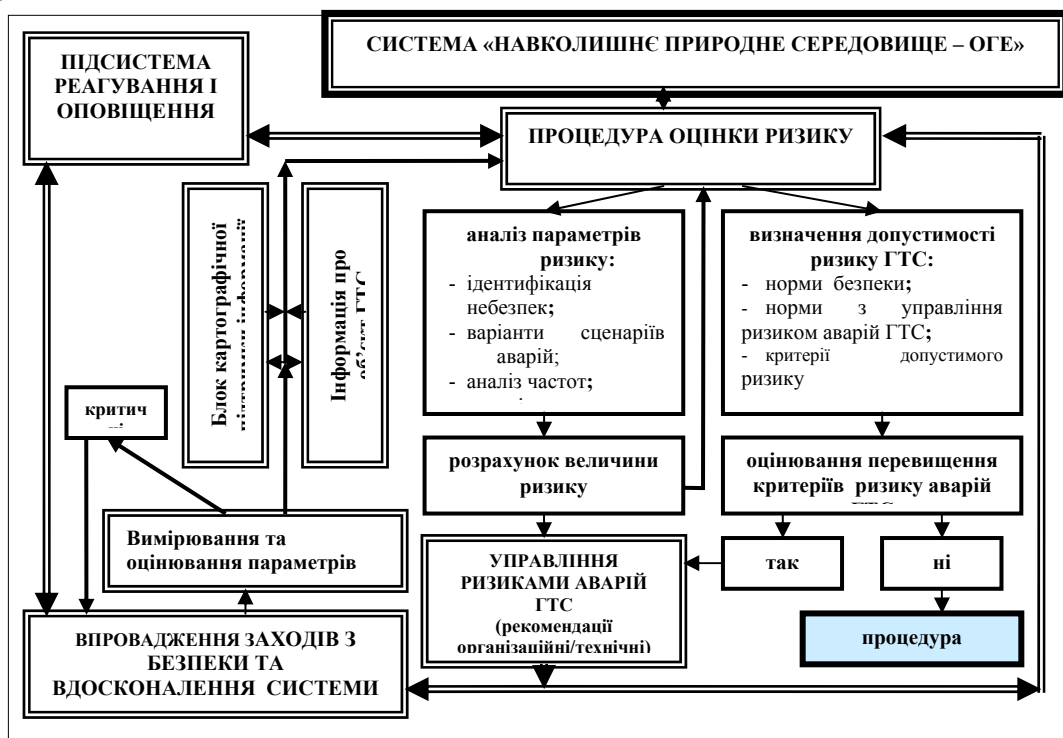


Рис. 1. Узагальнена структурно-логічна модель інформаційної технології з аналізу стану техногенно-екологічної безпеки функціонування об'єктів гідроенергетики

У розробленій інформаційній технології також передбачена стиковка з блоками, що забезпечують управління техногенно-екологічною безпекою на об'єкті, до яких відносяться підсистеми: прийняття рішень, впровадження заходів безпеки, реагування і оповіщення при виникненні критичних ситуацій.

До основних чинників гідродинамічної небезпеки в Україні відносяться водосховища, греблі, дамби, шлюзи та інші гідроспоруди. Тривалий період експлуатації цих споруд значною мірою призвів до їх суттєвого технічного зносу [5].

Водозахисні дамби на водосховищах Дніпровського каскаду входять до комплексу гідротехнічних споруд, які призначені для захисту населених пунктів і земельних угідь від підтоплення і затоплення, перш за все, безпосередньо самими водосховищами, а захисні дамби на р. Десні – це, в основному, протипаводкові споруди, призначені для захисту від весняної повені та паводків. Необхідно зазначити, що пропуск повені і паводків є найбільш відповідальним періодом у роботі усіх гідротехнічних споруд, водогосподарських систем та водосховищ.

