

УДК 004.9(658)

DOI: 10.25140/2411-5215-2019-2(18)-74-84

Віктор Лисак

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ НА ОСНОВІ РЕАЛІЗАЦІЇ PLM-МОДУЛЯ**

Виктор Лысак

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ОСНОВЕ РЕАЛИЗАЦИИ PLM-МОДУЛЯ**

Viktor Lysak

**IMPROVING THE MANAGEMENT EFFICIENCY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES BY INTRODUCTION THE PLM-MODULE**

У статті розглянуто напрями підвищення ефективності управління промисловими підприємствами в контексті сучасних економічних викликів, за умов поглиблення глобалізаційних процесів та зростання конкуренції. Окреслено особливості реалізації концепції управління життєвим циклом продукту, розроблено структурну схему функціонування PLM-модуля автоматизованої системи управління підприємством та проаналізовано вартісні характеристики його складових серед поширених програмних продуктів на вітчизняних підприємствах. Проаналізовано динаміку окремих техніко-економічних показників після реалізації PLM-модуля та запропоновано основні напрями підвищення ефективності управління підприємством у контексті використання сучасних економічних підходів та науково-технічних розробок.

**Ключові слова:** автоматизована система управління підприємством; управління життєвим циклом продукту; ефективність управління виробництвом; управління інноваціями.

Рис.: 2. Табл.: 3. Бібл.: 12.

В статье рассмотрены направления повышения эффективности управления промышленными предприятиями в контексте современных экономических вызовов, в условиях углубления глобализационных процессов и возрастания конкуренции. Очерчены особенности реализации концепции управления жизненным циклом продукта, разработана структурная схема функционирования PLM-модуля автоматизированной системы управления предприятием и проанализированы стоимостные характеристики его составляющих среди распространенных программных продуктов на отечественных предприятиях. Проанализирована динамика отдельных тактико-технических показателей после реализации PLM-модуля и предложены основные направления повышения эффективности управления предприятием в контексте использования современных экономических подходов и научно-технических разработок.

**Ключевые слова:** автоматизованная система управления предприятием; управление жизненным циклом продукта; эффективность управления производством; управление инновациями.

Рис.: 2. Табл.: 3. Библ.: 12.

The article deals with the directions of increasing the efficiency of industrial enterprises management in the context of current economic challenges, deepening of globalization processes and increasing competition. The author determined the features of the implementation of the product life cycle management concept, developed a block diagram of the functioning of the PLM-module of ERP-system and analyzed the cost characteristics of its components among common software products at domestic enterprises. The author analyzes the dynamics of individual technical and economic indicators after the implementation of the PLM-module and proposes the main directions of increasing the efficiency of enterprise management in the context of using modern economic approaches and innovative technological achievements.

**Keywords:** enterprise resource and relationship management system; ERP; product lifecycle management; PLM; production management efficiency; innovation management.

Fig.: 2. Table: 3. References: 12.

JEL Classification: M11; M15

**Постановка проблеми.** Прискорений розвиток технологій, наскрізна інформатизація суспільства та зміна акцентів ринкових відносин на споживача формують нові виклики та завдання перед вітчизняними промисловими підприємствами. З метою підвищення конкурентоспроможності та поліпшення ефективності управління підприємством одним із перспективних напрямів є реалізація управлінням життєвого циклу продукту за допомогою сучасних методів, інструментів та технологій. Впровадження такого засобу управління виробничими потужностями має на меті відійти від застарілих за своєю сутністю принципів та підходів, які часто й дотепер використовуються вітчизняними промисловими підприємствами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковими та теоретико-прикладними розробками з питань підвищення ефективності управління підприємством, а також запровадженням інноваційних принципів та методів управління виробництвом відомі такі за-

## ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

рубіжні та вітчизняні науковці, як О. Габовда [1], О. Григоревська, В. Кохановський [2], М. Кошелєв [3], Д. О'Лірі, Б. Малакоті [7], В. Мейберт, П. Радхакрішан [9], А. Саксворі [10], Т. Садовнікова [1], В. Скіцько [4], Дж. Старк [11; 12] та інші. Вагомий внесок у розвиток наукових підходів щодо автоматизації управління діяльністю підприємств здійснили: А. Батюк, Н. Васильків, М. Верескун, М. Вігер, З. Двудіт, Л. Ємчук, І. Нетреба, М. Роземанн, М. Сензюк, М. Скрипник, Дж. Форрестер та багато інших учених.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Зважаючи на вагомий внесок науковців та практиків у розвиток автоматизації управління бізнес-процесами суб'єктів господарювання, варто зазначити, що досі залишаються неповністю дослідженими та потребують подальшого вивчення аспекти підвищення ефективності управління підприємством, зокрема на основі впровадження сучасного науково-технічного інструментарію в управління виробничими процесами.

**Метою дослідження** є виявлення особливостей PLM-концепції управління життєвим циклом продукту та запровадження її реалізації на вітчизняних промислових підприємствах.

