

УДК 65.015.11;681.5(045)

В.П. Бабак, д-р техн. наук, проф.,

П.М. Павленко, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

Розглянуто проблемні питання автоматизації задач технічної підготовки виробництва. Запропоновано методи їхнього вирішення з погляду міжнародних стандартів та CALS-технологій.

Цільовою функцією технічної підготовки виробництва (ТПВ) є формування необхідного для виробничої системи комплексу технічної документації (ТД) та комп'ютерних моделей, що забезпечують контроль виготовлення виробу. Задачі ТПВ, спрямовані на реалізацію зазначеної функції, виконуються на наступних етапах ТПВ.

Проектування виробу регламентує ЄСКД, відповідно до вимог якої склад задач, що розв'язуються при проектуванні, визначається стадією розробки проекту. Результатом проектування є необхідний комплект конструкторської документації (КД) на виріб, а також набір необхідних моделей у середовищі CAD/CAM/CAE-систем. Важливе значення на етапі проектування має розв'язання задачі уніфікації, що полягає в доборі аналогів до спроектованого вперше виробу і повному або частковому використанні знайдених проектних розв'язків у новій розробці, а також у стандартизації оптимальних проектних розв'язків для їхнього широкого застосування. Задачі даного етапу можуть бути розподілені на задачі концептуального проектування, аналізу проекту, робочого проектування.

Концептуальне проектування є початковою фазою процесу проектування на основі загальних вимог до виробу, відповідності вимогам ринку. При виробництві товарів широкого споживання найважливішою вимогою можуть виявитися естетичні якості виробу. Результатом концептуального проектування є попередня конструкція виробу або набір альтернативних проектів, що відповідають вихідним вимогам. Наступним кроком може бути аналіз проекту, робоче проектування, створення прототипу або моделі (макета), зміна вимог скасування щодо проекту.

До аналізу проекту належить аналіз маси, моментів інерції, потоків рідини, теплопередачі, кінематики, гідравліки, руйнування тощо. Тип виконуваного аналізу визначається функціональним призначенням виробу. На даному етапі також може здійснюватися оцінка вартостей виробничого циклу та експлуатації виробу.

Робоче проектування передбачає декомпозицію і оптимізацію проекту з випуском робочої документації і визначенням критеріїв якості виробу, показників безпеки і економічності. На цьому етапі затверджується відповідність до промислових стандартів і стандартів підприємства.

На етапі проектування спільно працюють конструктори, фахівці з маркетингу, дизайнери та інші фахівці підприємства.

Для розв'язання задач проектування використовуються неавтоматизовані (традиційні) методи або системи автоматизованого креслення, кількість яких на вітчизняних підприємствах складає десятки, а в деяких випадках – сотні копій. Серед подібних систем найрозповсюдженішими є такі, як САПР «Компас» (АТ «Аскон», м. Санкт-Петербург), T-Flex (Top Systems Ltd., м. Москва), «Спрут» (МГТУ, м. Москва), «Кредо» (НИЦ АСК, м. Москва), AutoCAD (Autodesk Inc., США) тощо. При використанні таких засобів зберігаються всі недоліки існуючої системи підготовки виробництва. Так, за деякими оцінками, до 60 % інженерних змін при виготовленні експериментальних зразків виробів пов'язано не з удосконаленнями, а з конструкторськими помилками, викликаними недостатньою кваліфікацією фахівців, а існуючими методами проектування, що не дозволяють їх уникнути. При цьому помилки в кресленнях деталей

виявляються в процесі виготовлення цих деталей, а помилки в складальних кресленнях – при складанні виробів, що призводить у більшості випадків до необхідності виготовлення нових деталей. Крім цього, рішення окремих задач технічної підготовки виробництва залишаються не пов'язаними між собою, що не дозволяє значно скоротити терміни випуску продукції.

Значно рідше застосовуються CAD/CAM-системи і CAE-системи (Computer Aided Engineering – система інженерного аналізу). Кількість таких систем на підприємстві в сукупності, звичайно не перевищує 20 копій. Найпоширенішими на вітчизняному ринку з цих систем є CATIA (IBM Inc., США), Cimatron^E (Cimatron Ltd., Ізраїль), PRO/Engineer (Parametric Technology Corp., США), Unigraphics (Electronic Data Systems Corp., США), MSC/Nastran (MacNeal-Schwendler GmbH, Німеччина), Ansys (Ansys Inc., США), ADAMS (Mechanical Dynamics GmbH, Німеччина) і деякі інші. На теперішній час на багатьох підприємствах також починають впроваджуватися системи керування даними про виріб класу PDM (Product Data Management).

