

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ**

УДК 004:65.011 (045)

**П. М. Павленко**, д-р техн. наук, проф.,  
**В. В. Трейтяк**, канд. техн. наук,  
**Т. М. Захарчук**, мол. наук. співр.

**ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ  
ВИРОБНИЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**Національний авіаційний університет, e-mail: [petrpav@nau.edu.ua](mailto:petrpav@nau.edu.ua)

*Проаналізовано та визначено основні проблеми, зумовлені відсутністю інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем виробничого призначення. Дослідження взаємозв'язку автоматизованих систем дозволило визначити основні переваги побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем.*

**Ключові слова:** система інформаційної підтримки, життєвий цикл виробу, інтегровані автоматизовані системи, управління підприємством, інтегроване інформаційне середовище.

**Вступ.** Сьогодні промислові підприємства України не можуть бути конкурентоспроможними без використання засобів автоматизації інженерної праці. При цьому автоматизуються як основні, так і допоміжні процеси, а ступінь їх автоматизації відображається на ефективності підприємства [1]. Процес автоматизації на більшості підприємств ускладнюється такими факторами: використання декількох автоматизованих систем виробничого призначення («клаптева автоматизація») від різних розробників, постійні зміни на ринку продукції та необхідність бути конкурентоспроможними.

Вимоги сучасного ринку, що постійно змінюються та динаміка виробничих процесів ставлять перед відділом інформаційних технологій підприємств складне завдання – за допомогою засобів автоматизації максимально налаштувати виробництво під будь-які зовнішні та внутрішні зміни. У разі використання на підприємстві кількох програмних продуктів від різних виробників вони перетворюються на складну систему, яка складається з апаратного забезпечення, операційних систем, систем керування базами даних та інформаційних систем. Це передусім стосується тих автоматизованих систем, які широко використовуються, а саме: Computer-Aided Design (CAD) / Computer-Aided Manufacturing (CAM) / Computer-Aided Engineering (CAE) / Computer-Aided Process Planning (CAPP) / Product Data Management (PDM) / Enterprise Resource Planning System (ERP) / Manufacturing Enterprise Solutions (MES)-системи та ін. Проте широке використання цих систем зумовило складну проблему інформаційної інтеграції CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/ERP/MES – систем, розроблених різними фірмами-розробниками.

**Аналіз досліджень і публікацій.** За оцінками компанії Gartner з упровадженням систем класу ERP від ORACLE та SAP 30–60 % коштів витрачається на інтеграцію з наявними на підприємстві системами. Реалізувати інтеграцію автоматизованих систем виробничого призначення можна трьома методами – методом обміну даними через структуровані файли імпорту/експорту; методом повної інтеграції систем та за допомогою стандартних інтерфейсів типу API (Application Programming Interface) [1–3]. Найпростішим з погляду реалізації, але більш складним щодо підтримання синхронізації даних є метод обміну через структуровані файли імпорту/експорту. У цьому випадку передача виконується відповідно до заздалегідь розроблених і погоджених форматів. Джерело даних (PDM-система) формує їх, а потім через механізм експорту передає у файли погодженого формату, які вважаються системою-приймачем (MES-система). При цьому необхідно реалізувати механізм синхронізації експортованих даних.

У випадку застосування методу з повною інтеграцією доступ до однієї системи здійснюється безпосередньо з іншої (наприклад, через загальні протоколи). При цьому обидві системи мають бути відкритими і здатними підтримувати їх взаємодію.

Інтерфейси API (Application Programming Interface) забезпечують більш тісну взаємодію між системами, однак цей метод має ряд обмежень. Насамперед реалізовано сильну прив'язку створеного інтерфейсу до конкретних версій інтегрованих. Навіть незначні зміни в структурі даних однієї із систем можуть зумовити перероблення інтерфейсів. Крім того, їх розроблення потребують ґрунтовних знань у галузі програмування.

