

DOI: <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2024-34-05>

УДК (UDC): 658.62.018.012

**<sup>1</sup>О. О. ОВЧАРОВ,**

аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій  
e-mail: [ovcharovoleksandr1@gmail.com](mailto:ovcharovoleksandr1@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0764-4063>

**<sup>1</sup>К. А. КОТЕЛЕВЕЦЬ,**

аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій  
e-mail: [kyrylo.ktl@gmail.com](mailto:kyrylo.ktl@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8811-8848>

<sup>1</sup>*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна.

## ПІДХОДИ ДО ЕФЕКТИВНОГО ІНЖЕНЕРНОГО УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

**Анотація.** В роботі розглядаються підходи до комплексного ефективного управління якістю енергетичних об'єктів на прикладі атомних електростанцій з метою забезпечення сталого функціонування. Запропоновано модель інженерного менеджменту яка включає елементи моніторингу та оцінювання технічного стану енергетичного обладнання, планування робіт з технічного обслуговування на результатах оцінювання, прогнозування порушення нормальних умов функціонування та на основі цих даних управління життєвим циклом енергообладнання та визначення якості та ефективності прийняття інженерних рішень. В основу моделі інженерного менеджменту покладено комплексний підхід, який охоплює всі етапи життєвого циклу обладнання. Якщо розглядати технічний стан та деградацію обладнання на прикладі турбогенераторів, як окремого чинника, що впливає на ефективну роботу об'єкта, то управління факторами пошкодження обладнання дає можливість підвищити як безпеку, так і ефективність експлуатації всієї енергосистеми.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** енергетичні об'єкти, безпека, інженерний менеджмент, технічна діагностика.

**Як цитувати:** Овчаров О. О., Котелевець К. А. Підходи до ефективного інженерного управління якістю забезпечення безпеки енергетичних об'єктів. *Машинобудування*. 2024. Вип. 34 С. 51-60. DOI: <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2024-34-05>

### Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Забезпечення сталості функціонування енергетичних комплексів в сучасних реаліях є ключовою задачею, що включає вирішення ряд питань, як то технічну діагностику та модернізацію енергообладнання, забезпечення енергоефективності процесів, використання сталих ресурсів, що мають мінімальний негативний вплив для навколишнього середовища тощо. Розв'язання цих питань необхідно робити комплексно з урахуванням потреб суспільства та із застосуванням новітніх технологій і принципів енергетичного менеджменту [1-3]. Сталий розвиток атомної енергетики передбачає впровадження нових технологій та методів для покращення ефективності, безпеки та прийняття відповідних

управлінських рішень. Здійснення ефективного енергетичного менеджменту для забезпечення безпеки функціонування енергетичних комплексів неможливо без урахування досвіду експлуатації, своєчасної технічної діагностики та прийняття науково обґрунтованих рішень [4-5], що зараз є актуальною задачею.

Завдання даного дослідження є розробка моделі ефективного інженерного менеджменту АЕС що базується на забезпеченні безпеки за рахунок послідовної реалізації концепції глибоко ешелонного захисту, заснованого на застосуванні системи технічних і організаційних заходів щодо запобігання аварійних ситуацій, з метою захисту



персоналу, населення, навколишнього середовища задля стійкого розвитку галузі.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Для забезпечення надійності й стійкості енергосистеми України і її зв'язків з енергосистемами інших держав розробляються довгострокові та щорічні плани технічного переозброєння, що визначають об'єкти, види й обсяги інженерних робіт, строки їх реалізації, джерела фінансування заходів та є складовою загального інженерного менеджменту. Основною метою інженерного менеджменту на всіх етапах життєвого циклу АЕС є створення й підтримка комплексу конкретних мір і дій з безпеки, спрямованих на забезпечення нормальної експлуатації, на запобігання виникнення порушень нормальної експлуатації, аварійних ситуацій, аварій, на запобігання розвитку проєктних аварій у позапроєктні й обмеження наслідків позапроєктних аварій. Виходячи з концепції безпеки, нормами, правилами й стандартами по ядерній і радіаційній безпеці встановлюються принципи, критерії й вимоги безпеки, тобто такі значення параметрів, характеристик і умов, при виконанні яких забезпечується ядерна й радіаційна безпека АЕС [6-11]. Дотримання цих норм та критеріїв є основою інженерного менеджменту та потребує проведення робіт з діагностики технічного стану енергообладнання для виявлення можливих загроз, що можуть призвести до порушення умов експлуатації, а також своєчасного управління технічними параметрами для запобігання аварійних відмов [12,13].

