

Овчарук В. Т.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
МАРКУВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Пошук шляхів розвитку та підвищення ефективності виробництва тісно пов'язаний із необхідністю впровадження нових технологій, що вимагає певних капіталовкладень на придбання й установку обладнання, витрат на амортизацію і поточних експлуатаційних витрат (таких як заробітна плата операторів, вартість електроенергії, витрат на обслуговування, ремонт).

Плануючи конкретні заходи, доцільно брати до уваги як необхідність удосконалення та розвитку організаційно-технічного забезпечення виробництва, так і фінансові можливості підприємства для реалізації цих заходів. Тому актуальним є питання проведення економічного оцінювання цих заходів.

У статті розглянуто питання дослідження і розрахунку кількісних показників підвищення економічної ефективності від впровадження сучасної технології лазерного маркування на дослідному виробництві приладобудування.

Проведено відпрацювання методики розрахунку економічної ефективності на конкретному прикладі – впровадження технологічного процесу лазерного маркування (гравірування) порівняно із базовою технологією, з використанням фрезерувально-гравірувального верстата моделі NF-2. Розроблено алгоритм аналізу економічної ефективності впровадження технологічного процесу лазерного маркування.

Розглянуто окремі показники технологічності виробів і їх складники – технологічну трудомісткість і собівартість. Обчислена трудомісткість і собівартість виробів і їхні складові частини за новим і базовим технологічними процесами. Проведено розрахунок коефіцієнтів технологічності за трудомісткістю і собівартістю.

Розглянуті поняття економічної ефективності і окупності та виконані відповідні розрахунки з аналізом ефективності використання капітальних витрат на придбання обладнання лазерного маркування.

На основі проведених розрахунків і аналізу кількісних показників технологічності процесу маркування виробів підтверджено правильність та обґрунтованість рішення щодо впровадження сучасної технології лазерного маркування, яке відповідає потребам дослідного виробництва приладобудування.

Ключові слова: дослідне виробництво, економічна ефективність, техніко-економічні показники, технологічність, капітальні витрати, технологічна собівартість.

Проблема та її зв'язок із науковими та практичними завданнями. Сьогодні майже в усіх галузях промисловості продукція підлягає маркуванню – нанесенню на продукцію різноманітних відомостей: товарних, екологічних, попереджувальних, знаків відповідності, штрих кодів та ін. Впровадження сучасних технологій маркування значною мірою підвищує техніко-економічні показники готових виробів, покращує технологічність виробництва загалом.

Зростанню ефективності роботи на дослідному виробництві сприяє впровадження інноваційних проектів (застосування сучасних обладнання і технологій), що підвищують продуктивність праці виробничого персоналу, покращують якість виробів. Практика показує, що там, де проводиться модернізація технологічної бази, впровадження сучасних пристроїв, інструментів, реконструкція виробничих дільниць, роботи здійснюються у

стислі терміни та з високою якістю й ефективністю, однак впровадження у дослідному виробництві сучасних технологічних засобів, котрі підвищують продуктивність праці, потребує певних фінансових витрат. Ця обставина часто стримується через необхідність проведення техніко-економічних розрахунків, на основі яких можна оцінити ефективність витрат на будь-яке проектне рішення. Поряд із цим на виробництвах, де вже впроваджено інноваційні проекти, існує нагальна потреба у кількісній оцінці ефективності проведених заходів.

Тому пропонується вивчити питання підвищення економічної ефективності від впровадження сучасних технологій маркування на дослідному виробництві, а саме технологічного процесу гравірування (маркування) на лазерному маркувальнику мод. GCC Stellar Mark порівняно із класичною технологією маркування різцями на фрезерувально-гравірувальному верстаті моделі NF.

Серед актуальних завдань можна виділити такі: розглянути проведені заходи як елемент підвищення технологічності предмету праці загалом, оцінити кількісні показники технологічності, провести розрахунок економічної ефективності від впровадження сучасних технологій лазерного маркування виробів шляхом впровадження нового перспективного обладнання.

