

---

“АСАУ” – 18(38) 2011

---

УДК 658.512.4

О.А. Стенін, С.В. Лапковський, М.О. Солдатова

## **ВИКОРИСТАННЯ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ В СУЧАСНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

*Анотація:* Розглядаються питання використання CALS-технологій в сучасній промисловості.

*Ключові слова:* CALS-технології, виріб, життєвий цикл, промисловість.

### **Вступ**

Будь-яка країна, яка прагне посісти лідируючі позиції в світовій економіці, повинна прагнути:

- підвищення конкурентоспроможності своєї продукції;
- інвестиційної привабливості підприємств;
- забезпечення гарантованого рівня якості на всіх стадіях життєвого циклу виробів (ЖЦВ);
- досягнення технологічної незалежності в найважливіших областях промисловості;
- зростання виробництва наукомісткої продукції.

У сучасних економічних умовах ключовим фактором виживання машинобудівних підприємств є максимально можливе скорочення термінів проектування та освоєння нової продукції. Один з найбільш вірогідних шляхів вирішення цієї проблеми — це використання інформаційних технологій підтримки життєвого циклу продукції, що випускається (CALS або PLM-технологій).

### **Постановка задачі**

Реалізація вказаних вище цілей можлива тільки завдяки глибокій модернізації промисловості на основі використання сучасних досягнень науки і техніки, нових інформаційних технологій. При цьому повинні враховуватися основні тенденції розвитку сучасного виробництва, до яких можна віднести:

- вигляд виробу у все більшій мірі формується виходячи з вимог його майбутнього споживача. Це відноситься не тільки до забезпечення певного рівня якості протягом терміну служби виробу, але і до його вартості;
- широко використовується кооперація підприємств, при якій основна частка виробництва приходить на постачальників, а головні підприємства виконують фінішні операції і остаточне складання виробу;

---

© О.А. Стенін, С.В. Лапковський, М.О. Солдатова, 2011

- створення багатьох видів продукції відбувається в рамках так званих віртуальних підприємств. Під таким підприємством розуміється неформальна структура, яка формована географічно розподіленими незалежними партнерами, які об'єднані на основі інформаційних технологій за допомогою комп'ютерних мереж на час виконання сумісного замовлення;
- спеціалізація компаній-постачальників за конструктивним і виробничо-технологічним принципом змінюється у бік системної спеціалізації, при якій підприємство прагне продавати певну систему цілком, незалежно від того, як вона буде розподілена на кінцевому виробі;
- власники інтелектуальної власності на виробництво виробів конкретної торгової марки (з обмеженням по термінах і об'ємах випуску) переводять ліцензійне виробництво на території (і навіть інші країни) із сприятливими економічними умовами;
- набуває поширення так зване ризик-розділене партнерство, яке припускає участь в інвестуванні створення продукції не тільки його основного виробника, але і партнерів-постачальників, і спричиняє собою більш рівномірний розподіл ризиків (фінансових, технічних, тощо), що сприятливо позначається на їх фінансових показниках;
- прийом фахівців на роботу здійснюється на контрактній основі на період виконання робіт за конкретним проектом, при цьому штат постійних співробітників компанії має тенденцію до зменшення.

У вітчизняній літературі при вживанні терміну CALS мається на увазі розшифровка “Continuous Acquisition and Life cycle Support” — “Безперервна інформаційна підтримка поставок і життєвого циклу”.

Російськомовним аналогом CALS є термін ИПИ — “Информационная Поддержка процессов жизненного цикла Изделий”. Інколи у вітчизняній літературі зустрічається аналогічна абревіатура — ППВ — “Інформаційна Підтримка процесів життєвого циклу Виробів”. Проте частіше під абревіатурою ППВ розуміється інший науковий термін — “Інформаційно-психологічний вплив”.

