

Захарченко В.І.

*д.е.н., професор,
професор кафедри міжнародного менеджменту та інновацій,
Державний університет «Одеська політехніка»*

Zakharchenko Vitaliy
Odesa Polytechnic State University

Меркулов М.М.

*д.е.н., професор,
професор кафедри управління підприємницькою та туристичною діяльністю,
Ізмаїльський державний гуманітарний університет*

Merculov Micola
Izmail State Humanities University

Гуральська В.В.

*магістрант,
Державний університет «Одеська політехніка»*

Guralska Viktoriia
Odesa Polytechnic State University

МОДЕЛЮВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІВНЯ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА¹

MODELING OF MANUFACTURING OF MACHINE-BUILDING PRODUCTS ON THE BASIS OF DETERMINATION OF THE ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL LEVEL OF HIGH-TECH-PRODUCTION

Анотація. Запропоновано методичний підхід для оцінки конструктивно-технологічної складності виготовлення високотехнологічної продукції, а також методика визначення чинників організаційно-технологічного стану високотехнологічної виробничої системи, які мають найбільший вплив на показник трудомісткості промислової продукції, яка базується на використанні експертних методів з метою формування, аналізу і оцінки сформованої сукупності.

Ключові слова: модель, методика, оцінка, рівень, організація, технологія, трудомісткість, система, регресія, складність, коефіцієнт, виробництво.

Постановка проблеми. У вітчизняному машинобудуванні в даний час відбуваються серйозні структурні зміни, що викликано вимогами коливання ринкової ситуації. Основна проблема, з якою стикаються високотехнологічні (ВТ) машинобудівні підприємства, – низька ефективність виробництва. Забезпечення конкурентоспроможності виробленої ВТ підприємствами продукції є єдиним способом виживання і закріплення на ринку, для чого необхідна точна оцінка і зниження собівартості продукції при досягненні необхідних споживчих якостей.

¹ Дослідження проведено у межах виконання НДР «Наукові основи управління процесом диверсифікації виробництва на промисловому підприємстві» (№ДР 0118U007239).

Основними складовими собівартості, як відомо, є витрати на матеріальні та трудові ресурси. І якщо оцінка витрат на матеріали зазвичай не викликає особливих проблем, то при оцінці трудомісткості виготовлення ВТ виробів машинобудівельні підприємства відчувають серйозні труднощі. Слід зазначити, що рішення поставленого завдання серйозно ускладнюється в умовах дрібносерійного і одиничного виробництва, які характеризуються високим рівнем варіативності номенклатури.

Найбільш актуальними в даний момент можна вважати наступні завдання:

1) визначення трудомісткості виготовлення ВТ виробу на етапі формування пакета замовлень підприємства з метою розрахунку його собівартості і визначення рентабельності;

2) оцінка трудомісткості на етапі постановки ВТ виробу на виробництво на основі конструкторської документації в умовах відсутності розробленої технологічної документації.

Також у Національній економічній стратегії на період до 2030 р. робиться наголос: «Експорт України на 54% складається із товарів з низькою доданою вартістю незважаючи на наявний потенціал високотехнологічних товарів. Аналіз рівня технологічної складності товарів свідчить, що потенціал тих секторів економіки України, які здатні генерувати найбільшу частку доданої вартості, реалізований не у повному обсязі порівняно з більш розвиненими країнами» [8, с. 19].

Таким чином, можна говорити про існування проблеми оцінки так званої прогнозованої трудомісткості виготовлення ВТ виробів машинобудування. Своєчасна оцінка трудомісткості виготовлення виробів в конкретній виробничій системі, яка проведена з необхідним ступенем точності, дозволить вирішити цілу низку задач конструкторсько-технологічної та техніко-економічної підготовки ВТ виробництва. На підставі викладеного можна зробити висновок про те, що існує необхідність розробки і впровадження нового підходу оцінки трудоємності виготовлення ВТ виробів, який при досягненні необхідної точності забезпечував би низький рівень витрат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У процесі проведення даного дослідження

автори спиралися на праці таких фахівців як: Вітлінський В. і Матвійчук А. [1], Єгоров І. [2], Касьянова Н. [3], Лисенко Ю. [7], Макаров В. [4], Маслак О. і Дорошкевич К. [5], Мацко Н. [6], Пітерс Т. [14], Россоха В. і Соколов Д. [9], Саліхова О. [10], Удовенко В. [11], Філіпішин І. [12], Якимович Б. [13].

Так, Єгоров І., аналізуючи потенціал і тенденції інноваційного розвитку ВТ і традиційних секторів економіки України, підкреслює, що «...українська наука зберегла і продовжує нагромаджувати фундаментальні знання у галузях IV-VI і навіть VII технологічних укладів, проте їх використання є надто високовартісним для більшості вітчизняних виробництв» [2, с. 6]. Россоха В., аналізуючи шляхи забезпечення інноваційно-технологічного розвитку, робить наголос: «Нині все більшої актуальності набуває підхід, який пов'язує інновації не лише з розробленням нової продукції, виробничих технологій, впровадженням організаційних змін, застосуванням нетрадиційних джерел енергії, а також із взаємодією між працівниками, фірмами і бізнес-середовищем» [9, с. 52]. Саліхова О. звертає увагу на закордонний досвід: «Вагомим аргументом на користь активної інтервенції держави у підйом української промисловості у сучасних складних умовах є досвід Південної Кореї...» [10, с. 37].