Таким чином, проблема інтеграції автоматизованих систем виробничого призначення вирішується тільки в межах окремої фірми розробника, таких як Dassault Systemes (Франція), Siemens PLM Software (Німеччина) та ін. [1 – 3]. Разом з тим майже кожне підприємство використовує від 3 до 10 найменувань автоматизованих систем виробничого призначення від різних розробників. Їх спільна інтеграція є великою проблемою для користувачів системи, що значно ускладнює процеси автоматизації інженерної праці. Як наслідок завдання інтеграції є актуальними для більшості машинобудівних підприємств України [1].

**Постановка завдання.** Без організації одночасного виконання робіт та взаємодії конструкторів, технологів, постачальників матеріалів, економістів та інших спеціалістів при розробленні документації на виріб досягнути по-справжньому значного скорочення термінів неможливо. Активна взаємодія та одночасне виконання робіт зі створення наукоємних виробів можуть бути організовані тільки за умови створення на підприємстві єдиного інформаційного середовища даних про вироби, процеси та ресурси, тобто інтеграції існуючих на підприємстві автоматизованих систем виробничого призначення і власних розробок. Тому є нагальна потреба у дослідженні взаємозв'язків автоматизованих систем виробничого призначення та подальшому розробленні підходів і методів інтеграції цих систем.

**Результати досліджень.** На підприємствах автоматизовані системи мають три напрями застосування:

– для проектування й підготовки виробництва – CAD/ CAM/CAE/CAPP-системи. Причому на великих підприємствах функціонує не одна, а декілька подібних систем різних виробників. У кращому випадку ці системи інтегровані в один інформаційний простір за допомогою PDM-системи;

– для оперативного управління та планування виробництва – MES-системи;

– для комплексного управління промисловим виробництвом – ERP-систему.

При цьому три напрями розвиваються незалежно один від одного, результатом чого є відсутність наскрізної інтеграції та єдиного інформаційного простору, який міг би стати підставою для обміну виробничою інформацією між системами технічної підготовки виробництва, системою планування ресурсів підприємства, оперативного обліку й управління виробництвом на рівні ділянки, цеху та підприємства в цілому.

Схему інформаційного підтримання етапів життєвого циклу промислового виробу сучасними інтегрованими автоматизованими системами показано на рис. 1, з якої видно, що функції систем дублюються, дані багаторазово вводяться вручну, взаємозалежну звітність отримати не вдається. Так, на етапі маркетингових досліджень використовуються CRM-системи (Customer Relationship Management System); на етапі проектування – АСПІВ-системи (автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва); на етапі підготовки виробництва – CAM, SCM-системи (Supply Chain Management); на етапі виробництва – MES (Manufacturing Execution System), SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), CNC (Computer Numeric Control), MRP-2 (Manufacturing Resource Planning); на етапі експлуатації та утилізації – IETM (Interactive Electronic Technical Manual). На жаль, системи технічної підготовки виробництва найчастіше впроваджуються після або одночасно

з ERP-системою [3]. А на підприємствах потрібно починати саме із впровадження систем технічної підготовки виробництва, оскільки програмні модулі ERP-системи в цілому, а тим паче MES-системи, не будуть функціонувати, якщо вони не містять даних про структуру та склад виробу, необхідні матеріальні та виробничі ресурси, матеріальні та трудові норми. Дуже часто такі дані визначаються і вводяться вручну, що викликає безліч помилок і знижує точність роботи системи обліку й планування, збільшує термін окупності реалізованих рішень [4].