Питаннями технічної діагностики енергообладнання займаються вчені з різних позицій та підходів, що охоплюють

механіку, електротехніку, матеріалознавство, а також математичне моделювання процесів. Зокрема, в роботах [14-16] аналізуються зміни параметрів обладнання під час експлуатації, визначають можливі зони пошкодження і прогнозують залишковий ресурс елементів таких як трубопровідні системи, головний циркуляційний насос тощо. Такий комплексний підхід дозволяє розробляти сучасні методи діагностики, які враховують як фізико-механічні особливості матеріалів, так і вплив зовнішніх факторів, таких як температура, вібрація, корозія тощо. В роботі [17] пропонуються підходи до підвищення якості автоматизації систем управління, що робить значний вклад в ефективність роботи енергообладнання та процеси деградації. В роботах [2, 4,13,18] пропонуються науково обґрунтовані технічні і конструктивні рішення по зменшенню впливу факторів, що негативно впливають на функціонування енергообладнання, як то застосування додаткових опор, фіксація елементів, зміна режимів експлуатації тощо. Це сприяє підвищенню надійності роботи енергетичних систем та зменшенню ризиків аварій, що особливо важливо в умовах сучасних викликів у сфері енергетики та сталого розвитку.

Разом з тим, важливим залишаються питання розробки загальної концепції технічної діагностики та ефективного управління процесами деградації енергообладнання з метою подальшого удосконалення методів та засобів з урахуванням сучасних науково-технічних рішень.

### **Виклад основного матеріалу.**

Енергетичні комплекси та структурні підрозділи, що входять до них, належать до об'єктів підвищеної небезпеки і до них пред'являються особливі вимоги щодо забезпечення безпеки на всіх етапах життєвого циклу: проєктування, введення в експлуатацію, експлуатація в рамках проєктних термінів, зняття з експлуатації або ж роботи в надпроєктні терміни.

Безпека роботи всього енергетичного комплексу залежить від правильно організованої роботи в цілому і надійної роботи окремих елементів системи [17-19]. Для забезпечення ефективного механізму інженерного менеджменту енергоблоку необхідно максимально оптимізувати процес його експлуатації, щоб забезпечити безпеку функціонування енергоблоку без

його зупинки на тривалий час і пов'язаних із цим економічних втрат, згідно з межами й умовами безпечної експлуатації енергоблоку АЕС. Для цього необхідна оцінка технічного стану й залишкового ресурсу обладнання, яка здійснюється в рамках робіт з контролю, оцінки, прогнозуванню й керуванню ресурсними характеристиками елементів енергоблоку і продовженню строку експлуатації блоку атомної станції.

Для врахування факторів, що діє на технічний стан обладнання пропонується модель інженерного менеджменту енергообладнання на атомних електростанціях (АЕС), яка включає комплексний підхід до управління експлуатацією, обслуговуванням та модернізацією обладнання для забезпечення безпеки, надійності та ефективності роботи (рис. 1). Ця модель спрямована на забезпечення високого рівня

надійності обладнання АЕС, мінімізацію аварійних ситуацій, підвищення ефективності роботи та дотримання суворих вимог з безпеки.

Одним з ключових компонентів моделі інженерного менеджменту є дослідження стану енергообладнання за ключовими факторами, такими як вібрація, температура, тиск тощо, для забезпечення безпечної та якісної експлуатації. Зростаючі потреби в електроенергії та неможливість збільшення енергопотужності змушують до підвищення ефективності роботи діючих об'єктів енергетики. Основним фактором неефективного виробництва електроенергії на атомних електростанціях є пошкодження турбогенераторів (ТГ), що значно знижує вироблення електроенергії. Якщо розглядати цей фактор, як окремий чинник, то управління цим чинником дає змогу забезпечити ефективне енергокерування всією енергосистемою.



**Рис.1-** Модель інжинірингового управління енергетичним обладнанням  
**Fig. 1-** Model of engineering management of power equipment

До факторів пошкодження, що впливають на стрижні обмотки статора турбогенератора, відносяться такі деградаційні фактори:

температурні режими під час експлуатації обладнання, включно з можливими циклічними коливаннями;

несприятливі вібродинамічні коливання на вузол «колектор дистилляту - патрубки - зовнішні трубопроводи» конструкції лобових частин обмотки статора;

вплив термомеханічних напружень, що виникають в обмотці статора під час багаторазових змін навантажувальних режимів;

вплив хімічно активних речовин;

механічні пошкодження під час проведення ремонтних і монтажних робіт.