На практичну спрямованість сучасного ВТ розвитку звертають увагу достатньо багато дослідників, підкреслюючи модельну основу таких досліджень. Філіпішин І. наводить: «Практична реалізація концептуальної схеми управління розвитком підприємства на основі моделювання бізнес-процесів пов'язана з її доведенням до конкретної системи формування та реалізації стратегії розвитку промислового підприємства» [12, с. 43]. Макаров В. пропонує використовувати таку термінологію: нововведення або потенційне нововведення та впровадження нововведення [4, с. 4]. При цьому він пропонує модель загальної економічної рівноваги, у якій у наявному вигляді фігурував би такий продукт, як нововведення. Удовенко В. підкреслює: «Важливу роль в управлінні системою, а особливо економічної, грає вибір критерію оптимальності такого управління»

[11, с. 86]. Лисенко Ю. та його колеги зосереджуються на моделюванні життєздатних у довгостроковій перспективі економічних систем, звертаючи увагу на такі її характеристики, як гнучкість, чутливість, стійкість, надійність, конкурентоспроможність, забезпечення високого рівня яких можливо тільки за рахунок використання методів адаптивного і антисипативного управління [7, с. 6]. А Вітлінський В. і Матвійчук А. висвітлюють: «...зростаючу неспроможність поширених на сьогодні економіко-математичних методів і моделей для здійснення аналізу та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем...» [1, с. 35]. Пітерс Т. привертає увагу до врахування циклічності у розвитку ВТ виробництва [14, с. XV]. Якимович Б. з колегами досліджує організаційно-технічний рівень виробництва на основі регресійного аналізу [13, с. 35]. Позитивними чинниками впливу на інноваційну діяльність Маслак О. і Дорошкевич К. визначають глобалізацію, наявність інноваційних дослідницьких установ, існуючі форми власності, мікросистему інноваційної інфраструктури та територіальний чинник [5, с. 273]. Мацко Н. приходять до висновку: «Виробничий потенціал слід розглядати як систему, що сприяє зростанню здатності підприємства впровадити продукцію високотехнологічного та якісного рівня» [6, с. 71]. А Касьянова Н. наполягає на організаційному аспекті відтворення ВТ виробництва: «Основою розробки відповідних методологічних підходів має послужити комплексне моделювання вертикально-інтегрованих структур, що враховує інтеграційні ефекти і типологічні особливості вертикальної інтеграції» [3, с. 127].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Дослідження існуючих методів визначення прогнозованої трудомісткості деталей, вузлів і виробів ВТ виробництва показало, що ті методи нормування, які використовуються в даний час, не дозволяють з необхідною точністю прогнозувати трудомісткість виготовлення виробів за відсутності розробленого технологічного процесу їх виготовлення. Відповідно до результатів проведеного аналізу, необхідно

сформулювати вимоги, яким повинен відповідати перспективний метод технологічного нормування. Їх основні положення:

- забезпечення необхідного рівня точності відповідно до вимог конкретної виробничої задачі при мінімумі витрат ресурсів;

- використання універсального підходу при нормуванні різних технологічних перетворень, який забезпечує логічний взаємозв'язок між ними;

- облік організаційно-технологічного рівня ВТ виробництва з метою адаптації методу в умовах конкретної виробничої системи;

- оцінка трудомісткості виготовлення ВТ виробів при відсутності розробленої технологічної документації.

Мета статті полягає у розробці методичного підходу до визначення факторів організаційно-технологічного стану високотехнологічної виробничої системи, що найбільш впливають на показник трудомісткості виготовлення промислової продукції, який базується на використанні експертних методів в цілях формування, аналізу і безпосередньої оцінки сукупності, що формується.

Виклад основного матеріалу. Одним з найбільш гнучких підходів, який відзначається універсальністю, об'єктивністю, достовірністю і динамічністю, є запропонований авторами цієї дослідницької роботи, підхід визначення трудомісткості, що прогнозується, на основі поняття варіативності складності. Сутність підходу оцінки варіативності складності полягає у тому, що складність машинобудівної деталі розглядається, з одного боку, як міра трудомісткості виготовлення деталі, з іншого – як невід'ємна властивість деталі, яка визначається сукупністю її геометричних і конструкторсько-технологічних ознак.

В загальному випадку конструктивно-технологічна складність машинобудівного виробу може розглядатися як міра витрат ресурсів на проектування, виготовлення виробу і забезпечення етапів його життєвого циклу. Відповідно до цього для кожного виду ресурсів пропонується власна математична модель, яка описує взаємозв'язок між ним та конструктивно-технологічною складністю виробу, дозволяє оцінювати витрати

ресурсу пропорціонально показнику складності, який визначається для виробу. Загальним принципом формування таких моделей є ієрархічна декомпозиція виробу на його структурні складові з виділенням елементарних сутностей: конструктивно-технологічних елементів, елементарних робіт і т.д., відповідно до технологічних меж, які застосовуються при виготовленні виробу.

Конструктивно-технологічна складність деталі – складальної одиниці (ДСО) визначається як функція, яка аддитивна щодо конструктивно-технологічної складності вхідних до неї ДСО нижнього рівня і застосовуваних до неї технологічних переділів, при цьому виріб розглядається як ДСО верхнього рівня в ієрархії структури:

$$C_{ДСО} = \sum_{j=1}^m C_{ДСОj} + \sum_{i=1}^n C_{ni}, \quad (1)$$

де m – кількість ДСО нижнього рівня, які входять до данної ДСО; $C_{ДСОj}$ – конструктивно-технологічна складність виготовлення j -ї ДСО нижнього рівня; n – кількість технологічних переділів, які застосовуються до ДСО; C_{ni} – конструктивно-технологічна складність, яка відповідає i -му технологічному переділу.

Залежність трудомісткості виготовлення виробу від конструктивно-технологічної складності визначається статистично і описується рівнянням лінійної регресії, яке будується за відомою методикою:

$$T = a + bC, \quad (2)$$

де a , b – коефіцієнти рівняння регресії.

Задача прогнозування трудомісткості виготовлення ВТ виробу вирішується у кілька етапів.

1. Аналіз номенклатури виробничої системи і формування представницької вибірки виробів.