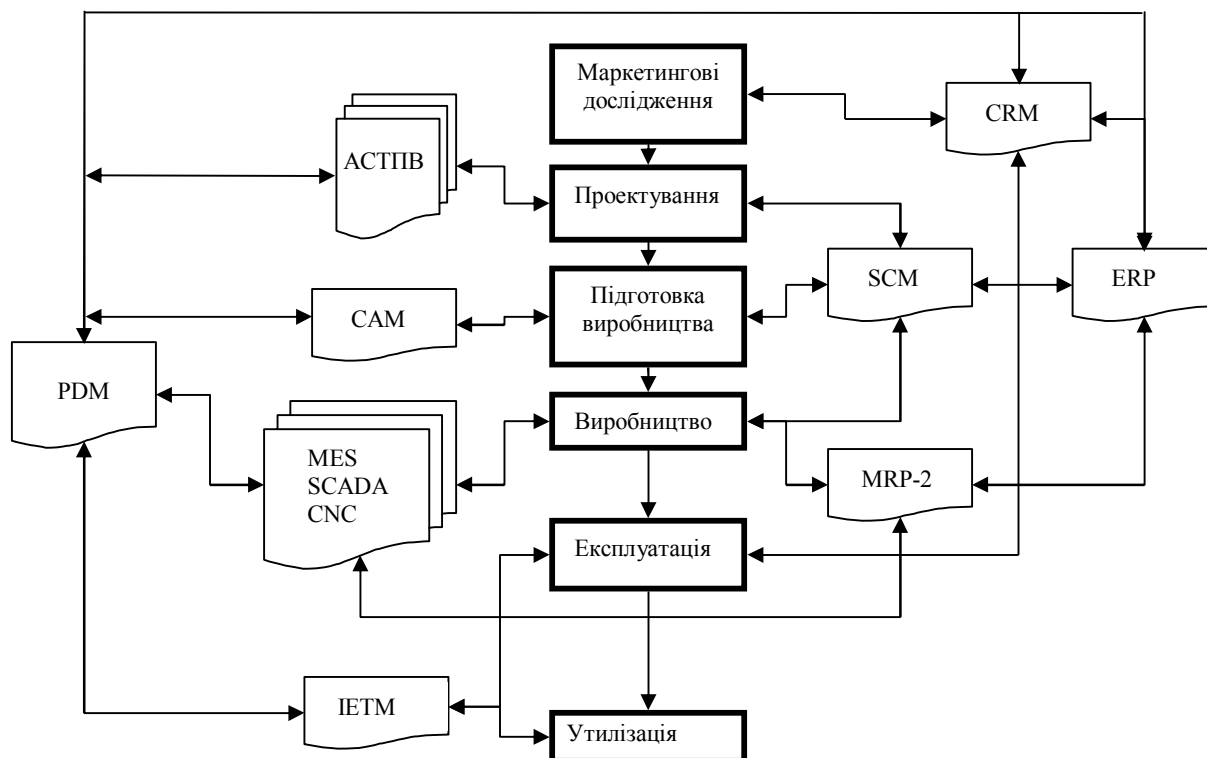


Рис. 1. Схема інформаційного підтримання етапів життєвого циклу виробу інтегрованими автоматизованими системами виробничого призначення

Основною причиною труднощів у впровадженні на підприємствах ERP-систем є явне переважання автоматизації виробничих процесів, пов'язаних з фінансами, бухгалтерією та обліком і відкладання на потім (або ігнорування) основних завдань автоматизації технічної підготовки та керування виробничими процесами.

Причини ризику при впровадженні на дискретному виробництві ERP-систем можна розділити на три основні групи:

- невиконання завдань технічної підготовки виробництва та оперативного управління підприємством;
- неправильний розрахунок часу впровадження і недостатня бюджетна потужність;
- повне припинення інвестування проекту.

У результаті нагромаджуються проблеми, вирішення яких потребує більших витрат часу, енергії та грошових ресурсів. У найгіршому випадку впроваджене програмне забезпечення ERP-систем неточно відображає основні виробничі процеси, що перешкоджає зростанню прибутку всього підприємства [3; 5].

Проведені авторами дослідження існуючих методів та програмних засобів інтеграції базових для промислових підприємств ERP, PDM та MES-систем автоматизації керування встановили, що існує реальний функціонально-інформаційний розрив між цими системами.