У залежності від рівня води у водних об'єктах та інтенсивності їх наростання може вводитися кілька ступенів підвищеної готовності пропуску паводків. Наприклад, у деяких водогосподарських організаціях Карпатського регіону унормовано введення трьох ступенів готовності:

- перший ступінь – при підйомі води в річках, інших водних об'єктах до рівня корінних берегів;
- другий ступінь – при виході води на заплави річок;
- третій ступінь – при підйомі води у водних об'єктах до рівня, нижчого на 1,0-0,5 м від гребня захисної дамби.

У залежності від ступеня готовності:

- уточнюються прогнози щодо підйому рівнів води у водних об'єктах;
- визначаються, а в подальшому уточнюються місця можливого виникнення аварійних ситуацій;
- визначається схема оповіщення експлуатаційного персоналу при виникненні або загрозі виникнення надзвичайної ситуації;
- виконуються інші відповідні ступеню готовності заходи.

Для водосховищ, каскадів водосховищ, водогосподарських систем розроблюються режими їх безаварійної роботи в період повені. Для прикладу, в табл.2 наведено дані щодо режиму безпечної роботи водосховища-охолоджувача Бурштинської ТЕС, створеного в руслі р. Гнила Липа Івано-Франківської області [6].

**Таблиця 2.** Розрахункові дані безпечної роботи водосховища-охолоджувача Бурштинської ТЕС

Висота підняття рівня води у водосховищі за добу, см	Об'єм заповнення за першу добу, млн м <sup>3</sup>	Очікуваний об'єм заповнення за перші дві доби, млн м <sup>3</sup>	Висота підйому сегментних затворів, см	Витрати води через сегментні затвори, млн м <sup>3</sup> /доб.
1	0,12	0,36	6	0,36/4,16
2	0,24	0,62	10	0,62/8,3
3	0,36	1,08	19	1,08/12,5
4	0,48	1,44	27	1,44/16,7
5	0,60	1,80	34	1,80/20,8
6	0,72	2,16	40	2,16/25,0
7	0,84	2,56	45	2,56/29,6
8	0,96	2,88	50	2,88/33,3
8,5	1,002	3,007	60	3,0/34,8
10	1,17	3,508	70	3,508/40,6
11	1,37	4,1	80	4,1/46,4

12,5	1,5	4,5	90	4,5/52,2
14	1,7	5,01	100	5,01/58,0
15	1,8	5,5	110	5,5/63,8
17	2,0	6,01	120	6,01/69,6
18	2,17	6,51	130	6,51/75,4
20	2,36	7,01	140	7,01/81,2
21	2,5	7,5	150	7,5/81,0

Із наведеної таблиці видно, що для гарантування безпечної роботи водосховища необхідно однозначно витримувати певну висоту підйому сегментних затворів у залежності від динаміки заповнення водосховища.

Ефективне виконання зазначених заходів не можливе без інструментальної підтримки, що базується на використанні сучасних програмно-технічних вимірювальних комплексів.

Для виключення так званого «людського фактору» НВП «ОЗОН С» запропонована автоматизована система контролю та керування режимом роботи водосховища, яка створена на базі програмно-технічного комплексу «ОЗОН КПТ» (ТУ У 30.0-32723765-001:2007). До складу системи входять датчики контролю рівня води у верхньому та нижньому б'єфі греблі водосховища та датчики контролю висоти підйому сегментних затворів з розв'язаною здатністю  $\pm 1$ мм у діапазоні вимірювань  $\pm 1$ м. Вимірювальна інформація надходить у реальному вимірі часу на АРМ моніторингу, де, після її обробки, здійснюються керуючі команди для встановлення відповідної висоти підйому сегментних затворів. У разі невиконання з будь-яких причин відповідності положення сегментних затворів з рівнем води у водосховищі, система формує інформаційні повідомлення про загрозу виникнення надзвичайної ситуації, які в автоматичному режимі надходять на службові, домашні та мобільні телефони відповідальних посадових осіб та на АРМ спостереження підрозділів МНС.

