

DOI: 10.15276/ETR.01.2021.6  
 DOI: 10.5281/zenodo.4885337  
 UDC: 338.45:330.43:330.332  
 JEL: C52, D00

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТУВАННЯ У ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

### ESTIMATION EFFECTIVENESS INVESTMENT FOR ADVANCEMENT RELIABLE TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Vitaly I. Zaharchenko, DEcon, Professor  
 Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine  
 ORCID: 0000-0003-2903-2471  
 Email: kafedra@mzeid.in

Vira V. Kandieieva, PhD in Economics, Associate Professor  
 Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine  
 ORCID: 0000-0002-8707-0700  
 Email: vkandeeva@opu.ua

Received 04.02.2021

*Захарченко В.І., Кандєєва В.В. Оцінка ефективності інвестування у підвищення надійності технологічних систем. Науково-методична стаття.*

Сьогодні існує недостатня методологічна розробленість оцінки втрат від відмови більшості технологічних систем. Підвищення надійності, забезпечення споживачів цільовим продуктом – одна з найважливіших задач розробки, виробництва і експлуатації новітніх технологічних систем. Запропоновані варіанти розрахунку ефективності використання ресурсів на заходи з підвищення надійності технологічних систем у промисловому виробництві. Аналізується дві точки зору відносно методології визначення економічної ефективності підвищення надійності технологічних систем: метод «рівного результату» за визначеними варіантами розрахунку приведених витрат; метод «обліку витрат» – оцінка на основі аналізу зміни приведених витрат, тобто зміна витрат споживачів і суміжних ланок. Наведені варіанти розрахунків економічної ефективності підвищення надійності технологічних систем на основі використання двох методів.

*Ключові слова:* система, надійність, технологія, інвестування, ефективність, метод, витрати

*Zaharchenko V.I., Kandieieva V.V. Estimation effectiveness investment for advancement reliable technological systems. Scientific and methodical article.*

Today there is a lack of methodological development of loss assessment from the failure of most technological systems. Improving the reliability of providing consumers with the target product is one of the most important tasks of development, production and operation of the latest technological systems. Options for calculating the efficiency of resource use for measures to improve the reliability of technological systems in industrial production are proposed. Two points of view are analyzed concerning the methodology of determining the economic efficiency of increasing the reliability of technological systems: the method of "equal result" according to certain options for calculating the reduced costs; method of "cost accounting" – an estimate based on the analysis of changes in reduced costs, ie changes in losses of consumers and related units. Variants of calculations of economic efficiency of increase of reliability of technological systems on the basis of use of two methods are resulted.

*Keywords:* system, reliability, technology, investment, efficiency, method, costs

У сучасній науковій літературі є група питань, яка поки ще не знайшла достатнього освітлення. До них відноситься проблематика надійності сучасних технологічних систем (ТС). Знаходячись на межі наукових знань і мистецтва, діяльність інженерно-технічних спеціалістів і економістів довгий час не знаходила своїх дослідників.

Одним з найцінніших якостей homo sapiens є його здібність у процесі пізнання виділяти головне і суттєве, залишаючи при цьому без уваги несуттєві або випадкові признаки, що необхідно для правильного і глибокого розуміння об'єкта пізнання. Метод абстрагування допоміг людству отримати і упорядкувати знання у будь якій сфері його діяльності та тим самим сприяти виникненню і розвитку окремих наук.

Тем не менш до сих пір для рішення той чи іншої проблеми не завжди маємо відповідну теорію. В сфері нових технологій чимало прикладів того, як практика попереджує теорію, а розвиток теорії внаслідок дозволяє покращити досягнуті практичні результати. Такими залишаються справи і з теорією надійності ТС.

Сьогодні у постановочному плані з'явилося багато нових проблем, які відображають накопичений до сьогодення досвід, зміни (перехід до 5-6 технологічного укладів, а на горизонті вже і сьомий [9, с.732-736]), які відбуваються у технічних і економічних науках, і нові результати досліджень у цій сфері знань.

Особливо суттєвими є наступні зміни:

- розширена область систем, що розглядаються науковцями, що дало основу для заміни термінів «машинна система», «технічна система» [4; 8; 12] на термін «технологічна система»;
- розширена сфера застосування результатів, які

можуть бути корисними не тільки інженерній діяльності, а і у соціально-економічній; — вибір нових технологій, як об'єктів для інвестування.

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

Значний внесок у вивчення питань, що стосується особливостей як ТС так і інвестування в їх розробку і експлуатацію, здійснили такі науковці: Александрова В. [6], Головчук Ю. [1], Карпінська Г. [2], Кендюхов О. [3], Кузнецов А. [4], Лисенко Ю [5], Усов А. і Оборський Г. [8], Федулова Л. [9], Філіппова С. [10], Харчук С. [11], Хубка В. [12], Щетілова Т. [13], Янковий О. [14].