**Основний матеріал дослідження.** Аналіз науково-технічної літератури [1, с. 9; 3, с. 22–23; 4, с. 36–37; 5; 6; 8; 10; 11, с. 5–7] свідчить, що перші ERP-системи фокусувалися практично виключно на операційній ефективності та автоматизації виробництва. Наступний етап їхнього розвитку супроводжувався продовженням підвищення операційної досконалості та запровадженням показника інноваційної цінності продукту. На теперішньому етапі за допомогою різного роду типів співробітництва, завдяки поширенню соціальних мереж та на основі різних потоків інформації всередині та за межами підприємства ERP-система поєднує різні сегменти ринку та його споживачів. Саме на основі такої інтеграції виробника та споживача відбувається конструктивний діалог і обмін інформацією щодо інновацій, виробництва, а потім і продажів найбільш якісних товарів і послуг. За сучасних ринкових умов здійснюється перехід від пошуку інноваційного продукту до створення зворотного зв'язку зі споживачем, вивчення його потреб і бажань, що призводить до встановлення синергетичного зв'язку між інноваціями та орієнтуванням на споживача продукту.

Для підтримки високої ефективності такого синергетичного зв'язку між інноваціями та задоволенням потреб споживачів необхідно підтримувати високопродуктивне виробництво, впроваджувати інноваційний інструментарій, сучасні технології та виводувати довгострокові цілі розвитку підприємства.

Згідно з Б. Малакоті, існують п'ять довгострокових цілей, які необхідно враховувати виробничим підприємствам:

- вартість, яка може бути виміряна у грошових одиницях і здебільшого складається з фіксованих та змінних витрат;
- продуктивність, яка може бути оцінена кількістю виробленої продукції за певний проміжок часу;
- якість, яку можна охарактеризувати рівнем задоволеності клієнтів;
- гнучкість, яка може бути представлена здатністю підприємства виробляти різноманітну продукцію;
- стійкість, яку можна оцінювати за допомогою таких параметрів, як екологічна чи технологічна надійність підприємства [7, с. 21–22].

Зв'язок між цими п'ятьма цілями може бути представлений у вигляді профілю (рис. 1), де у вершині – продукт найменшої вартості, найкращої продуктивності і якості, з найвищою гнучкістю та стійкістю. Точки всередині цього профілю мають різну комбінацію згаданих вище п'яти критеріїв. Вершина характеризує ідеальне виробництво, тоді як основа профілю являє собою найгірший варіант виробництва на підприємстві.

## ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

ві. Очевидно, що сучасні виробничі системи схематично можна розмістити всередині області між найліпшим та найгіршим варіантами. Для прикладу, на рис. 1 позначено параметри деякого підприємства, які являють собою сукупність показників різних сфер діяльності підприємства, відповідно до поставлених цілей.

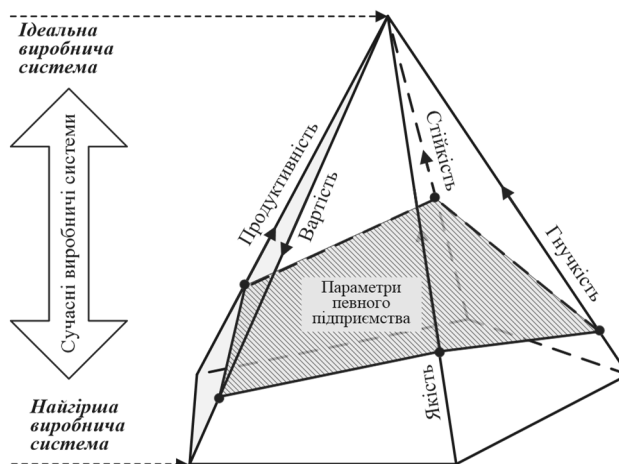


Рис. 1. Профіль цілей промислового підприємства

Джерело: розроблено автором на основі [7, с. 21–22].

У контексті вищезгаданих цілей кожне виробниче підприємство має ставити собі за мету прямувати до вершини зазначеного профілю, тобто покращувати продуктивність, стійкість, гнучкість та якість і водночас зменшувати вартість готової продукції. А тому ефективна автоматизована система управління підприємством має впливати на господарсько-виробничі процеси, підтримувати впровадження інноваційних інструментів та методів виробництва й управління, сприяти прийняттю якісних управлінських рішень для забезпечення високої конкурентоспроможності підприємства й задоволення потреб споживачів відповідною продукцією.

Сучасний ринок наукомісткої промислової продукції характеризується трьома основними рисами: підвищенням складності, наукоємності, якості виробів та зниженням їхньої ресурсоемності; підвищенням конкуренції на ринку; розвитком відносин між учасниками життєвого циклу продукції [1; 2, с. 60; 4, с. 35–36; 6]. Отже, оскільки промислові підприємства вирізняються суттєвими обсягами процесів розробки, проектування та підготовки виробництва на управління якими концепція ERP не поширюється, то саме функції управління, поширення й використання інформації про продукт від моменту його розробки, виготовлення, реалізації та зняття з експлуатації відносяться до модуля управління життєвим циклом продукції (Product Life Management, PLM). Цей модуль тісно інтегрований з іншими складовими ERP-системи та забезпечує управління процесами впровадження інновацій та проектування. Одразу ж після розробки продукту та прийняття його до виробництва ERP-система, у свою чергу, гарантує своєчасне виготовлення якісної продукції на основі грамотного контролю витрат.

