УДК 338.49:65.016

ПОБУДОВА ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ

Б.Я. Бакай[1], В.В. Кий[2]

Виконано системний аналіз процесу управління життєвим циклом виробів машинобудування. Розглянуто роль і місце PLM-технологій у машинобудівному виробництві. Визначено етапи життєвого циклу виробів (на основі ISO 9004-1-94) та наведено інформаційну систему забезпечення життєвого циклу виробів машинобудування. Розроблено стратегію виведення виробів машинобудування на ринок і збільшення прибутковості. Запропоновано концепцію єдиного інформаційного простору управління життєвим циклом виробів машинобудування на основі хмарних технологій, що забезпечить постійний обмін технічною інформацією між фахівцями та створить нові можливості.

Ключові слова: PLM, життєвий цикл виробів, інформаційне середовище, машинобудівне виробництво.

Вступ. Сучасне виробництво та експлуатація складного устаткування машинобудування передбачає узгоджену взаємодію різноманітних підприємств, успішну діяльність яких забезпечує інформаційна взаємодія систем з підтримки всіх етапів життєвого циклу виробів (ЖЦВ) машинобудування. Останніми роками за кордоном здійснюють багато досліджень теоретичного і прикладного характеру в контексті ЖЦВ, який також позначають абревіатурою PLM (*Products Lifecycle Management*).

Основний напрям цих досліджень – створення інформаційних рішень для супроводу всіх етапів PLM від стадії проектування до процесів утилізації виробів машинобудування. Вироблення оптимальних стратегій і концепцій дасть змогу підвищити ступінь взаємодії інформаційних і виробничих технологій, надаючи більш високий рівень інтеграції. Відомо [1], що не всі етапи PLM рівнозначні, і центр ваги, зазвичай, зосереджується практично на багатьох етапах виробів, де є важливі питання мінімізації експлуатаційних витрат і встановлення оптимального терміну експлуатації виробів.

Вироблення оптимальних рішень у реальній економіці дасть змогу підвищити ступінь взаємодії інформаційних і виробничих технологій, піднявши її на більш високий рівень інтеграції. Отже, перш ніж розробляти комплексну PLM-систему, потрібно виконати системний аналіз всього процесу управління життєвим циклом виробами машинобудування [1-5].

Актуальність роботи. Сучасне виробництво неможливо уявити без інтегрованих інформаційних систем управління даними про виріб, заснованих на системі безперервного розвитку та підтримки життєвого циклу CALS (*Continuous Acquisition and Lifecycle Support*) технологіях. У спеціальній технічній літературі CALS технології отримали поширений термін – інформаційна підтримка виробів (ІПВ), яка ґрунтується на створенні єдиного інформаційного простору

[1] доц. Б.Б. Бакай, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів;
[2] доц. В.В. Кий, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів.

підприємства. Відповідно до цієї концепції, управління проектними та інженерними даними на підприємстві здійснюється системою управління даними про виріб PDM (*Product Data Management*).

В основу концепції покладено побудову т. зв. єдиного інформаційного простору на базі прогресивних інформаційних технологій. Одним з найважливіших аспектів побудови єдиного інформаційного простору підприємства є електронний архів технічної документації. Тільки інтегруючи свої автоматизовані системи в єдиний інформаційний простір, можна отримати максимальний ефект від їх використання. Основні та найбільш очікувані позитивні результати від впровадження електронного документообігу:

- швидкий та якісний випуск на ринок виробів відповідно до вимог стандартів;
- максимальне використання в нових розробках відпрацьованих і перевірених технічних рішень, що зберігаються в базі даних (БД) підприємства;
- швидкий пошук і безпечне зберігання інформації в електронних архівах;
- значне скорочення термінів розроблення конструкторської і всієї супутньої документації з мінімальною кількістю повідомлень про зміну;
- унеможливлення помилок внаслідок усунення кількох джерел зберігання однієї і тієї ж інформації різних версій;
- колективна робота проектно-конструкторських підрозділів підприємства над проектами з розмежуванням прав доступу до його складових частин.