Вклад учених-економістів і фахівців технічних наук у вирішенні актуальності дослідження як суто ТС так і надійності/ефективності їх експлуатації на підприємствах промислового комплексу є вагомими, але водночас слід звернути увагу на об'єктивну необхідність досліджень питань, що стосуються аналізу стану та визначення перспектив подальшого ефективного інвестиційного забезпечення впровадження ТС. Так Кендюхов О. бачить основні проблемні аспекти науково-технологічного розвитку України, «...основними з яких є: рівень інноваційної активності вітчизняних підприємств, частка передових технологічних укладів в економіці України, фінансування наукової сфери, скорочення наукового потенціалу нашої країни та відтік молодих наукових кадрів [3, с.86]. Головчук Ю. підкреслює: «Підвищення конкурентоспроможності передбачає розробку та вибір відповідних стратегій, які майже постійно розробляються та адаптуються [1, с.69]. Яновський О., аналізуючи сучасні тенденції промислового виробництва, свідчить «... про дискусійність загальновідомого постулату щодо позитивної ролі неухильного підвищення фондоозброєності у вітчизняному машинобудуванні» [14, с.27]. Карпінська Г. підкреслює, «... що комплементарний підхід до забезпечення збалансованого розвитку промислового підприємства та забезпечення безперервності розширеного відтворення його виробничого капіталу дає можливість забезпечити підвищення ефективності його діяльності» [2, с.93]. Щетілова Т. наполягає, що «... процедура мінімізації змінності є економіко-математичною умовною утримання середнього рівня або підвищення продуктивності та ефективності як самої реструктуризації, так і ефективності економічного розвитку в цілому» [13, с.14]. Лисенко Ю., досліджуючи методологію моделювання життєвостійких систем в економіці, наполягає на кількісній оцінці їх надійності [5, с.129-131]. Харчук С. стверджує, що «Для задовільного стану інвестиційної діяльності підприємств України в умовах економічної нестабільності необхідно провести ряд інноваційних заходів, які комплексно будуть впливати на інвестиційний клімат діяльності

підприємств: поліпшення інвестиційної інфраструктури; покращення демографічних показників; контроль за рівнем ризиків; адаптація правової та нормативної бази України відповідно до вимог ЄС, націленої на ефективне та стабільне функціонування економіки; підвищення рівня ВВП України; врегулювання проблем державного боргу; скорочення масштабу корупції в органах самоврядування; забезпечення розвитку фінансового сектору» [11, с.71]. Саліхова О., досліджуючи концепцію розумної спеціалізації та пов'язуючи її з концепцією науково-технологічного розвитку відмічає, що «... новому Уряду необхідно актуалізувати підготовку Стратегії з урахуванням нещодавно прийнятих в ЄС документів у частині модернізації промисловості на засадах розумної спеціалізації. У механізмі впровадження Стратегії, серед іншого, слід закласти нові фінансові інструменти й державну допомогу на реалізацію проектів з технологічних інновацій на базі ключових технологій із використанням публічних закупівель інноваційної продукції» [7, с.69].

### **Вирішення невирішених раніше частин загальної проблеми**

В даний час склалася струнка система технічних показників надійності ТС, визначено їх взаємозв'язок і взаємовплив, розроблені методи оцінки. Можна зіслатися, наприклад, на великі групи державних стандартів за темами: «Надійність в техніці», «Система технічного обслуговування ремонту техніки». Економічні ж показники надійності в більшості нормативних документів або взагалі не згадуються, або наводяться у вигляді допоміжних параметрів, яким ніякої суттєвої ролі в аналізі надійності ТС не відводиться.

Однак економічні показники надійності не тільки так само важливі, як і технічні показники, а й в більшості випадків є більш інформативними з точки зору вироблення думки про рівень надійності ТС. Там де критерієм прийняття рішень виступають економічні фактори - а це переважна більшість комерційних і господарських завдань і систем, - технічні показники надійності є допоміжними проміжними параметрами, які тільки дозволяють перейти до оцінки кінцевих цілей аналізу, тобто економічних показників надійності.

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

При зіставленні варіантів технічних рішень, що відрізняються за рівнем надійності, можна розглядати такі економічні показники, як витрати на підвищення надійності ТС, економічні втрати від відмов і т.п. У свою чергу ці економічні показники будуть визначатися за допомогою технічних показників надійності: ймовірності або інтенсивності відмов, середнього часу відновлення, коефіцієнта технічного використання та ін.

Недостатня методологічна розробленість оцінки збитку від відмов більшості ТС у всіх

галузях матеріального виробництва та невиробничій сфері вплинула і на питання врахування його в економічних розрахунках надійності. Сьогодні практично немає міжгалузевих або будь-яких галузевих документів (методик, інструкцій та ін.), в яких при розрахунках економічної ефективності підвищення надійності ТС регламентувався б облік збитків споживачів та інших суміжних ланок.

І це незважаючи на те, що у Типовій методиці визначення економічної ефективності капітальних вкладень і у Методиці визначення ефективності нової техніки в якості неодмінної умови, вказано на необхідність врахування пов'язаних витрат, в тому числі і у споживачів цільового продукту ТС і у суміжних ланках, тобто в даному випадку збитку від відмов [6].