Для фізичного моделювання деталей або комбінації деталей використовують технології швидкого прототипування – Rapid Prototyping-технології. Упродовж декількох днів можна отримати прототипи всіх спроектованих деталей і перевірити в реальності необхідні характеристики до виготовлення технологічної оснастки і одержання пробних відливок.

Поєднання процесу моделювання в інформаційному середовищі CAD/CAM/CAE-систем і моделювання засобами RP-технологій надає процесу технічної підготовки виробництва зовсім нової якості – аналізу характеристик реального виробу до його виробництва. Прототип (фактично експериментальний зразок) остаточно узгоджується із замовником, і тільки після внесення необхідних змін в основу проекту (в моделі CAD/CAM/CAE-системи) видається завдання службам технологічної підготовки виробництва на розробку оснастки.

Під час проектування технологічної оснастки одним з основних напрямків сучасного виробництва, що враховується при виробленні заготовок, є максимальне наближення конфігурації і розмірів заготовок до конфігурації і розмірів готової деталі. Особливу актуальність даний напрямок набуває в зв'язку з існуючими тенденціями значного ускладнення виробів, що випускаються, із застосуванням дорогих металевих сплавів і пластмас. Одержання раціональних заготовок, що потребує безупинного підвищення точності й чистоти їхніх поверхонь, досягається застосуванням таких прогресивних методів формоутворення, як лиття металів, сплавів і пластмас, кування, гаряче штампування, та методів, що дозволяють не тільки скоротити витрату металу, трудомісткість обробки, але й створити передумови автоматизації виробничих процесів.

Усі ці методи об'єднує застосування технологічного оснащення (ливарних, пресових форм, штампів) з формотворними поверхнями, близькими до поверхонь деталей, проектування якої, в зв'язку з великими термінами (до декількох місяців) і вартістю (до 80 % усіх витрат на технічну підготовку виробництва), складає дуже трудомістку частину ТПВ і вимагає застосування автоматизованих систем з використанням спеціальних методів і засобів.

При проектуванні зазначеного формотворного оснащення розв'язувані задачі в загальному випадку є такими:

- аналіз і відпрацьовування на технологічність креслення деталі;
- розробка технологічного процесу (ТП) виготовлення деталі, креслення заготовки, технологічних ескізів;
- проектування формотворної оснастки, розробка на неї необхідної конструкторської документації;
- розробка ТП виготовлення оснастки, ескізів і її виготовлення;
- пробне виготовлення деталей;
- коригування КД і ТД, виготовлення оснастки і деталей.

При такій організації робіт значну трудомісткість має розробка і коригування графічної документації. Якість відпрацьовування технологічності деталі і конструкції оснащення значною мірою залежить від досвіду фахівців, що призводить до появи помилок і необхідності етапів

робного виготовлення. Широке використання верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК) при виготовленні складних формотворних деталей стримується, крім інших факторів, високою трудомісткістю розробки керуючих програм (КП). У зв'язку з цим, значною залишається частка слюсарно-довідних робіт. Використання систем двовимірного автоматизованого проектування (креслення) і розробки КП 2,5-координатної обробки на верстатах із ЧПК полегшує виконання зазначених задач, але не вносить значних змін у їхній склад і якість розв'язання. При ТПВ деталей, що вимагають застосування об'ємної обробки, помилки є неминучими, що призводить до зростання кількості експериментальних зразків.

Застосування CAD/CAM/CAE-систем дозволить значно скоротити кількість помилок через інтеграцію зазначених задач на основі об'ємних геометричних моделей об'єктів виробництва.

Проектування ТП є задачею технологічної підготовки, яка в зв'язку з її слабкою формалізацією вирішується на промислових підприємствах України здебільшого традиційним «ручним» проектуванням. При цьому використовують такі основні методи:

- індивідуальне проектування;
- адресація до ТП-аналогу (уніфікованого, типового чи групового);
- синтез процесу.

Створені в 70–80 роки системи автоматизованого проектування ТП–САПР ТП – у даний час є морально застарілими і, хоча й використовуються на багатьох підприємствах, на думку авторів, не мають подальших перспектив свого використання в їхньому теперішньому стані.

Загальна постановка проблеми автоматизованого проектування ТП полягає у створенні єдиної інтегрованої системи, що передбачає використання єдиної бази даних підприємства і всіх названих методів проектування, а також всіх створених інтерфейсів між автоматизованими системами.