Для абревіатури CALS існують різні розшифровки. Історично методологія інформаційної підтримки процесів життєвого циклу виробів CALS народилася в США в середині 80-х років минулого сторіччя. Ця абревіатура розшифровувалася як “Computer-Aided Acquisition and Logistics Support” — “Комп'ютеризована підтримка логістичних систем”. В 1988 році в смисловому контексті з CALS були зняті військові обмеження і вона стала називатися “Computer-Aided Acquisition and Support” — “Комп'ютеризовані поставки і підтримка”. В цьому варіанті назви була посилена організаційна спрямованість CALS. В 1993 році CALS стала називатися “Computer-Aided Acquisition and Lifecycle Support” — “Підтримка безперервних поставок і життєвого циклу”. Нова назва акцентувала увагу на методології паралельного проектування, інтегрованої логістичній

підтримці, управлінні конфігурацією і управлінні документообігом. Це дозволило інтегрувати процеси на всьому протязі життєвого циклу виробів від виникнення потреби у виробі (фази аналізу) до його утилізації. Пізніше, під впливом американського військово-промислового комплексу, CALS іноді стали називати “Commerce At Light Speed” — “Бізнес у високому темпі”.

Поняття “Життєвий цикл виробу” включає всі стадії життя виробу — від вивчення ринку перед проектуванням до утилізації виробу після використання. Комп’ютерна підтримка етапів ЖЦВ стає можливою завдяки створенню і підтримці єдиної бази даних про виріб (рис. 1).



Рис. 1 – Інформаційна підтримка етапів життєвого циклу виробів

### Комп’ютерна підтримка етапів життєвого циклу виробу

Фахівці з розвитку промисловості вже давно передбачали, що процеси розробки, підготовки виробництва, виготовлення, маркетингу і продажу, експлуатації і підтримки підкоряються одним природним законам і можуть бути формалізовані в явному вигляді. Тобто, вони можуть об’єктивно розраховуватися і оптимізуватися. Технічно ця можливість стримувалася дефіцитом можливостей комп’ютерів і засобів комунікацій. На організаційному і науковому рівнях були достатньо добре описані лише деякі з процесів, а їх системна інтеграція мала стільки ж видів і форм, скільки існувало самих компаній-виробників. Коли ситуація на ринку примусила їх реформувати свій бізнес, були потрібні нові технології ведення бізнесу на більш високому рівні.

Комп’ютерна підтримка етапів ЖЦВ отримала своє оформлення в методології і стандартах CALS. Згідно концептуальним положенням CALS, реальні бізнес-процеси відбиваються на віртуальне інформаційне середовище, в якому визначення продукту відтворено у вигляді повного електронного опису виробу, а середовище його створення і середовище експлуатації — у вигляді систем моделювання процесів і їх реалізації. Всі три складові (визначення продукту, середовища його створення і середовища експлуатації) не тільки взаємопов’язані, але і безперервно розвиваються на всьому протязі життєвого циклу продукту.

В області проектування і технологічної підготовки виробництва виробів принципи CALS знайшли своє віддзеркалення в створенні провідними західними розробниками програмних систем, які забезпечують комплексну підтримку етапів ЖЦВ на основі концепції PLM — “Product Life-cycle Management” — “Управління життєвим циклом продукту”.

Відповідно до визначення CIMdata — відомого в світі незалежного експерта з проблем PLM, “PLM — це стратегічний підхід до ведення бізнесу, який використовує набір сумісних рішень для підтримки загального (collaborative) подання інформації про продукт в процесі його створення, реалізації і експлуатації, в середовищі розширеного (extended) підприємства, починаючи від концепції створення продукту до його утилізації — при інтеграції людських ресурсів, процесів і інформації” [1].

На підставі цього визначення можна виділити три основні вимоги до PLM-рішень:

1. можливість універсального, безпечного і керованого способу доступу і використання інформації, що визначає виробу;
2. підтримка цілісності інформації, що визначає виріб, протягом всього життєвого циклу виробу;
3. управління і підтримка бізнес-процесів, що використовуються при створенні, розподілі і використанні інформації.

Першою в світі концепцію PLM взяла на озброєння компанія IBM/Dassault Systemes — один з лідерів в області розробки PLM-рішень.

В класифікації систем, які забезпечують інформаційну підтримку різних етапів ЖЦВ, що відносно сформувалась, можна виділити системи класів CAD/CAM, CAE, PDM, MRP-I, MRP-II, ERP, SCM, CRM і CPC. Слід зазначити, що цей перелік і термінологія мають певну тенденцію до зміни. Так, разом із терміном PDM набувають поширення терміни cPDM — “collaborative Product Data Management” і sPDM — “collaborative Product Definition management”.