2. Визначення конструктивно-технологічної складності виготовлення виробів, які входять до вибірки.

3. Побудова регресійної залежності між конструктивно-технологічною складністю і трудомісткістю виготовлення виробів відповідно до формули (2). Аналіз отриманої залежності і при необхідності коригування вибірки.

4. Визначення конструктивно-технологічної складності ВТ виробу і розрахунок трудомісткості його виготовлення з використанням отриманого рівняння регресії.

Таким чином, уявляється можливим на стадії ухвалення рішення про постановку на виробництво прогнозувати трудомісткість виготовлення конкретного ВТ виробу. Сфера дії отриманої моделі може бути розповсюджена на етапи адаптації та відновлення переналагоджуваних ВТ виробничих систем машинобудування. Єдиний підхід до формування трудомісткості виготовлення різноманітних конструктивно-технологічних елементів машинобудівних ДСО дозволяє підійти з єдиних системних позицій до створення автоматизованої системи прогнозного нормування і планування.

Використання підходу до оцінки конструктивно-технологічної варіативної складності в реальних умовах виявило той факт, що при виготовленні одного і того ж виробу з певною і постійною конструктивно-технологічною складністю в умовах різних виробничих систем трудомісткості виготовлення виявляються різними. Аналіз отриманих результатів дозволив зробити припущення про те, що варіація значень трудомісткості виготовлення виробу пояснюється диференціацією структури організаційно-технологічного стану відповідних виробничих систем.

Таким чином, регресивні коефіцієнти a та b в рівнянні регресії (2) мають за своєю природою взаємозв'язок з показниками, які характеризують організаційно-технологічний рівень (ОТР) виробничої системи. Для підвищення точності оцінки трудомісткості був розроблений і апробований підхід до оцінки прогнозованої трудомісткості виготовлення машинобудівних виробів на основі конструктивно-технологічної складності з урахуванням ОТР виробничої системи в умовах одиничного і дрібносерійного ВТ виробництва. Даний підхід дозволяє визначати прогнозовану трудомісткість виготовлення машинобудівного виробу на стадії конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, коли під час відсутності розробленого пакета технологічної документації на виготовлення машинобудівного виробу з'являється можливість

оцінки витрат ресурсів і собівартості виготовлення виробу, що дає можливість судити про ефективність і раціональність впровадження у виробництво ВТ виробу.

В ході розробки даного підходу створена методика визначення факторів організаційно-технологічного стану ВТ виробничої системи, які мають найбільший вплив на показник трудомісткості виготовлення машинобудівного виробу, яка базується на використанні експертних методів в цілях формування, аналізу і безпосередньо оцінки формованої сукупності. В процесі дослідження у зв'язку зі складністю і трудомісткістю застосовуваних методів був розроблений і створений автоматизований модуль обробки експертних даних, заснований на відомих методах шкалювання, реалізований в середовищі MS Excel. Алгоритм обробки експертних даних представлено на рис. 1. В даному випадку використана гіпотеза шкалювання, згідно з якою простір повинен бути метричним. Профіль експертних даних E_{ji} , таким чином, перетворюється в дані про близькість, так як оцінки експертів є даними про переваги і містять в собі інформацію про домінування. Підрахунок кореляції між стовпцями матриці переваг дозволяє побудувати матрицю близькості між об'єктами, а кореляції між рядками тієї ж матриці дадуть нам матрицю близькостей між експертами. При цьому рівняння цілісності нормального стандартного відхилення буде визначатися як:

$$G(Z_{ij}) = P_{ij} = \int_{-\infty}^{Z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (3)$$

Показник значущості фактора з урахуванням нормованої відносної важливості експертів і нормованої відносної важливості показників перетворюється відповідно до шкали інтенсивності критеріальних властивостей Харрінгтона $0 \leq E_{ik(\text{Харрінгтон})} \leq 1$. Задовільними є «дуже висока» і «висока» інтенсивності критеріальної властивості за шкалою Харрінгтона, що відповідає організаційно-технічним факторам, які задовольняють умові:

$$1,0 \leq P_{i(\text{Харрінгтон})} \leq 0,63. \quad (4)$$

В результаті проведених на ПАТ «Одескабель» (м. Одеса) досліджень з викорис-

танням описаної методики були виявлені наступні фактори організаційно-технологічного рівня виробничої системи, які мають найбільший вплив на трудомісткість виготовлення нової кабельної продукції (відповідно до зменшення ступеня впливу):

- кваліфікація виконавців;
- стабільність кадрів;
- технічна оснащеність;
- термін експлуатації обладнання;
- уніфікація та стандартизація виробів і комплектуючих.

Приватні коефіцієнти ОТР розраховуються відповідно до таких формул:

1. Коефіцієнт рівня технічної оснащеності:

$$K_{\text{тех.осн.}} = \frac{n}{n - n_{\text{авт}}}, \quad (5)$$

де n – загальна кількість обладнання, шт.; $n_{\text{авт}}$ – кількість автоматизованого обладнання, шт.

2. Коефіцієнт терміну експлуатації обладнання:

$$K_{\text{екс.обл.}} = \frac{n}{n - n_{10}}, \quad (6)$$

де n_{10} – кількість одиниць обладнання з терміном експлуатації менше десяти років, шт.

3. Коефіцієнт кваліфікації виконавців:

$$K_{\text{кв}} = \frac{\sum_{i=1}^6 (i \cdot p_i)}{6N}, \quad (7)$$

де p_i – кількість робочих i -го розряду; N – загальна кількість працюючих.

4. Коефіцієнт стабільності кадрів:

$$K_{\text{ск}} = \frac{N}{n_{\text{вн}}}, \quad (8)$$

де $n_{\text{вн}}$ – кількість працівників, яких прийнято на роботу протягом останнього календарного року.