Покажемо, що облік збитку в рішенні названої групи завдань є відображенням загальногосподарського підходу в техніко-економічних розрахунках і повністю відповідає чинним методичним документам розрахунку ефективності інвестицій і нової техніки [10].

Підвищення надійності постачання споживачам цільового продукту - одна з найважливіших задач проектування, спорудження та експлуатації ТС в будь-якій галузі матеріального виробництва. Однак випадки, коли підвищення надійності може бути досягнуто без додаткових витрат матеріальних або трудових ресурсів, на практиці зустрічається вкрай рідко. Звідси виникає завдання економічного обґрунтування додаткових витрат ресурсів на підвищення надійності ТС.

Незважаючи на актуальність і важливість економічної оцінки підвищення надійності, це завдання ще не знайшло загальновизнаного рішення. Виняток становлять випадки, коли здійснювані в ТС організаційно-технічні заходи дозволяють скоротити витрати без зміни рівня її надійності, і в рівній мірі, коли підвищення надійності постачання споживачам цільових продуктів ТС може бути забезпечено без додаткових витрат. У першому випадку ефективність заходу визначається різницею витрат.

$$E_1 = \Delta B - E_p - E_z, \quad (1)$$

де  $\Delta B$  – різниця приведених витрат по ТС до і після здійснення заходів щодо підвищення надійності;  $E_p$  – річна економія виробничих ресурсів;  $E_z$  – приведені витрати на здійснення розглянутих заходів.

У другому випадку доцільність здійснення заходів не викликає сумнівів, але визначення чисельного значення їх економічної ефективності не настільки очевидно, як в попередньому випадку.

До теперішнього часу склалися дві точки зору щодо методології визначення економічної ефективності підвищення надійності ТС в різних

галузях матеріального виробництва та невиробничій сфері.

Перша точка зору побудована на безумовній вимозі рівності «вихідного результату», іманентно властивий принципу порівняння варіантів на основі приведення витрат. Відповідно до другої точки зору розрахунок економічного ефекту здійснюється для варіантів з принципово різним рівнем надійності забезпечення споживачів цільовим продуктом ТС, але з урахуванням зміни збитків у споживачів та для інших суміжних ланок.

1. У першому випадку, назовемо його метод «рівного результату», при визначенні економічної ефективності заходу, що забезпечує підвищення надійності ТС, виходять зі слідуєчих міркувань. Величина економічного ефекту у всіх випадках повинна визначатися як різниця приведених витрат за двома варіантами їх вкладення. Другим варіантом, очевидно, є випадок, що охоплює захід щодо підвищення надійності якого розглядається. З огляду на вимогу рівності «вихідного результату» за всіма параметрами, включаючи і надійність, перший варіант вкладення витрат повинен забезпечувати таку ж надійність постачання споживачам цільового продукту ТС, яку досягаємо на основі реалізації названого заходу. У першому варіанті вкладення витрат цей рівень надійності забезпечується будь-яким іншим, відмінним від нашого заходу способом.

Наприклад, якщо захід полягає у впровадженні нової техніки або технології, то перший варіант, званий зазвичай «базовим», може полягати в підвищенні надійності ТС традиційним способом. Звичайно, спосіб повинен бути найбільш дешевим з усіх відомих і практично реалізованих способів. При цьому, оскільки обидва варіанти забезпечують однаковий рівень надійності постачання споживачам цільового продукту – ТС, відсутня необхідність визначення зміни пов'язаних витрат у споживачів і у суміжних ланках, тобто зміни їх річних збитків від відмов ТС.

Економічна ефективність заходу, що підвищує надійність ТС, в цьому випадку оцінюється за формулою:

$$E_2 = B_b - B_m, \quad (2)$$

де  $B_b$  – приведені витрати за базовим варіантом підвищення надійності.

Іноді  $B_b$  виражають у вигляді питомих базових витрат в розрахунку на одиницю підвищення надійності ТС, наприклад, на одиницю недовідпущеного споживачу цільового продукту ТС через її відмови:

$$b_b = \frac{B_b}{\Delta\Pi_b}, \quad (3)$$

де  $b_b$  – питомі базові приведені витрати на підвищення надійності ТС (зниження недовідпуску одиниці цільового продукту);  $\Delta\Pi_b$  – обсяг зниження недовідпуску цільового продукту

ТС в рік при базових приведених витратах  $B_b$ . Аналогічно ця величина може бути виражена в розрахунку на одну годину простою ТС або число її відмов протягом року.

Використовуючи питомі витрати на підвищення надійності ТС, економічну ефективність заходів визначають за формулою:

$$E_2 = b_b \Delta\Pi - b_m, \quad (4)$$

де  $\Delta\Pi$  – зменшення недовідпуску цільового продукту в розрахунку на рік в результаті впровадження заходу, що підвищує надійність ТС;  $b_m$  – питомі приведені витрати на підвищення надійності технологічної системи по даному заходу.