Базовими системами, що забезпечують реалізацію стратегії PLM, є системи класів CAD/CAM — “Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing” — “Комп’ютерне проектування і виготовлення”, CAE — “Computer Aided Engineering” — “Комп’ютерний інженерний аналіз” і PDM — “Product Data Management” — “Управління даними про продукт”.

Відповідно до концепції IBM/Dassault Systemes, системи класів MRP-I — “Material requirements planning” — “Планування потреби в матеріалах”, MRP-II — “Manufacturing Resource Planning” — “Планування виробничих ресурсів”, ERP — “Enterprise Resource Planning” — “Планування ресурсів підприємства”, SCM — “Supply Chain Management” — “Управління ланцюгами поставок” і CRM — “Customer Relationship Management” — “Управління взаємостосунками із замовниками” не відносяться до засобів підтримки PLM-рішень.

На інших етапах ЖЦВ (тобто, крім проектування і підготовки виробництва) інформаційна підтримка забезпечується як перерахованими вище системами (ERP, SCM тощо), так і деякими іншими.

Для підприємств, що виконують великомасштабні і наукомісткі проекти, які характеризуються багатонаменклатурністю виробів і тривалим циклом розробки, виробництва і експлуатації, найбільш актуальною є

проблема організації спільної роботи множини географічно віддалених бізнес-партнерів, що беруть участь в проекті по створенню виробу. При цьому необхідно забезпечити інтеграцію і сумісне використання інформації, яка породжується на всіх етапах ЖЦВ, в рамках єдиного інформаційного простору. Для вирішення цієї задачі і призначені CALS-технології. Застосування CALS-технологій є стратегічним напрямом, слідуючи якому можна забезпечити зростання ефективності виробництва і конкурентоспроможності продукції, що випускається.

За оцінками експертів, ефективність виробництва, яка реалізована на базі CALS-технологій, приблизно на 30-40% вище ефективності традиційного виробництва. Впровадження CALS-технологій дозволяє забезпечити скорочення:

1. витрат на розробку і виробництво наукомісткої продукції — на 20-30%;
2. витрат, які пов'язані з браком і усуненням дефектів продукції — на 15-20%;
3. витрат в період експлуатації продукції — на 20-25%;
4. часу виведення нових зразків продукції на ринок — на 60-70%.

Світовий ринок повністю відторгає продукцію, яка не забезпечена електронною документацією і не володіє засобами інтегрованої логістичної підтримки поствиробничих стадій ЖЦВ. Сьогодні іноземні замовники вітчизняної продукції висувають вимоги, задоволення яких неможливе без впровадження CALS-технологій:

1. представлення конструкторської і технологічної документації в електронній формі;
2. подання експлуатаційної і ремонтної документації у формі інтерактивного електронного технічного керівництва, яке забезпечене ілюстрованими електронними каталогами запасних частин і допоміжних матеріалів і засобами дистанційного замовлення запчастин і матеріалів;
3. організація системи інтегрованої логістичної підтримки виробів на поствиробничих стадіях ЖЦВ;
4. наявність і функціонування електронної системи каталогізації продукції;
5. наявність на підприємствах систем менеджменту якості, які відповідають вимогам стандартів ISO 9000:2009 тощо.

Таким чином, задача розвитку і впровадження CALS-технологій на промислових підприємствах стає державною проблемою, від вирішення якій залежить ефективність розвитку економіки в цілому.

В США технічна політика в області CALS-технологій була сформульована і реалізована ще у 1980-1995 роках. Вона була спрямована на вирішення наступних задач:

1. розробка і промислова апробація програмних систем, що реалізують основні CALS-технології: управління проектами, управління даними про виріб, управління конфігурацією виробу, управління змінами виробничих і організаційних структур, управління інформаційними потоками і потоками робіт, управління якістю тощо;
2. створення інтегрованих інформаційних систем, що забезпечують ефективне сумісне функціонування створених програмних систем.

