

**Таратута Костянтин Васильович**, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0002-6671-9670

**Кулік Тетяна Олександрівна**, кандидат технічних наук, ТОВ Технічний університет «Метінвест Політехніка», ORCID: 0000-0001-5315-6138

**Олійник Віталій Анатолійович**, начальник відділу забезпечення проектування ПАТ «Запоріжсталь», ORCID: 0009-0000-3300-9536

## МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИБОРУ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ЩО ОРІЄНТОВАНІ НА НАДІЙНІСТЬ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Сучасне металургійне виробництво відноситься до високотехнологічної та матеріалоємної галузі. Безперебійна робота й продуктивність металургійного виробництва значною мірою визначаються станом та функціональністю технологічного обладнання. Саме від надійної роботи обладнання залежать ефективність виробничого процесу.

Робота присвячено особливостям вибору системи технічного обслуговування, що орієнтована на надійність в умовах металургійного виробництва. Основне завдання роботи спрямоване на розробку процедур, що дозволяють вибрати стратегію технічного обслуговування та ремонтів. В статті розглядаються переваги та недоліки різних систем технічного обслуговування. Визначаються ключові характеристики цих систем.

В рамках рекомендованої системи обслуговування, що орієнтована на надійність зосереджено увагу на виборі стратегії виконання ремонтних робіт. Для цього в роботі проведено класифікацію відмов металургійного обладнання за трьома рівнями. До першого рівня увійшли відмови по характеру виникнення, до другого рівня – відмови за факторами, до третього – відмови за наслідками та можливістю усунення. Визначення рівня критичності відмов дозволяє провести класифікацію обладнання. Для кожного типу обладнання, враховуючи його рівень «критичності», слід визначити найефективнішу стратегію.

Для вибору стратегії технічного обслуговування доцільно застосовувати діаграми прийняття рішень. Діаграма прийняття рішень представляє графічне уявлення логіки вибору між кількома альтернативними стратегіями на основі заданих ключових умов. Представлена у статті діаграма прийняття рішень допомагає структурувати процес вибору стратегії технічного обслуговування та ремонтів, відображаючи можливі дії, умови та їх наслідки у вигляді послідовних кроків.

Таким чином, вибір стратегії технічного обслуговування та ремонтів металургійного обладнання безпосередньо впливає на безпеку, безперервність виробництва та техніко-економічні показники діяльності підприємства.

Ключові слова: стратегія, відмова, технічне обслуговування, надійність, ефективність.

*Вступ.* Метод технічного обслуговування, зорієнтований на надійність, є основоположним при формуванні стратегії обслуговування й ремонту устаткування, базується на аналізі ризику виходу з ладу та важливості компонентів. Використання стратегії обслуговування й ремонту, орієнтованої на надійність, сприяє зниженню вірогідності відмов обладнання за умови оптимізації витрат на обслуговування.

У різних секторах промисловості підхід до вибору ефективної системи обслуговування й ремонту має свої особливості, які визначаються ключовими техніко-економічними показниками виробництва. [1-4].

Так у концепції енергоефективного виробництва зосереджують увагу на виборі однієї з трьох систем: ECM (Energy centered maintenance), RCM (Reliability centered maintenance), TPM (Total productive maintenance) [5].

ECM (Energy Centered Maintenance) – це система технічного обслуговування, зосереджена на управлінні та оптимізації енергетичної ефективності обладнання та виробничих систем. На відміну від традиційних стратегій технічного обслуговування та ремонту), ECM розглядає енергію як головний ресурс, що потребує постійного контролю та вдосконалення [6].

TPM (Total Productive Maintenance) – «загальне продуктивне обслуговування» це система комплексного технічного обслуговування обладнання, яка спрямована на максимальне залучення усього персоналу – від операторів до керівників – у процес забезпечення надійної та ефективної роботи обладнання. TPM не просто знижує кількість поломок, а й формує культуру відповідальності за обладнання на всіх рівнях, що веде до сталого зростання ефективності виробництва. [7-9].

RCM (Reliability Centered Maintenance) – обслуговування, що орієнтоване на надійність визначає вимоги щодо обслуговування обладнання з урахуванням оточення, в якому експлуатуються це обладнання. Цей підхід передбачає класифікацію вузлів і компонентів виробничого активу у відповідність до їх критичності та ризиком їх відмови. Обслуговування, орієнтоване на надійність – це процес, який використовується для визначення дій, необхідних для того, щоб обладнання продовжувало виконувати покладені на нього функції у виробничому процесі. [10, 11].