Застосування питомих приведених витрат полегшує оцінку економічної ефективності заходів по підвищенню надійності, так як виключається необхідність пошуку кожного разу базового варіанту. Крім того, величина питомих приведених витрат може бути задана у вигляді нормативу, який може бути розрахований на основі відповідних техніко-економічних показників. Недоліком методу є лінійна залежність, яка приймається між витратами і надійністю, тоді як відомо, що будь-яке подальше підвищення надійності ТС обходиться в питомому відношенні дорожче попереднього.

2. У другому випадку, назвемо його методом «обліку збитків», економічну ефективність заходу щодо підвищення надійності ТС пропонується оцінювати на базі аналізу зміни приведених витрат – зміни (зменшення) шкоди споживачів і суміжних ланок. Економічна ефективність заходу, що підвищує надійність забезпечення споживачів цільовим продуктом ТС, оцінюється в цьому випадку як різниця приведених витрат, включаючи шкоду для споживачів і суміжних ланок, в розрахунку на рік до і після впровадження даного заходу:

$$E_3 = (B_0 + U_0) - (B_m + U_m) = \Delta B_m + \Delta U, \quad (5)$$

де  $B_0$  та  $U_0$  – відповідно приведені витрати на ТС і шкода у споживачів до впровадження заходу щодо підвищення надійності;  $U_m$  – збиток

споживачів після здійснення даного заходу;  $\Delta B$  та  $\Delta U$  – зміна приведених витрат і збитків споживачів внаслідок впровадження заходу щодо підвищення надійності.

Метод «обліку збитку», таким чином, передбачає вирівнювання вихідного корисного результату за всіма параметрами ТС, крім параметра, який варіює. Зміна параметра, який варіює позначається на зміні витрат (збитків) у споживача, і відповідно до Типової методики визначення економічної ефективності капітальних вкладень це повинно знайти відображення в розрахунках ефективності, чим і забезпечується загальногосподарський підхід в техніко-економічних розрахунках.

Викладені дві точки зору на оцінку економічної ефективності в значній мірі альтернативні одна до одної. Але обидві вони обґрунтовуються досить серйозно і тому вимагають уважного розгляду. По-перше, необхідно встановити, яка і в яких умовах точка зору є більш обґрунтованою, і, по-друге, чи можуть вони співіснувати і яка в цьому випадку буде область застосування кожного із зазначених методів.

Для вирішення поставлених питань розглянемо негативні сторони, які привласнені названим прийомом визначення економічної ефективності підвищення надійності ТС.

Для методу «рівного результату» негативним слід назвати той факт, що використання цього методу не дозволяє відповісти на питання: чи ефективно в даній ситуації взагалі підвищення надійності? Проілюструємо це на прикладі інвестування впровадження на ПАТ «Одескабель» новітньої технології системи виробництва принципово нової продукції – LAN-кабелів 6-ї та 7-ї категорії (табл. 1).

З таблиці 1 видно, що аналізований і базовий варіанти забезпечують рівне значення надійності постачання споживачам цільового продукту ТС. Тому величину економічного ефекту визначимо після деяких перетворень формули (2):  $E = 0,12 \times 100 + 10 = 22$  тис. грн в рік, де  $E_n = 0,12$  - нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності інвестицій.

Таблиця 1. Порівняльна оцінка варіантів інвестування

Варіант	Інвестиції (I), тис. грн	Поточні витрати (C), тис. грн на рік	Щорічні витрати (U), тис. грн на рік
Існуючий (0)	100000	10000	4000
Базовий (b)	110000	11000	3000
Проаналізований (m)	109000	10900	3000

Джерело: власна розробка авторів

З цього розрахунку випливає, що проаналізований варіант заходу щодо підвищення надійності ТС економічно ефективний і може бути рекомендований до здійснення. Однак подивимося, чи окупаються витрати на цей захід відповідним зниженням збитків споживачів від відмов, тобто чи будуть дотримані

загальногосподарські інтереси. Додаткові наведені витрати на підвищення надійності ТС при обраному варіанті заходу складуть:  $\Delta B = 0,12 \times 900 + 90 = 198$  тис. грн на рік.

У той же час величина зниження збитків споживачів від відмов  $\Delta U = U_0 - U_b = 100$  тис. грн на рік, тобто  $\Delta B > \Delta U$ .



Остання нерівність означає, що впровадження даного заходу щодо підвищення надійності постачання споживачам цільового продукту ТС недоцільно, і це вступає в протиріччя з висновком, який отримано на основі оціненого раніше економічного ефекту.

Єдина можливість виключити зазначену суперечність - це обмежити сферу застосування методу «рівного результату» при визначенні економічної ефективності випадком існування нормативу надійності ТС. При цьому питання про визначенні економічної ефективності заходу з підвищення надійності постачання споживачу цільового продукту ТС трансформується в питання визначення порівняльної економічної ефективності забезпечення заданого рівня надійності у різний спосіб. Величина нормативу надійності ТС може бути задана, наприклад, виходячи з вимог соціальних нормативів безпеки, на основі попереднього техніко-економічного розрахунку і т.д.

