

УДК 658.58

*В. М. Голомовзий,  
к. е. н., доцент, доцент кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва,  
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів  
Н. Л. Калиновська,  
старший викладач кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва,  
, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів  
А. О. Калиновський,  
асистент кафедри зовнішньоекономічної та митної діяльності,  
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів*

## **ОЦІНЮВАННЯ ВИТРАТ З ВІДНОВЛЕННЯ ЗАВОДСЬКОЇ СИСТЕМИ МАШИН**

*V. M. Holomovzuy,  
PhD in Economics, Senior lecturer of Management and International Business Department,  
Lviv Polytechnic National Univesity  
N. L. Kalynovska,  
Senior Lecturer of Management and International Business Department,  
"Lviv Polytechnic", Lviv National University  
A. O. Kalynovsky,  
Assistant to the Department of Foreign Economic and Customs Activities,  
"Lviv Polytechnic", Lviv National University*

## **EVALUATION OF EXPENSES ON THE REHABILITATION OF FACTORY SYSTEM OF MACHINES**

*В статті розглянута сутність заводської системи машин, процеси і засоби забезпечення її технічної експлуатації, як підтримання, відновлення і покращення, відповідно за допомогою технічного обслуговування, ремонту, заміни, поновлення, створення і модернізації. Авторами визначені нові тенденції у функціонуванні заводських систем машин в умовах «Індустрії – 4.0» та розглянуто особливості підтримання їх працездатності. Це дозволило виявити ряд факторів, які впливають на працездатність, величину витрат і економічну ефективність заводських систем машин. Це змінює, в певній мірі, технічні, організаційно-технологічні та інформаційні методи підтримання працездатності заводських систем машин. На підставі досліджень запропоновано визначати ефективність відновлення заводської системи машин за допомогою показника її працездатності. Це дозволяє встановити зв'язок між витратами та отриманим економічним ефектом на відновлення заводської системи машин, що дасть можливість економічно обґрунтувати оптимальний рівень відновлення даної системи машин.*

*The essence of the factory machine system, processes and means of providing their technical exploitation, such as preserving, restoration and improvement, respectively, by means of maintenance, repair, replacement, renewal, creation and modernization are considered in the article. New trends in the functioning of factory machine systems in the "Industry-4.0" conditions*

*are identified and the features of maintaining their working capacity are considered. This made it possible to identify a number of factors affecting the efficiency, cost and economic effectiveness of factory machine systems. It changes, to a certain extent, technical, organizational, technological and informational methods of maintaining the working capacity of factory machine systems. Based on the research it is offered to determine the efficiency of restoration of factory machine system with the help of its efficiency index. This allows establishing a link between the costs and the resulting economic effect on the restoration of the factory machine system, which will enable to economically justify the optimal level of recovery of this machine system.*

**Ключові слова:** *система машин, технічна експлуатація, працездатність, економічна ефективність. Відновлення.*

**Key words:** *machine system, technical exploitation, working capacity, economic effectiveness, restoration.*

**Постановка проблеми.** Впровадження принципів "Індустрії 4.0" дозволяє отримати низку переваг, що не були доступні в традиційних моделях виробництва минулого. Ці швидкі організаційні, технічні, технологічні, економічні зміни виробництва призвели до створення на якісно інших принципах заводської системи машин з щільними технічними і технологічними зв'язками, з високим ступенем комп'ютеризації. Це обумовлює виникнення нових проблем, пов'язаних із забезпеченням їхньої працездатності. Існуючий організаційний та економічний інструментарій не завжди дозволяє правильно обрати стратегію відновлення заводської системи машин. Змістовність поняття «відновлення», в умовах "Індустрія 4.0", зміщується від відтворення різноманітних технічних параметрів до відновлення кіберфізичних заводських систем машин. Це потребує певної зміни погляду на ефективність відновлення. У науковій літературі значна увага приділяється організаційно-економічним методам відновлення заводської системи машин, проте проведені дослідження дозволяють стверджувати, що на практиці виникає багато проблем із забезпечення ефективності чинних організаційних, технічних і технологічних методів відновлення заводської системи машин. А саме:

- 1) узагальнення оцінки працездатності системи машин, врахування все більшої автоматизації абсолютно всіх процесів та етапів виробництва: від цифрового проектування виробу, створення його віртуальної копії — до віддаленого налаштування обладнання на заводі відповідно до технічних вимог з метою випуску цього конкретного "розумного" продукту;
- 2) достатньо низький рівень зворотнього зв'язку: від виникнення збоїв у технологічному процесі виробництва, через неналежне або несвоєчасне виконання завдань, покладених на ті чи інші структурні підрозділи, до витрат на їхнє забезпечення, тощо.