Варто зазначити, що реалізація концепції PLM може здійснюватися трьома способами: замість ERP-системи використовується самостійна PLM, ERP та PLM діють спільно, PLM є складовим модулем ERP [1; 10, с. 9–10; 11, с. 15–16]. На нашу думку, найбільш вдалим варіантом є використання PLM як центрального модуля ERP-системи на промисловому підприємстві, що дає широкі можливості як для автоматизації управлінських процесів, так і для створення інтегрованого інформаційного простору, який забезпечить прозорість управління виробництвом продукції. А тому в сучасних виробничих системах PLM-модуль є одним із головних у ERP з погляду управління інноваційними процесами, що дає змогу створювати продукцію, на яку є попит на рин-

## ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

ку, виконує завдання з утилізації та повторного використання виробничих ресурсів. ERP, у свою чергу, контролює якість виготовлення продукції, відповідність її запитам споживачів та доцільність використання фінансових ресурсів.

Засоби PLM-модуля забезпечують вирішення всього спектра завдань із розробки продукту та управління інженерною інформацією про виріб на всіх етапах його життєвого циклу. Зазвичай виділяють такі стадії життєвого циклу продукту: проєктування, виробництво, технічна експлуатація та утилізація, проте можна виділити такі етапи [10, с. 11; 12, с. 4]: 1) маркетинг та вивчення ринку; 2) проєктування та розроблення продукту; 3) планування та підготовка виробництва; 4) закупівля матеріалів та комплектуючих; 5) виробництво та надання послуг; 6) упакування і зберігання; 7) збут; 8) монтаж та введення в експлуатацію; 9) технічна підтримка та обслуговування; 10) післяпродажне обслуговування (техобслуговування, ремонт і експлуатація); 11) утилізація та переробка.

Однією із сучасних вимог до PLM-модуля є можливість його використання на малих та середніх підприємствах, а не лише в машинобудуванні, аерокосмічних виробництвах та оборонних підприємствах, у яких зазвичай є час і ресурси для розгортання такого програмно-апаратного забезпечення. Певною мірою таке завдання було вирішене розробкою PLM-рішень «на вимогу», які вирізняються швидким запуском, пропонують достатньо широкий спектр можливостей і не вимагають спеціалізованих фахівців чи серйозних змін у роботі підприємств. Впровадження PLM-рішень є не дешевим, але підприємства зможуть реалізовувати більше ніж удвічі нових концепцій [6].

За даними аналітичної компанії CIMdata, у 2014 році загальний світовий ринок PLM-систем становив 35,5 млрд дол США, у 2015 році він зріс до 38,7 млрд дол. США, у 2018 році він становив 46 млрд дол. США, а до 2024 року очікують його зростання до 67,3 млрд дол. США [1]. Більшість лідерів ринку показали значне зростання внаслідок проведених стратегічних поглинань та частково вийшли на нові ринки.

Аналітична компанія Mordor Intelligence, у свою чергу, виявила п'ять найпотужніших виробників PLM-систем на цьому ринку, серед них виявилися Siemens PLM Software Inc., Dassault Systemes Deutschland GmbH, Autodesk Inc., PTC Inc. та SAP SE [8].

Щодо поширених в Україні ERP-систем, які у своїй структурі містять модуль для реалізації PLM-концепції, то такі аналітичні дані практично відсутні. Автором зібрано інформацію про використання таких систем на українських промислових підприємствах та представлено в табл. 1.

Як бачимо з табл. 1, найбільш поширеними на вітчизняних підприємствах є такі ERP-системи, як SAP S/4HANA (та R/3), Microsoft Dynamics, Oracle E-Business Suite, IT-Enterprise, Siemens NX тощо. Варто підкреслити, що однією із проблем впровадження PLM на вітчизняних підприємствах є певний розрив ланцюга «проєктування – виготовлення» на рівні формування технологічних процесів, як спадок старих підходів до написання систем автоматизованого проєктування технологічної підготовки виробництва, що орієнтувалися на випуск кінцевого продукту в паперовому вигляді, а також великою кількістю спеціалізованого обладнання без числово-програмного управління [1, с. 13].