В рамках кожної системи розробляються стратегії технічного обслуговування та ремонтів обладнання направлені на досягнення найбільшої ефективності експлуатації [12, 13].

Для підвищення ефективності системи технічного обслуговування обладнання металургійних підприємств найчастіше застосовується система обслуговування, що орієнтована на надійність. Дослідження вибору стратегії технічного обслуговування є вкрай актуальними, та дозволяють підвищити ефективність технологічного процесу в цілому.

*Аналіз досліджень і публікацій.* На сьогодні підприємства України вдаються до кількох стратегій технічного обслуговування та ремонту (ТОіР). Першочерговою вважається стратегія реактивного обслуговування устаткування (Breakdown Maintenance). Основним підходом до ремонту обладнання у цій стратегії є ліквідація несправностей устаткування після їх виникнення. Наступною визнається стратегія планово-попереджувального обслуговування (Planned Maintenance), яка полягає у профілактичному обслуговуванні, що базується на завчасно розробленому графіку. Найпоширенішою є стратегія технічного обслуговування, що орієнтована на надійність (Reliability Centered Maintenance). Згадана стратегія зосереджена на визначенні найважливіших компонентів обладнання та оптимізації витрат на їхнє обслуговування.

Питання надійності, в рамках стратегій технічного обслуговування, висвітлюються у міжнародних стандартах, де найбільшу увагу їй приділяє Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК), що є однією з трьох глобальних організацій МЕК (IEC), ISO (ISO), МСЕ (ITU), які розробляють міжнародні стандарти щодо надійності для всіх технологічних галузей [14, 15, 16]. Комплекс стандартів МЕК/ТК 56 «Надійність» в частині технічного обслуговування затверджені на рівні Державних стандартів України [17, 18].

Попри те, що рекомендації щодо вибору стратегії технічного обслуговування та ремонтів розглядається як у вітчизняній так і закордонній літературі, вибір конкретної моделі системи технічного обслуговування, яка враховує унікальні риси підприємства, обирається підприємством самостійно. В наявній літературі відсутні рекомендації по вибору стратегії технічного обслуговування для металургійних підприємств в контексті забезпечення принципів надійності.

*Результати дослідження.* Методологія обслуговування, що орієнтована на надійність, базується на ключовій ідеї, що завдання сервісного обслуговування полягає не у підтримці ідеального стану кожного окремого пристрою, а у гарантуванні безперебійної роботи тих виробничих та технологічних процесів, що є критично важливими для функціонування підприємства.

Процес технічного обслуговування, орієнтованого на надійність включає наступні складові: 1) ініціювання та планування процесу; 2) аналіз функціональних відмов та вибір завдань технічного обслуговування; 3) впровадження системи технічного обслуговування, що орієнтована на надійність; 4) безперервне вдосконалення системи технічного обслуговування.

Перший етап ( ініціювання та планування процесу ) включає підготовчі заходи, а саме: визначення мети проведення RCM аналізу; визначення змісту аналізу; перевірка наявності у фахівців спеціальних знань щодо методів та досвіду проведення аналізу та практичного досвіду експлуатації обладнання; розробка оперативних процедур та графіку проведення аналізу; опис умов та режимів експлуатації обладнання. Перший етап є вкрай важливим для розуміння подальших кроків побудови системи технічного обслуговування, що орієнтовано на надійність. Зазвичай у першу чергу необхідно скласти опис обладнання на найвищому функціональному рівні, в якому вказують фізичні характеристики, його основне призначення, режими використання, умови та всі види підтримки експлуатації. Опис на нижньому функціональному рівні або на рівні окремих систем має точно встановлювати технічні характеристики функціональних систем, що розглядаються.

Другий етап ( аналіз функціональних відмов та вибір завдань технічного обслуговування ) включає проведення збору та аналіз всіх доступних експлуатаційних даних; проведення функціонального розбиття; виявлення функцій обладнання (виробу), визначення видів функціональних відмов; визначення наслідків та критичності відмов; вибір технічного обслуговування та визначення його періодичності (включає: моніторинг технічного стану, визначення періодичності ТО та ремонтів, пошук та виявлення відмов).

Функціональне розбиття (класифікація) всього обладнання, задіяного у виробничому процесі, за видами та критичністю відмов можна провести використовуючи схему видів відмов (рис. 1).