Так, на рис. 2 показано, що контури ERP-системи, які відповідають класифікації APICS (American Production and Inventory Control Society), не забезпечують вирішення завдань технічної підготовки й оперативного управління виробництвом, обмежуючись стратегічним

плануванням, що визначає виникнення значного функціонального та інформаційного розриву між контурами ERP-, PDM- та MES-системи [5].

У контурах PDM- та MES-системи перебуває цілий клас життєво важливих для підприємства виробничих процесів, що створює додаткову вартість продукції та істотно впливає на ефективність роботи підприємства в цілому.

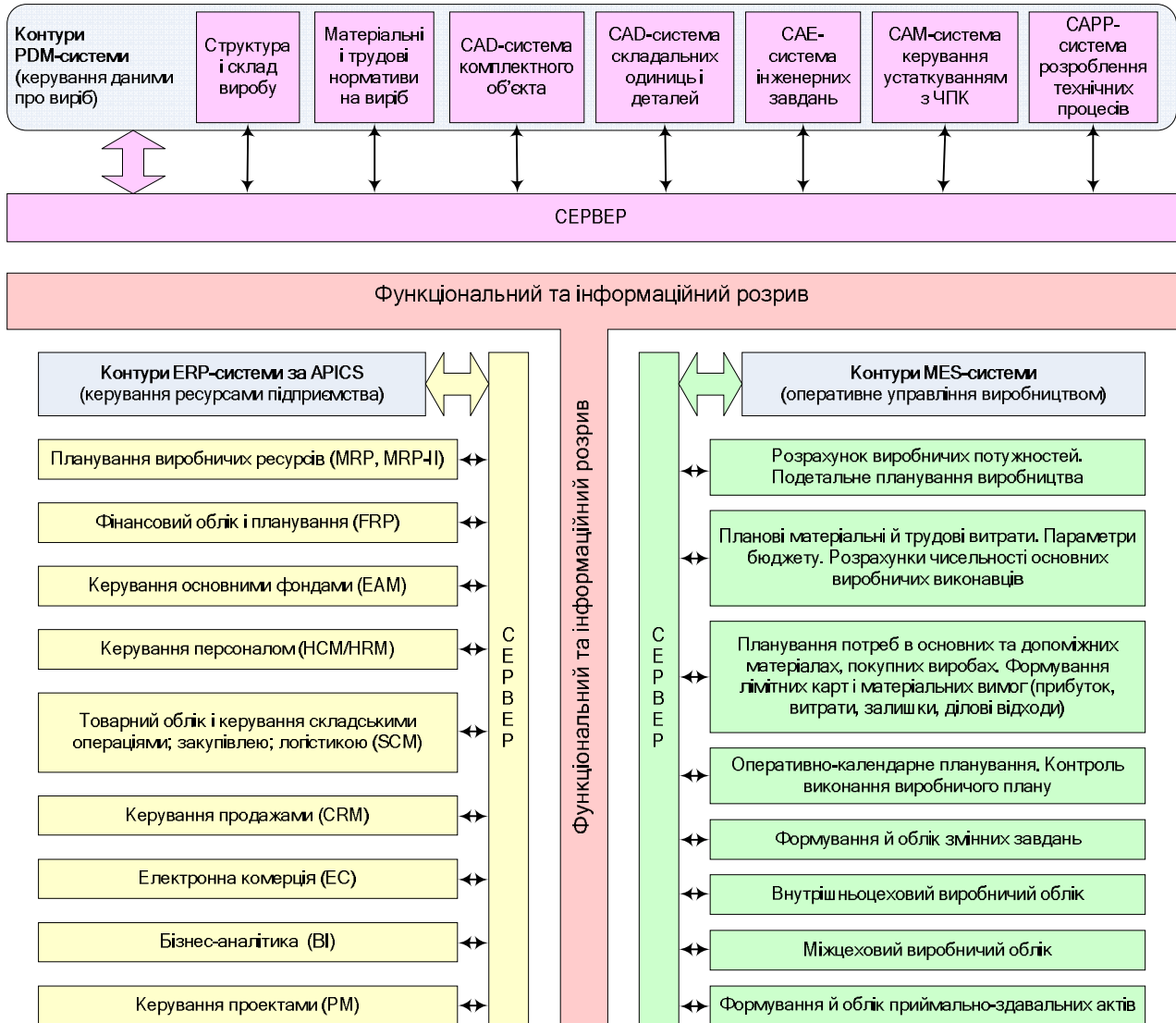


Рис. 2. Функціональний та інформаційний розриви між контурами ERP-, PDM- та MES-систем: ЧПК – числове та програмне керування

У наукоємному машинобудівному виробництві питання інтеграції систем вирішувати значно складніше, ніж у металургійному, хімічному чи нафтохімічному виробництві, оскільки зміна продукції відбувається постійно, номенклатура її велика, технологічні маршрути та операції не є фіксованими. На виробництво значно впливає стан матеріально-технічного забезпечення, тобто номенклатура потрібних матеріалів і покупних виробів велика. Від рівня інтеграції систем і даних значно залежить ефективність усієї інформаційно-технологічної інфраструктури підприємства. Розроблення інтегрованої автоматизованої системи інформаційного підтримання (СПІ) процесів управління виробничими даними в інформаційному середовищі підприємства дозволить обробляти масив даних, що надходить з різних структурних підрозділів і служб підприємства. Так, усі дані про виріб, створювані в CAD/CAM/CAE/CAPP-системах, повинні акумулюватися й керуватися PDM-системою, у якій маємо проектну та виробничу моделі, тобто проектні та виробничі склади і структури