Таблиця 1

*Поширені в Україні ERP-системи, які включають PLM-модуль*

Розробник	Назва системи	Галузі та сфери застосування
1	2	3
<b>SAP SE</b> ( <a href="https://www.sap.com/ukraine">https://www.sap.com/ukraine</a> )	SAP S/4HANA	Оборонна, нафтогазова, металургія, енергетика телекомунікації, фінанси, високі технології, транспорт
<b>Microsoft Corporation</b> ( <a href="https://dynamics.microsoft.com">https://dynamics.microsoft.com</a> )	Microsoft Dynamics 365	Виробнича, дистрибуція, сервісне обслуговування
<b>Oracle</b> ( <a href="https://www.oracle.com">https://www.oracle.com</a> )	Oracle E-Business SUITE	Важка промисловість, телекомунікаційні, фінанси, хімічна, оборонна, авіабудівна, енергетика

Закінчення табл. 1

1	2	3
<b>Epicor Software Corporation</b> ( <a href="https://www.epicor.com">https://www.epicor.com</a> )	Epicor ERP	Машинобудування, дистрибуція
<b>IT-Enterprise</b> ( <a href="https://www.it.ua/">https://www.it.ua/</a> )	ERP-система IT-Enterprise	Машинобудування, виробничі підприємства, сервісне обслуговування
<b>Infor</b> ( <a href="https://www.infor.com/">https://www.infor.com/</a> )	Infor ERP	Аерокосмічна, оборонна, автомобілебудування, хімічна, будівництво, високі технології та елек- троніка, галузеве машинобудування
<b>Alter Systems</b> ( <a href="https://ifsukraine.com">https://ifsukraine.com</a> )	IFS Applications	Машинобудування та металообробка, фармаце- втика, хімічна та харчова, авіаційна, технічне обслуговування і ремонт
<b>Tend ERP</b> ( <a href="https://tenderp.com">https://tenderp.com</a> )	Tend ERP	Виробничі та переробні підприємства, харчова промисловість, фармацевтика
<b>Siemens AG</b> ( <a href="https://www.siemens.com">https://www.siemens.com</a> )	Siemens NX	Аерокосмічна, оборонна, автомобілебудування, транспорт, електроніка, важка промисловість і металургія, суднобудування, телекомунікації
<b>1С</b> ( <a href="http://1c.ua">http://1c.ua</a> )	1С: Підприємство 8	Машинобудування, виробничі підприємства
<b>Корпорація «Галактика»</b> ( <a href="http://galaktika.ua">http://galaktika.ua</a> )	Галактика Машинобудування	Машинобудування, автомобілебудування, авіа- будування, приладобудування, двигунобуду- вання, суднобудування, виробництво облад- нання та металообробка

Джерело: зібрано автором на основі даних сайтів виробників та інтеграторів ERP-систем.

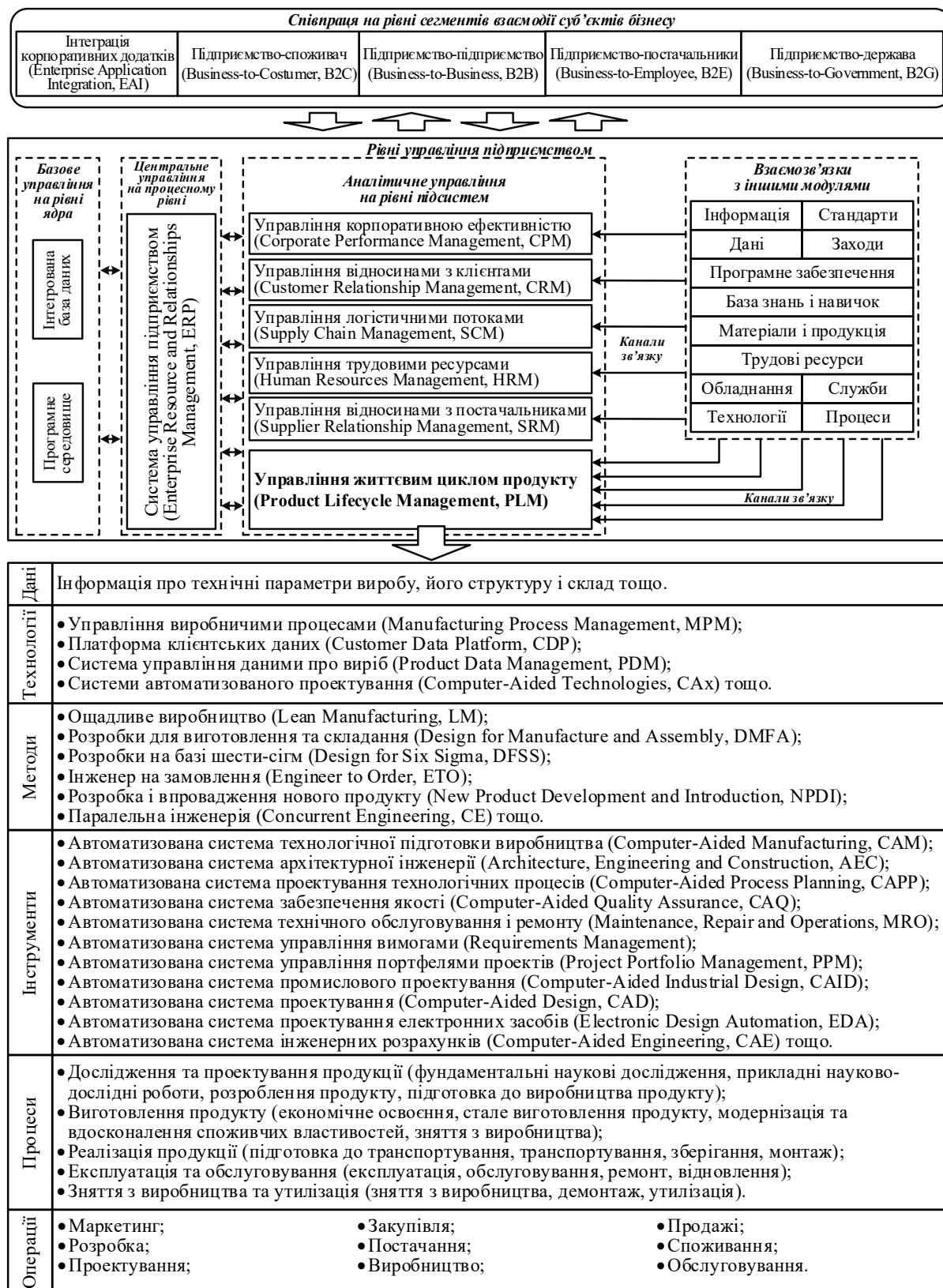
Управління життєвим циклом продукту є складним завданням і для його вирішення застосовують цілий комплекс автоматизованих систем управління. Важливою функцією системи PLM є формування цілісного інформаційного простору, єдиного для різних автоматизованих систем підприємства, поєднання та інтеграція методик і засобів управління на всіх стадіях життєвого циклу продукції як у розрізі підприємства, так і взаємодія різних автоматизованих систем управління багатьох суб'єктів господарювання.