Критичний аналіз матеріалів підприємств і наукових праць вітчизняних та зарубіжних науковців показав, що більшість наукових розробок, які стосуються відновлення сучасної заводської системи машин, в частині економічного обґрунтування витрат, оцінки працездатності, мають теоретичний характер, що не дозволяє керівникам підприємств скористатись ними для створення організаційно-технологічної бази з метою забезпечення відновлення заводської системи машин.

**Аналіз останніх досліджень.** Проблеми створення організаційно-технологічної бази із забезпечення відновлення заводської системи машин розглядалися та вивчалися в різних контекстах багатьма вченими. Узагальнення огляду літературних джерел показало, що методичний інструментарій, в частині оцінки працездатності заводської системи машин і цей зв'язок з витратами, при створенні організаційно-технологічної бази та її відновлення не досліджено повною мірою. Саме тому, слід ретельно розглянути сутність та особливості визначення працездатності заводської системи машин.

**Постановка завдання.** Завдання полягають у виявленні та обґрунтуванні параметрів, які слід визначати підприємствам під час побудови та експлуатації їхньої організаційно-технологічної бази відновлення заводської системи машин.

#### **Виклад основного матеріалу.**

У науковій літературі, зазвичай, вживаються «відновлення» без конкретизації сутнісної відмінності між поняттям «відновлення техніки» і «відновлення заводської системи машин». Однак, окремими авторами ці поняття розмежовуються. Найбільш чітко зміст терміну «відновлення» розкривається у державних стандартах, а саме:

- згідно з ДСТУ 2860-94 відновлення – це подія, яка полягає в тому, що після несправності об'єкт знову відновлює здатність виконувати потрібну функцію [1];
- згідно з ДСТУ 2620-94 відновлення – це процес зміни чи ремонту окремих компонентів чи елементів технічних засобів із метою усунення виявлених пошкоджень [1];

- згідно з ГОСТ 27.002-89 відновлення – це процес переведення об'єкта із непрацездатного стану в працездатний стан [1].

Відповідно до «Великого тлумачного словника сучасної української мови» відновлення є поверненням до попереднього стану [2].

Як бачимо, поняття відновлення за змістом зводиться до ремонту одиниці техніки або багатьох її одиниць. При трактуванні поняття «система машин» найбільш часто зустрічаються визначення на кшталт:

Система (system) – комбінація взаємодіючих елементів, організованих для досягнення однієї або декількох поставлених цілей.

Система машин – раціонально обмежена сукупність технічних засобів, що узгоджено розробляються і постаються виробництву в плановому порядку.

Система машин або обладнання – сукупність машин і (або) обладнання, об'єднаних конструктивно і (або) функціонально для виконання необхідних функцій. [1,3,6].

Сучасні умови відновлення заводської системи машин потребують поглиблення уваги не тільки до ремонту, як до відновлення організаційно-технологічних зв'язків. Це викликано більш широким застосуванням інформаційних технологій у виробництві і тотальною автоматизацією.

Німецькі дослідники сформулювали кілька основних принципів побудови "Індустрії 4.0".

Перший — це сумісність, що означає здатність машин, пристроїв, сенсорів та людей взаємодіяти один з одним через інтернет речей (IoT).

Другий — це прозорість, яка з'являється в результаті дії першого принципу. У віртуальному світі створюється цифрова копія реальних об'єктів, систем, функцій, яка точно повторює все те, що відбувається з її фізичним клоном. Внаслідок цього накопичується максимально вичерпна інформація про всі процеси, які відбуваються з обладнанням, "розумними" продуктами, виробництвом у цілому і станом заводської системи машин. Для цього потрібно забезпечити можливість збору всіх цих даних із сенсорів та датчиків, а та-кож з обліку контексту, у якому вони генеруються.