В подальшому визначення критичності відмов обладнання дозволить включити його до відповідної категорії критичності.

З кожного рівня відмов доцільно обрати види відмов, що здійснюють найбільший вплив на категоризацію обладнання за критичністю.

Критичність відмов обладнання можливо визначити на підставі бальної оцінки, за формулою:

$$K_v = B_1 \times B_2 \times B_3$$

де:  $B_1$  – бальна оцінка вірогідності виявлення відмов,  $B_2$  – бальна оцінка наслідків відмов,  $B_3$  – бальна оцінка вірогідності відмов.

Відповідно зі збільшенням бальної оцінки, критичність відмов обладнання збільшується.

Аналіз таблиць 1 – 2 показує, що відповідно зі збільшенням бальної оцінки, критичність відмов обладнання збільшується.

Наступними кроками другого етапу є оцінка кожного виявленого виду відмов з метою виявлення найбільш відповідного способу керування їх попередженням, з наступним визначенням виду та періодичності проведення технічного обслуговування. На цьому етапі можливо скористатись діаграмою прийняття рішення по вибору стратегії технічного обслуговування (рис. 2).

Для кожного типу обладнання, враховуючи його рівень «критичності», слід визначити найефективнішу стратегію. Тобто, для конкретного обладнання необхідно вибрати один з чотирьох видів обслуговування: реактивне, превентивне, прогнозне або проактивне.

Реактивний вид технічного обслуговування – це експлуатація до відмови, без регулярного технічного обслуговування. Він підходить для обладнання, що не є критичним, яке легко замінити. Також цей вибір виправданий у випадках, коли ремонт супроводжується незначними витратами, або якщо обладнання старе, практично не підлягає ремонту та функціонує до повної зупинки.

Превентивне обслуговування схоже на систему планово-попереджувальних ремонтів. Рекомендовано для обладнання з низькою «критичністю», що враховує такі аспекти, як низька вартість простою виробництва, швидка заміна запчастин, вузлів чи складових.