Постановка завдання. Незважаючи на досить широке висвітлювання у роботах актуальності впровадження інформаційних технологій, їх ролі та перспектив розвитку, недостатньо уваги надають проблемам, які існують на підприємствах з цього приводу, конкретним крокам щодо впровадження сучасних інформаційних технологій у виробничу діяльність.

Підприємства, які виготовляють вироби машинобудування, перебувають у постійному прагненні збільшення ринку, зменшення витрат, підвищення якості та покращення своїх виробів. Для досягнення цих цілей, багато підприємств почали використовувати PLM. У загальному PLM є бізнес-стратегія ефективного управління виробництвом шляхом злагодженого поєднання проектування з виробництвом для підвищення ефективності та інновацій вигоди.

Враховуючи наведене, виникає потреба у моделюванні процесів PLM для реалізації стратегії інформаційної підтримки процесів життєвого циклу виробів машинобудування.

Мета роботи – відобразити тенденції та наявні проблеми впровадження інформаційних технологій у виробничу діяльність сучасних машинобудівних підприємств, що зумовило вирішення таких завдань:

- визначення впровадження інформаційних технологій як основного напрямку інноваційної діяльності машинобудівного підприємства;
- зазначення основних проблем впровадження інформаційних технологій;
- визначення напрямків впровадження інформаційних технологій у царині машинобудування.

Результати дослідження. Життєвий цикл виробів машинобудування охоплює низку етапів, починаючи від зародження ідеї нового продукту до утилізації після завершення терміну його використання (рис. 1). Кожний етап життєвого

циклу має свою мету та завдання, які досягаються з максимальною ефективністю. Поняття "ефективність" охоплює не тільки зниження собівартості продукції і скорочення термінів проектування та виробництва, а й, що не менш важливо, забезпечення зручності освоєння, доступності до ресурсів і зниження витрат на експлуатацію виробів.

Рис. 1. Етапи ЖЦ виробів (на основі ISO 9004-1-94)

Сучасні процеси розроблення та впровадження у виробництво нових наукомістких високих технологій і виробів машинобудування – не просте вирішення конструкторських і технологічних задач, а складний пошук і реалізація нових ідей з потребою прийняття важливих рішень в умовах виробничої невизначеності. Тому питання організації, фінансування, планування та управління такими розробками і впровадження виробів у виробництво з успішним виведенням виробів машинобудування на ринки збуту потрібно позиціонувати як комплексну інноваційну діяльність [2].

Підвищити ефективність виробів машинобудування, з одночасним зменшенням собівартості виробів, у виробничих умовах можливо тільки завдяки наскрізному управлінню ЖЦ виробів повністю в електронному вигляді, починаючи від ідеї до повної утилізації виробів. Для цього потрібно [1-3]:

- забезпечити умови паралельного інжинірингу (сумісної роботи над єдиним замовленням в інформаційному середовищі, алгоритмічна підтримка рекурентних та ітераційних зв'язків конструкторського та технологічного етапу підготовки виробництва);
- забезпечити вимоги комплексної оптимізації під час прийняття технологічних рішень, виходячи з умов майбутньої експлуатації, ремонту та утилізації об'єктів машинобудівного виробництва;
- забезпечити відповідність документації на виріб комплексу міждержавних стандартів і рекомендацій, що встановлюють взаємопов'язані правила і положення щодо порядку розроблення, комплектації, оформлення та обігу технологічної документації, що застосовують для виготовлення та експлуатації виробів.