Як правило, деградація протікає інтенсивніше за одночасного впливу на обладнання кількох факторів пошкодження, наприклад: наявність локальних перегрівів

стрижнів обмотки статора, наявність механічних домішок у складі охолоджувального дистилляту, підвищені вібрації на виводах шин обмотки статора тощо. Для забезпечення безпеки функціонування енергообладнання необхідно розробити комплексний нормативний підхід до проведення робіт з технічної діагностики з урахуванням факторів, що впливають на деградаційні процеси та забезпечать ефективність та сталість подальшої експлуатації.

Діагностика стану стрижнів турбогенераторів на атомних електростанціях (АЕС) є критично важливою для забезпечення безпеки та ефективності їх експлуатації. Вона дозволяє своєчасно виявляти дефекти та оцінювати залишковий ресурс обладнання. Основні методи діагностики стрижнів турбогенераторів АЕС та їх переваги та недоліки представлено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Методи діагностики стрижнів турбогенераторів АЕС

Table 1

Diagnostic methods for NPP turbogenerator rods

Вид методу	Характер застосування	Переваги та недоліки
Електричні методи	<b>Метод вимірювання опорної ізоляції:</b> дозволяє оцінити стан ізоляційних матеріалів обмоток. Погіршення ізоляції може призводити до коротких замикань.	<b>Переваги:</b> Простота та швидкість виконання. Дозволяє виявити деградацію ізоляції без демонтажу обладнання. <b>Недоліки:</b> Не забезпечує точного визначення місця пошкодження. Чутливий до зовнішніх факторів, таких як температура та вологість.
	<b>Тангенс втрат діелектрика (tgδ):</b> оцінює втрати енергії у вигляді тепла, що свідчить про старіння або пошкодження ізоляції	<b>Переваги:</b> Висока чутливість до змін стану ізоляції. Інформативність для оцінки старіння ізоляції. <b>Недоліки:</b> Не дає інформації про механічні дефекти провідників. Вимагає спеціалізованого обладнання.
	<b>Імпульсна рефлектометрія:</b> виявляє дефекти провідників і місцеві пошкодження ізоляції за допомогою аналізу відбитих імпульсів	<b>Переваги:</b> Можливість точного визначення місця пошкодження. Швидкий і ефективний аналіз. <b>Недоліки:</b> Складність у застосуванні на великих та розгалужених системах. Потребує досвіду для інтерпретації результатів.

Вид методу	Характер застосування	Переваги та недоліки
Магнітні методи	<b>Метод магнітної пам'яті металу (МПМ):</b> виявляє напружено-деформований стан матеріалу стрижнів шляхом аналізу залишкових магнітних полів	<b>Переваги:</b> Неінвазивний метод, що не потребує демонтажу. Може використовуватися безпосередньо під час експлуатації обладнання. <b>Недоліки:</b> Потребує спеціального обладнання та кваліфікованих фахівців. Менш ефективний для немагнітних матеріалів.
	<b>Магнітопорошковий контроль:</b> використовується для виявлення поверхневих та близькоповерхневих тріщин у матеріалі	<b>Переваги:</b> Висока точність виявлення поверхневих дефектів. Відносна простота застосування. <b>Недоліки:</b> Застосовується лише для магнітних матеріалів. Потребує підготовки поверхні.
Вібраційна діагностика	Вібраційний аналіз дозволяє оцінити механічний стан стрижнів, виявити можливі зсуви, послаблення кріплень або асиметрії, що можуть впливати на роботу генератора.	<b>Переваги:</b> Виявляє як механічні, так і динамічні дефекти. Не потребує припинення роботи обладнання. <b>Недоліки:</b> Висока чутливість до шумів навколишнього середовища. Вимагає складного аналізу та спеціальних алгоритмів для інтерпретації.
Акустичні методи	<b>Акустична емісія:</b> виявляє активність дефектів у матеріалі, таких як тріщини, що розвиваються під навантаженням, шляхом реєстрації високочастотних хвиль.	<b>Переваги:</b> Дозволяє виявляти дефекти у реальному часі. Підходить для ранньої діагностики тріщин. <b>Недоліки:</b> Висока чутливість до сторонніх шумів. Вимагає спеціалізованого обладнання.
	<b>Ультразвукова діагностика:</b> використовується для виявлення внутрішніх дефектів, таких як пори, тріщини або включення.	<b>Переваги:</b> Точне виявлення внутрішніх дефектів. Застосовується для широкого спектра матеріалів. <b>Недоліки:</b> Залежить від якості контакту з поверхнею. Висока вартість обладнання.
Тепловізійний контроль	Використовується для виявлення аномальних зон нагрівання внаслідок дефектів ізоляції, надмірного тертя або зношування.	<b>Переваги:</b> Неінвазивність і можливість виконання діагностики під час роботи обладнання. <b>Швидке виявлення зон перегріву.</b> <b>Недоліки:</b> Обмеження у виявленні дефектів всередині матеріалу. Залежність від умов освітлення та температури навколишнього середовища.