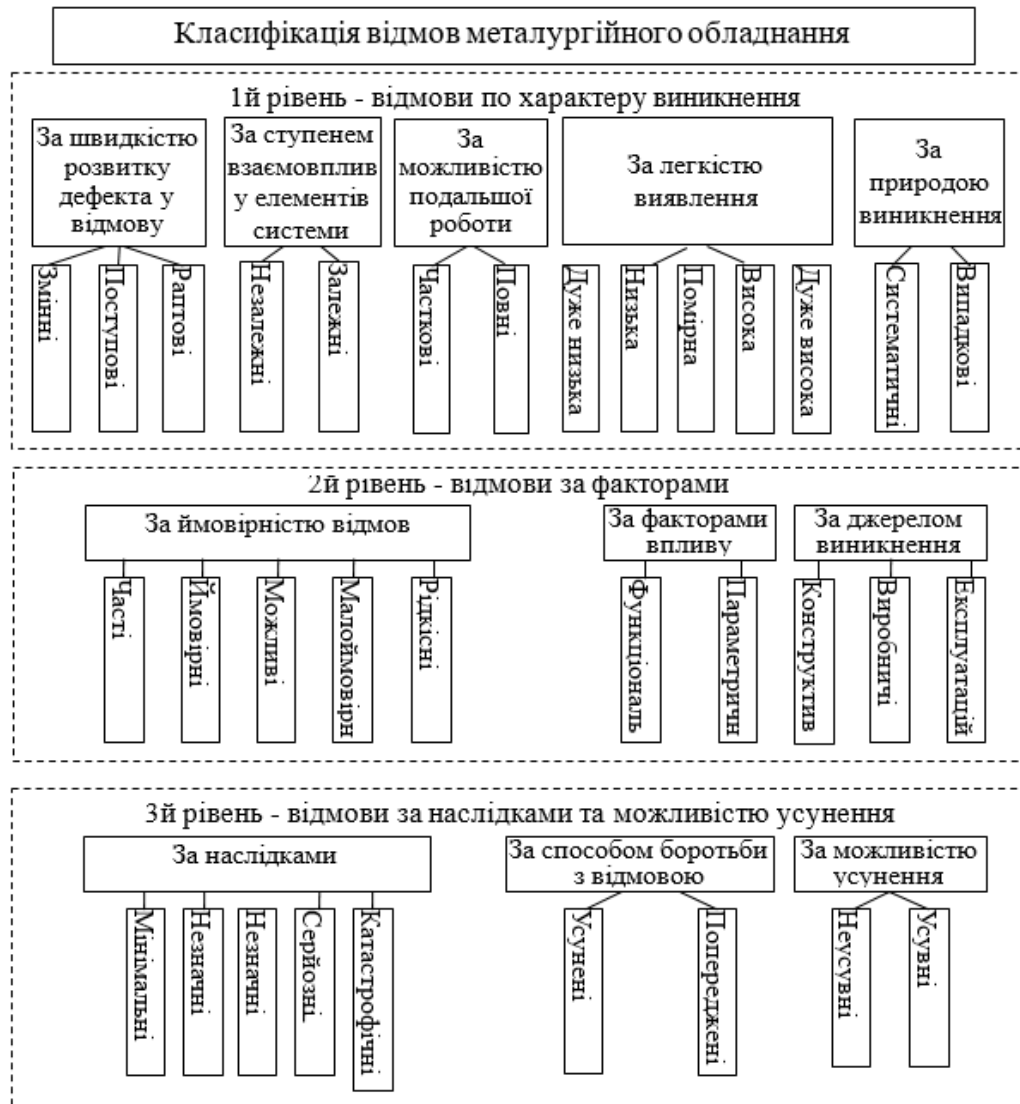


Рисунок 1 – Схема видів відмов металургійного обладнання

Джерело: складено авторами на підставі [10, 14]

Таблиця 1 – Оцінка вірогідності виявлення відмов

| Види відмов за вірогідністю виявлення | Вірогідність виявлення відмов | Оцінка вірогідності виявлення відмов в балах |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|
| Дуже висока вірогідність виявлення    | >                             | 1                                            |
| Висока вірогідність виявлення         | Від 0,95 до 0,85              | 2                                            |
| Помірна вірогідність виявлення        | Від 0,85 до 0,45              | 3                                            |
| Низька вірогідність виявлення         | Від 0,45 до 0,25              | 4                                            |
| Дуже низька вірогідність виявлення    | <                             | 5                                            |

Таблиця 2 – Оцінка наслідків відмов та їх вірогідність

| Види наслідків відмов | Оцінка наслідків відмов в балах | Види відмов за вірогідністю виникнення | Прогнозна вірогідність відмов | Оцінка вірогідності відмов в балах |
|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Мінімальні            | 1                               | Рідкісні                               | <                             | 1                                  |
| Незначні              | 2                               | Малоймовірні                           | Від 0,00005 до 0,005          | 2                                  |
| Помітні               | 3                               | Можливі                                | Від 0,005 до 0,01             | 3                                  |
| Серйозні              | 4                               | Ймовірні                               | Від 0,01 до 0,1               | 4                                  |
| Катастрофічні         | 5                               | Часті                                  | >                             | 5                                  |

Предиктивне (прогнозне) обслуговування базується на діагностиці та контролі стану обладнання в процесі щоденного обслуговування. Воно використовується, якщо ступінь використання обладнання в виробничому процесі оцінюється як висока.

Проактивне обслуговування зосереджується на виявленні та усуненні можливих причин відмови. Воно спрямоване на максимальне продовження терміну служби обладнання між ремонтами, завдяки застосуванню сучасних технологій виявлення та усунення потенційних джерел несправностей.

Незалежно від обраного виду обслуговування, обов'язково аналізуються причини кожної відмови. Це необхідно для запобігання повторенню подібних ситуацій у майбутньому.