Аналіз досліджень і публікацій. За результатами раніше проведених досліджень із якісного оцінювання технологічності [5] встановлено, що серед технологій маркування (гравіювання) найбільш оптимальною й універсальною за своїми технічними параметрами є технологія лазерного маркування. Враховуючи актуальність питання впровадження сучасних технологій маркування, вважаємо за доцільне надалі провести дослідження кількісної оцінки технологічності процесу лазерного маркування порівняно із базовим традиційним процесом маркування на фрезерувально-гравірувальному верстаті типу NF.

Теоретичною та методологічною основою дослідження послужили роботи вітчизняних і зарубіжних авторів у галузі оцінки економічної ефективності використання нової техніки, обладнання, типові та більш сучасні нові методики у машино- і приладобудуванні. Досить глибоко питання оцінки економічної ефективності досліджено у роботах К.М. Веліканова [2], С.В. Козаченка [4] та багатьох інших.

Теорією та практикою запропоновано різні показники й методики визначення економічної ефективності заходів, що потребують оцінки використання капітальних витрат на оновлення виробничої бази підприємств. Переважна їх більшість розроблена у минулі роки. Усі вони докладно розглядаються в економічній літературі. Для вирішення завдання із дослідження та розрахунку показників підвищення ефективності впровадження нових технологій (обладнання) необхідно спиратися на опрацьовані методики і підходи з огляду на специфіку конкретного дослідного виробництва і технологічних процесів на ньому й окремих складових величин, на основі яких і проводиться така оцінка.

Основний зміст цього підходу полягає у формулюванні певного алгоритму досліджень і розрахунку кількісних показників для вирішення завдання з оцінки техніко-економічної оцінки ефективності впровадження інноваційних технологій маркування на виробництві.

Перш ніж перейти до розгляду основного матеріалу, уточнимо основні поняття й терміни.

Дослідне виробництво – тип виробничої діяльності, спрямований на забезпечення результатів науково-дослідних робіт і впровадження прогресивних технологічних процесів на виробництві. Дослідне виробництво призначене для виготовлення, випробування та доведення до серійного виробництва дослідних зразків відповідно до техніко-економічних характеристик [5]. Всі об'єкти, які є предметом виробництва, відносять до виробів.

Економічна ефективність – результативність економічної системи, виражена у співвідношенні корисних кінцевих результатів її функціонування до витрачених ресурсів.

Техніко-економічні показники – величини, які характеризують матеріально-виробничу базу підприємств, використання знарядь праці, організацію виробництва, затрати на виробництво продукції.

Технологічність – це сукупність властивостей виробу, які виявляються у можливості витрат матеріалів, праці, засобів і часу при технічній підготовці його виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті [6].

Капітальні витрати – частина інвестицій, спрямована на відтворення основних засобів виробничого і невиробничого призначення, на створення нових, реконструкцію і розвиток наявних основних засобів.

Технологічна собівартість – сума витрат певних ресурсів за окремими статтями на виготовлення одиниці виробів.

Викладення матеріалу та результати. З метою підвищення технічного рівня й ефективності окремих ділянок дослідного виробництва, вдосконалення організації праці технологами було запропоновано замінити технологічний процес гравірування одноразових заготовок на фрезерувально-гравірувальному верстаті моделі NF на сучасний процес гравірування за технологією лазерного маркування (гравірування) на лазерному маркувальнику типу GCC Stellar Mark.

Метод кількісного оцінювання ефективності впровадження сучасної технології лазерного маркування (гравірування) в умовах дослідного виробництва реалізовано при виготовленні дослідної партії умовного виробу X, для виготовлення якого необхідно було виконати гравірування маркувальних написів на одноразових заготовках із габаритними розмірами 2x16x116мм у кількості по 60 штук 20 різних типів. Як основа одноразової заготовки, яка підлягає маркуванню, використані заготовки з латуні марки ДПРНТ ЛС59-1 (ДСТУ ГОСТ 2208:2008).

