

ISSN 2786-4588 (Print)
ISSN 2786-4596 (Online)

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет



Таврійський науковий вісник

Технічні науки

Випуск 4



Видавничий дім
«Гельветика»
2024

ISSN 2786-4588 (Print)
ISSN 2786-4596 (Online)

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 2 від 03.10.2024 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 4. 328 с.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)

Свідоцтво про державну реєстрацію: Серія КВ № 24810-14750ПР від 31.05.2021 року.

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України від 29.06.2021 № 735 (додаток 4)
журнал внесений до переліку фахових видань України категорії «Б» (спеціальності:
122 – Комп’ютерні науки та інформаційні технології; 124 – Системний аналіз; 181 – Харчові
технології; 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології).

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення
StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Редакційна колегія:

Дзюндзя О.В. – доцент кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент – головний редактор; **Антоненко А.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу ПВНЗ «Київський університет культури», к.т.н., доцент; **Балихіна Г.А.** – провідний науковий співробітник відділення землеробства, меліорації та механізації апарату Президії НААН, к.т.н.; **Березовський Ю.В.** – доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., доцент; **Бровенко Т.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного і туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв, к.т.н., доцент; **Вороненко М.О.** – доцент кафедри інформатики і комп’ютерних наук Херсонського національного технічного університету, к.т.н., доцент; **Гончаренко А.В.** – професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден Національного авіаційного університету, д.т.н., професор; **Гопесенко В.** – проректор з наукової роботи, директор навчальної програми магістратури «Комп’ютерні системи» Університету прикладних наук ISMA, Dr.sc.ing., професор (Рига, Латвійська Республіка); **Горальчук А.Б.** – професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Харківського державного університету харчування та торгівлі, д.т.н., професор; **Димова Г.О.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н.; **Коваленко О.О.** – завідувач кафедри біоінженерії і води Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор; **Ковальчук П.І.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., професор; **Кузьмич Л.В.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., доцент; **Кузьміна Т.О.** – професор кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Лобода О.М.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент; **Марасанов В.В.** – член спеціалізованої Вченої ради ДФ 67.052.003 Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Матяш Т.В.** – старший науковий співробітник, завідувач відділу інформаційних технологій та маркетингу інновацій Інституту водних проблем і меліорації НААН, к.т.н.; **Отрош Ю.А.** – начальник кафедри пожежної, профілактики в населених пунктах факультету пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України, д.т.н., професор; **Пневматікос Н.** – доцент кафедри будівництва Університету Західної Аттики, к.т.н., доцент (Афіни, Греція); **Романенко Р.П.** – доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету, к.т.н.; **Степанчиков Д.М.** – доцент кафедри енергетики, електротехніки і фізики Херсонського національного технічного університету, к.ф.-м.н., доцент; **Стригунівська О.В.** – Гірничо-металургійна академія імені Станіслава Сташиця, к.т.н., доцент (Краків, Республіка Польща); **Сурьянінов М.Г.** – завідувач кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор; **Ткаченко О.Б.** – професор, завідувачка кафедри технології вина та сенсорного аналізу Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., доцент; **Турченко В.О.** – професор кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування, д.т.н., доцент.

УДК 355.58

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.4.32>

АНАЛІЗ СТАНУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Рашкевич Н. В. – доктор філософії, доцент кафедри пожежної профілактики в населених пунктах Національного університету цивільного захисту України
ORCID ID: 0000-0001-5124-6068

Плотников І. В. – директор ТОВ «ТЕЛЕКОМ КОМПЛЕКС»
ORCID ID: 0009-0009-0764-3192

Отрош Ю. А. – доктор технічних наук, професор, начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах Національного університету цивільного захисту України
ORCID ID: 0000-0003-0698-2888

Чучмай О. М. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури
ORCID ID: 0000-0002-5856-623X