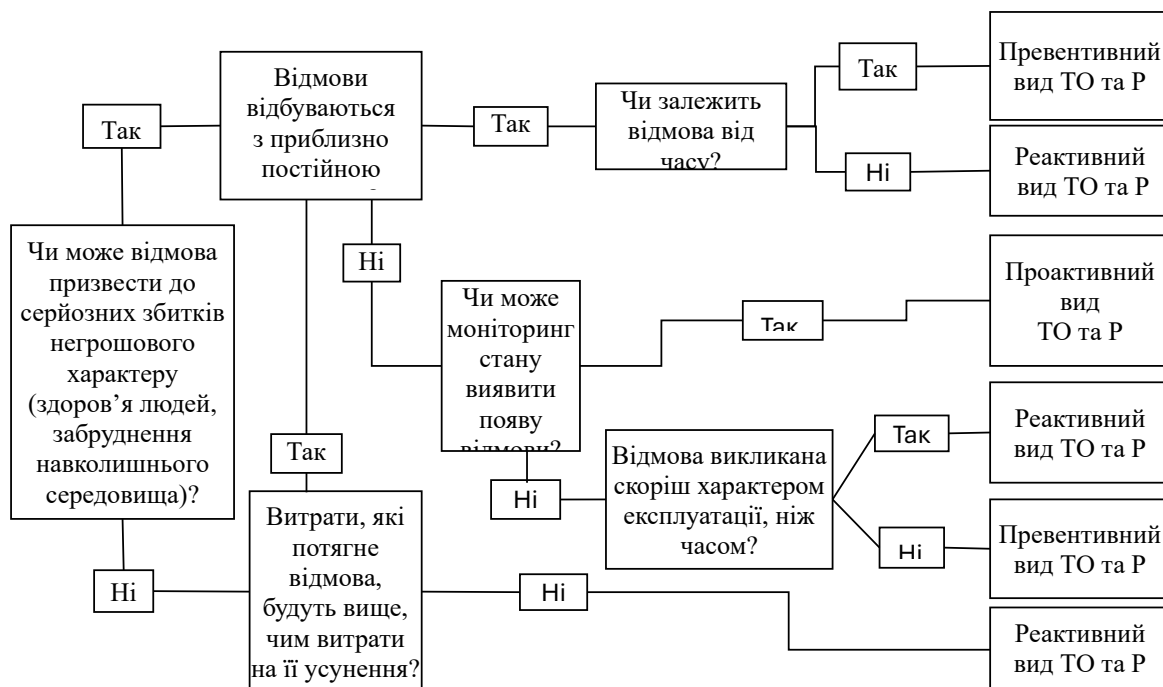


Рисунок 2 – Діаграма вибору стратегії технічного обслуговування

Третій етап (впровадження системи технічного обслуговування, що орієнтована на надійність) включає: визначення пріоритетності заходів; виконання раціональної періодичності виконання задач технічного обслуговування; дослідження початкового технічного стану.

Четвертий етап (безперервне вдосконалення системи технічного обслуговування) включає: моніторинг ефективності системи технічного обслуговування; моніторинг

встановлених вимог по безпеці, ефективності, економічності; обстеження технічного стану в процесі експлуатації.

Детально питання третього та четвертого етапу системи обслуговування, що орієнтоване на надійність щодо металургійного обладнання висвітлені у роботах [20-25].

Окремо слід зазначити, що для ефективного використання обраної системи технічного обслуговування необхідно здійснювати заходи по її постійному вдосконаленню. Для проведення доопрацювань системи технічного обслуговування на підприємстві мають збиратися та систематизуватися наступні дані: дати виникнення відмов та напрацювання до кожної відмови; причини кожної відмови; тривалість усіх видів технічного обслуговування; ефективність перевірок технічного стану (моніторингу); усі види експлуатаційних витрат.

Таким чином, встановлені на початковому етапі заходи по технічному обслуговуванню можуть бути скориговані, в залежності від поточних експлуатаційних вимог, результатів моніторингу технічного стану, зміни характеру відмов окремих вузлів.

**Висновки.** Представлена у статті методологія базується на загальних принципах системи технічного обслуговування, що орієнтована на надійність. Основним критерієм вибору системи технічного обслуговування є критичність відмов обладнання. Проведена класифікація відмов металургійного обладнання за трьома рівнями: по характеру виникнення відмов, по факторам впливу, за наслідками та можливістю усунення. У відповідності з рекомендованою бальною оцінкою критичності відмов обладнання, можливо проведення класифікації обладнання, з подальшим вибором стратегії технічного обслуговування.