Критика, яка висловлюється зазвичай на адресу методу «обліку збитку», полягає в тому, що при його використанні для розрахунку економічної ефективності заходів щодо підвищення надійності постачання споживачу цільового продукту ТС ітерується вимога рівності вихідного результуючого ефекту, тобто розглянуті варіанти не забезпечують однакової якості (надійності) цільового продукту [4, с.17]. Як зазначалося, такий методичний підхід має певне економічне підґрунтя, але все ж необхідно показати, що в даному випадку всі вимоги, що

пред'являються до порівняння варіантів за приведеними витратами, задовольняються.

Для цього перейдемо від розгляду об'єкта «ТС» до об'єкта «ТС – споживачі», тобто до комплексу, що включає в себе власне систему і споживачів за першим концентром сполучення. Вихідним результатом такого комплексу буде продукція, що випускається підприємствами – споживачами цільового продукту цієї ТС і вимога рівності відносного результату за варіантами буде відноситися вже до кількості та якості цієї продукції.

Якщо при цьому виходити з вимоги рівності кількості і якості цієї продукції, то задача визначення економічної ефективності підвищення надійності постачання споживачу цільового продукту ТС зводиться до зміни витрат без зміни вихідного ефекту, тобто може бути використана формула (1).

У таблиці 2 надані складові для розрахунку економічної ефективності заходу, що забезпечує підвищення надійності ТС з урахуванням висловлених міркувань. Для існуючого і аналізованого варіантів ТС, що мають різну надійність постачання споживачу цільового продукту, прийнято наступне. Недовідпуск продукції підприємствами – споживачами за варіантами різні, проте завдяки резервуванню виробничих потужностей споживачів, відповідно з витратами на резерви  $V_{ko}$  та  $V_{km}$ , вказаний недовідпуск продукції в кожному випадку вдається компенсувати так, щоб забезпечити плановий обсяг випуску продукції  $\Delta\Pi_n$ .

Таблиця 2. Складові для розрахунків ефективності інвестицій

Варіанти	ТС		Споживачі цільового продукту				
	Інвестиції	Поточні витрати	Інвестиції	Поточні витрати	Нереалізована продукція	Витрати на резерв	Обсяг випуску продукції
Існуючий	$K_o^n$	$C_o^n$	$I_o^n$	$C_o^n$	$\Delta\Pi_o$	$V_{ko}$	$\Pi_o$
Проаналізований	$K_m^n$	$C_m^n$	$I_m^n$	$C_m^n$	$\Delta\Pi_m$	$V_{km}$	$\Pi_m$

Джерело: власна розробка авторів

Відповідно до формули (1) економічну ефективність підвищення надійності технологічної системи визначимо з виразу:

$$E_4 = E_n(I_o^t + I_o^n - I_m^t - I_m^n) + (C_o^t + C_o^n - C_m^t - C_m^n) + (V_{ko} - V_{km}), \quad (6)$$

Так як витрати на резерв виробничої потужності споживачів виділені окремо, можна вважати, що  $I_o^n = I_m^n$ . Позначимо:  $I_o^t - I_m^t = \Delta I^t$ ;  $C_m^t - C_o^t = \Delta C^t$ ;  $C_o^n - C_m^n = \Delta U_1$ , де  $\Delta U_1$  – зміна складової збитку споживачів, яка відображається на його поточних витратах, а  $V_{ko} - V_{km} = \Delta U_2$  – зміна витрат на резервування виробничої потужності, які так само, як було показано, є складовою збитку споживачів від відмов.

В цілому економічна ефективність підвищення надійності ТС при заданому нормативі надійності

набуває вигляду:

$$E_4 = \Delta U_1 + \Delta U_2 - E_n \Delta I^t - \Delta C^t, \quad (7)$$

Якщо при цьому врахувати, що:

$$E_n \Delta I^t + \Delta C^t = Z_m - \Delta U^t, \quad (8)$$

де  $\Delta U^t$  – зміна збитків від відмов у самій технологічній системі, то отримаємо:

$$E_4 = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U^t - V_m = \Delta U - B_m, \quad (9)$$

Отже економічна ефективність підвищення надійності постачання споживачу цільового продукту ТС для даного випадку оцінюється як різниця зміни сумарного збитку від відмов і витрат на здійснення заходів щодо підвищення надійності.

Розглянемо застосування наведеного методу визначення економічної ефективності по

відношенню до підвищення технологічного рівня діючого виробництва, що супроводжується зростанням надійності постачання споживачу цільового продукту певної ТС.

Як відомо, обладнання вважається повністю морально зношеним і вимагає заміни, якщо приведені витрати на новій установці будуть менше, ніж поточні витрати на діючій, без амортизаційних відрахувань на реновацію [14]. Звідси можна визначити величину економічного ефекту від підвищення технологічного рівня виробництва, що забезпечує підвищення надійності постачання споживачу цільового продукту.