Вид методу	Характер застосування	Переваги та недоліки
Методи оцінки залишкового ресурсу	<b>Циклічні випробування під навантаженням:</b> дозволяють оцінити, як стрижні реагують на екстремальні умови роботи.	<b>Переваги:</b> Відображає реальну поведінку обладнання під навантаженням. Дозволяє прогнозувати залишковий ресурс. <b>Недоліки:</b> Трудомісткість і висока вартість. Не завжди можливе виконання під час експлуатації.
	<b>Моделювання деградації:</b> аналіз змін характеристик матеріалу під впливом тривалих експлуатаційних факторів, таких як тепловий, механічний і радіаційний впливи	<b>Переваги:</b> Дозволяє оцінити вплив довгострокових експлуатаційних факторів. Може бути виконане за допомогою програмного забезпечення. <b>Недоліки:</b> Залежить від точності вхідних даних. Може вимагати значних обчислювальних ресурсів.
Візуальний та ендоскопічний контроль	Виявляє механічні пошкодження, корозію або інші видимі дефекти на поверхні стрижнів або в важкодоступних місцях.	<b>Переваги:</b> Простота виконання. Можливість виявлення очевидних дефектів, таких як корозія чи механічні пошкодження. <b>Недоліки:</b> Обмеженість виявлення прихованих дефектів. Залежить від кваліфікації фахівця.

Використання комбінації цих методів дозволяє отримати комплексну інформацію про стан стрижнів турбогенератора, виявити потенційні проблеми та розробити заходи для їх усунення, що є ключовим фактором у забезпеченні безперебійної роботи турбогенераторів на АЕС.

Отже, на першому етапі моделі інжинірингового менеджменту необхідно визначити фактори, що впливають на технічний стан енергетичного обладнання та методи технічної діагностики енергообладнання та подальшого моніторингу. Як було показано, що комбінація факторів впливу може синергетично впливати на загальний стан, разом з тим і комбінація методів контролю підвищує точність оцінки. Отже, необхідно розробити алгоритм застосування тих чи інших методів контролю з урахуванням систематизації факторів впливу (Рис. 2).

Запропонована систематизація дає можливість включити в модель інженерного менеджменту алгоритм обрання методу технічної діагностики виходячи з визначення факторів що мають

найбільший вплив на енергоефективну роботу обладнання. Разом з тим, систематизація виявляє слабкі місця діагностики та є підставою до удосконалення підходів та розробки відповідного нормативного забезпечення на основі обробки статистичних даних по характерним факторам деградації стрижнів турбогенератора.