### Бібліографічний перелік

1. Backlund F., Akersten P. A. RCM introduction: process and requirements management aspects. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2003. Vol. 9, no. 3. P. 250–264. URL: <https://doi.org/10.1108/13552510310493701>
2. Kianfar A., Kianfar F. Plant function deployment via RCM and QFD. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2010. Vol. 16, no. 4. P. 354–366. URL: <https://doi.org/10.1108/13552511011084517>
3. Cheng Z. H., Wang L. C., Lv L. B. Case Retrieval Mechanism of the Intelligent RCM Analysis System. *Applied Mechanics and Materials*. 2010. Vol. 40-41. P. 686–691. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.40-41.686>
4. Ben-Daya M. You may need RCM to enhance TPM implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2000. Vol. 6, no. 2. P. 82–85. URL: <https://doi.org/10.1108/13552510010328086>
5. Firdaus N., Samat H. A., Mohamad N. Maintenance for Energy efficiency: A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 530. P. 012047. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/530/1/012047>
6. Howell M., Alshakhshir F. S. Energy Reduction. *Energy Centered Maintenance—A Green Maintenance System*. Lilburn, GA : The Fairmont Press, Inc., [2017], 2020. P. 1–21. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003151371-1>
7. Seiichi Nakajima. *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press, 1988. 129 p.
8. Wireman Terry. *Total Productive Maintenance*. New York : Publisher, Industrial Press, Incorporated, 2009. 196 p.
9. Mobley R. K. A Total-Plant Predictive Maintenance Program. *An Introduction to Predictive Maintenance*. 2002. P. 352–388. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-075067531-4/50016-6>
10. Moubray J. *Reliability-centred Maintenance*. Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 225 Wildwood Avenue, Woburn, MA 01801-2041 : Butterworth-Heinemann, 1997. 423 p.
11. Ziegel E. R., Moubray J. Reliability-Centered Maintenance. *Technometrics*. 1996. Vol. 38, no. 1. P. 87. URL: <https://doi.org/10.2307/1268924>
12. Технічне обслуговування металургійного обладнання: Навчальний посібник. / Жук А.Я., Желябіна Н.К., Малишев Г.П., Таратута К.В.- Київ: Видавничий дім: «Кондор», 2017р. – 288с. ISBN 978-617-7582-07-5.
13. Аксютенко І. С., Аксютенко П. С. Технології та засоби організації системи технічного обслуговування. *Технічна інженерія*. 2021. № 2(88). С. 72–76. URL: [https://doi.org/10.26642/ten-2021-2\(88\)-72-76](https://doi.org/10.26642/ten-2021-2(88)-72-76)
14. IEC 60300-3-11:2009 – Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance.

15. IEC 60300-3-14:2004 – Dependability management – Part 3-14: Application guide – Maintenance and maintenance support»
16. Вибір та обґрунтування показників теоретичної надійності металургійного обладнання / К. В. Таратута, О. Ю. Шанько // *Металургія*. – 2015. – Вип. 2. – С. 109-113.
17. ДСТУ EN 60300-3-14:2022 Керування надійністю. Частина 3-14. Посібник із застосування. Технічне обслуговування та підтримка (EN 60300-3-14:2004, IDT; IEC 60300-3-14:2004, IDT)
18. ДСТУ EN 60300-3-16:2022 Управління надійністю. Частина 3-16. Посібник із застосування. Настанови щодо специфікації послуг підтримки технічного обслуговування (EN 60300-3-16:2008, IDT; IEC 60300-3-16:2008, IDT)
19. Opocenska H., Hammer M. Reliability centred maintenance. *MM Science Journal*. 2016. Vol. 2016, no. 05. P. 1451–1455. URL: [https://doi.org/10.17973/mmsj.2016\\_11\\_2016161](https://doi.org/10.17973/mmsj.2016_11_2016161) (date of access: 10.05.2025).
20. Аксютенко І. С., Аксютенко П. С. Технології та засоби організації системи технічного обслуговування. *Технічна інженерія*. 2021. № 2(88). С. 72–76. URL: [https://doi.org/10.26642/ten-2021-2\(88\)-72-76](https://doi.org/10.26642/ten-2021-2(88)-72-76) (дата звернення: 10.05.2025).
21. Кучинський В.А. Основні напрямки підвищення ефективності організації ремонтно-технічного обслуговування обладнання / В.А. Кучинський // *Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”*. Технічний прогрес та ефективність виробництва. – Харків: НТУ „ХПІ”. – 2008. – № 20-1. – С. 43-47
22. Kotlyarova V. A Modern approach to the organization of supporting the efficiency of equipment at the industrial enterprise. *Efektivna ekonomika*. 2020. No. 4. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.4.80>
23. Система керування якістю ремонту та технічного обслуговування / В. П. Квасніков, О. В. Кіпров, В. В. Жигинас, Б. М. Сорока // *Вісник Інженерної академії України*. – 2012. – Вип. 1. – С. 127-129
24. Білодіденко С. В., Біліченко Г. М., Гануш В. І. Періодичність діагностування механічних систем: Навчальний посібник з дисципліни «Технічна діагностика металургійного обладнання» для студентів спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (магістерський рівень). – Дніпро: НМетАУ, 2017. – 89 с.
25. Belodedenko S.V., Ibragimov M.S. Models for optimization the preventive maintenance schedules of mechanical systems in metallurgy. *Metallurgical and Mining Industry*. 2017. № 2. P. 26–37.