Так, при заходах, що не супроводжуються збільшенням обсягу цільового продукту ТС що відпускається, маємо:

$$E_5 = C'_0 - (C_m + E_n I_m), \quad (10)$$

де  $C'_0$  – поточні витрати без реноваційних відрахувань до здійснення заходів щодо підвищення технологічного рівня виробництва.

Поточні витрати розглядаємо по відношенню до комплексу «ТС – споживачі», і тоді для  $C_0$  можна записати (без незмінної частини):

$$C'_0 = c'_0 \Pi_0 + (U_T + U_n) \Delta \Pi_0, \quad (11)$$

де  $c'_0$  – питома собівартість виробництва цільового продукту ТС (без реноваційних відрахувань) до здійснення заходів;  $\Pi_0$  та  $\Delta \Pi_0$  – планове вироблення цільового продукту і очікуване значення його недовиробітку до здійснення заходів;  $U_T$  та  $U_n$  – питомий збиток ТС і споживачів від відмов.

Аналогічно запишемо вираз для змінної частини поточних витрат комплексу, що озглядається після впровадження заходу:

$$C_m = c'_m \Pi_0 + p I_m + (U_T + U_n) \Delta \Pi_m, \quad (12)$$

де  $c'_m$  та  $\Delta \Pi_m$  – питома собівартість виробництва цільового продукту ТС (без реноваційних відрахувань) і очікуване значення його недовиробітку після впровадження заходу;  $p$  – норма амортизаційних відрахувань на реновацію.

Перетворюючи вихідний вираз, отримуємо формулу для розрахунку економічного ефекту:

$$E_5 = (U_T + U_n) (\Delta \Pi_0 + \Delta \Pi_m) - \Pi_0 (c'_m - c'_0) - I_m (p + E_n), \quad (13)$$

При заходах з підвищення технологічного рівня виробництва, що забезпечують підвищення надійності постачання споживачам цільового продукту і супроводжуються збільшенням обсягу його вироблення, економічний ефект може бути визначений як:

$$E_6 = C'_0 + \Delta C_0 + E_n \Delta I_0 - (C_m + E_n I_m), \quad (14)$$

де  $\Delta C_0$  та  $\Delta K_0$  – додаткові поточні витрати та інвестицій на екстенсивне збільшення вироблення цільового продукту без здійснення заходів щодо

підвищення надійності ТС.

Додаткові поточні витрати з урахуванням збитку можуть бути визначені за виразом:

$$\Delta C_0 = c'_0 \Pi'_0 + p \Delta I_0 + (U_T + U_n) \Delta \Pi_0 \frac{\Pi'_0}{\Pi_0}, \quad (15)$$

де  $\Pi'_0$  – додатковий обсяг вироблення цільового продукту.

Враховуючи цей додатковий цільовий продукт, поточні витрати по здійснюваному заходу можуть бути оцінені за формулою:

$$C_m = c'_m (\Pi_0 + \Pi'_0) + p I_0 + (U_T + U_n) \Delta \Pi_m, \quad (16)$$

Тоді остаточний економічний ефект:

$$E_6 = (U_T + U_n) \left[ \Delta \Pi_0 \left( 1 + \frac{\Pi'_0}{\Pi_0} \right) - \Delta \Pi_m \right] - (\Pi_0 + \Pi'_0) (c'_m - c'_0) - (p + E_n) (I_m - \Delta I_0), \quad (17)$$

Отримані формули розрахунку економічної ефективності заходу з підвищення надійності ТС дозволяють оцінити значення граничних вкладень в розрахунок на зниження обсягу недовідпуску її цільового продукту. Так, з формули (13) маємо:

$$I'_U = \frac{I_m}{\Delta \Pi_0 - \Delta \Pi_m} = \frac{(y_T + y_n) (\Delta \Pi_0 - \Delta \Pi_m) - \Pi_0 (c'_m - c'_0)}{(p + E_n) (\Delta \Pi_0 - \Delta \Pi_m)}, \quad (18)$$

де  $I'_U$  – питоми граничні інвестиції на підвищення надійності ТС в розрахунок на одиницю зниження недовідпуску цільового продукту (варіант заходів без зростання обсягів відпуску цільового продукту).

При  $\Delta \Pi_0 - \Delta \Pi_m = \Delta \Pi$ ;  $y_T + y_n = y$ ;  $c'_m - c'_0 = \Delta c'$  отримаємо

$$K'_{\text{птг}} = \frac{y \Delta \Pi - \Pi_0 \Delta c'}{(p + E_n) \Delta \Pi}, \quad (19)$$

З формули (17) величину питомих граничних інвестиційних вкладень на підвищення надійності ТС в розрахунок на одиницю зниження недовідпуску цільового продукту (варіант заходів зі збільшенням обсягу відпуску цільового продукту) можна визначити за формулою:

$$I''_U = \frac{I_m}{\Delta \Pi_0 - \Delta \Pi_m + \frac{\Delta \Pi_0 \Pi'_0}{\Pi_0}} = \frac{(p + E_n) \Delta I_0 - \Delta c' (\Pi_0 + \Pi'_0) + y \Delta \Pi_0 - \Pi_0 (c'_m - c'_0)}{\Delta \Pi_0 (p + E_n)}, \quad (20)$$

де  $\Delta \Pi'_0 = \Delta \Pi_0 - \Delta \Pi_m + \frac{\Delta \Pi_0 \Pi'_0}{\Pi_0}$  – зміна (зменшення) недовідпуску цільового продукту з урахуванням збільшення обсягу його постачання споживачам.