Нами розроблено та представлено структурну схему управління життєвим циклом продукту в системі управління виробничим підприємством, яка виділяє основні функціональні характеристики PLM-модуля в загальній корпоративній автоматизованій системі управління (рис. 2).

Проведений нами аналіз функціонування автоматизованих систем управління підприємством свідчить, що загалом можна виділити три рівні управління: базовий – на рівні ядра системи, який охоплює інтегровану базу даних та програмне середовище системи; центральний – на якому відбувається процесне управління; аналітичний рівень – управління на якому відбувається за допомогою профільних модулів системи (управління корпоративною ефективністю, управління відносинами з клієнтами, управління ланцюжками поставчаль, управління життєвим циклом продукту тощо). Опосередковано до ще одного напрямку застосування управлінських функцій менеджменту підприємства можемо віднести співпрацю на рівні сегментів взаємодії суб'єктів бізнесу. У цьому випадку ця співпраця може відбуватися через інтеграцію певних корпоративних додатків інших суб'єктів господарювання, а також у сегментах взаємодії «підприємство – споживач», «підприємство – підприємство», «підприємство – постачальних» та «підприємство – держава».

З погляду основної діяльності виробничого підприємства на аналітичному рівні управління однією із важливих складових ERP-системи є модуль управління життєвим циклом продукту. Функціонування модуля управління життєвим циклом продукту можна поділити загалом на чотири етапи: визначення параметрів продукту, його виготовлення, збірка і тестування, а також обслуговування та утилізації продукції [2, с. 70–73; 10, с. 11; 11, с. 25].

ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ



*Рис. 2. Структурна схема управління життєвим циклом продукту в системі управління виробничим підприємством*

Джерело: розроблено автором на основі [1; 10, с. 13–17; 11, с. 5–8; 12, с. 7–11].

## ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

Першим етапом є визначення вимог до продукту, що враховують вимоги клієнтів, підприємства, ринку та регуляторних органів. З цієї специфікації визначаються основні технічні параметри продукту, а паралельно з цим здійснюється первинна проектна робота, яка визначає його естетичні та функціональні аспекти. На цьому етапі використовуються САХ-системи.

На другому етапі відбувається виконання великої кількості інженерних операцій: детальна розробка вигляду та форми продукту, пілотний випуск, тестування і перевірка, підготовка до повного запуску виробництва. Тут використовуються САД-системи для створення дво- та тривимірних моделей та застосовуються технології гібридного моделювання, зворотної інженерії, інженерії на основі бази знань, неруйнівного тестування та детального збирання.

Третій етап передбачає, що після розробки складових продукту визначається метод їх виготовлення, розробляються завдання та інструкції. Після виготовлення складових вони перевіряються і тестуються, а дані про виріб та супровідна інформація вноситься до бази даних. Паралельно з інженерними завданнями здійснюється процеси формування вартості виготовлених виробів.

Кінцевим, четвертим етапом життєвого циклу є управління інформацією в процесі «обслуговування». Сюди відносять надання споживачам та фахівцям із сервісного обслуговування інформації, необхідної для ремонту та технічного обслуговування, а також для утилізації продукції.

Функціонування цього модуля відбувається на основі даних про виріб, його геометрію, структуру, склад тощо. За допомогою таких технологій, як управління виробничими процесами (MPM), платформа клієнтських даних (CDP), система управління даними про виріб (PDM), системи автоматизованого проектування (САХ) тощо виконується формування нового продукту. Досить цікавою в контексті вивчення потреб споживача є платформа CDP, яка його ідентифікує через будь-який канал взаємодії і збирає інформацію про нього в одному профілі. Це дозволяє створити докладний і точний портрет клієнта, щоб оптимізувати взаємодію з ним, спрямувати рекламні повідомлення та торгові пропозиції.