## References

1. Backlund F., Akersten P. A. RCM introduction: process and requirements management aspects. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2003. Vol. 9, no. 3. P. 250–264. URL: <https://doi.org/10.1108/13552510310493701>
2. Kianfar A., Kianfar F. Plant function deployment via RCM and QFD. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2010. Vol. 16, no. 4. P. 354–366. URL: <https://doi.org/10.1108/13552511011084517>
3. Cheng Z. H., Wang L. C., Lv L. B. Case Retrieval Mechanism of the Intelligent RCM Analysis System. *Applied Mechanics and Materials*. 2010. Vol. 40-41. P. 686–691. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.40-41.686>
4. Ben-Daya M. You may need RCM to enhance TPM implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2000. Vol. 6, no. 2. P. 82–85. URL: <https://doi.org/10.1108/13552510010328086>
5. Firdaus N., Samat H. A., Mohamad N. Maintenance for Energy efficiency: A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 530. P. 012047. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/530/1/012047>
6. Howell M., Alshakhshir F. S. Energy Reduction. *Energy Centered Maintenance—A Green Maintenance System*. Lilburn, GA : The Fairmont Press, Inc., [2017], 2020. P. 1–21. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003151371-1>
7. Seiichi Nakajima. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Productivity Press, 1988. 129 p.
8. Wireman Terry. Total Productive Maintenance. New York : Publisher, Industrial Press, Incorporated, 2009. 196 p.
9. Mobley R. K. A Total-Plant Predictive Maintenance Program. An Introduction to Predictive Maintenance. 2002. P. 352–388. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-075067531-4/50016-6>
10. Moubray J. Reliability-centred Maintenance. Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 225 Wildwood Avenue, Woburn, MA 01801-2041 : Butterworth-Heinemann, 1997. 423 p.
11. Ziegel E. R., Moubray J. Reliability-Centered Maintenance. *Technometrics*. 1996. Vol. 38, no. 1. P. 87. URL: <https://doi.org/10.2307/1268924>

