



# «CHALLENGES AND THREATS TO CRITICAL INFRASTRUCTURE»



**Detroit (Michigan, USA) - 2023**

Challenges and threats to critical infrastructure. Collective monograph - [NGO Institute for Cyberspace Research](#) (Detroit, Michigan, USA), 2023. - 325 p.

The collective monograph was prepared by ukrainian scholars within the framework of studies of a wide range of security issues. The authors of the monograph look at the problems of security of the state`s security in a rich manner behind such basic warehouses as military security, information security, military-technical security, environmental and technogenic security

Reviewers:

Ponomarev S.P. - Doctor of Jurisprudence, head of the Department of Administration of the State Service of Special Communications and Information Protection of Ukraine

Hnatyuk S.O. - Ph.D. Chief Researcher of the State Scientific and Research Institute of Cybersecurity Technologies and Information Protection

Silvestrov A.M. - Ph.D. Prof. National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

© Collective of Authors, 2023  
© NGO Institute for Cyberspace Research, 2023  
**ISBN-10/979-8-218-22315-1**

## CONTENT

<b>CHAPTER 1 SYSTEMATIC APPROACH TO THE PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES</b> .....	<b>9</b>
1. Avramenko O.V., Polishchuk V.V., Sarapin Yu.O. Increasing the efficiency of protection of ammunition storage facilities against emergency situations by implementing justified periodic maintenance of fire protection systems.....	10
2. Voinov I.A. 1, Malik V.A. A systematic approach to the protection of critical infrastructure objects .....	13
3. Zhenyuk N.V., Voropai N.I., Korol O.G., Strelnikova A.Yu. Security model of sociocyberphysical system .....	16
4. Yu. V. Kostenko Green tariff as a tool for improving the security of critical infrastructure facilities .....	18
5. Peredrii O.V., Gordiychuk V.V., Grinenko O.I., Hrytsyuk V.V., Zubkov V.P. Integration of foreign and domestic mechanisms for ensuring cyber security of critical infrastructure objects .....	21
6. Ptashkin R.L., Palagin V.V. Cross-layer web application security concept.....	25
7. Savostyanenko M.V., Klymenko K.V. Regulatory aspects of the identification and categorization of critical infrastructure facilities .....	27
8. Tarnavskiy A.B. Emergency situations of tpp turbogenerators and their prevention ways .....	31
9. Tyutyunyk V.V., Yashchenko O.A., Tyutyunyk O.O. Development of the support system for anti-crisis decisions under the conditions of the implementation of the legal regime of martial or state of emergency .....	35
10. Faure E.V., Makhynko M.V. Approaches to construct error-correcting permutation code for non-separable factorial data coding.....	40
11. Khokhlacheva Yu.E., Gavrilova A.A. Analysis of information security threats in modern information and communication systems and networks .....	42
12. Yakymenko Yu.M., Rabchun D.I., Kapelyushna T.V. Use of methodological approaches of system analysis to ensure information security of critical infrastructure objects .....	46
<b>CHAPTER 2 THEORETICAL AND METHODOLOGICAL BASIS OF ASSESSMENT OF CYBER THREATS, TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL THREATS AND RISKS FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE</b> .....	<b>52</b>
13. Azarenko O., Honcharenko Yu., Divizinyuk M., Shevchenko R., Shevchenko O. Generalization of the characteristics of critical state infrastructure objects .....	53
14. V.M. Vashchenko, V.I. Skalozubov, I.B. Korduba Nuclear and ecological danger of the Zaporizhzhya NPP in the extreme conditions of the war in Ukraine .....	54
15. Shcherbak O., Khmyrova A., Khrystych V., Shevchenko R. Methods of identifying the main signs of an extraordinary situation at critical infrastructure facilities .....	59
16. Zhuk V. M., Pohosyan G. A. Some issues of flooding risk management .....	60
17. Yevlanov M.V., Cherepnyov I.A., Chumachenko S.M., Kolomiets D.P. Some aspects of increasing the shelf life and efficiency of using food concentrates in extreme conditions.....	63