На теперішній час розробники PDM-систем, наприклад, SmarTeam Corp. (корпорація IBM/Dassault Systems) передбачили потребу в автоматизації технологічного проектування і створили інструментарій для конкретного виробничого середовища. Ця задача також знаходить вирішення в середовищі деяких ERP-систем. Наприклад, корпоративна система Technoclass (Болгарія) вирішує всі основні задачі технологічної підготовки виробництва промислових підприємств дискретного типу (авіабудування, машинобудування та приладобудування тощо).

Програмування обробки деталей на верстатах із ЧПК визначається значним поліпшенням технічних, організаційних і економічних показників підприємства. Крім цього, використання устаткування з ЧПК, що функціонує в режимі керування від комп'ютера (CNC – Computer Numerical Control, DNC – Direct чи Distributed Numerical Control і т. ін.), створює передумови створення гнучких виробничих систем і організації гнучких автоматизованих виробництв, що є вищою формою автоматизації виробництва.

Одним з варіантів скорочення трудомісткості робіт на всіх етапах підготовки КП є застосування систем автоматизованого програмування (САП), серед яких можна відзначити вітчизняні розробки САП ЕСПС-ТАУ, САП «Технолог», САП ТЕХТРАН, СПП МИКРОАПТ, ЕСПП тощо, закордонні – АРТ, Compact II, ЕХАРТ-2, GTL-T тощо. Характерною рисою САП є наявність табличної чи текстової вхідної мови, з використанням якої на основі креслення вводиться опис геометрії та інші дані про деталь, а також необхідні технологічні дані. Після цього виробляється розрахунок траєкторії руху інструмента, який потім із використанням постпроцесора перетворюється в КП для необхідного верстата з ЧПК. Поряд з КП можуть розроблятися, наприклад, технологічні інструкції, карти налагодження, а також розраховуватися норми часу та інші параметри ТП.

Основними перевагами є існуюча в деяких вітчизняних САП можливість використання при підготовці КП баз даних технологічного призначення і формування необхідного комплексу ТД. Головним недоліком САП є необхідність використання вхідної мови для вводу вихідних даних, що вимагає значного часу, який збільшується пропорційно складності деталі і призво-

дить до появи помилок. Використання САП призводить до скорочення трудомісткості робіт з підготовки КП у 3-3,5 разів.

Ефективнішим варіантом автоматизації робіт з розробки КП є використання CAD/CAM-систем, що застосовують як вихідні дані геометричні моделі деталей і заготовок. Недоліком цього варіанта є відсутність спеціалізованих засобів для розробки ТД відповідно до вітчизняних систем стандартів.

Для розробки КП можуть використовуватися також керовані від ЧПК координатно-вимірювальні машини або верстати з ЧПК, оснащені вимірювальними приладами. У цьому випадку при тривимірному обмірюванні деталі-прототипу вимірювальним щупом виробляється автоматичний запис координатної інформації у необхідному форматі. Недоліком даного способу формування КП є його відносно невисока точність, а також неможливість коригування отриманої КП. Однак, даний спосіб дозволяє неодноразово використовувати отримані дані для виготовлення деталей. Зазначене устаткування також може використовуватися для проектування математичної моделі виробу за даними обмірювання. У цьому випадку формовані дані записуються у визначеному форматі і використовуються потім у CAD/CAM-системах для побудови геометричної моделі деталі-прототипу з фільтрацією «шумів» і завданням параметрів згладжування. Побудована модель використовується для розв'язання задач, що вимагаються технічною підготовкою виробництва.

На рисунку наведено основні етапи технічної підготовки виробництва при використанні сучасних засобів автоматизації.