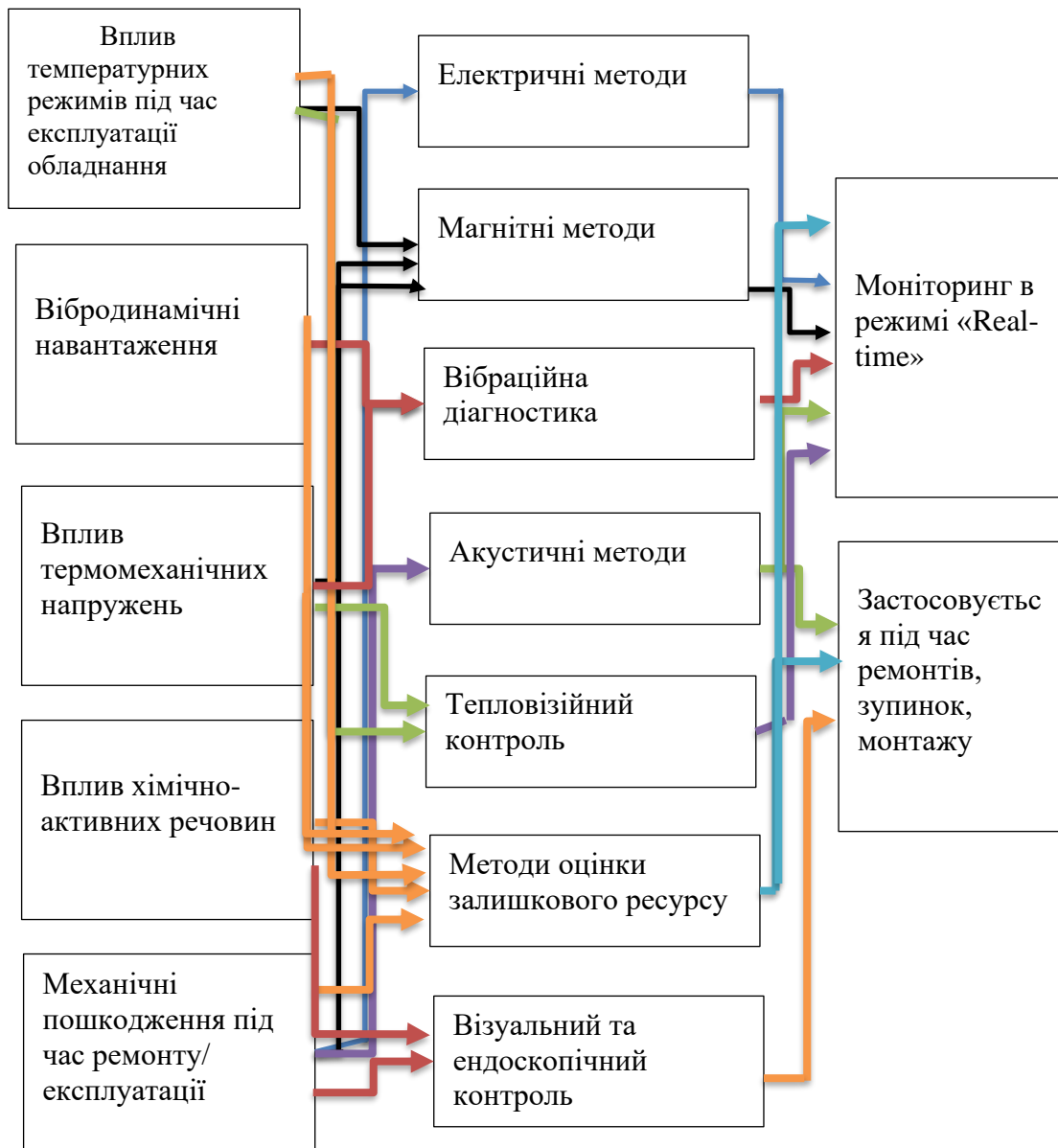
Виходячи з представленої систематизації, також важливим етапом моделі інженерного менеджменту є планування робіт з технічної діагностики виходячи з імовірнісних сценаріїв розвитку подій (процесів деградації, старіння тощо). Врахування ризиків на основі прогнозування розвитку подій дає можливість визначити періоди контролю технічного стану енергообладнання, шляхом класифікації їх за рівнем ризику та відповідно впровадження корегувальних заходів (зміни режимів навантаження, зменшення впливу факторів, зміни хімічного складу носіїв, модернізація обладнання тощо).

## Висновки

Запропонований підхід інженерного менеджменту дає можливість реалізувати алгоритм прогнозування подальшої безпечної експлуатації шляхом аналізу отриманих даних в режимі реального часу для найбільш небезпечних чи відповідальних ділянок обладнання, що дозволяє виявляти ознаки потенційних несправностей і забезпечувати своєчасне технічне подальше обслуговування та передбачити відмови або класифікувати обладнання за рівнем ризику. Застосовуючи методи імовірнісної оцінки безпеки

дозволяє аналізувати різні параметри роботи обладнання, підвищуючи точність прогнозів за допомогою багатьох моделей.