5. Коефіцієнт стандартизації та уніфікації:

$$K_{\text{ун}} = \frac{T_{\text{ун}}}{T_{\text{ун}} - T_{\text{дет}}}, \quad (9)$$

де $T_{\text{ун}}$ – кількість уніфікованих деталей у виробі; $T_{\text{дет}}$ – кількість деталей у виробі.

Значення приватних коефіцієнтів ОТР варіюється в межах $[0, 1]$.

Дослідження залежностей виду $T = a_i + b_i C$, які побудовані в результаті аналізу номенклатури ВТ виробництва ряду промислових підприємств України, дозволило

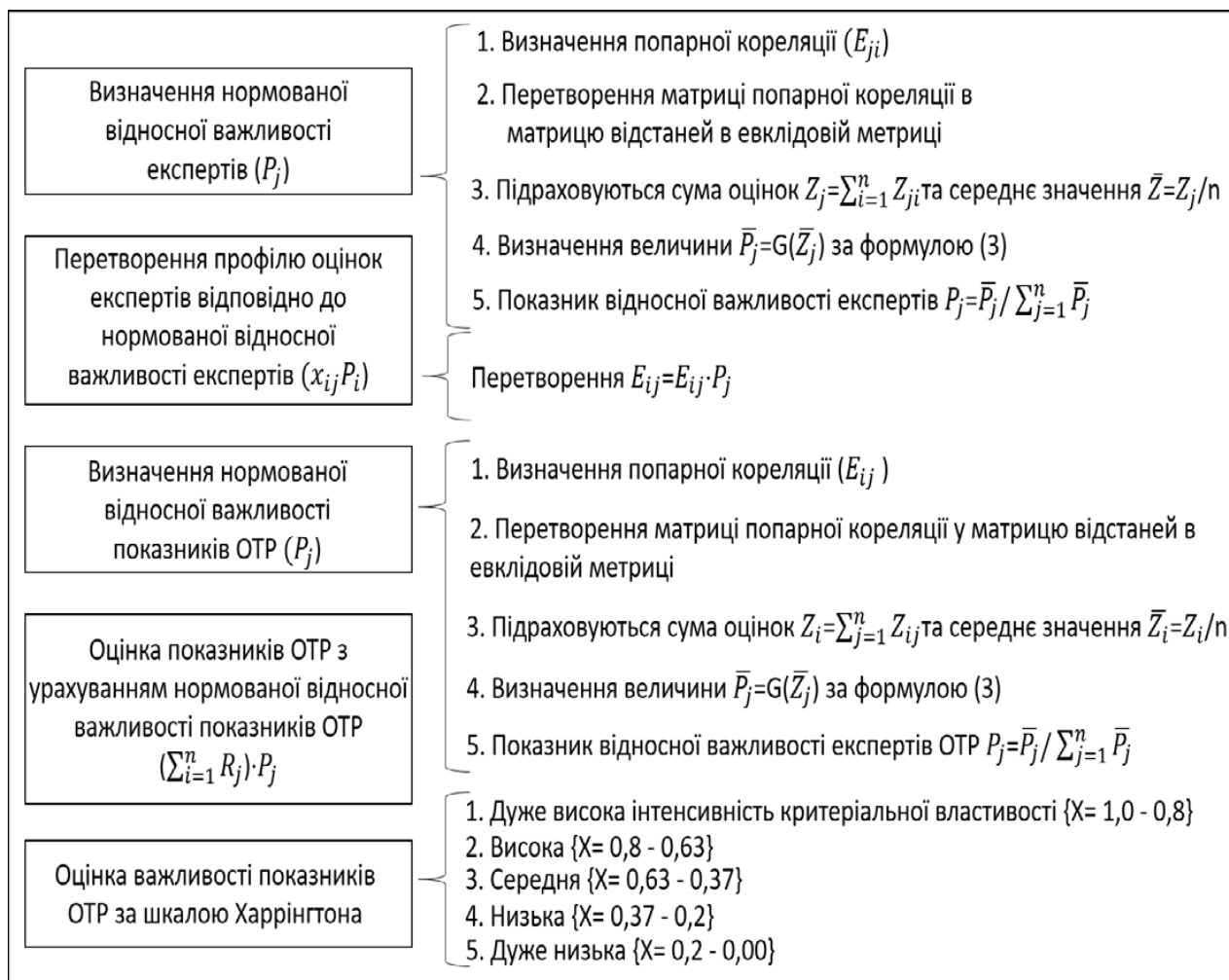


Рис. 1. Алгоритм обробки експертних даних

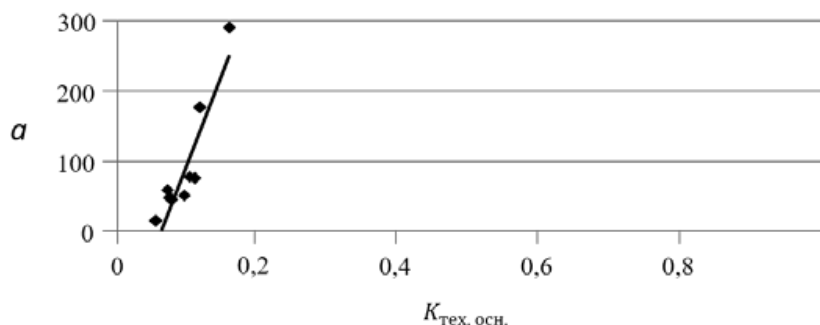
Джерело: розробка авторів

оцінити ступінь зв'язку між коефіцієнтами a_i та b_i рівнянь регресії і приватними коефіцієнтами ОТР, розрахованими для конкретних виробничих систем. Отримані залежності наведені на рис. 2. Результати досліджень показали, що коефіцієнт a (вільний член) рівняння регресії (2) визна-