- <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-vnesennia-zmin-do-postanovy-kabinetu-ministriv-ukrainy-vid-9-zhovtnia-2020-r-1109-1384-161222>
2. Уряд змінив Порядок віднесення до критичної інфраструктури / Кадровик-01. URL:<https://prokadry.com.ua/news/60144-perelik-obektiv-kritichnoi-infrastrukturi-shcho-zminiv-kabmin>»
  3. Про Робочу групу по категоризації об'єктів критичної інфраструктури: Наказ МОЗ України від 27.01.2023 р. № 163. URL: [https://moz.gov.ua/uploads/8/43370-dn\\_163\\_27012023.pdf](https://moz.gov.ua/uploads/8/43370-dn_163_27012023.pdf)
  4. Оприлюднено деталі щодо включення до переліку критичної інфраструктури. URL: <https://agronews.ua/news/oprylyudneno-detali-shhodo-vklyuchennya-do-pereliku-krytychnoyi-infrastruktury/>
  5. Мінагрополітики розпочало збір заявок з метою фіксації об'єктів критичної інфраструктури, важливих для продовольчої безпеки, - Денис Башлик. URL <https://minagro.gov.ua/news/minagropolitiki-rozpochalo-zbir-zayavok-z-metoyu-fiksaciyi-obyektiv-kritichnoyi-infrastrukturi-vazhlyvih-dlya-prodovolchoyi-bezpeki-denis-bashlik>
  6. Проект Закону про внесення зміни до статті 8 Закону України "Про критичну інфраструктуру" (щодо врегулювання спорів, предметом яких є право власності держави на об'єкти критичної інфраструктури, що перебувають у державній власності) № 8316 від 28.12.2022. URL: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=75392](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=75392)

УДК 621.313

## **8.АВАРІЙНІ СИТУАЦІЇ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ ТЕС ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ**

**Тарнавський А.Б.**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

*E-mail: andry090880@ukr.net*

### **Emergency situations of turbogenerators of thermal electric plants and ways of preventing them**

*The main emergency situations that arise during the operation of turbogenerators of thermal power stations with a hydrogen cooling system are given. The cause of emergency situations is the violation of requirements for the operation of the turbogenerator and hydrogen leaks due to leaks in the pipeline system and sealing materials. The main ways to prevent emergency situations are compliance with the requirements of technological regulations and the correct sequence of releasing equipment from combustible substances.*

Завдяки власній високій теплопровідності і теплоємності газоподібний водень широко застосовується в якості охолоджуючого середовища у турбогенераторах енергоблоків як теплових електричних станцій (ТЕС), так і на атомних електричних станціях. Охолодження турбогенераторів воднем є більш ефективним, порівняно з повітряним. Це зумовлено тим, що коефіцієнт теплопередачі водню, порівняно з повітрям, є у 1,5 рази більшим, а теплопровідність – у 7 разів вища. Крім того, використання водню у системі охолодження обмоток турбогенератора, порівняно з повітрям, не призводить до окислення ізоляції електричних проводів. Проте, основним недоліком водневого охолодження турбогенераторів вважається здатність водню утворювати з повітрям та парами масла вибухонебезпечні суміші.

При порушенні вимог технологічного регламенту і тривалому контакті поверхнево-активного водню з конструкційними матеріалами устаткування бабітові підшипники та деталі ротора можуть піддаватися водневій корозії [1] (вид деградації металевого матеріалу, що спричинена проникненням та нагромадженням у металі атомів водню).

Зміна з часом експлуатаційних властивостей конструкційних матеріалів, а також можливі витіки водню через ущільнення турбогенератора можуть призвести до перевищення гранично допустимої концентрації водню у повітрі машинного залу. При цьому підвищується ймовірність вибуху горючої воднево-повітряної суміші з утворенням потужної вибухової хвилі та можливістю виникнення катастрофічних наслідків.

Додаткова небезпека вибуху водню у суміші з повітрям, азотом або киснем виникає від електричних іскор або відкритого полум'я.

У машинних залах ТЕС різноманітні загоряння водню викликані, в основному, порушенням щільності технологічного устаткування та водневопідвідних і відвідних комунікацій (трубопроводів). Значну частину “хлопків” водню у газо-масляних системах турбогенераторів зазвичай не фіксують у звітних документах у випадку, якщо вони не призводять до виникнення вибухів, пожеж та травмувань обслуговуючого персоналу.

У суміші з повітрям водень може накопичуватися під обшивкою турбогенератора, в результаті чого можуть виникати локальні вибухи горючої воднево-повітряної суміші з наступним пошкодженням чи руйнуванням обшивки апарата [2].