На поверхню одноразової заготовки наносили маркування (гравірування) у вигляді окремих літер (цифр), всього 7 знаків із висотою шрифту 7 мм.

Слід зазначити, що процес гравірування при виготовленні одноразових заготовок займає значну частину трудомісткості виготовлення самої одноразової заготовки.

Реалізація принципів оцінки ефективності впровадження лазерного маркування виконується на основі методики розрахунку окремих параметрів технологічності виробів.

У загальному визначенні технологічність конструкції (процесу) – це сукупність властивостей, що проявляється у можливості оптимальних витрат праці, засобів виробництва, виготовленні, експлуатації, ремонті порівняно із відповідними показниками однотипних конструкцій (процесів), при забезпеченні встановлених значень якості виробу.

Технологічність можна оцінювати двома способами: кількісно і якісно.

Якісна оцінка технологічності процесу маркування – це словесне обґрунтування рівня конструкції (процесу). Вона виконується під час проектування чи передує впровадженню технології (обладнання).

Кількісна оцінка технологічності проводиться за допомогою показників, значення яких дає уявлення про ступінь задоволення вимог до технологічності та виконується шляхом розрахунку за допомогою математичних формул показників технологічності.

Використання кількісної оцінки передбачає наявність значення показника для базового виробу та значення цього ж показника, що досягнуте при впровадженні нової технології (обладнання). На підставі порівняння показників і визначають рівень технологічності. Кількість таких показників повинна бути мінімальною але достатньою для її оцінки.

Технологічність – складна комплексна характеристика виробу, що базується на взаємозв'язку витрат праці, матеріалів, часу і загальної ефективності процесу виготовлення на всіх його стадіях. Для кількісного оцінювання впровадження сучасної технології лазерного маркування доцільно використовувати методику, що дозволяє проаналізувати експлуатаційні витрати за різними статтями дослідним шляхом на основі порівняння даних технологічного процесу маркування на фрезерувально-гравірувальному і лазерному верстатах. За цією методикою (внаслідок аналізу) повинні визначитися питомі показники технологічності, а також річний економічний ефект. Крім

того, можливо розрахувати строк окупності впровадженого обладнання.

Для оцінки технологічності доцільно виконати такий алгоритм дій:

- встановити вхідні дані номенклатури виробів, їх річний обсяг;
- провести аналіз вхідних даних із метою визначення технічних вимог, доцільності впровадження нових технологій;
- визначити номенклатуру оптимальних показників технологічності.

Відповідно до Держстандарту 14.201-83 «ЕСТПП. Забезпечення технологічності конструкції виробів» розрізняють такі основні показники технологічності – трудомісткість і собівартість.

Абсолютна трудомісткість виготовлення визначається як сума нормо-годин, які витрачаються на виготовлення по базовому варіанту.

Рівень технологічності за трудомісткістю визначається за формулою:

$$K_{\text{рт}} = T_2 \setminus T_1, \quad (1)$$

де $K_{\text{рт}}$ – коефіцієнт рівня технологічності за трудомісткістю;

$T_1 \setminus T_2$ – відповідно трудомісткість існуюча (базова) і нова.

Собівартість визначається як сума видатків коштів на заробітну плату виробничого персоналу з нарахуваннями, видатки на матеріали, спожиту енергію, ремонт і амортизацію обладнання, та ін.

Рівень технологічності за собівартістю визначається за формулою:

$$K_{\text{pc}} = S_2 \setminus S_1, \quad (2)$$

де: K_{pc} – коефіцієнт рівня технологічності за собівартістю;

$S_1(S_2)$ – технологічна собівартість базова і нова.

$$S_2(S_1) = (3 \cdot q_{\text{шт}} + M \cdot q_m + E \cdot q_e + A \cdot K) \cdot B, \quad (3)$$

де: 3 – основна і додаткова погодинна зарплата оператора;

$q_{\text{шт}}$ – норма штучного часу;

M – вартість металу на одну одноразову заготовку;

q_m – вартість 1 кг металу;

E – кількість електричної енергії, що витрачається на одну деталь;

B – загальна програма виконання обсягу робіт.