чає час адаптації ВТ виробничої системи для виробництва нового виробу, а коефіцієнт b (тангенс кута нахилу прямої до осі абсцис), пов'язаний зі складністю, враховує робочий час, який включає в себе всі складові витрат часу по відношенню до об'єкта виробництва:

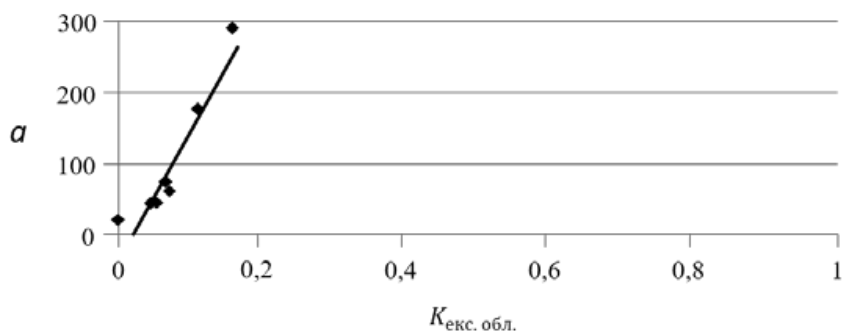
а) залежність коефіцієнта регресії a від $K_{\text{тех. осн.}}$:

$$a = -478,8 + 6127,9 \cdot K_{\text{тех. осн.}}; \text{ кореляційне відношення } R = 0,859$$



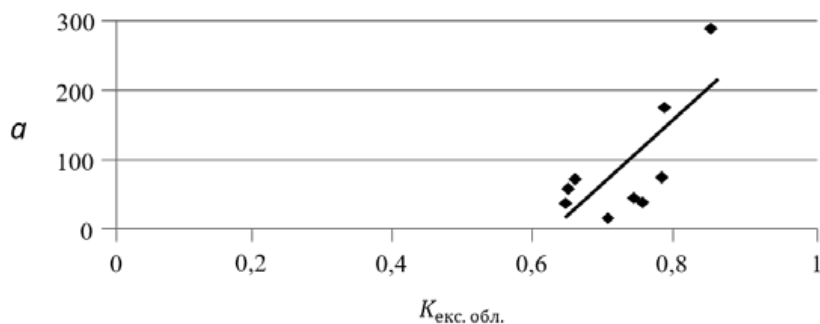
б) залежність коефіцієнта регресії a від $K_{\text{екс. обл.}}$:

$$a = -138,7 + 39,15,1 \cdot K_{\text{екс. обл.}}; \text{ кореляційне відношення } R = 0,903$$



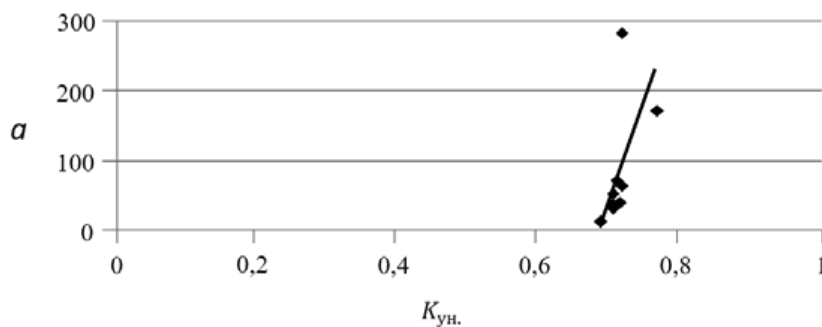
в) залежність коефіцієнта регресії a від $K_{\text{кв.}}$:

$$a = -1401,3 + 2092,3 \cdot K_{\text{кв.}}; \text{ кореляційне відношення } R = 0,772$$



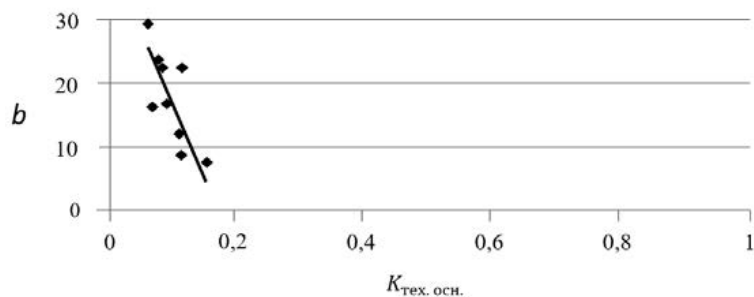
г) залежність коефіцієнта регресії a від $K_{\text{ун.}}$:

$$a = -2759,3 + 4092,4 \cdot K_{\text{ун.}}; \text{ кореляційне відношення } R = 0,508$$



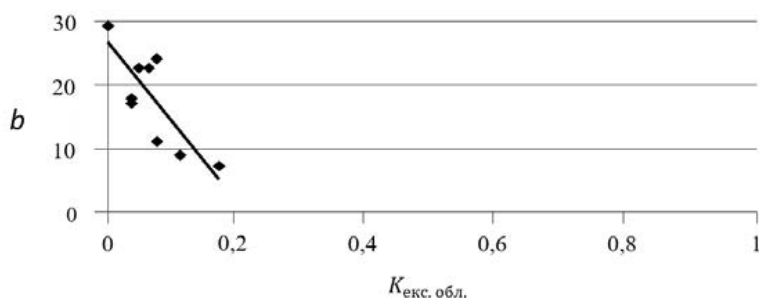
д) залежність коефіцієнта регресії b від $K_{\text{тех. осн.}}$:

$$b = 34,05 - 228,3 \cdot K_{\text{тех. осн.}}; \text{ кореляційне відношення } R = 0,879$$