виробів з усією технічною і виробничою інформацією, необхідною для організації виробництва. Найважливішим завданням PDM-системи є створення, організація й зберігання структури виробу, що відповідає вимогам технічної підготовки виробництва, та оперативного управління виробництвом. ERP-система акумулює в собі планово-економічну інформацію. На основі даних PDM- та ERP-системи і за допомогою MES-системи виробничі підрозділи здійснюють оперативне управління виробництвом. MES-система, в свою чергу, інформує ERP-систему про стан виробництва. Ядром інтеграції автоматизованих систем виробничого призначення повинна бути система, яка сполучається ланкою між програмними пакетами різних фірм-розробників (рис. 3). Така інтеграція автоматизованих систем виробничого призначення за допомогою впровадження та використання СІП дозволяє вирішити ряд завдань:

- формування єдиних стандартів і підходів при автоматизації виробничих процесів на рівні функціональних підрозділів підприємства (боротьба з «клаптевою автоматизацією»);
- підвищення прозорості та керованості виробничих процесів, які підтримуються інформаційними системами;
- зниження ймовірності появи операційних та інших помилок, пов'язаних із введенням і передаванням ділової інформації в ручному режимі;
- скорочення тривалості виконання «наскрізних» виробничих процесів;
- скорочення трудовитрат за рахунок реалізації однократного введення інформації та інтегрованого документообігу;
- забезпечення збереження інвестицій в інформаційні технології.

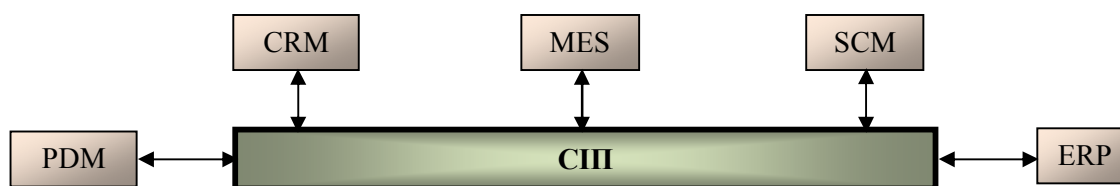


Рис. 3. Графічне зображення використання виробничих даних у середовищі інтегрованих автоматизованих систем за допомогою СІП

Система інформаційного підтримання має ядро, яке дає змогу організувати: архівний склад даних; керування ідентифікаторами, процесами трансформації даних, потоком інформаційних даних, нормативно-довідковою інформацією, логістичною моделлю даних; підсистему звітності; управління якістю даних; управління користувачами і їх правами доступу; аудит дій користувачів; коригування даних; класифікацію даних; ручне введення даних; звітність про стан готовності даних.