Такий підхід, інтегрований з даними в режимі реального часу, суттєво підвищить ефективність управління енергетичними системами і дозволить не лише швидко діагностувати поточні проблеми, але й прогнозувати майбутні збої, створюючи можливість запобіжного обслуговування та оптимізації графіків технічної підтримки.



**Рис. 2-** Систематизація методів технічної діагностики стрижнів турбогенератора  
**Fig. 2-** Systematization of methods for technical diagnostics of turbogenerator rods

**Конфлікт інтересів**

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію

**Список використаної літератури**

1. Sustainable Energy Safety Management Utilizing an Industry-Relative Assessment of Enterprise Equipment Technical Condition / Hrinchenko H., Prokopenko O., Shmygol N., Koval V., Filipishyna L., Pali S., Cioca L.-I. // *Sustainability*. – 2024. – No 16. – P. 771. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16020771>
2. An Approach to Ensure Operational Safety for Renewable Energy Equipment / Hrinchenko H., Kupriyanov O., Khomenko V., Khomenko S., Kniazieva V. // *Circular Economy for Renewable Energy* / eds Koval, V., Olczak, P. ; *Green Energy and Technology*. Springer, Cham. – 2023. – P. 1-17. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0_1)
3. Approaches to Sustainable Energy Management in Ensuring Safety of Power Equipment Operation / Hrinchenko H., Koval V., Shmygol N., Sydorov O., Tsimoshynska O., Matuszewska D. // *Energies*. – 2023. – Vol. 16. – P. 6488. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16186488>
4. Забезпечення експлуатаційної безпеки АЕС у понадпроектний термін в контексті переходу до циркулярної економіки: Європейський Зелений Курс / Г. С. Грінченко та інші // *Машинобудування : зб. наук. праць / Укр. інж.-пед. акад.* – Харків, 2022. – Вип. 30. – С. 61-72. DOI: 10.32820/2079-1747-2022-30-61-72
5. Методологічні підходи для оцінювання якості багатопараметричних об'єктів енергетики / П. Ф. Буданов та інші // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ», 2023. – № 1 (15). – С. 27–35. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2023.01.04>
6. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”: Розпорядження Каб. М-в України від 08.08.2017 р. № 605. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#n8> (дата звернення 04. 10. 2024)
7. Комплаєнс-політика ДП «НАЕК «Енергоатом» ПЛІ-С.014.150-21 від 13.07.2021 р. – Режим доступу : <https://old.energoatom.com.ua/parts/pdf-file/compliance-policy/compliance-policy.pdf> (дата звернення 04. 10. 2024)
8. Ageing Management for Research Reactors // *Specific Safety Guide*. IAEA Safety Standards Series. – 2023. – No. SSG-10. (Rev. 1). – 55 p.
9. Ageing Management for Nuclear Power Plants // *Specific Safety Guide*. IAEA Safety Standards Series. – 2009. – No. NS-G-2.12. – 48 p.
10. Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants // *Specific Safety Guide*. IAEA Safety Standards Series. – 2018. – No. SSG-48. – 65 p.
11. Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants // *Specific Safety Guide*. IAEA Safety Standards Series. – 2013. – No. SSG-25. – 106 p.
12. Уніфікація методів технічної діагностики трубопровідних систем з метою забезпечення безпечної експлуатації / Г. С. Грінченко та інші // *Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад.* – 2022. – Вип. 29. – С. 62-69. DOI 10.32820/2079-1747-2022-29-62-69.
13. Algorithm of technical diagnostics of the complicated damage to the continued resource of the circulation pipeline of the nuclear power plant / H. Hrinchenko, R. Trisch, V. Burdeina, S. Chelysheva // *Problems of Atomic Science and Technology*. Section : Physics of Radiation Effect and Radiation Materials Science. – 2019. – № 2 (120). – P. 104–110. DOI: <https://doi.org/10.46813/2019-120-104>.
14. Кіпоренко Г. С. Оцінка технічного стану трубопровідних систем АЕС на відповідність нормативним параметрам / Г. С. Кіпоренко, М. Є. Пахалович, О. М. Хорошилов // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – 2016. – Вип. 4. – С. 146–152.
15. Кіпоренко Г. С. Вдосконалення методики розрахунку опору крихкому руйнуванню трубопроводів Південно-Української АЕС / Г. С. Кіпоренко, М. Є. Пахалович // *Системи обробки інформації*. – 2016. – Вип. 7. – С. 181–184.
16. Sustainability assurance optimization-based approach to energy infrastructure diagnostics in energy systems management / Hrinchenko, H., Udovychenko, V., Generalov, O., Parfentjeva, O., Neskhdovskyi, I., Korpacz, M. // *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. – 2024. – Vol. 27(3). – P. 109-132. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/190811>
17. Підвищення якості АСУ теплових електростанцій шляхом уточнення критерія оптимальності техніко-економічних показників / Г. Грінченко та інші // *Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад.* – 2023. – Вип. 31. – С. 71-79. DOI 10.32820/2079-1747-2023-31-71-79
18. Assessment of Power Equipment Operational Safety in the Sustainable Management of Residual Lifespan / Hrinchenko H., Antonenko N., Khomenko V., Artiukh S. // *Economics Ecology Socium*. – 2024. – № 8. – Pp. 78-91. DOI: <https://doi.org/10.61954/2616-7107/2024.8.3-7>
19. Compliance Management Implementation in Energy Sector Enterprises of the National Economy / Koval V., Hrinchenko H., Fomenko A., Didenko N., Medvedovska Y. // *Renewables in the Circular Economy and Business* / eds. V. Koval ; *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*. Springer, Cham. – 2025. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-72174-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-72174-8_6)