Встановлено, що традиційні наскрізні підходи до управління життєвим циклом виробів машинобудування (PLM) часто є занадто складними, потребують багато часу і є дорогими, що робить PLM непрактичними для багатьох підприємств. Запропоновано радикально спрости підхід до управління життєвим циклом продукції – так само, як було спрощено проектування, роблячи параметричне 3D проектування простішим у використанні та доступним на Windows. На сьогодні машинобудівельні підприємства повинні будувати стратегії PLM на трьох основних принципах:

- впровадження простого інтегрованого дизайну, моделювання, документація та управління даними рішення;
- використання виробничих систем (наприклад, ERP, MRP та CRM) на основі галузевих стандартів;
- інтеграція середовища проектанта з Microsoft Windows, Microsoft Office і Microsoft SQL Server для вирішення практичних завдань.

Прості технології є привабливими для бізнесу та інженерних фахівців і можуть бути успішно використаними для постійного використання у проектуванні та виробництві виробів, оскільки забезпечують повний доступ до даних про конкретний виріб.

Більш продуктивна організація з розроблення виробів не тільки забезпечує зменшення часу виходу на ринок цих виробів і зниження вартості проекту, але й значно покращує діяльність компанії з вищою якістю продукції і зменшенням матеріалу, робочої сили і витрат. Зосередивши увагу на практичних проблемах, сучасна система PLM повинна вирішити та допомагає багатьом підприємствам у досягненні поставлених цілей, PLM повинна забезпечити високу швидкість роботи з базами даних та іншими системами, бути більш продуктивною та зменшувати витратами, порівняно із традиційними підходами (див. рис. 1).

Отже, перспективна PLM система – це промислова система інформаційної взаємодії розширеного підприємства для управління всіма даними про виріб і пов'язаних з ним процесах протягом усього життєвого циклу виробу. Оскільки PLM у такому визначенні, це система для всього підприємства, то саме PLM є середовищем, в якому вирішуються всі задачі управління будь-якої робочої інформації про виріб. Оскільки для вирішення цих завдань у такій системі повинен існувати набір методів і прийомів такої роботи, то PLM – це і особлива технологія роботи з даними.

Життєвий цикл виробів машинобудування охоплює низку етапів, починаючи від зародження ідеї нового продукту до утилізації після завершення терміну його використання (рис. 2). Кожний етап життєвого циклу має свою мету та завдання, які досягаються з максимальною ефективністю. Поняття "ефективність" охоплює не тільки зниження собівартості продукції і скорочення термінів проектування та виробництва, а й, що не менш важливо, забезпечення зручності освоєння, доступності до ресурсів і зниження витрат на експлуатацію виробів. Досягнення поставленої мети на сучасних підприємствах можливе завдя-

ки широкому використанню автоматизованих інформаційних систем. Основні типи автоматизованих інформаційних систем прив'язані до тих чи інших етапів життєвого циклу виробів машинобудування (див. рис. 2).