Витрати на електроенергію, що витрачаються у процесі гравірування, визначається за формулою:

$$E = q_e \cdot P_o \cdot t^* \quad (4)$$

де: q_e – вартість 1 квт електроенергії;

P_o – потужність обладнання, кВт;

t – тривалість роботи обладнання.

A – частка амортизаційних відрахувань;

Амортизаційні відрахування на реновацію і капітальний ремонт визначається за формулою:

$$A = K \cdot H_b / 100\%, \quad (5)$$

де: K – вартість обладнання;

H_b – норма амортизації, ($H_b = 6,7\%$);

Кількісні показники рівня технологічності за трудомісткістю і собівартістю нового і базового технологічного процесів визначено шляхом проведення хронометражу фактичної трудомісткості окремих технологічних операцій і відповідних розрахунків відповідно до формул (1–5). Після отримання відповідних даних результати розрахунків по існуючому і новому варіантах наведені у таблиці 1.

Економічну ефективність впровадженого технологічного процесу (обладнання) лазерного маркування можливо визначити шляхом порівняння показників річної економії за витратами впровадженого сучасного технологічного процесу та наявного базового. Цей показник розраховуємо у такий спосіб:

$$E_{\text{еф}} = [(S_1 + E_n \cdot K_1 / B_1) - (S_2 + E_n \cdot K_2 / B_2)] \cdot B_2, \quad (6)$$

де: $E_{\text{еф}}$ – річний економічний ефект від впровадження заходу;

$S_1(S_2)$ – собівартість річного обсягу продукції виготовленої відповідно до базового та нового обладнання;

$K_1(K_2)$ – капітальні вкладення у виробничі фонди (основні й оборотні) до впровадження нового обладнання й у нових умовах;

E_n – галузевий нормативний коефіцієнт еко-

номічної ефективності капітальних вкладень ($E_n = 0,15$ для приладобудування);

$B_1, (B_2)$ – річний обсяг продукції за існуючим і новим варіантом у натуральних вимірниках ($B_1=B_2$).

Строк окупності витрат обчислюється за формулою:

$$F_{\text{ок}} = K / E_{\text{еф}}, \quad (7)$$

На підставі вхідної інформації (таблиця 2) необхідно визначити річний економічний ефект і строк окупності капітальних вкладень на впровадження сучасного технологічного процесу гравірування на лазерному маркувальнику за формулою (6):

$$\begin{aligned} E_{\text{еф}} &= [(S_1 + E_n \cdot K_1 / B_1) - (S_2 + E_n \cdot K_2 / B_2)] \cdot B_2 = \\ &= [(62091,6 + 0,15 \cdot 113272 / 1200) - (20162 + 0,15 \cdot 104000 / 1200)] \cdot 1200 = 43320 \end{aligned}$$

2. Визначаємо строк окупності обладнання за формулою (7):

$$F_{\text{ок}} = K / E_{\text{еф}} = 104000 / 43320 = 2,4$$

Висновки. Узагальнюючи дослідні матеріали роботи та результати кількісного оцінювання технологічності, встановлено:

- економічну доцільність заміни наявної технології гравірування традиційним методом за допомогою різців на технологію лазерного маркування, оскільки річний економічний ефект за приведеними витратами становитиме 43320 грн;
- строк окупності капітальних витрат на його придбання – 2,4 роки за нормативного його значення 6,7 року.