Важливою складовою технічної політики по розвитку вказаних технологій була реалізація пілотних проектів по впровадженню окремих компонентів CALS-технологій. В результаті виконання пілотних проектів провідними зарубіжними корпораціями було розроблено нормативно-правове, науково-методичне і програмно-технічне забезпечення для впровадження основних компонентів інформаційної підтримки ЖЦВ на підприємствах різних галузей промисловості. Вартість реалізованих пілотних проектів складала від 1 до 3 мільярдів доларів США, причому частка участі держави у фінансуванні пілотних проектів складала приблизно 40-50% загального об'єму фінансування.

В розвинених країнах координація діяльності в області впровадження CALS-технологій здійснюється національними і регіональними органами (наприклад, Американським управляючим промисловим комітетом в області CALS-технологій (US ISG), Промисловою радою Великобританії в області CALS-технологій, Європейською промисловою групою в області CALS-технологій, Промисловим форумом з CALS-технологій в Японії). На сьогоднішній день діють більше 230 міжнародних стандартів в галузі CALS, 150 з яких затверджено в 2004 році. Це характеризує динаміку розвитку міжнародної нормативної бази в області CALS-технологій і доводить затребування цих стандартів.

Для успішного вирішення проблеми розвитку CALS-технологій в США в 1985-1995 роках щорічно виділялося більше 1 мільярда доларів США, у тому числі 500-600 мільйонів доларів США бюджетних коштів. Державна підтримка провідних зарубіжних компаній, що брали участь у виконанні робіт, складала до 30-40% від сумарного об'єму засобів, вкладених в розвиток CALS-технологій, який за 1985-2000 роках склав більше 40 мільярдів доларів США.

У 1990-2004 роках провідними корпораціями країн Євросоюзу на розвиток CALS-технологій були витрачені аналогічні суми.

Останнім часом в таких країнах, як Великобританія, Німеччина, Франція, Італія щорічне вкладення бюджетних коштів в рамках реалізації міждержавних програм, що спрямовані на розвиток CALS-технологій, з метою забезпечення ефективної розробки, виробництва і експлуатації новітніх зразків військової техніки, перевищує 1 мільярд євро.

Розвиток CALS-технологій здійснюється у напрямі переходу промислово розвинених країн на нові міжнародні стандарти управління якістю, загальні принципи електронного обміну інформацією, єдині форми і моделі баз даних, уніфіковані засоби їх подання в інформаційних системах,

а також загальних вимог і регламентів забезпечення інформаційної безпеки.

Не дивлячись на значні вкладення засобів, ще дуже багать проблем в області CALS-технологій залишається невирішеним або вирішеним не в повному обсязі. Основними серед цих проблем є наступні:

1. необхідна більш повна розробка нормативної бази по поданню конструкторської, технологічної, виробничої, логістичної та експлуатаційної інформації про виріб, даних про якість. Найбільш проробленими можна вважати стандарти серії ISO 10303 (STEP — Standard for Exchange of Product model data — Стандарт обміну даними моделі виробу), які стосуються конструкторських даних про виріб і визначають “нейтральний формат” їх подання;
2. недостатньо повно і чітко описані, а отже, не формалізовані середовище і процеси, що відбуваються протягом всього життєвого циклу виробу, і, як наслідок, неможливість розробки засобів, що забезпечують імітаційне моделювання цих процесів і середовища, в якому ці процеси протікають;
3. відсутні чіткі межі функціональності програмних систем, що утрудняє визначення складу даних, що створюються або перетворюються в системі та передаються в систему та з системи;
4. існують проблеми в інтеграції функціональних програмних систем, на базі яких будуються інтегровані інформаційні системи компанії. При цьому найближчим часом не доводиться чекати появи універсального засобу інтеграції інформації через відсутність загальноприйнятої нормативної бази по структурі, складу і формі подання більшої частини інформації про виріб.