Технічна підтримка — третій принцип. Інформаційні комп'ютерні системи допомагають людям приймати рішення завдяки збору, аналізу та візуалізації всієї інформації, про яку говорилося вище. Ця підтримка також може полягати у повному заміщенні людей машинами при виконанні небезпечних чи рутинних операцій.

Четвертий принцип — деталізація управлінських рішень, делегування деяких із них роботизованим системам. Ідея полягає у тому, щоб автоматизація була настільки повною, наскільки це взагалі можливо: всюди, де машина може ефективно працювати без втручання людей, рано чи пізно повинно відбутися заміщення людини машиною. Співробітникам при цьому відводиться роль контролерів, які можуть приєднатися в екстрених ситуаціях [8].

З вищенаведеного, узагальнюючи наведені вище тлумачення термінів та вивчення їхньої семантики, досліджень і аналізу сучасних тенденцій розвитку виробничих систем, дозволяє встановити змістовні відмінності категорій ремонту та відновлення техніки «відновлення заводської системи машин», які можна трактувати, як процес не тільки ремонту, а й відновлення інформаційного і організаційно-технологічного взаємозв'язку та впливу.

Ремонт – це захід або сукупність заходів (сукупність дій або засобів для досягнення, здійснення чого-небудь).

Відновлення – це процес (послідовна зміна станів об'єкта у часі) або подія (зміна властивостей об'єкта). Таким чином, можна стверджувати, що ремонт є, зокрема, одним із засобів відновлення. При цьому відновлення техніки може здійснюватися, як за допомогою ремонту непрацездатних або несправних її деталей, так і шляхом їх заміни на ідентичні нові, а також поновлення або створення кіберфізичних комплексів. Отже, відновлення є дещо відмінним, а також ширшим поняттям за ремонт.

Враховуючи наведені вище положення та підходи, а також сформульовані на їхній основі висновки, відновлення заводської системи машин можна визначити як процес повернення її та складових компонентів до справного або працездатного стану за допомогою заходів ремонту, заміни цих елементів а також поновлення або створення кіберфізичних комплексів.

Узагальнюючи матеріали літературних джерел [3,4,5], модернізацію заводської системи машин можна визначити як сукупність заходів, що спрямовані на покращення техніко-експлуатаційних параметрів заводської системи машин та складових компонентів у відповідності з досягненнями науково-технічного прогресу. Основними напрямками модернізації заводської системи машин є підвищення надійності та зниження експлуатаційних витрат.

Сформульовані положення щодо змісту основних понять категорійного апарату технічної експлуатації заводської системи машин та сутнісної відмінності між ними наочно відображено на рис. 1.



**Рис.1. Змістова характеристика та взаємозв'язок основних понять категорійного апарату технічної експлуатації заводської системи машин**

З економічної точки зору важливим компонентом є оцінка економічної ефективності відновлення, де головним показником виступає час його відновлення після відмови. Цей час містить такі основні складові:

- час виявлення елемента, що відмовив;
- час ремонту або заміни елементів, що відмовили;
- час доставки необхідних елементів та деталей;
- час налагоджування елемента та контролю після його ремонту або заміни.

Середній час відновлення (англ. mean time of repair; MTTR) — це математичне сподівання часу відновлення працездатного стану, який включає час очікування для частин, які не є доступними, або інші адміністративні, або логістичні простой (ALDT).

Виходячи з вищенаписаного, важливими компонентами є не тільки час на процес технічного відновлення заводської системи машин, а також на процес організаційно-технологічного відновлення і поновлення або створення інформаційно-кібернетичного комплексу. Процес організаційно-технологічного відновлення може включати у себе: вибір різних систем, технологій відновлення, логістики , а також поновлення або створення інформаційно-кібернетичного комплексу-перепрограмування, створення нового програмного продукту.

Викладене вище, визначило початкові посилання, які необхідно врахувати при визначенні економічної ефективності відновлення заводської системи машин.

Критерієм економічної ефективності взагалі та ефективності відновлення заводської системи машин, зокрема є економія суспільної праці. Кількісно оцінити цю ефективність можна за допомогою показника – сумарного економічного ефекту. Судячи із значення цього показника, можна зробити висновок про економічну ефективність того або іншого варіанту відновлення заводської системи машин, інакше кажучи, необхідно визначити математичну умову економічної ефективності.