Під час неповного витіснення водню вуглекислим газом з турбогенератора при проведенні планово-попереджувального ремонту і наступним заповненням корпусу апарата повітрям можливі “хлопки” воднево-повітряної суміші. Найбільш часто такі “хлопки” виникають під час проведення ремонтних зварювальних робіт на трубопроводах системи охолодження.

Водень, що подається на заповнення у турбогенератори, у суміші з повітрям (від 4,1 до 74 %, а в присутності парів масла – від 3,3 до 81,5 %), може утворювати вибухонебезпечні суміші. Тому у турбогенераторів з водневим охолодженням повинна бути забезпечена висока газощільність корпусу статора масляними ущільненнями валу, ущільнення струмопроводів до обмоток статора

і ротора, ущільнення кришок газоохолоджувачів, люків і знімних торцевих щитів. Найбільш складно виконати надійні масляні ущільнення валу генератора, що перешкоджають витoku газоподібного водню.

Серед причин виникнення аварійних ситуацій з витокom водню, що призводять до зупинки і виходу ладу технологічного устаткування газо-масляної системи турбогенератора, можна виділити такі основні:

- витікання водню через фланцеві з'єднання трубопроводів;
- витискання ущільнюючих матеріалів або гумових прокладочних матеріалів у місцях кришки люка, біля фланців корпусу турбогенератора з наступним можливим займанням водню;
- витікання водню через поплавковий гідрозатвор з наступним займанням або “хлопком” у зливних маслопроводах підшипників;
- витікання і наступне самозаймання водню при різкому відкриванні вентиля на газовому пості;
- витікання водню через гумові прокладочні матеріали системи газового охолодження;
- витікання або прорив водню через картери підшипників турбогенератора з наступним можливим спалахуванням або “хлопком” у картерах підшипника внаслідок дефектів вкладиша ущільнювача;
- витікання водню через зварні з'єднання трубопроводів і комунікацій;
- витікання водню через горизонтальні роз'єми торцевих щитів;
- витікання водню порушення роботи регуляторів перепаду тиску водню і масла, регуляторів надлишкового тиску масла.

Наявність у системах водневого охолодження турбогенератора горючого водню у суміші з маслом утворює проблему щодо забезпечення прийняттого рівня вибухо- і пожежобезпеки у машинному залі ТЕС. В основному вибухонебезпечне середовище з водню та парів масла може утворюватися в місцях ущільнення водню маслом, а також у прилеглих вузлах у випадку виникнення аварійних ситуацій із витокom водню.

Однією з основних причин аварійних зупинок та руйнувань вузлів турбогенераторів з водневим охолодженням також є інтенсивне забруднення холодоагента-водню вологою з домішками кисню, оксидів вуглецю або азоту, турбінного масла [3]. При підвищенні вказаних забруднюючих речовин у водні пожежовибухонебезпечка займання і вибуху водню у генераторі суттєво зростає.

Основними забруднюючими домішками, що можуть потрапити під корпус турбогенератора, є вода (максимальна концентрація 25-30 г/м<sup>3</sup>), турбінне масло (5,0 г/м<sup>3</sup>), кисень (0,2 г/м<sup>3</sup>), воднево-масляний аерозоль (0,15 г/м<sup>3</sup>).

Під час експлуатації газо-масляної системи турбогенераторів необхідно запобігати утворенню вибухонебезпечної газової суміші не допускаючи:

- вмісту водню у струмопроводах турбогенератора більше, ніж 1 % об., а у картерах підшипників більше, ніж 2 % об.;
- вмісту кисню у водні у корпусі турбогенератора більше, ніж 1,2 % об., а у поплавковому затворі, бачку продування та водневовіддільному баці маслоочисного пристрою більше, ніж 2 % об.

В масляному баці турбогенератора не повинно бути водню.

Витискати з генератора водень або повітря необхідно інертним газом, мінімальна концентрація якого після закінчення витиснення визначається на виході із корпусу машини і повинна становити:

- вуглекислого газу – 85 % об. у разі витиснення повітря і 95 % об. у разі витиснення водню;
- азоту – 97 % об. у разі витиснення повітря і водню.