У цьому контексті варто зазначити, що ціна систем управління базами даних промислового рівня в Україні варіюється, наприклад, для MS SQL від 24 до 400 тис. грн, а для Oracle 11g/12c – від 64 до 525 тис. грн.

Модуль PLM використовує такі методи, як ошадливе виробництво (LM), розробки для виготовлення та складання (DMFA), розробки на базі шести сігм (DFSS), інженер на замовлення (ETO), розробка і впровадження нового продукту (NPDI), паралельну інженерію (CE) тощо [12, с. 10; 11, с. 241–260]. Методи ошадливого виробництва передбачають залучення у процес оптимізації бізнесу кожного співробітника й максимальну орієнтацію на споживача, а розробки для виробництва та складання зосереджуються на простоті виготовлення та ефективності монтажу. Методи розробок на базі шести сігм мінімізують відсоток дефектної продукції на виході виробничих ліній, а виробничий підхід інженер на замовлення використовується для збільшення продажів продукції, яка потребує унікальних характеристик. Процес розробки нового продукту відбувається двома паралельними напрямками: перший включає генерування ідей, здійснення промислового дизайну та конструювання, а інший ґрунтується на маркетингових дослідженнях та аналізі. Паралельна інженерія є таким підходом до розробки продукту, в якому проектування, виробництво та інші функції інтегровані заради скорочення терміну, необхідного для виведення на ринок нового продукту.

Серед інструментарію PLM-модуля виділяють такі САХ-системи, як автоматизована система (АС) технологічної підготовки виробництва (САМ), АС архітектурної інженерії (АЕС), АС проектування технологічних процесів (САРР), АС забезпечення якості (САQ), АС технічного обслуговування й ремонту (МRO), АС промислового проектування (САІD), АС інженерних розрахунків (САЕ) тощо [1, с. 10–12; 2, с. 61–73].

## ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

Оскільки одним із визначальних факторів вибору PLM-рішення є цінова політика впровадження та супроводу виробників таких систем, а інформація про це переважно є конфіденційною, то наш авторський аналіз може опиратися лише на рівень цін ліцензій програмного забезпечення САХ-систем в Україні, вартість яких варіюється від десятків до сотень тисяч гривень (табл. 2). Оскільки кожне програмне забезпечення має свою специфіку, визначений функціонал, можливості та профільне спрямування, то просте порівняння його вартості з іншими типовими продуктами не може свідчити про певні його переваги чи недоліки. Але рівень цінової політики на продукти такого типу дає змогу робити висновки про популярність конкретної САХ-системи, її доступність для споживачів та, відповідно, забезпеченість фахівцями для роботи з цим програмним забезпеченням.

Таблиця 2

*Вартість ліцензій на програмне забезпечення деяких САХ-систем в Україні*

Назва програмного продукту	Орієнтовна вартість ліцензії на програмне забезпечення*, грн
AutoDesk	20 000 – 255 000
CamWorks	290 000
CATIA	75 000
Esprit	30 000 – 65 000
Graphisoft ArchiCAD	120 000
Siemens NX CAM	130 000 – 350 000
SolidCam	85 000
SolidWorks CAD	170 000 – 270 000
SplodWorks Electrical	140 000
SolidWorks Flow Simulation	450 000
SolidWorks PDM	55 000
SolidWorks Simulation	240 000
SprutCAM	20 000
T-FLEX CAD	80 000
VisualCAD/CAM	85 000 – 300 000

\* – вартість програмного забезпечення залежить від типу ліцензії, кількості клієнтських підключень тощо.

Джерело: зібрано автором на основі інформації сайтів онлайн-магазинів та виробників ПЗ.

Широкий спектр інструментів, які використовуються у PLM-модулі, потребує серйозних практичних навичок, затраченого часу, зусиль та фінансових ресурсів для підготовки висококваліфікованих кадрів. Практика свідчить [11, с. 239–240], що незважаючи на спрощення роботи з PLM-інструментарієм, підготувати універсальних фахівців методом перехресного навчання виявилось дуже важко. З цього приводу виникли профільні інтерфейси системи для користувачів, відповідно до їхніх функціональних завдань та досвіду (управління конфігурацією, управління технологічними процесами, управління модульною збіркою, управління цифровим моделюванням тощо).

Проведений автором аналіз пропозицій роботодавців на популярних українських вебресурсах типу work.ua, job.kiev.ua, olx.ua та rabota.ua для спеціалістів із навичками роботи у САХ-системах варіюється від 15 до 75 тис. грн, що свідчить про високий попит на фахівців інженерно-технічного профілю зі знаннями систем автоматизованого проектування.

У PLM-модулі відбувається управління процесами досліджень та проектування продукції, її виготовленням та підготовкою до реалізації, здійснюється контроль за обслуговуванням і ремонтом, а також приймаються рішення щодо зняття продукту з виробництва, проводяться операції з його демонтажу та утилізації.