Програмно-технічні засоби комплексу «ОЗОН КПТ» також можуть бути застосовані для автоматичного контролю у реальному вимірі часу рівня води у будь-яких водоймищах, відносних змін геометричних параметрів та цілісності небезпечних ділянок гідротехнічних споруд.

Комплекс «ОЗОН КПТ» може бути органічно об'єднаний з системою ІТ-НС/ГТС в єдиний технологічний комплекс, на базі якого планується створити багатофункціональну інструментально-спостережно-розрахункову аналітичну систему з управління техногенно-екологічною безпекою великих гідроенергетичних об'єктів.

Таке доопрацювання системи ІТ-НС/ГТС значно розширює її можливості, в частині, що стосується "підсистеми вимірювання та оцінювання параметрів моніторингу". Це підвищить її оперативність та ступінь реагування на надзвичайні ситуації.

### **Висновки**

Пропозиції авторів статті щодо узгодження та об'єднання розроблених ними інформаційної технології ІТ-НС/ГТС з автоматизованою системою контролю та керування режимом роботи водосховища на базі програмно-технічного комплексу «ОЗОН КПТ» (ТУ У 30.0-32723765-001:2007), до складу якого входять датчики контролю рівнів води та датчики контролю висоти підйому сегментних затворів шлюзових камер, розглянуті асоціацією "Техногенна безпека і цивільний захист населення" і рекомендовані до впровадження в гідроенергетичній галузі України. Модифікована інформаційна технологія, що отримала назву "ІТ-УТЕБ/ГТС", значно сприятиме зниженню рівня аварійності гідротехнічних споруд великих ГЕС та ТЕС в Україні.

1. Risk Assessment in Dam Safety Management. A Reconnaissance of Benefits, Methods and Current Applications/Rev. No. 2.5. ICOLD. 29.09.2003.

2. Закон України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001. – № 15. – ст.73.
3. Уитмен Р.В., Корнелл С.А. Проектирование. Сейсмический риск и инженерные решения. [ред. Ц. Ломницц, Э. Розенблют]. – М.: Недра, 1981. – 375 с.
4. Найт Ф. Понятие риска и неопределенности. TESIS. – 1994. – Вып. 5. – С. 12-28.
5. Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та ін. Моніторинг надзвичайних ситуацій, Харків: АЦЗУ, 2005. – С. 59-63
6. Інструкція з експлуатації водосховища-охолоджувача Бурштинської ТЕС. Додаток 2. – Бурштин. – 2007.

**А.Г. Лисиченко, Л.Я. Ейдельштейн**

**О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «ОЗОН КРТ» В ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПО ОЦЕНКЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ГИДРОСООРУЖЕНИЯХ**

*Приводится краткое описание двух новых информационных технологий – автоматизированной системы «ОЗОН КРТ» и информационной технологии по оценке возникновения чрезвычайных ситуаций на гидросооружениях (ИТ-НС/ГТС). Анализируются возможности их объединения в единый технологический комплекс, на базе которого планируется создать многофункциональную инструментально-наблюдатель-норасчетную аналитическую систему по управлению техногенно-экологической безопасностью больших гидроэнергетических объектов.*

**O.G. Lysychenko, L.Y. Eydelshteyn**

**ABOUT IMPLEMENTATION POSSIBILITY OF AUTOMATED SYSTEM «OZON KPT» IN INFORMATION TECHNOLOGY DUE TO APPEARANCE OF EMERGENCY SITUATIONS ON HYDRAULIC CONSTRUCTIONS**

*A brief description of two new information technology - an automated system «OZON KPT» and information technology due to appearance of emergency situations on hydraulic constructions (IT-CHS/GTS). The possibility of combine them into a single technological complex on the basis of which we plan to create a multifunction instrumental observant – calculation analytical system for the management of industrial and environmental safety of large hydropower projects is analyzed.*