Не дивлячись на різноманіття різних методів, методик і формул для визначення економічної ефективності відновлення заводської системи машин, більшість з них при визначенні економічної ефективності використовує рекомендації, запропоновану «Методикою визначення економічної ефективності використання в народному господарстві нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій». Що

стосується сутності розрахунків економічної ефективності, методика рекомендує в якості критерію економічної ефективності (порівняльної) брати мінімум приведених витрат.

Математичною умовою економічної ефективності відновлення заводської системи машин є (у загальному вигляді):

$$E > 0 \quad (1)$$

Очевидно, доданки, які входять у формулу (1) можуть бути, як позитивними (економія), так і негативними (збиток). У загальному вигляді показник економічної ефективності відновлення ДТТ має вигляд:

$$E = E_{\text{п}} - Z_{\text{к}} \quad (2)$$

де  $E_{\text{п}}$  – позитивний ефект, що є відверненням збитком, який не виник завдяки забезпеченому рівню працездатності заводської системи машин, грн.;

$Z_{\text{к}}$  – витрати на забезпечення заданого рівня працездатності заводської системи машин, грн.

Економічна природа показника ефективності відновлення заводської системи машин обумовлена функцією процесу її відновлення. У цьому показнику повинні бути враховані всі можливі витрати на здійснення робіт з відновлення заводської системи машин і економічного наслідку цих робіт для підприємств в цілому.

Як впливає з виразу (2), отримати позитивний результат значення показника ефективності відновлення заводської системи машин і його подальшого підвищення можна або за рахунок переважного (в порівнянні з витратами) зростання позитивного ефекту при наданні послуг, або за рахунок зниження витрат на відновлення заводської системи машин при незмінному або такому, що збільшує позитивний ефект. У зв'язку з цим важливе значення при побудові економічної моделі оцінки ефективності відновлення заводської системи машин набуває вибір параметра ефективності і характер складових економічного ефекту від його зміни. Параметром, що визначає ефективність відновлення заводської системи машин, пропонується коефіцієнт працездатності заводської системи машин, який розраховується таким чином:

$$K_{\text{рб}} = 1 - (F_{\text{пр}} / F_{\text{д}}), \quad (3)$$

де  $F_{\text{д}}$  – дійсний фонд часу роботи заводської системи машин за плановий період, годин;

$F_{\text{пр}}$  – час, що витрачається на позапланове відновлення заводської системи машин з технічних, організаційно-технологічних, інформаційно-кібернетичних причин у зв'язку з наданням послуг, яка не відповідає технічним вимогам, обумовлене відхиленнями технічних параметрів заводської системи машин, від його нормативних значень.

Вибір даного параметра для оцінки ефективності відновлення заводської системи машин обумовлений наступним міркуваннями. По-перше, ефективність відновлення заводської системи машин виявляється в експлуатації через її безвідмовність, по-друге, в ньому достатньо повно враховані витрати живої праці, пов'язані з підтриманням її працездатного стану через складову  $F_{\text{пр}}$ .

Дослідження, пов'язані з виявленням взаємозв'язку між витратами на відновлення ( $Z_{\text{крб}}$ ) і працездатністю заводської системи машин, які проводилися в конкретних умовах при наданні таких послуг на підприємствах, експериментально підтвердило наявність стійкого зворотнього зв'язку між простоями заводської системи машин і витратами на відновлення.

Асимптотичний характер убування значень одержаних кореляційних залежностей  $U_{\text{к}} = f(X_{\text{к}})$  доводить, що досягти повної ліквідації простоїв заводської системи машин дуже складно. Крім цього, асимптотичний характер зниження простоїв на кожну одиницю часу потребує більше матеріальних, трудових і фінансових засобів, тобто має місце зниження ефективності витрат на забезпечення працездатного стану заводської системи машин.

На існування подібної форми зв'язку між витратами на відновлення і простоями ДТТ вказують і зарубіжні дослідники (6).

Тому граничне значення витрат при поліпшенні параметра ефективності відновлення заводської системи машин прагне до нескінченності, тобто при  $K_{\text{рб}} \rightarrow 1$  витрати на її забезпечення ефективності збільшуються  $Z_{\text{крб}} \rightarrow \infty$ .