В роботі проведений аналіз стану забезпечення безпеки гідроаккумуляційних електростанцій (ГАЕС) в умовах виникнення надзвичайних ситуацій техногенного або природного характеру. Виділені основні компоненти та системи гідротехнічних споруд, серед яких водосховища, водоводи, гідротурбіни та генератори, трансформатори, насоси, допоміжне обладнання, системи керування та автоматизації, інженерні споруди, що забезпечують стійкість та надійність ГАЕС під час їхньої експлуатації та в умовах надзвичайних ситуацій. Особливу увагу приділено аналізу режимів роботи автоматизованих систем раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення (АСРВО). Визначено, що основною метою АСРВО є своєчасне виявлення ознак потенційної надзвичайної ситуації, таких як пожежі, природні катастрофи, техногенні аварії або військові загрози, з метою мінімізації ризиків для населення та забезпечення ефективного проведення евакуаційних заходів. АСРВО функціонує в двох ключових режимах: передаварійному і аварійному. Передаварійний режим дозволяє готуватися до можливих надзвичайних ситуацій та попереджати їх, тоді як аварійний режим забезпечує швидке та ефективне реагування в разі виникнення аварій. Надано рекомендації щодо вдосконалення заходів безпеки та управління ризиками на ГАЕС, що пов'язані з модернізацією АСРВО, підвищення рівня стійкості споруд, постійним оновленням планів евакуації, проведенням навчань для персоналу та місцевого населення, посилення профілактичного обслуговування, застосування інноваційних технологій моніторингу, поліпшення систем управління ризиками. Стаття також підкреслює важливість подальших досліджень у напрямку розробки більш інтегрованих і адаптивних підходів до забезпечення стійкості основних конструктивних елементів об'єктів критичної інфраструктури в умовах підвищеного ризику.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, виявлення загрози, оповіщення населення, моніторинг, гідроаккумуляційні електростанції.

Rashkevich N. V., Plotnykov I. V., Otrosh Yu. A., Chuchmai O. M. Analysis of the status of security ensurement of hydrotechnical structures

The paper analyzes the state of ensuring the safety of hydroelectric power plants (HAPP) in the conditions of man-made or natural emergency situations. The main components and systems of hydrotechnical structures are highlighted, including reservoirs, water pipes, hydro turbines and generators, transformers, pumps, auxiliary equipment, control and automation systems, engineering structures that ensure the stability and reliability of HPPs during their operation and in emergency situations. Special attention was paid to the analysis of the modes of operation

of automated systems for early detection of the threat of emergency situations and population notification (ASRVO). It was determined that the main goal of ASRVO is the timely detection of signs of a potential emergency situation, such as fires, natural disasters, man-made accidents or military threats, in order to minimize risks for the population and ensure effective evacuation measures. ASRVO functions in two key modes: pre-emergency and emergency. Pre-emergency mode allows you to prepare for possible emergency situations and prevent them, while emergency mode ensures a quick and effective response in the event of accidents. Recommendations were made on improving safety measures and risk management at the gas power plant, related to the modernization of ASRVO, increasing the level of stability of structures, constantly updating evacuation plans, conducting training for staff and the local population, strengthening preventive maintenance, applying innovative monitoring technologies, improving management systems risks. The article also emphasizes the importance of further research in the direction of developing more integrated and adaptive approaches to ensuring the stability of the main structural elements of critical infrastructure objects in conditions of increased risk.

Key words: emergency, detection threat, notification public, monitoring, hydroelectric power plants.

Вступ. Надзвичайні ситуації (НС) на гідротехнічних спорудах, таких як греблі, водосховища, канали та інші водні об'єкти, можуть представляти серйозну загрозу для населення та довкілля.

Ефективне управління безпекою гідротехнічних споруд потребує комплексного підходу, який включає постійний моніторинг, профілактичне обслуговування, сучасні методи прогнозування можливих аварій та швидке реагування на НС.

Важливим елементом забезпечення стійкості енергетичної інфраструктури є автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення НС та оповіщення населення (АСРВО).