Стаття надійшла для редакції 07. 10. 2024

Стаття рекомендована до друку 12.11.2024



**<sup>1</sup>OVCHAROV O.,**

Postgraduate student of the Department of Automation, Metrology and Energy Efficient Technologies  
e-mail: [ovcharovoleksandr1@gmail.com](mailto:ovcharovoleksandr1@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0764-4063>

**<sup>1</sup>KOTELEVETS K.,**

Postgraduate student of the Department of Automation, Metrology and Energy Efficient Technologies  
e-mail: [kyrylo.ktl@gmail.com](mailto:kyrylo.ktl@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8811-8848>

<sup>1</sup>*V.N. Karazin Kharkiv National University*  
Svobody square, 4, Kharkiv, 61022, Ukraine

**APPROACHES TO EFFECTIVE ENGINEERING QUALITY MANAGEMENT OF  
SAFETY ASSURANCE OF ENERGY FACILITIES.**

**Abstract.** The paper considers approaches to integrated effective quality management of power facilities, such as nuclear power plants, to ensure sustainable operation. The paper proposes an engineering management model that includes elements of monitoring and assessment of the technical condition of power equipment, planning of maintenance works based on the assessment results, forecasting of violations of normal operating conditions, and, based on these data, management of the life cycle of power equipment and determination of the quality and efficiency of engineering decision-making. The engineering management model is based on an integrated approach that covers all stages of the equipment life cycle. If we consider the technical condition and degradation of equipment in the example of turbine generators as a separate factor affecting the efficient operation of the facility, then the management of equipment damage factors makes it possible to improve the safety and efficiency of the entire power system.

**KEYWORDS:** *power facilities, safety, engineering management, technical diagnostics.*

**In cites:** Ovcharov, O. & Kotelevets, K. (2024). Approaches to effective engineering quality management of safety assurance of energy facilities. *Engineering*, (34), 51-60. <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2024-34-05> (in Ukraine)

**Conflict of interest**

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of the manuscript. In addition, the authors fully complied with ethical standards, including plagiarism, data falsification, and double publication.