12. Tekhnichne obsluhovuvannya metalurhiinoho obladnannia: Navchalnyi posibnyk./ Zhuk A.Ia., Zheliabina N.K., Malyshev H.P., Taratuta K.V.- Kyiv: Vydavnychyi dim: «Kondor», 2017r. – 288p. ISBN 978-617-7582-07-5. (in Ukrainian)
13. Aksiutenko I. S., Aksiutenko P. S. Tekhnolohii ta zasoby orhanizatsii systemy tekhnichnoho obsluhovuvannya. Tekhnichna inzheneriia. 2021. № 2(88). S. 72–76. URL: [https://doi.org/10.26642/ten-2021-2\(88\)-72-76](https://doi.org/10.26642/ten-2021-2(88)-72-76) (in Ukrainian)
14. IEC 60300-3-11:2009 – Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance.
15. IEC 60300-3-14:2004 – Dependability management – Part 3-14: Application guide – Maintenance and maintenance support»
16. Vybir ta obgruntuvannya pokaznykiv teoretychnoi nadiinosti metalurhiinoho obladnannia / K. V. Taratuta, O. Yu. Shanko // Metalurhiia. – 2015. – Vyp. 2. – pp. 109-113. (in Ukrainian)
17. DSTU EN 60300-3-14:2022 Keruvannya nadiinistiu. Chastyna 3-14. Posibnyk iz zastosuvannya. Tekhnichne obsluhovuvannya ta pidtrymka (EN 60300-3-14:2004, IDT; IEC 60300-3-14:2004, IDT) (in Ukrainian)
18. DSTU EN 60300-3-16:2022 Upravlinnia nadiinistiu. Chastyna 3-16. Posibnyk iz zastosuvannya. Nastanovy shchodo spetsyfikatsii posluh pidtrymky tekhnichnoho obsluhovuvannya (EN 60300-3-16:2008, IDT; IEC 60300-3-16:2008, IDT) (in Ukrainian)
19. Opocenska H., Hammer M. Reliability centred maintenance. MM Science Journal. 2016. Vol. 2016, no. 05. pp. 1451–1455. URL: [https://doi.org/10.17973/mmsj.2016\\_11\\_2016161](https://doi.org/10.17973/mmsj.2016_11_2016161) (date of access: 10.05.2025).
20. Aksiutenko I. S., Aksiutenko P. S. Tekhnolohii ta zasoby orhanizatsii systemy tekhnichnoho obsluhovuvannya. Tekhnichna inzheneriia. 2021. № 2(88). S. 72–76. URL: [https://doi.org/10.26642/ten-2021-2\(88\)-72-76](https://doi.org/10.26642/ten-2021-2(88)-72-76) (date of access: 10.05.2025). (in Ukrainian)
21. Kuchynskyi V.A. Osnovni napriamky pidvyshchennia efektyvnosti orhanizatsii remontno-tekhnichnoho obsluhovuvannya obladnannia / V.A. Kuchynskyi // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu „Kharkivskyi politekhnichnyi instytut”. Tekhnichniy prohres ta efektyvnist vyrobnytstva. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2008. – № 20-1. – pp. 43-47 (in Ukrainian)
22. Kotlyarova V. A Modern approach to the organization of supporting the efficiency of equipment at the industrial enterprise. Efektyvna ekonomika. 2020. No. 4. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.4.80>
23. Systema keruvannya yakistiu remontu ta tekhnichnoho obsluhovuvannya / V. P. Kvasnikov, O. V. Kiprova, V. V. Zhyhynas, B. M. Soroka // Visnyk Inzhenernoi akademii Ukrainy. – 2012. – Vyp. 1. – pp. 127-129 (in Ukrainian)
24. Bilodidenko S. V., Bilichenko H. M., Hanush V. I. Periodychnist diahnostuvannya mekhanichnykh system: Navchalnyi posibnyk z dystsipliny «Tekhnichna diahnostyka metalurhiinoho obladnannia» dlia studentiv spetsialnosti 133 – Haluzeve mashynobuduvannya (mahisterskyi riven). – Dnipro: NMetAU, 2017. – 89 p. (in Ukrainian)
25. Belodedenko S.V., Ibragimov M.S. Models for optimization the preventive maintenance schedules of mechanical systems in metallurgy. Metallurgical and Mining Industry. 2017. № 2. P. 26–37.

**Taratuta Kostiantyn**, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporizhzhia National University, ORCID: 0000-0002-6671-9670

**Kulik Tetiana**, candidate of technical sciences, Technical University «Metinvest Polytechnic» LLC, ORCID: 0000-0001-5315-6138

**Oliinyk Vitalii**, head of the design support department of PJSC «Zaporizhstal», ORCID: 0009-0000-3300-9536

## METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE SELECTION OF SYSTEMS RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE METALLURGICAL EQUIPMENT

Modern metallurgical production is a high-tech, material-intensive industry. The uninterrupted operation and productivity of this process depend largely on the condition and functionality of the technological equipment used. The efficiency of the production process depends on the reliable operation of the equipment. Various maintenance systems are used to ensure the equipment operates reliably and efficiently.



This work focuses on the features of choosing a maintenance system that prioritises reliability in metallurgical production conditions.

The main objective is to develop procedures that facilitate the selection of maintenance and repair strategies.

The article considers the pros and cons of different maintenance systems. The key characteristics of these systems are identified.

Within the framework of the recommended reliability-focused maintenance system, attention is given to choosing a repair strategy. To this end, the work classifies metallurgical equipment failures into three levels. The first level is based on the nature of the failure, the second level is based on the factors involved, and the third level is based on the consequences and the possibility of elimination. Classifying equipment involves determining the criticality level of failures. Taking into account the level of 'criticality' for each type of equipment, the most effective strategy should be determined.

Decision-making diagrams are useful for selecting a maintenance strategy. These diagrams provide a visual representation of the logic involved in choosing between alternative strategies based on specific conditions. The decision-making diagram presented in the article helps to structure the process of selecting a maintenance and repair strategy by reflecting possible actions and conditions, as well as their consequences, in the form of sequential steps.

Thus, the choice of a maintenance and repair strategy for metallurgical equipment directly affects the safety, continuity of production and technical and economic indicators of the enterprise.

Keywords: strategy, failure, maintenance, reliability, efficiency.