В окремому випадку, при  $\Delta c' = 0$ , маємо:

$$I'_U = \frac{U}{p + E_n}, \quad (21)$$

та

$$I_U'' = \frac{\Delta I_0}{\Delta P_0} + \frac{U}{p+E_n}, \quad (22)$$

Ці формули можна рекомендувати для практичного застосування при оцінці доцільності інвестиційних вкладень на підвищення надійності ТС.

### Висновки

Економічні показники надійності сучасних технологічних систем також важливі як і технічні, а у більшості випадків більш інформативні з точки зору визначення їх надійності. При співставленні варіантів технічних рішень, що відбувається завжди при техніко-економічному обґрунтування випуску новітньої продукції, слід розглядати такі економічні показники як витрати на підвищення надійності, інвестиційних вкладень, економічні втрати від відмови та т.п. Сьогодні існує недостатня методологічна розробленість оцінки втрат від відмови більшість технологічних систем. Підвищення надійності забезпечення споживачів цільовим продуктом – одна з найважливіших задач розробки, виробництва і експлуатації новітніх технологічних систем. Однак випадки, коли підвищення надійності може

бути досягнуто без додаткових втрат матеріальних або трудових ресурсів, на практиці зустрічається дуже нечасто. Звідси виникає задача економічного обґрунтування додаткових витрат ресурсів на підвищення надійності технологічних систем.

Запропоновані варіанти розрахунку ефективності використання ресурсів на заходи з підвищення надійності технологічних систем у промисловому виробництві. Аналізуються дві точки зору відносно методології визначення економічної ефективності підвищення надійності технологічних систем: метод «рівного результату» за визначеними витратами при розрахунку приведених витрат; метод «обліку витрат» – оцінка на основі аналізу зміни приведених витрат, тобто зміна втрат споживачів і суміжних ланок. Наведені варіанти розрахунків економічної ефективності підвищення надійності технологічних систем на основі використання двох методів. Дане дослідження проведене у межах використання НДР «Конкурентна розвідка в безпекоорієнтованому управлінні інноваційно-інвестиційним розвитком підприємств стратегічного значення для національної економіки і безпеки держави» (№ДР 0119U002005).

### Abstract

Economic indicators of reliability of modern technological systems are as important as technical, and in most cases more informative in terms of determining their reliability. When comparing options for technical solutions, which always occurs in the feasibility study of the latest products, should consider such economic indicators as the cost of improving reliability, investment, economic losses from failure, etc. Today there is a lack of methodological development of loss assessment from the failure of most technological systems. Improving the reliability of providing consumers with the target product is one of the most important tasks of development, production and operation of the latest technological systems. However, cases where increased reliability can be achieved without additional loss of material or labor resources, in practice is very rare. Hence the problem of economic justification of additional resource costs to increase the reliability of technological systems. Options for calculating the efficiency of resource use for measures to improve the reliability of technological systems in industrial production are proposed. Two points of view concerning the methodology of determining the economic efficiency of increasing the reliability of technological systems are analyzed: the method of "equal result" for certain costs of calculating the reduced costs; method of "cost accounting" - an assessment based on the analysis of changes in reduced costs, ie changes in losses of consumers and related units. Variants of calculations of economic efficiency of increase of reliability of technological systems on the basis of use of two methods are resulted.

At present, there is a coherent system of technical indicators of technological systems reliability, their relationship and interaction are determined, evaluation methods are developed. However, where economic factors act as a decision-making criterion and these are the majority of practical tasks, technical reliability indicators are auxiliary intermediate parameters that only allow one to proceed to assessing the ultimate goals of the analysis, that is, economic indicators of reliability.

### Список літератури:

1. Головчук Ю.О., Пчелянська Г.О. Особливості формування стратегії підвищення конкурентоспроможності підприємства на основі парадигми інноваційного розвитку. Економіка та держава. – 2020. – № 3. – С. 66-70.
2. Карпінська Г.В. Комплементарні аспекти методології збалансованого розвитку промислового підприємства. Економічні інновації. – 2020. – Т.22. – № 1. – С. 88-94.
3. Кендюхов О.В., Болгов В.Є., Тарапата С.О. Дослідження тенденцій інноваційного розвитку економіки України. Вісник економічної науки України. – 2019. – №2(37). – С.82-87.