**References:**

1. Hrinchenko, H, Prokopenko, O, Shmygol, N, Koval, V, Filipishyna, L, Palii, S & Cioca, L.-I 2024, 'Sustainable Energy Safety Management Utilizing an Industry-Relative Assessment of Enterprise Equipment Technical Condition', *Sustainability*, No 16, Pp. 771. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16020771>
2. Hrinchenko, H, Kupriyanov, O, Khomenko, V, Khomenko, S & Kniazieva, V 2023, 'An Approach to Ensure Operational Safety for Renewable Energy Equipment', In: Koval, V., Olczak, P. (eds) *Circular Economy for Renewable Energy. Green Energy and Technology*. Springer, Cham, Pp. 1-17. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0_1)
3. Hrinchenko, H, Koval, V, Shmygol, N, Sydorov, O, Tsimoshynska, O & Matuszewska, D 2023, 'Approaches to Sustainable Energy Management in Ensuring Safety of Power Equipment Operation', *Energies*, No 16, P. 6488. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16186488>
4. Hrinchenko, HS, Kovtun, OA, Mykolaiko, VV, Nesterenko, RO & Antonenko, NS 2022, [Ensuring Operational Safety of NPPs beyond the Design Life in the Context of Transition to a Circular Economy: The European Green Deal ], *Mashynobuduvannia*, № 30, Pp. 61-72. DOI 10.32820/2079-1747-2022-30-61-72
5. Budanov, PF, Hrinchenko, HS, Nechuiviter, OP & Tsykhanovska, IV 2023, [Methodological Approaches For Assessing The Quality Of Multi-Parameter Energy Facilities ], *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Seriya: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh, № 1 (15), Pp. 27–35. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2023.01.04>
6. Kabinet Ministriv Ukrainy 2017, *Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy na period do 2035 roku "Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist"*, *Rozporiadzhennia vid 08.08.2017 №605* [Safety, energy efficiency, competitiveness", Order of 08.08.2017 No. 605 ], viewed October 4, 2024 <<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#n8>>
7. NAEK «Enerhoatom» 2021, *Komplaiens-polityka DP «NAEK «Enerhoatom» PL-S.014.150-21 vid 13.07.2021 r.* [Komplaiens-polityka DP « NNEGC «Energoatom.» PL-S.014.150-21 vid 13.07.2021 r. ],

viewed October 4, 2024 <<https://old.energoatom.com.ua/parts/pdf-file/compliance-policy/compliance-policy.pdf>>

8. 2023, 'Ageing Management for Research Reactors', *Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series*, No. SSG-10. (Rev. 1), 55 p.
9. 2009, 'Ageing Management for Nuclear Power Plants', *Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series*, No. NS-G-2.12, 48 p.
10. 2018, 'Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants', *Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series*, No. SSG-48, 65 p.
11. 2013, 'Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants', *Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series*, No. SSG-25, 106 p.
12. Hrinchenko, HS, Artiukh, SM, Hrinchenko, VV & Nehodov, SS 2022, [ Unification of methods for technical diagnostics of pipeline systems with methods for ensuring safe operation ], *Engineering*, № 29, Pp. 62-69. DOI 10.32820/2079-1747-2022-29-62-69.
13. Hrinchenko, H, Trisch, R, Burdeina, V & Chelysheva S 2019, *Problems of Atomic Science and Technology. Section : Physics of Radiation Effect and Radiation Materials Science*, № 2, Pp. 104–110. DOI: <https://doi.org/10.46813/2019-120-104>.
14. Kiporenko, HS, Pakhalovych, MYe & Khoroshylov, OM 2016, [Assessment of the technical condition of NPP pipeline systems for compliance with regulatory parameters. ], *Systemy upravlinnya, navihatsii ta zviazku*, iss. 4, pp. 146-152.
15. Kiporenko, HS & Pakhalovych, MYe 2016, [Improving the methodology for calculating the resistance to brittle fracture of pipelines of the South Ukrainian NPP. ], *Systemy obrobky informatsii*, iss. 7, pp. 181-184.
16. Hrinchenko, H, Udovychenko, V, Generalov, O, Parfentieva, O, Neskhdovskiyi, I & Kopacz, M 2024, 'Sustainability assurance optimization-based approach to energy infrastructure diagnostics in energy systems management', *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, iss 27(3), Pp. 109-132. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/190811>
17. Hrinchenko, H, Vasylets, T, Kupriianov, O, Bliznychenko, O & Fursova, T 2023, [Improving the quality of ASC of thermal power plants by specifying the optimality criteria for technical and economic indicators. ], *Engineering*, iss. 31. DOI 10.32820/2079-1747-2023-31-71-79
18. Hrinchenko, H, Antonenko, N, Khomenko, V & Artiukh, S 2024, 'Assessment of Power Equipment Operational Safety in the Sustainable Management of Residual Lifespan', *Economics Ecology Socium*, iss 8, Pp. 78-91. DOI: <https://doi.org/10.61954/2616-7107/2024.8.3-7>
19. Koval, V, Hrinchenko, H, Fomenko, A, Didenko, N & Medvedovska, Y 2025, 'Compliance Management Implementation in Energy Sector Enterprises of the National Economy', In: Koval, V. (eds) *Renewables in the Circular Economy and Business. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*. Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-72174-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-72174-8_6)

The article was received by the editors 10/07/2024

The article is recommended for printing 11/12/2024