DOI: [10.32702/2307-2105-2021.6.75](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.6.75)

УДК 681.3.

*М. В. Белобородова,
к. е. н., доцент кафедри економіки, підприємництва та управління підприємствами,
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
ORCID ID: 0000-0001-8329-7679
В. М. Шаповал,
д. е. н., професор,
завідувач кафедри туризму та економіки підприємства,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
ORCID ID: 0000-0001-5552-4221*

ЕКОНОМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

*M. Bieloborodova
PhD in Economics,
Oles Honchar Dnipro National University
V. Shapoval
Doctor of Economic Sciences, Professor,
Dnipro University of Technology «Dnipro Polytechnic»*

ECONOMIC POTENTIAL OF INDUSTRIAL ENTERPRISES MANUFACTURING SYSTEMS

В статті представлено ключові аспекти оцінювання економічного потенціалу інтегрованих та відокремлених виробничих систем промислових підприємств. На основі використання поелементного витратного підходу було визначено, що інтегровані виробничі системи вигідніші, ніж відокремлені, якщо загальна вартість інтегрованої виробничої системи менша. Виробнича вартість інтегрованої та відокремленої виробничої системи залежать від кількості паралельних верстатів, необхідних для досягнення бажаних обсягів виробництва. В статті доведено, що інтегровані виробничі системи мають вищий економічний потенціал при невеликих обсягах виробництва. Визначено, що інтеграція виробничих систем є ефективною, якщо змінні непрямі витрати мультитехнологічної платформи менші за маржинальні витрати для низьких обсягів виробництва. Проблема класифікації та застосування гнучких, відокремлених та інтегрованих виробничих систем складає перспективи подальших досліджень.

Methodological aspects of assessing the economic potential of integrated and separate manufacturing systems of industrial enterprises are given in a research. The purpose of the study is an assessment of the economic potential of a separate and integrated manufacturing system of an industrial enterprise using an element-by-element cost approach. The integration of manufacturing systems aims to replace the existing system of at least two single-tech machines with multi-tech platforms. All processes performed by more than one sequentially operating machine

with a single technology must take place on one multi-technology platform, if the manufacturing system is integrated. Based on the use of element-by-element cost approach, it was determined that integrated systems are more profitable than separate ones if the total cost of the integrated manufacturing system is lower. The production cost of an integrated and separate manufacturing system depends on the number of parallel machines required to achieve the desired production volumes. It is proved that integrated manufacturing systems have a higher economic potential with small production volumes. It is determined that the integration of manufacturing systems is effective if the variable indirect costs of a multi-technology platform are less than the marginal costs for low production volumes. Integrated manufacturing systems are more profitable than separate ones if the total cost of the integrated manufacturing system is less. For low production volumes, one multi-technology platform can replace a separate manufacturing system. For large production volumes, an integrated production system is more profitable if the costs associated with the critical production of a multi-technology platform are lower than the total costs associated with the critical production of a separate manufacturing system. Accordingly, integrated manufacturing systems at the current stage of development of the production organization have a higher economic potential for enterprises with low production volumes. The problem of classification and application of flexible, separate and integrated manufacturing systems is the prospect of further research.

Ключові слова: виробнича система; оцінювання; витрати; ефективність; потенціал; інтеграція; обсяг виробництва.

Keywords: manufacturing system; evaluation; costs; efficiency; potential; integration; production volume.

Постановка проблеми. В сучасних умовах в контексті використання масштабних взаємодій ринкових суб'єктів все частіше увага приділяється новому інтегрованому рівню виробничих систем, які можуть розглядатись як об'єднана виробнича система множини різного рівня елементів виробничих системних підприємств з найбільш прогресивними організаційними та технологічними можливостями, створені на обмежений строк з метою реалізації складних проєктів.

Інтегроване та звичайне виробництво є двома різними, в деяких аспектах протилежними стратегіями подолання нестабільності з урахуванням функціональних вимог виробничої системи. У той час як більш гнучке інтегроване виробництво сприяє апріорній інтеграції функцій у мультитехнологічні платформи, звичайне виробництво спирається на однотехнологічні верстати, які доповнюються іншими однотехнологічними верстатами з відмінним функціональним навантаження у випадку зміни функціональних вимог до процесу виробництва [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розвитку та еволюції виробничих систем присвячені роботи таких міжнародних та вітчизняних вчених, як А. Gola [2], Y. Koren [3, 6], T. Moriwaki [4], С. Левицький [9], В. Руденська [14] та інших. Процеси виробничої інтеграції у промисловості широко досліджені в роботах Т. Мельник [13], Л. Косташ [12] Л. Смельяненка [10]. Економічний та виробничий потенціал, а також їхня оцінка розглянуті в роботах таких вчених, як Д. Михайлик, В. Руденська [14], О. Гончарук [11] та інші.

Але проблема визначення економічного потенціалу двох варіантів організації виробництва – відокремленого та інтегрованого – для подальшого вибору найбільш оптимального варіанта із врахуванням розмірів підприємства та обсягу виробництва є актуальним та своєчасним питанням.

Постановка завдання. Головними завданням дослідження економічного потенціалу виробничих систем є його раціональне використання та цілеспрямований розвиток, відповідно даний об'єкт являє собою складну категорію управління. Відповідно, метою дослідження, викладеного в даній статті, є оцінювання економічного потенціалу відокремленої та інтегрованої виробничої системи промислового підприємства із використанням поелементного витратного підходу.

Викладення основного матеріалу дослідження. Інтеграція технологій виробництва може розглядатися як інтерпретація підходу до організації виробничого процесу з позицій «гнучкого виробництва», що сприяє функціональному вдосконаленню виробничих систем. Різноманітні мультитехнологічні платформи сьогодні широко застосовуються в промисловості, і деякі з них працюють вже впродовж десятиліть [1].

Інтеграція технологій виробництва має на меті замінити існуючу систему щонайменше з двох однотехнологічних верстатів мультитехнологічними платформами. Таким чином, усі процеси, що здійснювались більш ніж одним послідовно працюючим верстатом з єдиною технологією, повинні відбуватися на одній мультитехнологічній платформі, якщо виробнича система є інтегрованою [7].

Через ймовірність збільшення часу циклу мультитехнологічні платформи повинні бути паралельними, щоб досягти такої ж продуктивності, як і послідовні однотохнологічні верстати. За даними, наведеними в роботах [3, 6], паралелізація верстатів може означати негативні впливи на якість деталей, оскільки статистичне “змішування” деталей від двох верстатів може збільшити загальну варіацію.

Кількість необхідних мультитехнологічних платформ залежить від бажаних обсягів виробництва. Інтеграція технологій виробництва може здатися вигідною з точки зору критеріїв квазіефективності, що збільшують функціональну складність та зменшують час вторинної обробки.

На рисунку 1 показано технологічний ланцюг відокремленої та інтегрованої виробничої системи. Ланцюг складається з безлічі технологій виробництва, які застосовуються для перетворення сировини в кінцевий продукт. У випадку окремого виробництва технології виробництва залишаються розділеними між верстатами. Це означає, що для виконання кожної технологічної операції застосовується окремий верстат. У разі інтеграції технологій виробництва в технологічний ланцюг вводяться багатотехнологічні платформи для здійснення щонайменше двох операцій технологічного ланцюга. В рамках даного дослідження ми сконцентруємось на порівнянні економічного потенціалу сегмента технологічного ланцюжка, який інтегрований до відповідного сегменту відокремленої виробничої системи. Інші сегменти технологічного ланцюжка вважаються подібними для кожної з двох виробничих альтернатив, і ними буде знехтувано при порівнянні економічного потенціалу.

Рисунок 1. область порівняння інтегрованих та відокремлених виробничих систем

Придатність виробничої системи, як правило, оцінюється на основі виробничих витрат. Конфігурація інтегрованої виробничої системи, що складається з мультитехнологічних платформ, відрізняється від відокремленої виробничої системи, що складається з окремих технологічних автономних верстатів. Проблема може полягати в тому, що через більшу кількість процесів, що виконуються на інтегрованій виробничій системі, може знадобитися більше, ніж одна мультитехнологічна платформа, щоб отримати таку ж продуктивність, яку забезпечує відповідна відокремлена виробнича система [11].