Проте, окремі крупні зарубіжні компанії (Airbus Industries, Boeing Company, BAE Systems та інші) створили інтегровані інформаційні системи (ІС), які реалізують єдині інформаційні простори відповідно до вимог стандартів в області CALS. Це дозволило компаніям досягти реальних конкурентних переваг на ринку. Завдяки цифровому поданню інформації про вироби, що випускаються, і реально-часовому доступу до його повного електронного опису стало можливим:

1. створення виробів із заданою вартістю (проектування під задану вартість, безперервне зменшення витрат при серійному виробництві продукції і в процесі післяпродажної підтримки) шляхом багаторазового повторюваного (ітераційного) процесу конструктивно-технологічного проектування виробу. Процес полягає у формуванні альтернативних проектних рішень, їх аналізі на основі моделювання наслідків схвалюваних рішень (ERP система, в цьому випадку, виступає в якості джерела інформації про запаси, фактичні терміни виконання замовлень, вузькі місця у виробництві, тощо) і виборі оптимального проектного рішення виходячи із заданих вимог;

2. збіг значень заявлених технічних характеристик продукції і характеристик, що фактично реалізуються в процесі експлуатації;
3. забезпечення стабільного рівня якості продукції;
4. випуск продукції у заданий термін.

Так, наприклад, компанія Airbus Industries в процесі створення літака А380 за 3,5 роки проаналізувала 18 різних варіантів реалізації літака з повним бюджетуванням коштів, що були необхідні для його створення. Вибір оптимального проектного рішення, що задовольняє не тільки вимогам заявлених технічних характеристик, але і по вартості літака, став можливим тільки завдяки використанню інтегрованої інформаційної системи, яка забезпечила можливість моделювання процесів на всіх етапах життєвого циклу літака — від етапу створення концепції літака, його проектування і випробувань, до виготовлення і сервісного обслуговування на етапі експлуатації.

В країнах НАТО необхідною умовою отримання замовлень з розробки і виробництва новітньої військової техніки є впровадження ІС компанії, що реалізує основні принципи і технології CALS, які забезпечують гарантований високий рівень ефективності процесів розробки, виробництва і експлуатації продукції. У тому числі, ІС реалізує ефективно діючу систему менеджменту якості, яка забезпечує рішення задач ретроспективного, поточного і прогнозного аналізу причин і вартості усунення дефектів і відмов елементів, деталей, комплектуючих виробів, вузлів кожного виробу і продукції в цілому на всіх етапах її життєвого циклу. ІС, до складу якої входить система класу ERP, дозволяє державному замовнику контролювати ефективність витрачання бюджетних засобів в рамках державного оборонного замовлення або закупівель для федеральних державних потреб.

В ситуації, що склалася, західні компанії, які впровадили ІС, висувують досить жорсткі вимоги при виборі партнерів-постачальників комплектуючих вузлів і деталей. Ці вимоги є специфічними для кожної компанії, оскільки продиктовані конкретною реалізацією ІС, які входять в її склад програмними системами і навіть версіями цих систем. Проте ці вимоги можна вважати об'єктивними, якщо врахувати, що використання постачальниками тих же програмних і технічних засобів вирішує проблему інтеграції і забезпечує можливість інформаційної взаємодії між партнерами в реальному масштабі часу. В теперішній час незадоволення вимог по застосуванню окремих програмних засобів, а інколи, по впровадженню фрагментів ІС, які пред'являються зі сторони крупних компаній, є причиною процесу витіснення ряду компаній з ринку.

Очевидно, що обов'язковою умовою входження вітчизняних промислових підприємств в міжнародну кооперацію є впровадження тих же програмних систем, які розроблені відповідно до нормативної бази CALS, що і в головній компанії-виробника продукту.



В теперішній час вітчизняна промисловість істотно поступається західній в області впровадження CALS-технологій. Це відставання виражається в наступному:

1. Роботи по впровадженню CALS-технологій знаходяться на початковій стадії і проводяться дуже повільно, без належної координації. При цьому дані роботи проводяться на основі накопиченого досвіду в сфері створення наукомісткої продукції, з урахуванням використання нормативної бази застарілих вітчизняних стандартів ЄСКД, ЄСТД, тощо.

2. Розділення конструкторських бюро і серійних виробництв (на відміну від західних компаній, де поєднані проектні і виробничі структури), що традиційно складалося, призвело до того, що:

- організація робіт з конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (постановці виробу на виробництво) малоефективна;
- автоматизація процесів як в конструкторських бюро, так і на підприємствах здійснюється фрагментарно;
- відсутня інфраструктура, яка об'єднує всі організації, що беруть участь в проектуванні і виготовленні виробу, а значить, немає середовища для створення ІС, яка б реалізовувала CALS-технології.