4. Кузнецов А.В. Экономическая эффективность повышения надежности технических систем. ИТР. – 2003. – №4(28). – С.15-19.
5. Лысенко Ю.Г. и др. Методология моделирования жизнеспособных систем в экономике: монография. Донецк: Юго-Восток. – 2009. – 350 с.
6. Методика визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження. Керівник НДР В.П. Александрова. Київ: ІЕП НАНУ. – 1998. – 51 с.
7. Саліхова О.Б. Модернізація промисловості на засадах розумної спеціалізації. Статистика України. – 2019. – №4(87). – С. 65-71.
8. Усов А.В., Оборский Г.А. и др. Математическое моделирование технических систем. Киев: Техника. – 1995. – 328 с.
9. Федуллова Л.І. Технологічна політика: глобальний контекст та українська практика: монографія. Київ: КНТЕУ. – 2015. – 844 с.
10. Філіппова С.В. та ін. Науково-методичні засади передпланової оцінки інноваційно-інвестиційних проєктів. За редакцією В.І. Захарченка. Одеса: ОНПУ, Атлант. – 2015. – 104 с.
11. Харчук С.А. Стан інвестиційної діяльності підприємств України в умовах економічної нестабільності. Економіка та держава. – 2020. – №1. – С. 66-72.
12. Хубка В. Теория технических систем. Москва: Мир. – 1987. – 208 с.
13. Щетиллова Т.В. Взаимосвязь эффективности реструктуризации промышленного производства, распределения макроэкономических рисков и структурных сдвигов. Економіка промисловості. – 2017. – №1(77). – С. 5-21.
14. Янковий О.Г., Янковий В.О. Фондоозброєність у машинобудуванні України: реальність і оптимальність. Економіка України. – 2018. – №8. – С. 16-29.

#### References:

1. Golovchuk, Y.O., Pchelyanska, G.O. (2020). Features of formation of strategy of increase of competitiveness of the enterprise on the basis of a paradigm of innovative development. *Economy and State*, 3, 66-70 [in Ukrainian].
2. Karpinska, G.V. (2020). Complementary aspects of the methodology of balanced development of an industrial enterprise. *Economic innovations*, 1, 88-94 [in Ukrainian].
3. Kendyukhov, O.V., Bolgov, V.E., Tarapata, S.O. (2019). Research of tendencies of innovative development of economy of Ukraine. *Bulletin of Economic Science of Ukraine*, 2 (37), 82-87 [in Ukrainian].
4. Kuznetsov, A. V. (2003). Economic efficiency of improving the reliability of technical systems. *Engineer*, 4, 15-19 [in Russian].
5. Lysenko Yu.G. (2009). *Methodology for modeling viable systems in economics: monograph*. Donetsk: Yugo-Vostok, 350 [in Russian].
6. Methods for determining the economic efficiency of research and development costs and their implementation. Alexandrova, V.P. Kyiv: IEF NASU, 1998. 51 [in Ukrainian].
7. Salikhova, O.B. (2019). Modernization of industry on the basis of reasonable specialization. *Statistics of Ukraine*, 4, 65-71 [in Ukrainian].
8. Usov, A.V., Oborsky, G.A. (1995). *Mathematical modeling of technical systems*. Kiev: Technics, 328 [in Russian].
9. Fedulova, L.I. (2015). *Technological policy: global context and Ukrainian practice: monograph*. Kyiv: KNUTE, 844 [in Ukrainian].
10. Filippova, S.V. (2015). Scientific and methodological principles before the planned evaluation of innovation and investment projects. Edited by Zakharchenko V.I. Odessa: ONPU, Atlant, 104 [in Ukrainian].
11. Kharchuk, S.A. (2020). The state of investment activity of Ukrainian enterprises in conditions of economic instability. *Economy and State*, 1, 66-72 [in Ukrainian].
12. Khubka, V. (1987). *Theory of technical systems*. Moscow: Mir, 208 [in Russian].
13. Shchetilova, T.V. (2017). The relationship between the efficiency of industrial production restructuring, distribution of macroeconomic risks and structural shifts. *Economics of Industry*, 1, 5-21 [in Russian].



14. Yankovy, O.G., Yankovy, V.O. (2018). Capital armament in machine building of Ukraine: reality and optimality. *Economy of Ukraine*, 8, 16-29 [in Ukrainian].

**Посилання на статтю:**

Захарченко В.І. Оцінка ефективності інвестування у підвищення надійності технологічних систем / В. І. Захарченко, В. В. Кандєєва // *Економіка: реалії часу. Науковий журнал.* – 2021. – № 1 (53). – С. 60-68. – Режим доступу до журн.: <https://economics.opu.ua/files/archive/2021/No1/60.pdf>.  
DOI: 10.15276/ETR.01.2021.6. DOI: 10.5281/zenodo.4885337.

**Reference a Journal Article:**

Zakharchenko V.I. Estimation effectiveness investment for advancement reliable technological systems / V. I. Zakharchenko, V. V. Kandieieva // *Economics: time realities. Scientific journal.* – 2021. – № 1 (53). – P. 60-68. – Retrieved from <https://economics.opu.ua/files/archive/2021/No1/60.pdf>.  
DOI: 10.15276/ETR.01.2021.6. DOI: 10.5281/zenodo.4885337.