Отже, модуль управління життєвим циклом продукту є ефективним інструментом для опису й реалізації поставлених цілей у розрізі прийнятої підприємством стратегії розвитку, оскільки він безпосередньо визначає, як будуть організовані ресурси та формує політику їх використання.



## ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

Про позитивні результати функціонування PLM-модуля свідчать деякі техніко-економічні показники діяльності підприємства, наведені в табл. 3. Аналіз показує, що реалізація модуля управління життєвим циклом продукту дозволяє втричі скоротити витрати на проектування нових виробів, пришвидшити їх виготовлення на 70 %, і тим самим майже вдвічі скоротити час виходу продукції на ринок. Поряд з цим на 40 % скорочуються витрати на створення технічної та експлуатаційної документації і вдвічі покращується відстежуваність продукту, прозорість та ефективність управління його життєвим циклом. Економія фінансових ресурсів підприємства відбувається за рахунок зниження витрат на матеріали й енергоносії (до 25 %), переробку й утилізацію продукції (до 90 %), а також зменшення кількості бракованої продукції та скорочення простоїв системи (до 75 %). Водночас підвищуються доходи від подовження терміну експлуатації продукції (до 25 %), повторного використання матеріалів і комплектуючих (вдвічі) та за рахунок надання нових послуг через розширення асортименту виробництва (до 40 %).

Таблиця 3

*Динаміка техніко-економічних показників після реалізації PLM-модуля*

Показник	Темпи зростання, %
Скорочення витрат на проектування	10–30
Скорочення часу на виробництво нової продукції	50–70
Скорочення термінів виходу на ринок	25–75
Зростання доходів від подовження терміну експлуатації продукції	25
Економія за рахунок повторного використання матеріалів та комплектуючих	200
Зниження витрат через відкидання бракованої продукції, збої, зобов'язання	25–75
Скорочення витрат на створення технічної документації	35–40
Скорочення витрат на створення експлуатаційної документації	30–40
Зниження вартості матеріалів та енергоносіїв	20–25
Економія за рахунок удосконалення процесів переробки та утилізації продукції	70–90
Покращення відстежуваності продукту	100
Підвищення ефективності контролю за життєвим циклом продукту	100
Підвищення прозорості життєвого циклу продукту	100
Зростання доходів від нових послуг за наявними продуктами	40

Джерело: сформовано автором на основі [12, с. 6; 3, с. 24].

Отже, аналіз вищезазначених показників свідчить, що модуль управління життєвим циклом продукту дає змогу не лише зекономити фінансові ресурси, підвищити ступінь відповідності виробу вимогам замовника, скоротити терміни створення нових продуктів, а й на основі зниження собівартості та ресурсоемності, підвищенні якості та скороченні матеріальних витрат оптимізувати співвідношення «ціна/якість» продукту, що забезпечить конкурентоспроможність продукції та призведе до заповнення нових сегментів ринку.

Серед перспективних напрямів розвитку PLM-технологій на вітчизняних машинобудівних підприємствах є такі:

- поширення хмарних PLM-рішень, що мають підвищити ефективність та зменшити собівартість впровадження модуля управління життєвим циклом продукту;
- реалізація «промислового інтернету речей» (industrial internet of things, industrial IoT), який має на меті досягти більш високого ступеня автоматизації управління підприємством шляхом поєднання різних приладів та пристроїв за допомогою програмного забезпечення для забезпечення ефективного управління виробництвом та енергоменеджменту, що дозволить збирати, обмінюватися та аналізувати дані для поліпшення продуктивності, ефективності та досягнення економічних вигід;
- застосування алгоритмів машинного навчання, що ґрунтуються на статистичних алгоритмах та покликані пришвидшити, здешевити та покращити якість прийняття управлінських рішень через відсутність ризику людської упередженості;

## ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

- використання технології блокчейну для обміну цифровими активами, відстеження переміщення товарів, оцінці інформації тощо;
- застосування технології «big data», особливо в маркетингових дослідженнях підприємства для оцінки ступеня задоволеності клієнтів та відповідності характеристик продукції їхнім очікуванням, знаходити та впроваджувати нові способи для залучення нових клієнтів тощо;
- розширення та впровадження концепції «четвертої промислової революції» (Industry 4.0), яка на основі інтеграції «industrial IoT», хмарних технологій та інших кіберфізичних систем покликана забезпечити підвищення швидкості, ефективності та гнучкості виробничих процесів, що має на меті створення продукції вищої якості та нижчої собівартості.

**Висновки і пропозиції.** Таким чином, наукові дослідження принципів та методів підвищення ефективності управління вимагають подальшого вивчення та удосконалення, оскільки багато питань щодо забезпечення інформаційної цілісності, сумісності та інтеграції інноваційних технологій і економічних знань залишаються невирішеними. З практичного погляду перспективним напрямом розвитку для вітчизняних підприємств є впровадження ефективної автоматизованої системи управління життєвим циклом продукту, що дозволить використати інноваційні принципи та методи управління розробкою, виготовленням, збутом, обслуговуванням та утилізацією продукції. PLM-модуль інтегрованої автоматизованої системи управління підприємством є важливим інструментом для вирішення одного з основних завдань – забезпечення випуску конкурентоспроможної продукції та підвищення рівня конкурентоспроможності підприємства на основі застосування сучасних систем автоматизації управління бізнес-процесами.

**Список використаних джерел**

1. Габова О. В., Садовнікова Т. М. Аналіз комплексних систем автоматизації в машинобудуванні та впровадження їх в Україні. *Освіта і наука*. Мукачеве, 2018. Вип. 24(1). С. 9–15.
2. Кохановский В. И., Кохановская О. В. Проблемы выбора комплексной системы класса CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM на машиностроительном предприятии. *Машинознавство і САПР*. Харків, 2009. № 28. С. 59–80.
3. Кошелев М. В. Разработка концепции применения ИПИ (PLM)-технологии и программы первоочередных мероприятий по ее реализации в промышленности. *Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева*. Тольяти, 2010. № 15. С. 22–28.
4. Скіцько В. І. Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього. *Інвестиції: практика та досвід*. Київ, 2016. № 5. С. 33–40.
5. All About PLM. URL: <https://www.cimdata.com/en/resources/about-plm>.
6. Clarke C. Data Management: Cutting Through the Jargon. URL: <https://www.tctmagazine.com/plm-erp>.
7. Malakooti B. Operations and Production Systems with Multiple Objectives. New York: Wiley-Interscience, 2003. 1114 p.
8. Product lifecycle management (PLM) software market growth, trends, and forecast (2019–2024). URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/product-lifecycle-management-software-market>.
9. Radhakrishnan P., Subramanyan S., Raju V. CAD/CAM/CIM. New Delhi: New Age International (P) Limited, 2008. 674 p.
10. Saaksvuori A., Immonen A. Product Lifecycle Management. Berlin : Springer, 2002. 258 p.
11. Stark J. Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation. Berlin: Springer Science, 2011. 562 p.
12. Stark J. Product Lifecycle Management: The Devil is in the Details. 3rd Edition. Berlin: Springer Science, 2016. 634 p.

### References

1. Habovda, O. V., Sadovnikova, T. M. (2018). Analiz kompleksnykh system avtomatyzatsii v mashynobuduvanni ta vprovadzhennia yikh v Ukraini [Analysis of complex automation systems in machine-building and implementation of them in Ukraine]. *Osvita i nauka – Education and science*, 24(1), 9–15 [in Ukrainian].
2. Kohanovskij, V. I., Kohanovskaya, O. V. (2009). Problemy vybora kompleksnoj sistemy klassa CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM na mashinostroitel'nom predpriyatii [Problems of choosing an integrated system of machine-building enterprise of class CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM]. *Mashinoznavstvo i SAPR – Machine-building & CAD*, 28, 59–80 [in Russian].
3. Koshelev, M. V. (2010). Razrabotka koncepcii primeneniya IPI (PLM)-tekhnologii i programmy pervoocherednyh meropriyatij po ee realizacii v promyshlennosti [Development of a concept for the use of PLM technology and a program of priority measures for its implementation in industry]. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V. N. Tatishcheva – Herald of Volzhsky University after V. N. Tatischev*, 15, 22–28 [in Russian].
4. Skitsko, V. I. (2016). Industriia 4.0 yak promyslove vyrobnytstvo maibutnoho [Industry 4.0 as the industrial production of the future]. *Investysii: praktyka ta dosvid – Investment: practice and experience*, 5, 33–40 [in Ukrainian].
5. CIMdata. (2019 July 26). *All About PLM*. Retrieved from <https://www.cimdata.com/en/resources/about-plm>.
6. Clarke, C. (2019 July 26). Data Management: Cutting Through the Jargon. Retrieved from <https://www.tctmagazine.com/plm-erp>.
7. Malakooti, B. (2003). *Operations and Production Systems with Multiple Objectives*. New-York: Wiley-Interscience.
8. Mordor Intelligence LLP. (2019 July 26). *Product lifecycle management (PLM) software market growth, trends, and forecast (2019–2024)*. Retrieved from <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/product-lifecycle-management-software-market>.
9. Radhakrishnan, P., Subramanyan, S., Raju, V. (2008). *CAD/CAM/CIM*. New Delhi: New Age International (P) Limited.
10. Saaksvuori, A., Immonen, A. (2002). *Product Lifecycle Management*. Berlin: Springer.
11. Stark, J. (2011). *Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation*. Berlin: Springer Science.
12. Stark, J. (2016). *Product Lifecycle Management: The Devil is in the Details*. Berlin: Springer Science.

**Лисак Віктор Миколайович** – здобувач, Хмельницький національний університет (вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016, Україна).

**Лысак Виктор Николаевич** – соискатель, Хмельницький національний університет (ул. Институтская, 11, г. Хмельницький, 29016, Україна).

**Lysak Viktor** – Khmelnytskyi National University (11 Instytutska Str., 29016, Khmelnytskyi, Ukraine).

**E-mail:** devstr1ng@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5352-7090>

**Scopus Author ID:** 57210122750

**ResearcherID:** Y-6437-2019