Це призводить до паралельної конфігурації інтегрованої виробничої системи на противагу послідовній конфігурації відокремленої виробничої системи. Однак, залежно від бажаних обсягів випуску, може знадобитися паралельне використання однотохнологічних автономних верстатів у рамках відокремленої системи виробництва. Отже, при великих вихідних кількостях відокремлена виробнича система приймає послідовну та паралельну конфігурацію, яка відображає розподіл робочого навантаження між послідовними етапами трансформації заготовки (рисунок 2).

Рисунок 2. Можливі конфігурації двох варіантів виробничої системи

Отже, багатотехнологічні платформи мають той самий функціональний спектр, що і послідовна лінія однотехнологічних верстатів. Однак декілька заготовок можуть оброблятися одночасно в робочих просторах відокремленої виробничої системи, тоді як лише одна заготовка може оброблятися на одній багатопрофільній платформі. Іншими словами, серійна лінія однотехнологічних верстатів має вищу продуктивність, ніж багатотехнологічна платформа єдиного робочого простору. Таким чином, мультитехнологічні платформи повинні бути паралельними для того, щоб інтегрована система виробництва була такою ж продуктивною, як і відокремлена. Це спричиняє відмінності у підході до оцінювання економічного потенціалу двох варіантів виробничих систем.

Пропонуємо розглянути процес оцінювання економічного потенціалу виробничих систем підприємства на базі поелементного підходу, який розглядався в роботах таких вчених, як [8, 10] і визначається як найбільш уніфікований і універсальний метод. Однак, як і весь методологічний інструментарій, він також має ряд недоліків, серед яких неможливість оцінити за допомогою одного кількісного показника склад і якість кожного елементу.

Розглянемо загальні витрати C_j будь-якої із двох виробничої систем j протягом періоду T можуть бути розділені на витрати, понесені потенційними факторами $C_{\text{пот},j}$, та витратами на споживання (матеріали та ін.) $C_{\text{спож},j}$. Потенційні фактори - це всі елементи виробничої системи, які забезпечують здатність до поетапного перетворення сировини в кінцевий продукт. Серед цих факторів – вартість самої виробничої системи та операційні витрати, які будуть враховуватися за вартістю $C_{\text{сис},j}$ та $C_{\text{опер},j}$ відповідно. Ці витрати залежать від кількості паралельних верстатів $L_{\text{пар},j}$

Але існують також додаткові накладні витрати, які не залежать від виду розглянутої виробничої системи, тому ними можемо знехтувати. У випадку інтегрованої виробничої системи (IBC), її вартість $C_{\text{сис},IBC}$ залежить від вартості самої мультитехнологічної платформи (MT) C_{MT} та кількості паралельних платформи $L_{\text{пар},IBC}$:

$$C_{\text{сис},IBC} = C_{MT} + L_{\text{пар},IBC} \quad (1)$$

при чому

$$C_{MT} = O_{MT} + A_{MT} + K_{MT} \quad (2)$$

де O_{MT} – витрати на обслуговування та пусконаладжувальні роботи, A_{MT} – амортизаційні відрахування, K_{MT} – відсотки за користування кредитом.

У випадку відокремленої виробничої системи (BBC) вартість системи може становити $C_{\text{сис},BBC}$ визначається шляхом підсумовування добутку кількості верстатів $L_{\text{пар},BBC}$ та їхньої вартості $C_{MT,BBC}$ на кожному етапі процесу трансформації.

$$C_{\text{сис,ВВС}} = \sum_{i=1}^{L_{\text{серійн,ВВС}}} C_{\text{МТ,ВВС}} * L_{\text{пар,ВВС}_i} \quad (3)$$

Операційні витрати $C_{\text{опер},j}$ для обох видів виробничих систем розраховуються за аналогічним до попередньо описаного принципом.

У випадку інтегрованої виробничої системи, змінні непрямі витрати із врахуванням фактору обсягу виробництва x визначаються рівнянням:

$$C_{v,IBC}(x) = L_{\text{пар,IBC}}(x) \cdot (C_{\text{МТ,IBC}} + C_{\text{опер,IBC}} + C_{\text{спож,IBC}}) \quad (4)$$

Для відокремленої виробничої системи розрахунок змінних непрямих витрат $C_{v,ВВС}$ є більш складним, оскільки він залежить від кількості паралельних верстатів:

$$C_{v,ВВС}(x) = \sum_{i=1}^{L_{\text{серійн,ВВС}}} L_{\text{пар,ВВС}}(x) \cdot (C_{\text{МТ,ВВС}} + C_{\text{опер,ВВС}} + C_{\text{спож,ВВС}}) \quad (5)$$

Постійні витрати залишаються незмінними незалежно від того, скільки продукції генерує система. Крім того, фіксовані витрати не залежать від розглянутих виробничих альтернатив.