Характер залежностей  $E_{\text{п}}$  і  $Z_{\text{крб}}$  від параметра  $K_{\text{рб}}$  обумовлює екстремальний характер кривої сумарного економічного ефекту  $E$ , що дозволяє оптимізувати величину рівня працездатності заводської системи машин за максимальним значенням економічного ефекту її відновлення.

#### Література.

1. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. – [Чинний від 1994-12-28]. - К.: Держстандарт України, 1994. – 91 с. – (Національний стандарт України).

2. Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод., допов. на CD) / [Уклад. і голов. ред. В. Т. Бусел]. - К.: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2009. – 1736 с.
3. Грачова Р. Реконструкція, модернізація та ремонт ОЗ / Римма Грачова // Дебет-Кредит. – 2004. - №17-18.
4. Подреза С. М. Прогресивні технології відновлення авіаційної техніки: реферат роботи на здобуття Державної премії України в галузі науки і техніки 2012 р. [Електронний ресурс] / [С. М. Подреза, О. І. Варченко, В. В. Жигинас та ін.]. – Режим доступу: [www.kdpu-nt.gov.ua/sites/default/.../r41\\_1.doc](http://www.kdpu-nt.gov.ua/sites/default/.../r41_1.doc).
5. Тамаргазін О. А. Формування програм технічного обслуговування авіаційної техніки: монографія / О. А. Тамаргазін. - К.: НАУ, 2007. – 160 с.
6. Калиновський А.О. Економічні проблеми оптимізації процесу експлуатації авіаційної техніки / А.О. Калиновський, Н.Л. Калиновська // LXVII науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. 12-14 травня 2011 р., Київ, Україна / Національний транспортний університет. – Київ: Вид-во НТУ, 2011. – С. 426.
7. Четверта промислова революція: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
8. Індустрія 4.0 – що це таке та навіщо це Україні: <https://appau.org.ua/publications/industriya-4-0-shho-tse-take-ta-navishho-tse-ukrayini/>

#### **References.**

1. Derzhstandart Ukrainy (1994), Natsional'nyj standart Ukrainy. Nadijnist' tekhniky. Terminy ta vyznachennia: DSTU 2860-94 [National standard of Ukraine. Reliability of technology. Terms and definitions: DSTU 2860-94], Derzhstandart Ukrainy, Kyiv, Ukraine.
2. Busel, V. T. (2009), Velykyj tлумachnyj slovnyk suchasnoi ukrains'koi movy [Great explanatory dictionary of modern Ukrainian language], VTF «Perun», Irpin, Ukraine.
3. Hrachova, R. (2004), “Reconstruction, modernization and repair of fixed assets”, Debet-Kredyt, vol.17-18.
4. Podrieza, S. M., Varchenko O. I. and Zhyhynas V. V. (2012), “Progressive recovery technology aeronautical engineering: abstract work for the State Prize of Ukraine in Science and Technology”. [Online], available at: [www.kdpu-nt.gov.ua/sites/default/.../r41\\_1.doc](http://www.kdpu-nt.gov.ua/sites/default/.../r41_1.doc). (Accessed 4 Apr 2018).
5. Tamarhazin O. A. (2007), Formuvannia prohram tekhnichnoho obsluhovuvannia aviatsijnoi tekhniky [Formation of aviation technical maintenance programs], NAU, Kyiv, Ukraine.
6. Kalynovsky A.O. and Kalynovska N.L. (2011), “Economic problems of optimization of aircraft operation process”, LXVII naukovopraktychna konferentsiia naukovopedagogichnykh pratsivnykiv, aspirantiv, studentiv ta strukturnykh pidrozdiliv universytetu [LXVII scientific and practical conference of scientific and pedagogical workers, postgraduate students, students and structural units of the University], 12-14 may, Natsionalnyj transportnyj universytet, NTU, Kyiv, Ukraine.
7. wikipedia (2016), “The Fourth Industrial Revolution”, available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki> (Accessed 4 Apr 2018).
8. Association of Industrial Automation of Ukraine (2018), “Industry 4.0 - what is it and why it is for Ukraine”, available at: <https://appau.org.ua/publications/industriya-4-0-shho-tse-take-ta-navishho-tse-ukrayini/> (Accessed 4 Apr 2018).

*Стаття надійшла до редакції 09.04.2018 р.*