3. На підприємстві одночасно знаходяться у виготовленні вироби, які спроектовані як традиційним способом (креслення), так і за допомогою різних САД-систем. Розробка маршрутно-операційних технологічних процесів здійснюється вручну або з використанням вітчизняних САПР ТП. При розробці управляючих програм для обладнання з ЧПУ застосовуються як західні, так і вітчизняні САМ-системи. Механічна обробка деталей проводиться як на універсальному обладнанні, так і на обладнанні з ЧПК. Вимірювання і контроль здійснюються за шаблонами, за допомогою ручного інструменту, і лише інколи — за допомогою контрольно-вимірювальних машин.

4. Практично не використовуються автоматизовані системи управління дискретними виробничими процесами, у зв'язку з чим відсутні поточна інформація про хід виробництва, стан обладнання, інструменту, технологічного оснащення, дані контролю якості продукції. Немає можливості оперативно корегувати виробничий план у разі виникнення нештатних ситуацій і можливих відхилень, а також немає можливості впливати на якість продукції, що випускається.

5. Системи менеджменту якості існують на підприємствах формально — у вигляді комплектів документів, які відповідають вимогам стандартів ISO серії 9000.

6. Існує ряд істотних недоліків в системі ціноутворення нової продукції, зокрема, використовується застаріла нормативна база, яка не віддзеркалює існуючий науково-технічний потенціал і сучасні методи господарювання, має місце значна розбіжність планових витрат з фактичними витратами на створення нових виробів, тощо.

7. Практично скрізь, як в конструкторських бюро, так і на виробництві, перервана спадкоємність поколінь інженерного персоналу (констру-

кторів, технологів, системних аналітиків, прикладних програмістів, тощо). Гостро відчувається брак кваліфікованих фахівців на більшості підприємств.

8. Відсутній досвід післяпродажного забезпечення експлуатації складної техніки на базі логістичних інформаційних систем і відповідно до міжнародних стандартів.

9. Має місце загальне відставання в процесах комп'ютеризації господарської, виробничої і комерційної діяльності.

За експертними оцінками, переважна більшість промислових підприємств розробляє і виробляє продукцію, використовуючи традиційні технології і морально застаріле виробниче обладнання. Перехід від традиційних технологій до інформаційної підтримки процесів ЖЦВ припускає здійснення технічного переозброєння промисловості, тобто, оснащення підприємств сучасним технологічним обладнанням (верстатами з ЧПК, контрольно-вимірювальними машинами, тощо). Тим самим, створюється матеріальний базис для впровадження сучасних інформаційних технологій в процес виробництва виробів, включаючи управління якістю (забезпечення стабільного гарантованого рівня якості продукції). Слід зазначити, що нове технологічне обладнання практично відразу (через 2-3 місяці) забезпечує віддачу грошових коштів, вкладених в його придбання. В той же час, освоєння і впровадження CALS-технологій вимагає значних часових витрат, наявність кваліфікованих кадрів і не можливе без значних інвестицій. Не дивлячись на те, що в теперішній час спостерігається зростання об'єму вітчизняного ринку в області CALS-технологій, вкладення в цей ринок на багато порядків нижчі за ті кошти, які витрачають на розвиток CALS-технологій США та інші промислово-розвинені країни.

### **Висновки**

Для впровадження ІС і отримання відповідного ефекту від сумісного використання систем, які входять в її склад і реалізують основні CALS-технології, необхідно виконати значний комплекс робіт, починаючи від розробки концепції і стратегії розвитку підприємства в області інформаційних технологій і програми його технічного переозброєння до створення проекту ІС з урахуванням систем автоматизації, які існують на підприємстві; придбання необхідних для реалізації ІС програмно-технічних засобів, їх освоєння, адаптації, навчання персоналу і введення ІС в промислову експлуатацію.

В умовах, що склалися, особливо актуальною стає проблема розробки і реалізації державної технічної політики, яка направлена на концентрацію інтелектуальних ресурсів і фінансових коштів, що виділяються на розвиток CALS-технологій.

### **Література**

1. [www.acuityinc.com/News/articles/PLM\\_defined\\_CIMdata](http://www.acuityinc.com/News/articles/PLM_defined_CIMdata).

Отримано 04.03.2011 р.