Мета дослідження. Метою роботи є проаналізувати стан забезпечення безпеки гідроакумулювальних електростанцій внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій техногенного або природного характеру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Здебільшого наукові роботи присвячені прогнозуванню ризиків виникнення аварій на гідротехнічних спорудах [1, 2], аналізу основними причин [3, 4]. Дослідниками розглядаються конструктивні дефекти через помилки у проектуванні або будівництві, що призводять до структурних слабкостей [5]. Природні фактори, такі як землетруси, повені та зсуви ґрунту, можуть завдати серйозних пошкоджень або навіть зруйнувати споруди [6]. Зношення та корозія матеріалів з часом погіршують міцність і надійність гідротехнічних споруд. Недостатнє обслуговування та несвоєчасний ремонт, помилки персоналу або умисні дії, можуть призвести до катастрофічних наслідків [7].

Науковці підкреслюють наслідки небезпеки при проривах (руйнувань) [8, 9]. Прорив греблі або водосховища може спричинити раптове і сильне затоплення великих територій, що створює пряму загрозу для мешканців, які проживають у зоні ризику. Це часто ускладнює евакуацію населення через обмежений час для реагування. Такі аварії також призводять до руйнування інфраструктури, зокрема житлових будинків, доріг, мостів та інших важливих об'єктів [10]. Потoki води можуть переносити токсичні або забруднювальні речовини у водойми, негативно впливаючи на флору і фауну, а також на якість води, яка використовується для пиття та зрошення.

Основними регламентуючими документами щодо забезпечення безпеки на гідротехнічних спорудах є Кодекс цивільного захисту України [11], ДБН В.2.5-76:2014 Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення [12]. Для зниження ризиків виникнення аварій на гідротехнічних спорудах, усунення причин небезпеки, обмеження поширення

наслідків необхідний ефективний моніторинг з використанням сучасних технологій для постійного контролю за станом споруд в режимі реального часу з різних джерел.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо основні компоненти та системи, які використовуються для накопичення, транспортування, перетворення та управління енергією води з метою виробництва електроенергії.

1. Водосховища. Верхнє водосховище використовується для зберігання води, яка буде скинута для генерації електроенергії під час пікових навантажень. Нижнє – приймає воду, яка скидається з верхнього водосховища, і зберігає її для зворотного перекачування в періоди низького навантаження.

2. Водоводи. Підвідні водоводи транспортують воду з верхнього водосховища до турбін. Відвідні – відводять воду від турбін до нижнього водосховища.

3. Гідротурбіни. Турбіни перетворюють енергію води в механічну енергію, яка потім передається на генератори. Вода з верхнього водосховища через підвідні тунелі спрямовується на турбіни під великим тиском. Потрапляючи на лопатки турбіни, вода передає їм свою кінетичну та потенційну енергію, що призводить до обертання лопаток. Це обертання перетворює енергію потоку води в механічну енергію, яка через вал турбіни передається на ротор генератора.

Ефективність турбін залежить від конструкції, матеріалів, оптимізації режимів роботи та регулярного обслуговування. Використання високоякісних матеріалів та сучасних технологій забезпечує мінімальні втрати енергії. Оптимізація режимів роботи дозволяє турбінам працювати у найбільш ефективному режимі для даних умов потоку води. Регулярне обслуговування та своєчасний ремонт дозволяють підтримувати високу ефективність турбін.

4. Генератори. Пристрої, які перетворюють механічну енергію обертових турбін на електричну енергію.

5. Трансформатори. Використовуються для перетворення напруги виробленої електроенергії на рівень, придатний для передачі по електричних мережах.

6. Насоси. Пристрої, які забезпечують перекачування води з нижнього водосховища назад у верхнє під час періодів низького навантаження. Це дозволяє накопичувати потенційну енергію води для подальшого використання під час пікових навантажень. У періоди низького енергоспоживання, коли вартість електроенергії нижча, насоси використовують надлишкову електроенергію для перекачування води з нижнього водосховища у верхнє, що дозволяє акумулювати енергію у вигляді потенціальної енергії води в верхньому водосховищі. На ГАЕС часто використовуються реверсивні насоси-турбіни, які можуть працювати як в режимі насоса, так і в режимі турбіни. У режимі насоса вони перекачують воду вгору, а в режимі турбіни використовують її для генерації електроенергії. Також використовуються насоси зворотної дії, які спеціально розроблені для роботи в режимі зворотного потоку, забезпечуючи ефективне перекачування води. Вони можуть швидко переключатися між режимами насоса і турбіни залежно від потреб енергосистеми.