Використання функціональних можливостей СІП забезпечує:

- узгодження даних, які використовуються різними додатками;
- синхронізацію та маршрутизацію інформаційних потоків відповідно до певних виробничих правил;
- перетворення даних за заданими алгоритмами;
- підтримку алгоритмів взаємодії додатків;
- підтримання промислових стандартів з передавання та оброблення даних.

Щоб домогтися таких результатів, потрібно створити умови, за яких несуперечлива інформація про склад виробу й виробничий процес була б доступна всім співробітникам підприємства незалежно від місця їх роботи. Якщо співробітники використовують неузгоджену інформацію, то при проектуванні й виготовленні виробу неминуче виникають помилки. Витрати на виправлення помилок, виявлених на пізніх етапах життєвого циклу виробу, на порядок вищі, ніж у випадку їх виявлення на ранніх стадіях.

Від рівня інтеграції автоматизованих систем і даних значно залежить ефективність роботи всього підприємства. Інтеграція дозволяє забезпечити цілісність і несуперечність всієї інформації, уникнути дублювання введення даних, а також поліпшити своєчасний обмін інформацією між усіма групами співробітників, підрозділами й контрагентами. Об'єднання розрізаних частин інформаційної структури в єдине ціле дає змогу зробити прозорими інформаційні потоки, спростити управління процесами та позитивно позначається на автоматизації виробництва в цілому.

**Висновки.** Аналіз використання промислових інформаційних технологій та систем показав, що одним з основних способів підвищення конкурентоспроможності виробів на світовому ринку є підвищення ефективності технічної підготовки та оперативного керування наукоємним виробництвом в інтегрованому інформаційному середовищі промислового підприємства. Проте створення інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислового підприємства виходить далеко за межі впровадження автоматизованих систем і передбачає великий обсяг попередніх робіт, пов'язаних із детальним аналізом, реінжинірингом, керуванням процесами підприємства та самими інформаційними системами на всіх етапах життєвого циклу виробів.

### Список літератури

1. *Бойко В. И.* Интегрированные системы проектирования и управления / В. И. Бойко, Г. И. Болтунов, О. К. Мансурова. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 162 с.
2. *Павленко П. М.* Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: монографія / П. М. Павленко // – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 280 с.
3. *Терелянский П. В.* Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования : монография / П. В. Терелянский. – Волгоград: ВолгГТУ, 2009. – 127 с.
4. *Кульга К. С.* Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством: монография / К. С. Кульга, И. А. Кривошеев. – М.: Машиностроение, 2011. – 377 с.
5. *Питеркин С. В.* Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем / С. В. Питеркин, Н. А. Оладов, Д. В. Исаев. – М.: Альпина Паблишер, 2010. – 368 с.

П. Н. Павленко, В. В. Трейтяк, Т. М. Захарчук

### **Проблемы интеграции современных автоматизированных систем производственного назначения**

Проанализированы и выявлены основные проблемы, которые обусловлены отсутствием интегрированного информационного пространства автоматизированных систем производственного назначения. Исследование взаимосвязи автоматизированных систем позволило определить основные преимущества построения интегрированного информационного пространства автоматизированных систем.

P. N. Pavlenko, V. V. Treityak, T. M. Zaharchuc

### **The problems of integration of modern automated system of productive setting**

In the article analysed and exposed basic problems which are conditioned absence of computer-integrated informative space of computer-integrated automated system of the production setting. Research of intercommunication of computer-integrated automated system allowed to define basic advantages of construction of computer-integrated informative space of computer-integrated automated system.