Таблиця 1

Кількісні показники рівня технологічності при порівнянні технологій гравірування одноразових заготовок на фрезерувально-гравірувальному верстаті моделі NF і лазерному маркувальнику моделі GCC Stellar Mark

Показники	Трудомісткість год.	Заробітна плата оператора, грн. (89,28)	Витрати на матеріал, грн.	Витрати на ел. енергію, грн. (4,69)	Технологічна собівартість, грн.	Рівень технологічності за трудомісткістю	Рівень технологічності за собівартістю
Верстат мод. NF (2 квт)	580	51782,4	450	2720,2	62091,6	0,25	0,32
Верстат мод. GCC Stellar Mark (0,5 квт)	144	12856,3	450	337,7	20162,0		

Таблиця 2

Вхідні дані для розрахунку економічного ефекту від впровадження лазерного маркувальника

Найменування обладнання	Технологічна собівартість (S_1, S_2)	Вартість обладнання (K_1, K_2)	Річний обсяг виробництва (B_1, B_2)	Нормативний коефіцієнт економічної ефективності (E_n)
Верстат мод. NF	62091,6	113272,0	1200	0,15
Верстат мод. GCC Stellar Mark	20162,0	104000,0	1200	0,15

Вважається за доцільне зазначити, що у разі наявного фрезерувально-гравірувального верстата моделі NF, враховуючи його працездатність, обладнання може і надалі бути використане у випадках, де його застосування регламентується окремими технічними документами.

Застосування технології лазерного маркування істотно скорочує час виконання операції та зумовлює ріст продуктивності праці, зменшує заробітну плату та інші статті технологічної собівартості продукції, покращує організацію праці.

Список літератури:

1. Ананьев С.Л., Елизаветин М.А., Жих В.А. Технологичность конструкций. Библиотека конструктора / под ред. Ананьева С.Л., Купровича В.П. Москва, 1969. 424 с.
2. Великанов К.М. Расчеты экономической эффективности новой техники : справочник / под ред. К.М. Великанова. Ленинград, 1975. 432 с.
3. ГОСТ 14.205-83. Обеспечение технологичности изделий. Общие требования. С. 2
4. Козаченко С.В. Інвестиційний аналіз проєктів техніки / за ред. С.В. Козаченка, В.Я. Нусинова. Кривий Ріг, 1997. 191 с.
5. Овчарук В.Т. Запровадження сучасних технологій маркування для підвищення технологічності дослідного виробництва. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2021. Т. 32 (71). № 3. С. 36.
6. Савченко О.В. Дослідне виробництво. *Енциклопедія Сучасної України* / редколегія : Дзюба І.М., Жуковський А.І., Железняк М.Г. та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2008. URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=21110.

Ovcharuk V.T. TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF INNOVATIVE LABELING TECHNOLOGIES FOR EXPERIMENTAL PRODUCTION

Finding ways to develop and improve production efficiency is closely linked to the need for new technologies that require certain investments in the purchase and installation of equipment (wages of operators, cost, electricity, maintenance costs, repair, etc.).

When planning specific activities, it is advisable to take into account the need to improve and develop organizational and technical support of production and financial enterprises to implement these measures.

The method of calculating economic on a specific example – the introduction of the technological processes of laser marking (engraving) in comparison with the basic technology using milling – engraving machine model NF–2 was tested. Algorithm for analyzing the economic efficiency of the technological processes of laser marking (engraving) developed.

Some indicators of manufacturability of products and their components – technological complexity and cost are considered. Labor intensity and cost of products and their components for a new and basic technological process are calculated.

The concepts of economic efficiency and payback are considered, and the corresponding is calculations with the analysis of efficiency of use of capital expenses for acquisition of the equipment of laser marking are executed.

On the basis of calculations and analysis of quantitative indicators of the manufacturability of the product labeling process, confirmed the correctness and validity of the decision to implement modern laser labeling technology, which in full meets the needs of experimental production of instrumentation.

Key words: *research production, economic efficiency, technical and economic indicators, manufacturability, capital expenditures, technological cost.*