7. Системи керування та автоматизації. Використовуються для дистанційного моніторингу та управління різними компонентами ГАЕС.

8. Допоміжне обладнання, а саме клапани та затвори, системи охолодження, тощо.

9. Інфраструктура. Включає машинні зали, диспетчерські пункти, тунелі, канали, греблі та інші інженерні споруди, необхідні для функціонування ГАЕС.

Кожен з розглянутих компонентів та систем відіграє важливу роль у забезпеченні ефективної та надійної роботи ГАЕС, дозволяючи зберігати енергію у вигляді потенціальної енергії води та використовувати її для виробництва електроенергії.

АСРВО впроваджується для виявлення ознак загрози виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті шляхом контролю значень параметрів джерел первинної інформації та визначення можливих сценаріїв її розвитку, а також, у разі необхідності, оповіщення працівників та керівників об'єкту, відповідальних за стан техногенної безпеки, посадових осіб органів виконавчої влади та місцевого самоврядування і населення.

АСРВО можуть працювати як в передаварійному режимі, так й в аварійному режимі (рис. 1) [13].

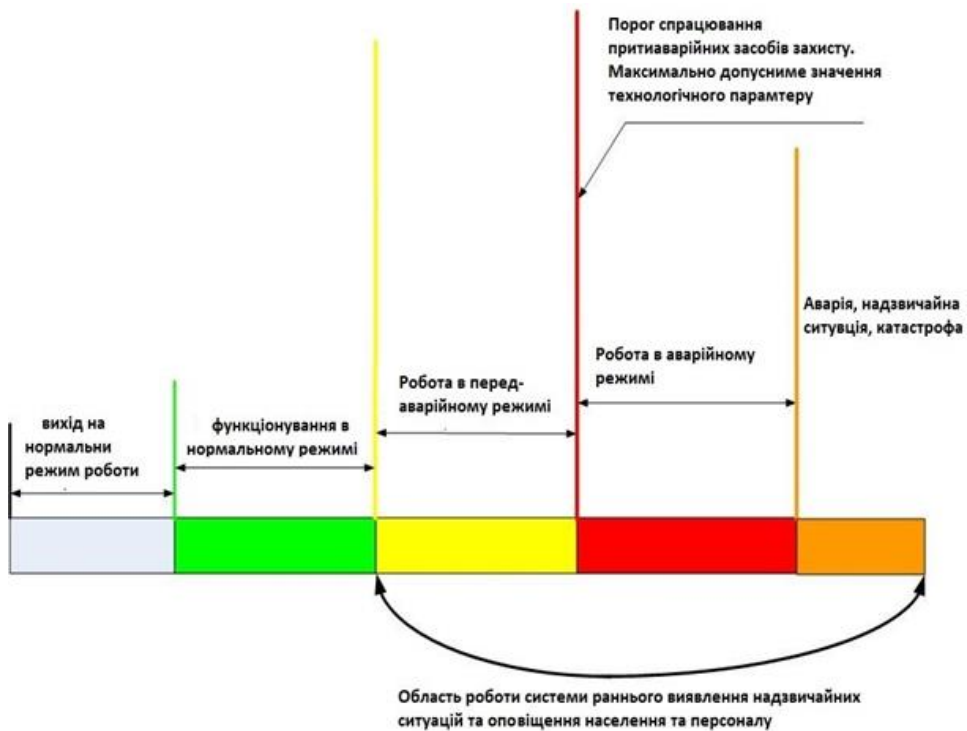


Рис. 1. Можливі режими роботи АСРВО

У передаварійному режимі АСРВО здійснюють моніторинг параметрів та умов, які можуть свідчити про можливі НС. Це включає:

1) збір та аналіз даних (системи збирають інформацію з різних датчиків та сенсорів, які фіксують зміни в параметрах середовища, таких як температура, тиск, рівень газів, вологість тощо);

2) прогнозування та моделювання (на основі зібраних даних АСРВО можуть прогнозувати розвиток подій і моделювати можливі сценарії аварій);

3) попередження та оповіщення (у разі виявлення потенційно небезпечних змін, система автоматично генерує попередження для персоналу та керівництва об'єкта, а також може передавати інформацію до відповідних служб).

Коли виникає аварійна ситуація, АСРВО переходять в аварійний режим, який характеризується діями:

1) швидка реакція (система автоматично виявляє аварію та активує протоколи реагування. Це включає негайне оповіщення всіх відповідних осіб та служб);

2) координація дій (АСРВО допомагають координувати дії підрозділів аварійного реагування, надаючи їм актуальну інформацію про стан об'єкта та масштаби аварії);

3) мінімізація наслідків (завдяки оперативному втручанню можна швидко локалізувати аварію, зменшити ризики для людей та навколишнього середовища, а також мінімізувати матеріальні збитки);

4) документування події (система автоматично фіксує всі дані про аварію та дії, що були вжиті, що дозволяє надалі аналізувати ситуацію та вдосконалювати протоколи безпеки).

Ефективність АСРВО базуються на сенсорах та датчиках, які надійно моніторять такі параметри, як рівень води, тиск, температура, вібрація, віддаленість від потенційно небезпечних зон, тощо (таблиця 1). Зібрані дані періодично аналізуються з використанням спеціальних алгоритмів та моделей, що дозволяють виявляти аномалії та відхилення від нормального режиму роботи. На основі результатів аналізу системи визначають можливі загрози та НС.

Таблиця 1

Основні об'єкти та параметри контролю

Об'єкт контролю	Параметр контролю			Спосіб контролю
	Докритичний рівень	Критичний рівень	Аварія	
Затоплення приміщень	Поява води (рівень 1)	Рівень 2	Рівень 3	Рівнемір
Загазованість приміщень	10% НКПВ	20% НКПВ	–	Газоаналізатор
Рівень води (верхній б'єф)	Номинальний рівень + 0.5 м (230 м)	Верхня відмітка дамби – 2 м (231 м)	–	Рівнемір
Рівень води (нижній б'єф)	Номинальний рівень + 0.8 м (75.2 м)	Верхня відмітка дамби – 1 м (76.0 м)	–	Рівнемір
Швидкість обертів валу генератора	Номинальна частота обертання + 20 об./хв (170 об./хв)	Розгінна частота обертання (210 об./хв)	Максимальна розгінна частота обертання протягом > 3-х хвилин (240 об./хв)	Тахометр
Стан гідротехнічної споруди	Загрожуючий рівень (інтегральний параметр)	Критичний рівень (встановлене значення)	Руйнування споруди (фіксація факту)	Дані від автоматизованої системи контролю

Серед небезпек на гідроагрегаті можна виділити загрози:

- а) пов'язаних з аваріями, що зумовили затоплення у інших спорудах гідроелектростанції;
- б) пов'язаних із аваріями та затопленнями, що виникли внаслідок переповнення водосховищ (рівні води у верхньому та нижньому б'єфах);
- в) пов'язаних із руйнуванням гідротехнічних споруд нагірно-станційного вузла та захисних споруд населених пунктів;
- г) пов'язаних із аваріями, що виникли внаслідок небезпечної (руйнівної для гідроагрегата) частоти обертання вала;
- д) пов'язаних із вибухами у приміщеннях зберігання балонів під тиском з пропан-бутаном та киснем, а також у акумуляторах.