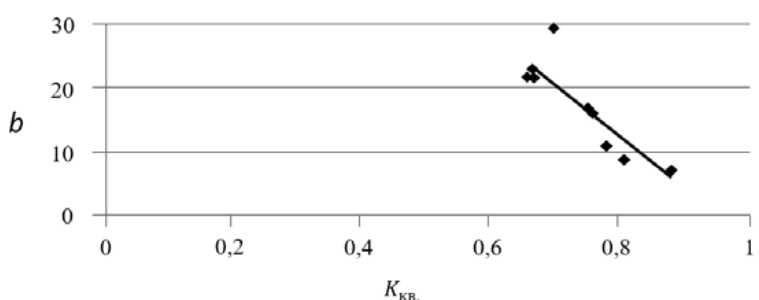
е) залежність коефіцієнта регресії b від $K_{\text{екс. обл.}}$:

$$b = 27,31 - 129,7 \cdot K_{\text{екс. обл.}}; \text{ кореляційне відношення } R = 0,819$$



ж) залежність коефіцієнта регресії b від $K_{\text{кв.}}$:

$$b = 82,73 - 89,07 \cdot K_{\text{кв.}}; \text{ кореляційне відношення } R = 0,882$$



з) залежність коефіцієнта регресії b від $K_{\text{ун.}}$:

$$b = 189,33 - 251,4 \cdot K_{\text{ун.}}; \text{ кореляційне відношення } R = 0,869$$

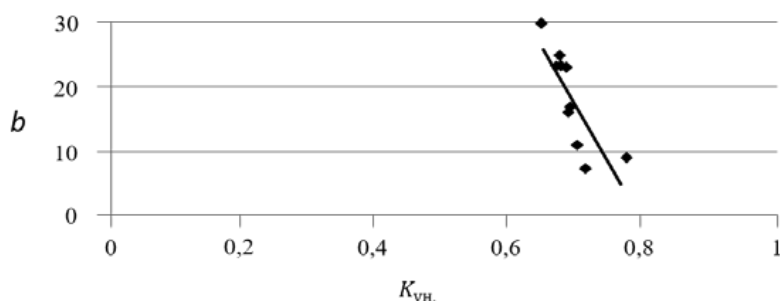


Рис. 2. Залежності між показниками організаційно-технологічного рівня ВТ виробництва і показниками рівняння регресії

Джерело: розрахунки авторів

Функція, яка використовується для прогнозування і розрахунку трудомісткості виготовлення машинобудівного виробу з прямим урахуванням організаційно-техно-

логічного рівня ВТ виробничої системи, має вигляд, аналогічний функції (1), де a і b – коефіцієнти, які розраховуються за формулами:

$$a = \frac{x_{a0} + x_{a1} \cdot K_{\text{ун.}} + x_{a2} \cdot K_{\text{тех.осн.}} + x_{a3} \cdot K_{\text{екс. обл.}} + x_{a4} \cdot K_{\text{кв.}} + x_{a5} \cdot K_{\text{ун.}}}{\sum_{i=0}^5 x_{ai}}, \quad (10)$$

$$b = \frac{\sum_{i=0}^5 x_{bi}}{x_{b0} + x_{b1} \cdot K_{\text{ун.}} + x_{b2} \cdot K_{\text{тех.осн.}} + x_{b3} \cdot K_{\text{екс. обл.}} + x_{b4} \cdot K_{\text{кв.}} + x_{b5} \cdot K_{\text{ун.}}}. \quad (11)$$

Тут b_0 – коефіцієнт, який описує стан «ідеальної» ВТ виробничої системи, приймається рівним 5,37; $x_{ai}, x_{bi} \{= 0 \dots 5\}$ – регресивні коефіцієнти множинної регресії, які враховують вплив кожного з факторів на ОТР виробничої системи.

Використання формул (10) і (11) дозволяє для конкретної виробничої системи визначити коефіцієнти, які входять в залежність (2), аналітичним шляхом, уникаючи більшого обсягу статистичних досліджень представників номенклатури, яка виготовляється. Для рішення цього завдання досить зібрати дані, які необхідні для розрахунку приватних коефіцієнтів ОТР, що значно спрощує використання підходу до оцінки конструктивно-технологічної варіативності складності для визначення прогнозованої трудомісткості виготовлення виробів машинобудування з урахуванням ОТР виробничої системи, особливо в умовах одиничного і дрібносерійного ВТ виробництва.

Аналіз результатів, отриманих при застосуванні даного підходу оцінки конструктивно-технологічної варіативності складності з використанням запропонованої методики, дозволяє говорити про те, що в межах досліджуваної області (5... 100 одиниць складності) величина відносної похибки оцінки трудоемності виготовлення виробів не перевищує 12%.

На підставі приватних коефіцієнтів ОТР сформовано інтегральний показник ОТР, який дозволяє проводити порівняльний аналіз рівня організації та технологічного оснащення різних виробничих систем. Графічна інтерпретація моделі розрахунку і прогнозування трудомісткості виготовлення машинобудівного виробу з прямим урахуванням організаційно-технологічного рівня виробничої системи представлена на рис. 3.