З урахуванням кількості виробленої продукції можна розрізнити дві різні умови ефективності відносної прибутковості. Для низьких обсягів виробництва паралелізацією мультитехнологічних платформ можна знехтувати. Інтеграція технологій виробництва є ефективною, якщо змінні непрямі витрати мультитехнологічної платформи менші за маржинальні витрати для низьких обсягів виробництва.

Тут інтегрована виробнича система дає менші витрати, якщо вартість однієї мультитехнологічної платформи менша, ніж сукупна вартість серійної лінійки однотехнологічних верстатів, порівняйте вираз. Для великих обсягів виробництва інтегрована виробнича система вигідніша, якщо витрати, пов'язані з критичним випуском мультитехнологічної платформи, нижче ніж сукупні витрати, пов'язані з критичним випуском відокремленої виробничої системи. Це означає, що перешкода щодо відносної прибутковості інтегрованих виробничих систем нижча для низьких обсягів виробництва, ніж для великих. Отже, інтеграція технологій виробництва повинна розглядатися, зокрема, якщо потрібно виробляти низькі обсяги виробництва.

Інтеграція технологій виробництва скорочує логістичний ланцюг на заводі, оскільки транспортування між верстатами не потрібне. Незважаючи на те, що логістичний ланцюг коротший, пропускна здатність може бути вищою, зокрема для низьких обсягів виробництва, коли однієї мультитехнологічної платформи достатньо, щоб замінити відокремлену виробничу систему.

Висновки. Оцінювання економічного потенціалу двох варіантів організації виробничих систем промислових підприємств із використанням поелементного витратного методу дав змогу зробити наступні висновки. Інтегровані виробничі системи вигідніші, ніж відокремлені, якщо загальна вартість інтегрованої виробничої системи менша. Виробнича вартість інтегрованої та відокремленої виробничої системи залежать від кількості паралельних верстатів, необхідних для досягнення бажаних обсягів виробництва. Для низьких обсягів виробництва одна мультитехнологічна платформа може замінити відокремлену виробничу систему. Для великих обсягів виробництва інтегрована виробнича система вигідніша, якщо витрати, пов'язані з критичним випуском мультитехнологічної платформи, нижче ніж сукупні витрати, пов'язані з критичним випуском відокремленої виробничої системи. Відповідно, інтегровані виробничі системи на сьогоднішньому етапі розвитку організації виробництва мають вищий економічний потенціал для підприємств із низькими обсягами виробництва. Перспективу подальших досліджень складає проблема класифікації гнучких, реконфігурованих та інтегрованих виробничих систем.

Список літератури.

1. Bengtsson, J. Manufacturing Flexibility and Real Options. International Journal of Production Economics, 2015, vol. 74, pp. 213-224.
2. Gola, A., Swi'c, A. Directions of manufacturing systems' evolution from the flexibility level point of view. Innovations in Management and Production Engineering PPolskie Towarzystwo Zarzadzania Produkcjka, 2012, pp.226-238
3. Koren, Y., Shpitalni, M. Design of reconfigurable manufacturing systems. Journal of Manufacturing Systems, 2010, vol. 29, pp. 130-141.
4. Moriwaki, T. Multi-functional machine tool. CIRP Annals Manufacturing Technology, 2008, vol. 57, no. 2, pp. 736-749
5. Schot, J.; Geels, F. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. Technology Analysis & Strategic Management, 2008, vol. 20, no. 5, pp. 537-554
6. Wang, W., Koren, Y. Scalability planning for reconfigurable manufacturing systems. Journal of

Manufacturing Systems, 2012, vol. 31, pp. 83–91.