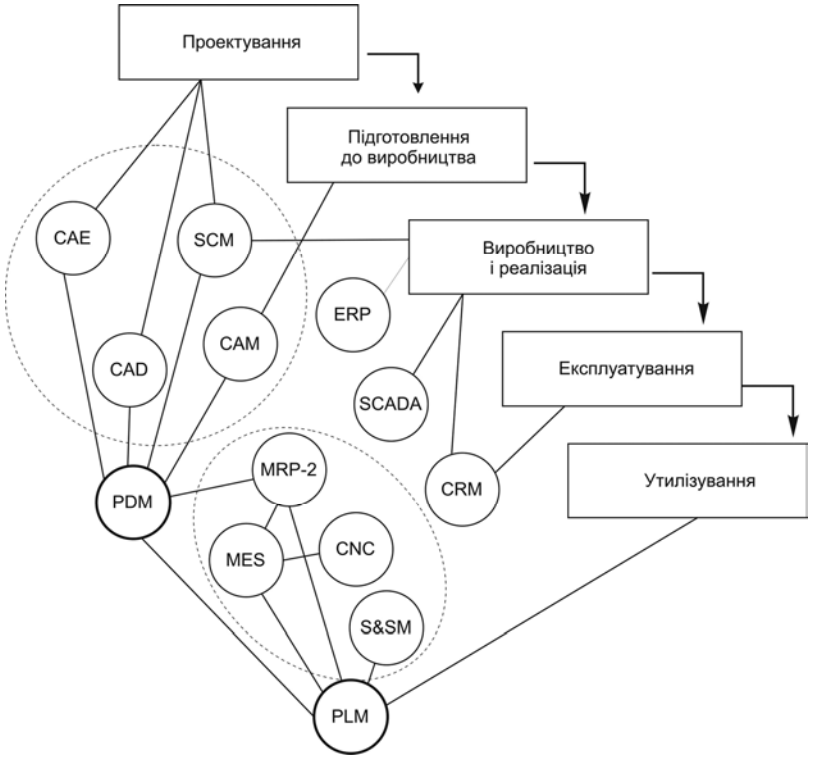

Рис. 2. Інформаційні системи забезпечення життєвого циклу виробів машинобудування

Інформаційні системи забезпечення PLM передбачають використання:

- систему конструкторського проектування – CAD (*Computer Aided Design*);
- систему розрахунків та інженерного аналізу – CAE (*Computer Aided Engineering*);
- систему проектування технологічних процесів – CAM (*Computer Aided Manufacturing*);
- систему управління проектними даними – PDM (*Product Data Management*);
- систему управління ланцюгами поставок – SCM (*Supply Chain Management*);
- систему планування та управління підприємством – ERP (*Enterprise Resource Planning*);
- систему планування виробництва і вимог до матеріалів – MRP-2 (*Manufacturing Requirement Planning*);
- виробничо-виконавчу систему – MES (*Manufacturing Execution Systems*);
- систему управління взаємовідносинами зі замовниками – CRM (*Customer Requirement Management*);
- систему маркетингових задач – S&SM (*Sales and Service Management*);

- систему диспетчерських функцій – SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*);
- систему програмного управління технологічним устаткуванням – CNC (*Computer Numerical Control*);
- систему інтегрованого інформаційного простору – PLM або CPC (*Collaborative Product Commerce*).

Вирішити поставлене завдання сприятиме зміна стратегії виведення виробів машинобудування на ринок збуту і збільшення прибутковості (рис. 3). Пропонуємо виконати заміну типового (послідовного) процесу на комбінований. Це виконується шляхом впровадження спеціального програмного комплексу, що представляє собою багатофункціональну систему для автоматизованого конструкторського та технологічного проектування. Це має бути гнучкий інтегрований комплекс, що дасть змогу значно підвищити ефективність конструкторського проектування та охоплює всі етапи проектування, починаючи з розроблення безпосередньо конструкторської документації з наступним автоматизованим випуском текстових конструкторських документів і закінчуючи веденням мережного ієрархічного архіву підприємства з можливістю ведення проектів і електронного документообігу підприємства відповідно до концепцій PLM. З цією метою доцільно відійти від традиційних конструкцій PLM-систем, а реалізувати підхід з використанням відкритого коду веб-інструментів.