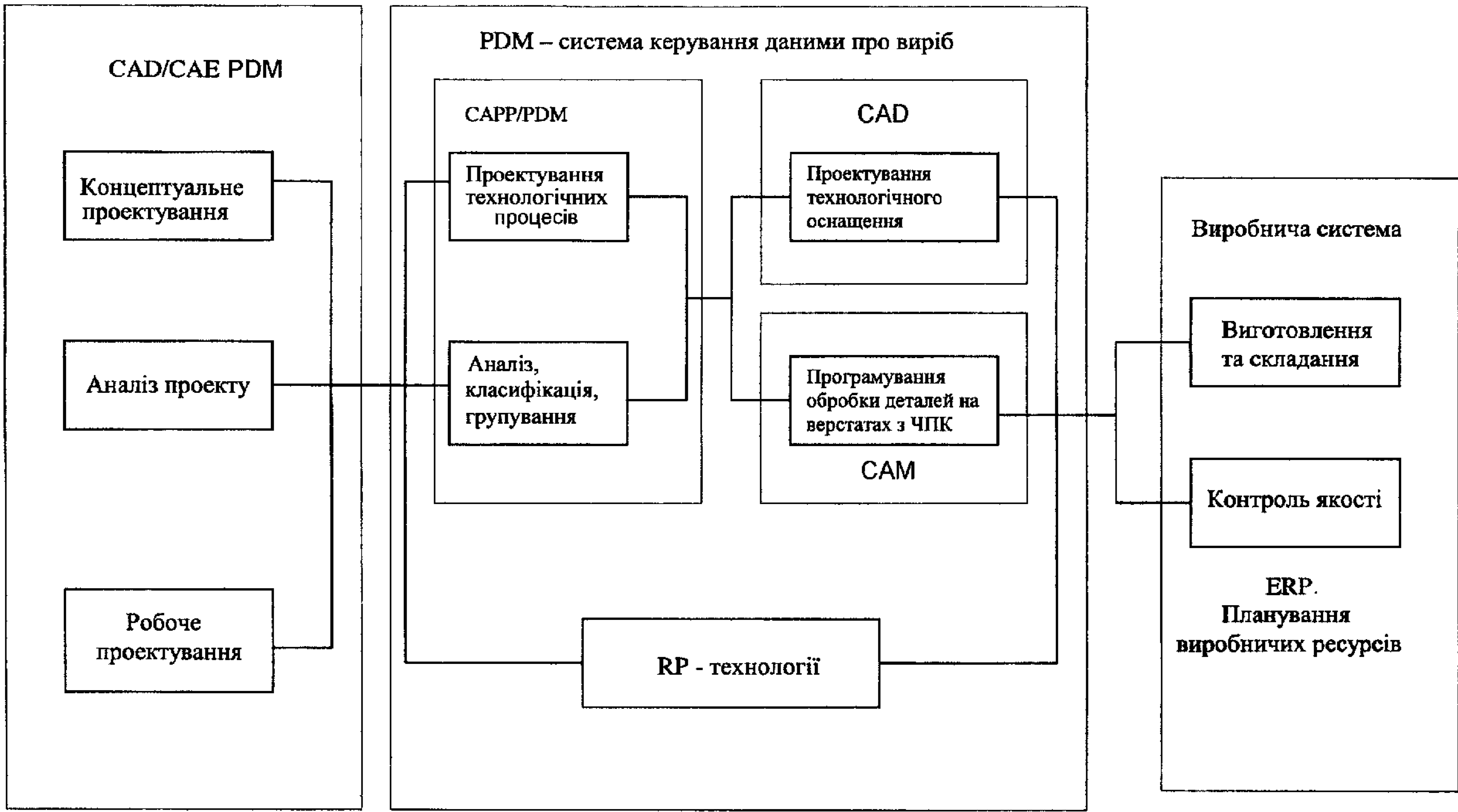
Крім розглянутих задач, при комплексній автоматизації підготовки виробництва для розв'язання задач керування проектуванням і документообігом використовуються системи класу PDM, а також – класу ERP – Enterprise Resource Planning, (стара назва MRP II – Manufacturing Resource Planning), які є розвитком ідеології планування матеріальних потреб (MRP Material Requirements Planning) і забезпечують рішення задач планування виробничих ресурсів підприємства.

Такі системи призначені для оперативного планування у використаних одиницях, фінансового планування в грошовому вираженні та мають можливість моделювання виробничих ситуацій, тобто можливість відповідати на питання типу «що? якщо?». Ці системи реалізують такі функції, як бізнес-планування, планування виробництва, графік виробництва зразків, планування матеріальних потреб, контроль матеріально-виробничих запасів, формування завантаження виробничих потужностей і пріоритетів тощо. Вихідні дані можна поєднувати з фінансовими звітами, такими, як бізнес-плани, звіти про закупівлі, постачання, бюджети, інвентарний опис у грошовому вираженні тощо. Найвідомішими серед комерційних систем даного класу в нашій країні є системи R/3 (SAP, Німеччина), BAAN (BAAN, Нідерланди), Technoclass (L-Class, Болгарія), упровадження яких здійснюється на багатьох вітчизняних підприємствах.