7. Weck, M., Staimer, D. Parallel kinematic machine tools—current state and future potentials. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 2012, vol.51, no. 2, pp. 671–683

8. Гончарук О. В., Ігнашкіна Т. Б., Броннікова В. Ю. Сучасний стан гірничо-металургійного комплексу України: чинники, тенденції й результати. Ефективна економіка. 2020. № 9. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8189> DOI: 10.32702/2307-2105-2020.9.60

9. Левицкий, С. Модели проектного управления сложными экономическими объектами. Донецк : Юго-Восток, 2012, 326 с.

10. Ємельяненко, Л. Економічна інтеграція національних підприємств у глобальні виробничі мережі. Ефективна економіка, 2017, № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5670>

11. Зеркин, Д. Концепция управления производственной системой в современных условиях. Вестник университета (государственный университет управления), 2015, № 10, с. 28-31.

12. Косташ, Т., Шелюжак І. Формування системи управлінського обліку на підприємстві. Ефективна економіка. 2021. № 5. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8883>. DOI: 10.32702/2307-2105-2021.5.78

13. Мельник, Т. Сутність та галузеві особливості міжнародної виробничої інтеграції національних підприємств. Економічний простір, 2015, № 95, с. 26-39.

14. Руденская В., Левицкий, С., Михайлик, Д. Моделирование систем жизнеспособного управления производственным потенциалом интегрированных структур. Вісник Запорізького національного університету. Економічні науки, 2017, № 1, с. 52-66. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vznu_eco_2017_1_9.

References.

1. Bengtsson, J. (2015), “Manufacturing Flexibility and Real Options”, International Journal of Production Economics, vol. 74, pp. 213-224.

2. Gola, A., Swi’c, A. (2012), “Directions of manufacturing systems’ evolution from the flexibility level point of view”, Innovations in Management and Production Engineering, Polskie Towarzystwo Zarzadzania Produkcja, Poznan, Poland, pp.226-238

3. Koren, Y. and Shpitalni, M. (2010), “Design of reconfigurable manufacturing systems”, Journal of Manufacturing Systems, vol. 29, pp. 130–141.

4. Moriawaki, T. (2008), “Multi-functional machine tool”, CIRP Annals Manufacturing Technology, vol. 57, no. 2, pp. 736–749

5. Schot, J. and Geels, F. (2008), “Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy”, Technology Analysis & Strategic Management, vol. 20, no. 5, pp. 537–554

6. Wang, W. and Koren, Y. (201), “Scalability planning for reconfigurable manufacturing systems”, Journal of Manufacturing Systems, vol. 31, pp. 83–91.

7. Weck, M. and Staimer, D. (2012), “Parallel kinematic machine tools—current state and future potentials”, CIRP Annals-Manufacturing Technology, vol.51, no. 2, pp. 671–683

8. Honcharuk, O. Ihnashkina, T. and Bronnikova, V. (2020), “Current state of the mining and metallurgical complex of Ukraine: factors, trends and results”, Efektyvna ekonomika, [Online], vol. 9, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?-op=1&z=8189> (Accessed 05 June 2021). DOI: 10.32702/2307-2105-2020.9.60

9. Levitskiy, S. (2012), Modely proektnoho upravleniya slozhnyimi ekonomicheskimi ob'ektami [Modeling of project management of complex economic objects], Yugo-Vostok, Ltd., Donetsk, Ukraine.

10. Yemel'yanenko, L. (2017), “Economic integration of national enterprises into global production networks”, Efficient economy, vol. 2, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5670> (Accessed 05 June 2021).

11. Zerkyn, D. (2015), “The concept of production system management in modern conditions”, University Bulletin (State University of Management), vol. 10, pp. 28-31.

12. Kostash, T. and Shelyuzhak, I. (2021), “Creation of a management accounting system at the enterprise”, Efektyvna ekonomika, [Online], vol. 5, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8883> (Accessed 05 June 2021). DOI: 10.32702/2307-2105-2021.5.78.

13. Mel'nyk, T (2015), “The essence and branch features of the international industrial integration of national enterprises”, Ekonomichnyi prostir, vol. 95, pp. 26-39.

14. Rudenskaya V. Levitskiy, S. and Mikhaylik, D. (2017), “Modeling viable production capacity management systems for integrated structures”, Visnyk Zaporiz'koho natsional'noho universytetu. Ekonomichni nauky, vol. 1, pp. 52-66, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vznu_eco_2017_1_9 (Accessed 05 June 2021).

Стаття надійшла до редакції 09.06.2021 р.