Висновки і пропозиції. Таким чином, запропонований підхід до оцінки організаційно-технологічного рівня ВТ виробничої системи дозволяє забезпечити зниження витрат тимчасових і матеріальних ресурсів на адаптацію методу оцінки конструктивно-технологічної варіативної складності до організаційно-технологічних умов конкретної виробничої системи. Метод визначення прогнозованої трудомісткості виготовлення машинобудівного виробу з урахуванням організаційно-технологічного рівня виробничої системи може використовуватися на етапі конструкторсько-технологічної підготовки виробництва при відсутності технологічної документації для визначення прогнозованої трудомісткості виготовлення виробів в конкретній виробничій системі або на етапі підбору виробничої системи з раціональним ОТР з метою мінімізації

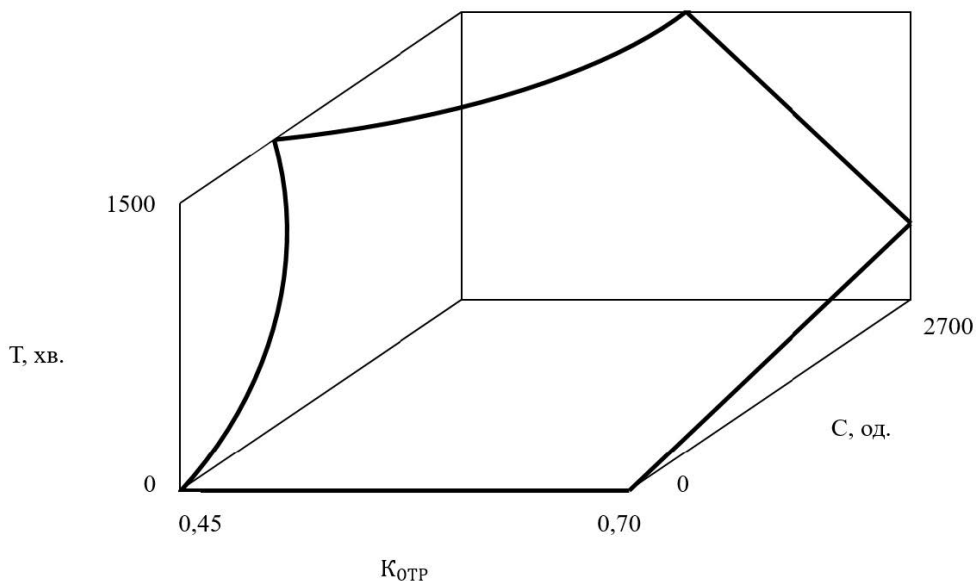


Рис. 3. Графічне уявлення моделі прогнозування трудомісткості виготовлення машинобудівної продукції з урахуванням організаційно-технологічного рівня ВТ виробництва

Джерело: уявлення авторів

трудомісткості і собівартості виготовлення виробів певної конструктивно-технологічної складності, що має сприяти економічній трудових і фінансових ресурсів і підвищенню ефективності функціонування машинобудівних підприємств.

Література:

1. Витлинский В., Матвийчук А. Смена парадигмы в современной теории экономико-математического моделирования. *Экономика Украины*. 2007. № 11. С. 35–43.
2. Сгоров І. Ю. «Інноваційна Україна-2020»: основні положення національної доповіді. *Економіка України*. 2015. № 9(646). С. 4–18.
3. Касьянова Н. В. Формування вертикально-інтегрованих високотехнологічних компаній. *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. 2017. № 1(40). С. 124–128.
4. Макаров В. Л. Обзор математических моделей экономики с инновациями. *Экономика и математические методы*. 2009. Т. 45. № 1. С. 3–14.
5. Маслак О. О., Дорошкевич К. О., Вороновська М. М. Чинники впливу на інноваційну діяльність промислових підприємств. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Вип. 22. С. 269–273.
6. Мацко Н. Г. Управління розвитком виробничого потенціалу промислового підприємства. *Науковий вісник ХДУ*. 2017. Вип. 23. Ч. 2. С. 69–72.
7. Лысенко Ю. Г. и др. Методология моделирования жизнеспособных систем в экономике : монография. Донецк : Юго-Восток, 2009. 350 с.
8. Національна економічна стратегія на період до 2030 року. *Урядовий кур'єр*. 2021. № 45. С. 8–36.
9. Россоха В. В., Соколов Д. О. Шляхи забезпечення інноваційно-технологічного розвитку. *Агроінком*. 2013. № 7. С. 48–56.
10. Салихова Е. Б. Ренессанс государственной интервенции в промышленное развитие: последние мировые тенденции и уроки для Украины. *Экономика Украины*. 2015. № 9(638). С. 19–38.
11. Удовенко В. Экономико-математическая модель управления предприятием на основе метода Монте-Карло. *Экономика Украины*. 2014. № 7. С. 86–89.
12. Філіпішин І. В. Управління розвитком промислових підприємств: підходи та методологія. *Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності*. 2015. Вип. 2(12). Т. 3. С. 39–44.
13. Якимович Б. А., Фоминых Р. Л., Коршунов А. И. Определение организационно-технического уровня производственной системы при прогнозировании трудоёмкости изготовления машиностроительного изделия. *Машиностроитель*. 2004. № 1. С. 32–37.
14. Peters T. *The circle of Innovation*. Coronet Books, 1998. 519 p.

References:

1. Vitlinskiy V., Matviychuk A. (2007). Smena paradigmy v sovremennoy teorii ekonomiko-matematicheskogo mode-

- lirvaniya [Paradigm change in the modern theory of economic and mathematical modeling]. *Ekonomika Ukrainyi*, 11, 35–43. (in Russian)
2. Yehorov I. Yu. (2015). «Innovatsiina Ukraina-2020»: osnovni polozhennia natsionalnoi dopovidi ["Innovation Ukraine-2020": the main provisions of the national additional principles]. *Ekonomika Ukrainy*, 9(646), 4–18. (in Ukrainian)
3. Kasianova N. V. (2017). Formuvannya vertykalno-intehrovanykh vysokotekhnolohichnykh kompanii [Formation of vertically-integrated high-tech companies]. *Visnyk Donbaskoi derzhavnoi mashynobudivnoi akademii*, 1(40), 124–128. (in Ukrainian)
4. Makarov V. L. (2009). Obzor matematicheskikh modeley ekonomiki s innovatsiyami [Review of mathematical models of an economy with innovations]. *Ekonomika i matematicheskie metody*, t. 45, no. 1, 3–14. (in Russian)
5. Maslak O. O., Doroshkevych K. O., Voronovska M. M. (2012). Chynnyky vplyvu na innovatsiinu diialnist promyslovykh pidpriemstv [Factors influencing the innovation activity of industrial enterprises]. *Naukovyi visnyk NLU Ukrainy*, 22, 269–273. (in Ukrainian)
6. Matsko N. H. (2017). Upravlinnia rozvytkom vyrobnychoho potentsialu promyslovoho pidpriemstva [Management of development of production potential of the industrial enterprise]. *Naukovyi visnyk KhDU*, 23(2), 69–72. (in Ukrainian)
7. Lyisenko Yu. G. i dr. (2009). *Metodologiya modelirovaniya zhiznesposobnykh sistem v ekonomike* [Methodology for Modeling Viable Systems in Economics]. Donetsk: Yugo-Vostok. (in Russian)
8. National economic strategy for the period up to 2030 (2021). *Uriadovyi kurier*, 45, 8–36. (in Ukrainian)
9. Rossokha V. V., Sokolov D. O. (2013). *Shliakhy zabezpechennia innovatsiino-tekhnologichnoho rozvytku* [Ways to ensure innovation and technological development]. *Ahroinkom*, 7, 48–56. (in Ukrainian)
10. Salihova E. B. (2015). *Renessans gosudarstvennoy interventsii v promyshlennoe razvitie: poslednie mirovyie tendentsii i uroki dlya Ukrainyi* [Renaissance of State Intervention in Industrial Development: Recent Global Trends and Lessons for Ukraine]. *Ekonomika Ukrainyi*, 9(638), 19–38. (in Russian)
11. Udovento V. (2014). *Ekonomiko-matematicheskaya model upravleniya predpriatiem na osnove metoda Monte-Karlo* [Economic and mathematical model of enterprise management based on the Monte Carlo method]. *Ekonomika Ukrainyi*, 7, 86–89. (in Russian)
12. Filipishyn I. V. (2015). *Upravlinnia rozvytkom promyslovykh pidpriemstv: pidkhody ta metodolohiia* [Industrial development management: approaches and methodology]. *Teoretychni i praktychni aspekty ekonomiky ta intelektualnoi vlasnosti*, vol. 2(12), t. 3. (in Ukrainian)
13. Yakimovich B. A., Fominyh R. L., Korshunov A. I. (2004). *Opredelenie organizatsionno-tehnicheskogo urovnya proizvodstvennoy sistemy pri prognozirovanii trudoyomkosti izgotovleniya mashinostroitelnoho izdeliya* [Determination of the organizational and technical level of the production system when predicting the labor intensity of manufacturing a machine-building product]. *Mashinostroitel*, 1, 32–37. (in Russian)
14. Peters T. (1998). *The circle of Innovation*. Coronet Books, 519 p.

Аннотация. Предложен методический подход для оценки конструктивно-технологической сложности изготовления высокотехнологичной продукции, а также методика определения факторов организационно-технологического состояния высокотехнологической производственной системы, которые имеют наибольшее влияние на показатель трудоемкости промышленной продукции, которая основана на использовании экспертных методов с целью формирования, анализа и оценки формируемой совокупности.

Ключевые слова: модель, методика, оценка, уровень, организация, технология, трудоемкость, система, регрессия, сложность, коэффициент, производство.

Summary. The methodical approach for an estimation of constructive and technological complexity of manufacturing of high-tech production is offered; as well as methods for determining the factors of organizational and technological state of high-tech production system, which have the greatest impact on the complexity of industrial products, which is based on the use of expert methods to form, analyze and evaluate the formed population. Domestic industry is currently undergoing structural changes, caused by both the changing fluctuating market situation and military aggression against our country. The main problem faced by industrial enterprises is low production efficiency. Ensuring the competitiveness of products produced by high-tech enterprises is the only way to survive and consolidate in the market, which requires accurate assessment and reduction of production costs while achieving the required consumer qualities. In accordance with the results of the analysis, on the example of cable products, the requirements were formulated to which a promising method of technological regulation should meet: ensuring the required level of accuracy in accordance with the requirements of a specific production task with a minimum of resource costs; the use of a universal approach in the standardization of various technological conversions, providing a logical relationship between them; taking into account the organizational and technological level of high-tech production in order to adapt the method in the conditions of a specific production system; assessment of the labor intensity of manufacturing high-tech products in the absence of developed technological documentation. As a result, it seems possible at the stage of making a decision on launching into production to predict the labor intensity of manufacturing a specific high-tech product. The scope of the obtained model can be extended to the stages of adaptation, restoration of reconfigurable high-performance systems in industry. The use of such an approach to assessing the constructive and technological complexity in real production conditions revealed the fact that in the manufacture of the same product with a certain and constant constructive and technological complexity in the conditions of various high-tech systems, the labor intensity of the manufacture turns out to be different. The analysis of the results obtained made it possible to make the assumption that the variation in the values of the labor intensity of the manufacture of the product is explained by the differentiation of the structure of the organizational and technological state of high-tech production. The following tasks can be considered the most relevant at the moment: determining the labor intensity of manufacturing high-tech products at the stage of forming a package of an enterprise's order in order to calculate its cost and determine profitability; assessment of labor intensity at the stage of putting high-tech products into production on the basis of design documentation in the absence of developed technological documentation. The task of predicting the labor intensity of manufacturing high-tech products in the proposed method is solved at the following stages: analysis of the range of high-tech production and the formation of a certain set of promising products; determination of the constructive technological complexity of manufacturing products included in a certain set; construction of a regression relationship between the structural and technological complexity and labor intensity of manufacturing products with the analysis of the resulting relationship; determination of the constructive and technological complexity of high-tech products and the calculation of the labor intensity of its manufacture using the obtained regression equation.

Keywords: model, technique, estimation, level, organization, technology, labor intensity, system, regression, complexity, coefficient, production.