У разі виявлення потенційно небезпечних ситуацій АСРВО автоматично генерують попередження та активують сигналізацію, щоб сповістити операторів та відповідні служби про небезпеку. Після виявлення загрози системи можуть автоматично виконувати певні заходи для мінімізації ризиків, наприклад, запускати аварійні засуви, вимикати обладнання, активувати системи аварійного затримання чи розпочинати евакуаційні процедури.

АСРВО будуються на базі сучасних апаратно-програмних засобів контролю, управління та зв'язку, яка працює цілодобово у режимі реального часу. Інформація про характер та рівень подій на об'єкті й навколо нього відображується на моніторі пульта управління автоматизованим комплексом виявлення та оповіщення (ПУ АКВО).

Інформація про технологічні (фізичні) параметри, що нагромаджується на ГАЕС, а також копії мовних та формалізованих повідомлень записуються в електронну пам'ять базового блоку (ББ) ПУ АКВО, де й зберігаються (архівуються).

Вмонтовані у ББ ПУ АКВО засоби взаємодії з мережами зв'язку дають змогу передавати інформацію телефонною мережею загального користування (мережами мобільного зв'язку та провідного зв'язку), а також каналами VPN, організованими у мережі TCP/IP.

До рекомендацій щодо вдосконалення заходів безпеки та управління ризиками на ГАЕС можна віднести: впровадження більш чутливих та надійних датчиків для моніторингу стану гідротехнічних споруд; інтеграцію АСРВО з національними та регіональними системами оповіщення; постійне оновлення і адаптацію планів евакуації населення в залежності від можливих НС, регулярне проведення навчань для персоналу та місцевого населення, що проживає поблизу ГАЕС, для покращення навичок реагування у разі аварійних ситуацій; впровадження дистанційного моніторингу стану споруд за допомогою супутникових технологій, що дозволить своєчасно виявляти потенційні загрози, такі як зсуви чи тріщини у дамбах, використання дронів для регулярної перевірки важкодоступних ділянок гідротехнічних споруд; підвищення взаємодії між операторами ГАЕС, місцевими органами влади та підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій для ефективної координації дій у разі НС.

Особливу увагу слід приділити підвищенню рівня стійкості гідротехнічних споруд за рахунок впровадження комплексу заходів, що сприятимуть зменшенню ризиків та підвищенню надійності конструкцій під час експлуатації і в умовах надзвичайних ситуацій. Перш за все, слід регулярно проводити модернізацію ключових конструктивних елементів, таких як дамби, водосховища, водоводи та гідротурбіни, з використанням новітніх будівельних матеріалів, що мають підвищену стійкість до фізичних і хімічних навантажень. Це допоможе забезпечити

стійкість споруд до таких факторів, як ерозія, зсуви, коливання температур та агресивний вплив водних потоків.

Також, важливо розробити та впровадити нові стандарти будівництва та обслуговування гідротехнічних споруд, що враховують сучасні виклики, пов'язані з кліматичними змінами і збільшенням частоти природних катастроф. Важливим кроком є перехід на використання сейсмостійких технологій, які забезпечують збереження цілісності споруд у разі землетрусів.

Крім того, необхідно враховувати стійкість інженерних споруд до водних ударів, що можуть виникнути в разі аварій або прориву дамб. Для цього розробляти резервні системи відведення води та захисні бар'єри, що здатні локалізувати масштабні викиди води і зменшити потенційні руйнування. Такі заходи допоможуть мінімізувати ризик розповсюдження негативних наслідків аварій і захистити прилеглі території від катастрофічних затоплень.

Висновки. Функціонування об'єктів критичної інфраструктури, що мають специфіку технологічного процесу, до яких належать гідротехнічні споруди, потребує комплексного підходу до забезпечення безпеки.

Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення являють собою системи класу «людина-машина», що будуються із використанням сучасних засобів контрольно-виміральної та обчислювальної техніки. Впровадження даних систем з урахуванням інновацій дозволить попередити виникнення небезпеки, а вразі її настання – суттєво підвищить рівень реагування оперативна-диспетчерського персоналу гідротехнічних об'єктів на можливість виникнення передумов, обмежить подальший розвиток аварійних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Taranov R., Lebskaia T. Methods and principles of forecasting risks of accidents on hazardous hydrotechnical objects. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 492. № 1. 012010.
2. Stefanyshyn D., Benatov D. Application of a logical-probabilistic method of failure and fault trees for predicting emergency situations at pressure hydraulic facilities (the case of Kakhovka hydroelectric complex). *Eastern European journal of advanced technologies*. 2020. № 4/2 (106). P. 55–69.
3. Прошин І. Аналіз факторів та фізико-географічних умов що впливають на причини виникнення аварій на гідротехнічних спорудах. *Social Development and Security*. 2023. № 13(3). С. 196–205.
4. Barliba L., Eles G., Barliba C., Barliba C. Monitoring the behavior of hydrotechnical constructions. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. 2017. № 17. P. 275–282.
5. Medved I., Otrosh Yu., Rashkevich N. Optimization of building structures. *Mechanics and mathematical methods*. VI/1/2024. С. 17–25. URL: <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-17-25>
6. Пурденко Р.Р., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Сур'янінов М.Г. Моделирование стійкості та надійності системи ґрунт-фундамент-будівля при дії силових та високотемпературних впливів. *Механіка та математичні методи*. VI/1/2024. С. 36–48. URL: <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-36-48>
7. Romin A., Rashkevich N., Otrosh Yu. *Overview of the modeling approaches of the technical condition of used building structures under force, deformation and high-temperature influences*. Exploring the digital landscape: interdisciplinary perspectives. Monograph. Copyright by Academy of Silesia, Katowice, 2024. P. 582–592. DOI: 10.54264/M036

8. Мурасов Р., Тертишний Б. Методика розрахунку наслідків при проривах (руйнування) гідротехнічних споруд критичної інфраструктури. *Social Development and Security*. 2022. № 12(6). С. 140–152.

9. Wang T., Li Z., Ge W., Zhang H., Zhang Y., Sun H., Jiao Y. Risk consequence assessment of dam breach in cascade reservoirs considering risk transmission and superposition. *Energy*. 2023. № 265. 126315.

10. Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Ромін А.В. Дослідження методик розрахунку прогресуючого обвалення. *Механіка та математичні методи*. V/2/2023. С. 25–40. URL: <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2023-5-2-25-40>

11. Кодекс цивільного захисту України. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст. 458. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>

12. ДБН В.2.5-76:2014 Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення. Зі Зміною № 1. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=57710

13. Плотников І.В., Рашкевич Н.В. Область роботи автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій на гідроакмульованих електростанціях. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations»*. Харків: НУЦЗ України, 2024 р. С. 85–86.

REFERENCES:

1. Taranov, R., Lebskaia, T. (2019). Methods and principles of forecasting risks of accidents on hazardous hydrotechnical objects. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 492, 1, 012010.

2. Stefanyshyn, D., Benatov, D. (2020). Application of a logical-probabilistic method of failure and fault trees for predicting emergency situations at pressure hydraulic facilities (the case of Kakhovka hydroelectric complex). *Eastern European journal of advanced technologies*, 4(2-106), 55–69.

3. Proshchyn, I. (2023). Analysis of factors and physical and geographical conditions that influence the causes of accidents at hydrotechnical structures. *Social Development and Security*, 13(3), 196–205.

4. Barliba, L., Eles, G., Barliba, C., Barliba, C. (2017). Monitoring the behavior of hydrotechnical constructions. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 17, 275–282.

5. Medved, I., Otrosh, Yu., Rashkevich, N. (2024). Optimization of building structures. *Mechanics and mathematical methods*, VI/1/2024, 17–25. URL: <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-17-25>

6. Purdenko, R., Otrosh, Yu., Rashkevich, N., Suryaninov, S. (2024). Simulation of stability and reliability of the soilfoundation-building system under force and hightemperature influences. *Mechanics and mathematical methods*, VI/1/2024, 36–48. URL: <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-36-48>

7. Romin, A., Rashkevich, N., Otrosh, Yu. *Overview of the modeling approaches of the technical condition of used building structures under force, deformation and high-temperature influences*. Exploring the digital landscape: interdisciplinary perspectives. Monograph. Copyright by Academy of Silesia, Katowice, 2024. P. 582–592. DOI: 10.54264/M036

8. Murasov, R., Tertyshnyy, B. (2022). Method of calculating the consequences of breaking (destruction) of hydrotechnical structures of critical infrastructure. *Social Development and Security*, 12(6), 140–152 [in Ukrainian].

9. Wang, T., Li, Z., Ge, W., Zhang, H., Zhang, Y., Sun, H., Jiao, Y. (2023). Risk consequence assessment of dam breach in cascade reservoirs considering risk transmission and superposition. *Energy*, 265, 126315.

10. Otrosh, Yu., Maiboroda, R., Rashkevich, N., Romin, A. (2023). Research of progressive collapsing calculation methods. *Mechanics and mathematical methods*, V/2/2023, 25–40. URL: <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2023-5-2-25-40> [in Ukrainian].

11. Kodeks tsyvil'noho zakhystu Ukrayiny. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (VVR), 2013, 34-35, st.458. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> [in Ukrainian].

12. DBN V.2.5-76:2014 Avtomatyzovani systemy rann'oho vyyavlennya zahrozy vynyknennya nadzvychnykh sytuatsiy ta opovishchennya naselelnya. Zi Zminoyu № 1. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=57710 [in Ukrainian].

13. Plotnikov, I.V., Rashkevich, N.V. (2024). Oblast' roboty avtomatyzovanykh system rann'oho nalashtuvannya nadzvychnykh sytuatsiy na hidroakumul'ovanykh elektrostantsiyakh [The field of operation of automated systems for early detection of emergency situations at hydroaccumulated power plants]. Materials of the International Scientific and Practical Conference «Problems of Emergency Situations». Kharkiv: NUTSZ of Ukraine, 85–86 [in Ukrainian].

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ	193
Борбенчук В. В., Неїленко С. М., Криворучко М. Ю., Михайлик В. С. Застосування технології розпізнавання облич у готелях	193
Валько М. І., Стоянова О. В., Зубкова К. В., Мамай О. І., Яковенко Т. О. Особливості впровадження системи якості НАССР у діяльність підприємств харчової промисловості.....	203
Горач О. О., Головенко Т. М., Істоміна Ю. В. Дослідження технологічних особливостей виробництва фруктового пюре для дитячого харчування	215
Дзюндзя О. В., Воєвода Н. В., Ковдрин В. І. Розробка рецептурної композиції консервів функціонального призначення «варення з кульбаби».....	222
Кравець О. І., Шинкарик М. М., Кравець В. І., Стадницький М. А. Дослідження компресійно-фільтраційних властивостей казеїну-сирцю.....	227
Крамаренко Д. П., Гіренко Н. І., Новікова Н. В. Дослідження впливу типу обладнання та способів теплової обробки на технологічні показники якості продуктів тваринного походження у ресторанному господарстві	237
Кривохижа Є. М., Соломон А. М., Козлов О. В. Безпека харчових продуктів: стандарти та методи контролю якості.....	251
Паламарек К. В., Вдовічена О. Г. Інноваційні технології зефіру на основі рослинного піноутворювача.....	260
Приліпко Т. М., Коваль Т. В. Канцерогенні N-нітрозаміни в харчових продуктах	271
Самілик М. М., Корнієнко Д. А. Дослідження впливу високих температур на збагачений цукор та продукти його переробки	278
Соломон А. М. Кисломолочні продукти у сучасному харчуванні	291
ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ	299
Кравченко В. І. Шляхи відновлення територій полів фільтрації комунальних очисних споруд після рекультивациі	299
Литвиненко В. М. Розробка методу гетерування з використанням власного гетера в технології кремнієвих діодів	307
Рашкевич Н. В., Плотников І. В., Отрош Ю. А., Чучмай О. М. Аналіз стану забезпечення безпеки гідротехнічних споруд.....	314