Особливе місце у разі розв'язання багатьох спеціалізованих задач у процесі проектування виробів основного виробництва займають CAE-системи або CAE-модулі. CAE-модулі використовують для виконання розрахунків методом скінченних елементів або кінематичного аналізу на основі формованої в CAD-системі об'ємної скінченно-елементної моделі.

Крім зазначених, CAD/CAM-системи мають модулі, що дозволяють вирішувати багато допоміжних задач, наприклад, зарахування до системи користувальних додатків інтеграції з іншими програмними системами або устаткуванням тощо.

При веденні складальних проектів і розв'язанні інших задач більшість CAD/CAM/CAE-систем пропонують засоби PDM-систем. Дослідження можливостей PDM-систем показує, що для забезпечення розв'язання задач підприємства ці системи, як правило, мають функції керування інженерною документацією, структурами проектів і виробів, даними про вироби, керування й обліку змін, класифікації деталей відповідно до класифікатора PDM, планування і контролю виконання завдань і деякі інші. З огляду на зростаючу кількість даних (документів і моделей) про об'єкт виробництва в електронному вигляді, розв'язання задачі керування ними з



Технічна підготовка виробництва з використанням автоматизованих систем

використанням PDM-систем призводить до необхідності зміни ряду організаційних положень стандартів щодо розв'язання задач технічної підготовки виробництва (наприклад, щодо позначень геометричних моделей тощо).

Стрімке поширення 3D CAD/CAM-систем для розв'язання задач технічної підготовки виробництва обумовлене їхніми перевагами в порівнянні з креслярськими (2D) системами, головними з яких є:

- зменшення кількості помилок за рахунок можливості завчасного погодження в середовищі 3D CAD-систем геометрії та розмірів тривимірних моделей деталей і складальних одиниць (імітація процесів виготовлення) і адекватності креслення відповідної моделі;

- скорочення термінів проектування і підготовки виробництва за рахунок високої наочності 3D-моделей у порівнянні з кресленнями, що призводить до легшого і правильного їхнього сприйняття фахівцями і скорочення термінів узгодження.

Водночас, геометричні моделі є джерелом інформації для систем розрахунків, відпрацьовування на технологічність, систем проектування КІП і розв'язання інших задач, що у цьому випадку вирішуються значно швидше, ніж при використанні 2D-систем.

Аналіз засобів розв'язання задач технічної підготовки виробництва показує неадаптованість найбільш функціонально розвинутих закордонних CAD/CAM/CAE-систем до умов вітчизняного ринку, що виражається, в першу чергу, у відсутності підтримки вимог ЄСКД, ЄСТД та інших систем стандартів при проектуванні графічної КД і ТД, засобів автоматичного формування специфікацій на основі структури моделі складання і інших моментів.

На вітчизняних науковців та фахівців чекає велика праця з інтеграції та розвитку створених раніше вітчизняних автоматизованих систем САПР-ТІ та САІ в середовище сучасних інтегрованих інформаційних систем.

Стаття надійшла до редакції 21.06.02.

УДК 62.501.12

Л.М. Блохін, д-р техн. наук, проф.,
С.В. Держак, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,
Ю.В. Петрова, асп.

АНАЛІЗ І ОПТИМІЗАЦІЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ЗІ ЗБУРЮЮЧИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ПЕРВИННОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Запропоновано новітні засіб та алгоритми аналізу якості вимірювальної системи зі збурюючими джерелами інформації.

Багато сучасних первинних вимірювачів (датчиків) у силу технологічних особливостей можуть сприймати як корисну не тільки інформацію, що зацікавлює дослідника, але й іншу – з близькими динамічними характеристиками. У такому випадку ряд положень теорії оптимальних фільтрів вимагає суттєвої корекції. Н. Вінером закладено основи теорії оптимальних фільтрів і технічної кібернетики, що до останніх років принципово не змінилися. Однак необхідне урахування додаткових джерел первинної інформації, по динамічним властивостям близької, але не корельованої, з цікавлячими складовими вхідних сигналів. Це порушує питання про доцільність модернізації відомих підходів до синтезу оптимальних фільтрів. Основні причини сприйняття сучасними датчиками додаткової первинної інформації – їх нова фізична природа, технології виготовлення і дії.

Як початковий етап робіт з активізації методів оптимальних фільтрів розглянемо деякі задачі аналізу з метою виявлення рівнів можливого впливу додаткових джерел інформації на точність вимірів і доцільних алгоритмів аналізу розімкнутих систем у зазначеній ситуації. Урахування можливостей сучасних обчислювальних засобів дозволяє не робити різниці між непе-