Для турбогенераторів з водневим охолодженням повинна передбачатися система автоматичного викиду водню з корпусу турбогенератора за межі машинного залу [4]. Пропускна здатність системи і необхідна її швидкодія повинна визначатися розрахунковим способом виходячи із необхідності зниження тиску водню до 1,0 атм. за час 20 с, що визначається допустимою тривалістю теплової дії горючого факела водню на несучі конструкції покриття машинного залу. Трубопровід для аварійного скидання водню з корпусу турбогенератора виводиться в атмосферу на 2,0 м вище за позначку покриття машинного залу [5].

Перед розкриванням корпусів турбогенераторів та апаратів газо-масляної системи водень повинен бути витиснений інертним газом, а інертний газ – повітрям. Відкривати торцеві щити, люки тощо дозволяється тільки після того, як аналіз підтвердить відсутність вуглекислого газу або (у разі витиснення азоту) достатній вміст кисню у повітрі (не менше, ніж 20 % об.).

У разі виведення в ремонт обладнання та трубопроводів газо-масляної системи необхідно від'єднати трубопроводи або встановити заглушки для виключення можливості проникнення водню або інертного газу на ділянки, що ремонтуються, через нещільність засувки.

Роботи з відкритим вогнем (електрозварювання, газове зварювання, різання тощо) на відстані менше 10 м від тих частин газо-масляної системи, що містять всередині водень, необхідно виконувати лише за нарядом. У цьому разі в рядку наряду “Окремі вказівки” потрібно записати додаткові заходи, що створюють безпечні умови виконання роботи (встановлення щитів-екранів, перевірка повітря у приміщенні на відсутність водню, наявність засобів пожежогасіння тощо).

Забороняється виконувати вогневі роботи безпосередньо на корпусі турбогенератора, трубопроводах та апаратах газо-масляної системи, що заповнені воднем.

## **Висновки**

Основною причиною виникнення аварійних ситуацій і значних аварій при експлуатації турбогенераторів ТЕС є порушення регламентних норм експлуатації технологічного устаткування, зокрема вимог правил пожежної та техногенної безпеки, порушення цілісності воднево-вмісного обладнання.

Найбільш ймовірною причиною порушення герметичності турбогенераторної установки та комунікацій з наявністю водню є корозійне зношення основного металу та елементів устаткування.

Основними факторами пожежо- і вибухонебезпеки турбогенераторів є використання значної кількості горючих речовин і матеріалів, значний тиск турбінного масла у системах регулювання, значна довжина масляних і водневих комунікацій, складна система регулювання і захисту, підвищена температура паропроводів і корпусу турбіни, складність забезпечення газощільності турбогенератора.

Запобігання витокам і проривам водню з газо-масляної системи повинно забезпечуватися, в основному, високою якістю проведення ремонтних робіт на вузлі ущільнень та на системі постачання турбінного масла до турбогенераторної установки.

### Література

1. Пособие для изучения Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей (электрическое оборудование) / Под общ. ред. Ф.Л. Когана. – М.: Изд-во ЭНАС, 2002. – 356 с.
2. Жаров А.П., Беликова Н.З., Келлер В.Д., Ржезников Ю.В., Комаров В.А. Противопожарная система для турбоагрегатов энергоблоков ТЭС // Электрические станции. – М.: Энергопрогресс, 2001. – № 6. – С. 43-46.
3. Kempself I.D., et al. Hydrogen Explosions – an Example of Hazard Avoidance and Control, IChemE, Symp. Series. № 148, 2001. – P. 523-539..
4. ВБН В.1.11-034-2003 “Противопожежні норми проектування атомних електростанцій з водо-водяними енергетичними реакторами” (НАПБ 03.005-2002, ГНД 34.03.307-2004, ВБН В.1.1-034-03.307).
5. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 26.09.2018 № 491 “Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України”.

УДК 351.861

## **9. РОЗВИТОК СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ АНКРИЗОВИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ УВЕДЕННЯ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО ЧИ НАДЗВИЧАЙНОГО СТАНУ**

**Тютюник В. В.<sup>1</sup>, Ященко О. А.<sup>1</sup>, Тютюник О. О.<sup>2</sup>**

*1 Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

*2 Харківський національний економічний університет  
імені Семена Кузнеця, Харків, Україна*

*E-mail: tutunik.vadim.72@gmail.com, malahay@ukr.net, tutunik.o@ukr.net*