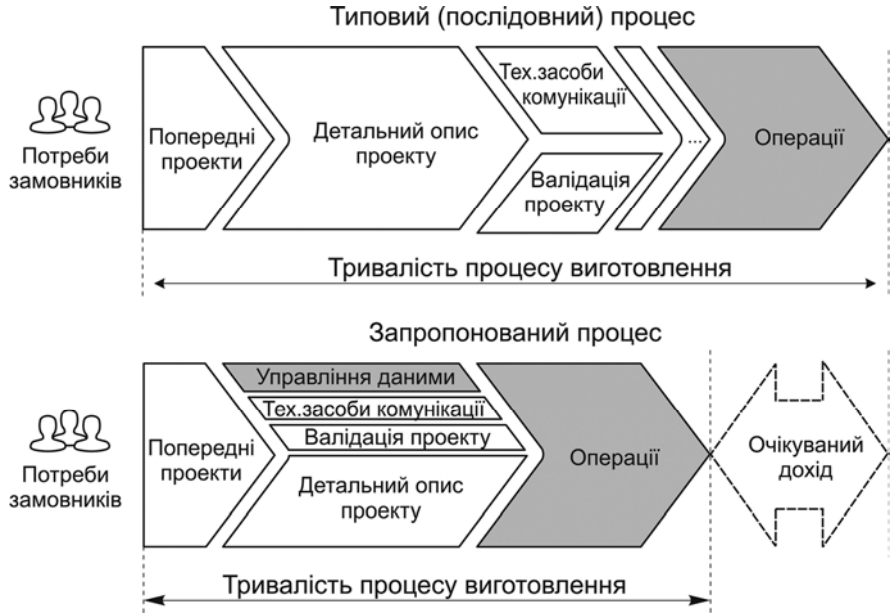

Рис. 3. Стратегія виведення виробів машинобудування на ринок і збільшення прибутковості

Висновки. Запропоновано концепцію єдиного інформаційного простору управління життєвим циклом виробів на основі розвинених хмарних технологій

(зокрема в рамках Autodesk PLM360), яка значно підвищує функціональність традиційних PLM-систем і реалізує інший підхід. Такий підхід дає змогу використовувати можливості відкритого коду веб-інструментів і інфраструктури та мати в своєму розпорядженні хмарне PLM рішення для фахівців машинобудівних підприємств.

Наявність надійного хмарного програмного додатка дасть змогу відстежувати кожну дію на всіх найважливіших етапах створення виробів машинобудування, постійно здійснювати обмін технічною інформацією між фахівцями та відкривати перед ними нові можливості.

Література

1. Ступницький В.В. Ефективність впровадження CALS-технологій на машинобудівних підприємствах України / В.В. Ступницький // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2009. – № 642. – С. 80-84.
2. Бельтюков Є.А. Розвиток і обслуговування технічної бази машинобудування : монографія / Є.А. Бельтюков, І.М. Єпіфанова. – Одеса : Вид-во "Інтерпрінт", 2007. – 297 с.
3. Решетников Л.Л. Инструменты управления жизненным циклом товаров и услуг в контексте единого информационного пространства / Л.Л. Решетников // Вестник Челябинского государственного университета. – Сер.: Экономика. – 2012. – № 9 (263). – Вып. 37. – С. 83-86.
4. Судов Е.В. Концепция CALS-технологий в промышленности России / Е.В. Судов, А.И. Левин, А.Н. Давыдов и др. – М. : НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика", 2002. – 36 с.
5. Федоров В.К. О некоторых принципах и особенностях организации инновационной деятельности в современном машиностроении / В.К. Федоров, Г.П. Бендерский, А.М. Белевцев // Технология машиностроения : сб. науч. тр. – 2007. – № 5. – С. 80-81.

Надійшла до редакції 28.12.2016 р.

Бакай Б.Я., Кий В.В. **Построение единого информационного пространства управления жизненным циклом изделий машиностроения**

Выполнен системный анализ процесса управления жизненным циклом изделий машиностроения. Рассмотрены роль и место PLM-технологий в машиностроительном производстве. Определены этапы жизненного цикла изделий (на основе ISO 9004-1-94) и приведена информационная система обеспечения жизненного цикла изделий машиностроения. Разработана стратегия вывода изделий машиностроения на рынок и увеличения прибыльности. Предложена концепция единого информационного пространства управления жизненным циклом изделий машиностроения на основе облачных технологий, что обеспечит постоянный обмен технической информацией между специалистами и создаст новые возможности.

Ключевые слова: PLM, жизненный цикл изделий, информационная среда, машиностроительное производство.

Bakay B.Ya., Kyi V.V. **Constructing Common Information Space for Engineering Products Lifecycle Management**

System analysis of the life cycle management of engineering products is conducted. The role and place of PLM-technologies in machine-building industry is considered. Life cycle of products (based on ISO 9004-1-94) is defined; information system of engineering products life cycle is provided. The strategy for launching engineering products to market and increasing profitability is developed. We offer the concept of a common information space for engineering products lifecycle management based on cloud technologies that will ensure a constant exchange of technical information between specialists and create new opportunities.

Keywords: PLM, the products life cycle, information environment, car manufacturing.

УДК 629.3.027

ВПЛИВ НЕЛІНІЙНИХ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЕННЯ НАПІВПРИЧЕПА ТА МОДИФІКОВАНОЇ ЇЇ СИСТЕМИ ЗЧЕПЛЕННЯ ІЗ ТЯГАЧЕМ НА ДИНАМІКУ ПІДРЕСОРЕНОЇ ЧАСТИНИ

А.О. Дзюба[1]

З метою покращення динамічних характеристик напівпричепів, запропоновано модернізовану систему зчеплення напівпричепа та тягача. Вона, на відміну від існуючої системи, характеризується додатково моментом стабілізації, який намагається повернути підресорену частину напівпричепа у зрівноважене положення. Побудовано математичну модель поперечно-кутових коливань підресореної частини напівпричепа за нелінійних силових характеристик системи підресорювання та моменту стабілізації. На її основі отримано аналітичні залежності, які описують амплітуду та частоту розглядуваних нелінійних коливань, що враховують основні силові характеристики системи підресорювань та моменту стабілізації. Встановлено зокрема: у випадку прогресивного закону зміни відновлювальної сили амортизаторів, більшим значенням амплітуди коливань відповідає більше значення власної частоти, а для регресивного – навпаки; момент стабілізації зменшує амплітуду збурення, зумовленого наїздом на нерівності шляху. Отже, використання модернізованої системи зчеплення напівпричепа та тягача значною мірою підвищує експлуатаційні характеристики напівпричепа. Отримані у роботі теоретичні результати слугуватимуть базою для проектно-конструкторських робіт щодо практичної модернізації системи зчеплення напівпричепа та тягача.

Ключові слова: система підресорювання, статична деформація, амплітуда, частота коливань.

Актуальність та огляд основних результатів. Основним призначенням системи підресорювання (СП) колісних транспортних засобів (КТЗ) є зменшення динамічних навантажень на людей та вантажі, які транспортуються шляхом із нерівностями [1, 2]. Одночасно вона впливає і на низку інших характеристик КТЗ, таких як керованість [3], стійкість руху [4] та ін. У низці праць показано [5-7], що забезпечити належну плавність руху КТЗ може СП із нелінійним законом зміни відновлювальної сили пружних амортизаторів. Разом з тим, питання, які стосуються впливу СП на динаміку таких засобів перевезення вантажів, як причепи чи напівпричепи, не знайшли належного висвітлення через низку їх особливостей. До них потрібно віднести взаємодію причепа (напівпричепа) із тягачем, кількості осей останнього та ін., а відтак, формальне перенесення результатів, які стосуються динаміки та стійкості руху КТЗ для причепів (напівпричепів) є неприйнятним. Це насамперед стосується напівпричепів, які експлуатуються у складних умовах руху вздовж шляху із значними нерівностями, пересіченою місцевістю, об'їздах перешкод та ін., де вони за значно менших швидкостей, ніж тягач, втрачають стійкість руху. Наведене приводить до зниження економічних показників ТЗ, а в окремих випадках до значних матеріальних збитків.

Мета роботи – створення теоретичної бази щодо обґрунтування вибору силових параметрів системи підресорювання із нелінійним зв'язком відновлювальної сили та деформації амортизаторів і модернізованої системи зчеплення

[1] заст. нач. факультету ракетних військ і артилерії А.О. Дзюба – Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного