

П.М. Павленко, Є.І. Яблочников
Ю.А. Бурсенников, Л.Г. Козлов

Автоматизація технічної підготовки виробництва

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

П.М. Павленко, Є.І. Яблочников
Ю.А. Буренніков, Л.Г. Козлов

Автоматизація технічної підготовки виробництва

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів спеціальностей "Технологія машинобудування", "Металорізальні верстати та системи".
Протокол № 8 від "31" березня 2005р.

Вінниця ВНТУ 2006

Рецензенти:

В.М. Михалевич, доктор технічних наук, професор

І.О. Сивак, доктор технічних наук, професор

О.Ю. Скидан, кандидат технічних наук

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерством освіти і науки України

Павленко П.М., Яблочников Є.І., Буренніков Ю.А., Козлов Л.Г.

А 22 Автоматизація технічної підготовки виробництва. Навчальний посібник.- Вінниця: ВНТУ, 2006. – 114с.

В навчальному посібнику розглянуті особливості автоматизації конструкторської та технологічної підготовки сучасного виробництва на основі інформаційно-комп'ютерних технологій. Розглянуті програмні комплекси Cimatron, Catia, Smar Team, на базі яких може бути сформований єдиний інформаційний простір для технічної підготовки виробництва.

УДК 621(075)

Зміст

1 Технологічна підготовка виробництва	4
1.1 Промислові вироби приладобудування та етапи їхнього створення 4	
1.2 Функції та проблеми технологічної підготовки виробництва.....	6
1.3 Принципи побудови АСТПВ.....	10
2 Базові системи автоматизації проектування і керування в ТПВ	14
2.1 CAD/CAM-системи в ТПВ	14
2.2 CAE-системи і моделювання технологічних процесів	22
2.3 PDM-системи для керування ТПВ.....	27
3 Апаратне забезпечення АСТПВ.....	36
3.1 Комп'ютери та робочі станції	36
3.2 Монітори.....	39
3.3 Сервери	40
3.4 Периферійні пристрої.....	42
3.5 Захист та забезпечення інформації	51
4 Методи системного синтезу АСТПВ	53
4.1 Передпроектний аналіз підприємства і побудова моделей ТПВ.....	53
4.2 Організація єдиного інформаційного простору ТПВ	59
4.3 Керування інформацією і технології Workflow.....	65
5 Комп'ютерне проектування в АСТПВ	69
5.1 Проектування технологічних процесів	69
5.2 Проектування засобів технологічного оснащення.....	75
5.3 Методи програмування обладнання з ЧПК	82
5.4 Технології обробки на верстатах з ЧПК.....	87
5.5 Проектування постпроцесорів для обладнання з ЧПК.....	92
6 Віртуальні підприємства та АСТПВ.....	98
6.1 Віртуалізація сучасного виробництва	98
6.2 Етапи і принципи побудови віртуального підприємства	101
6.3 Приклад підготовки виробництва у віртуальному підприємстві ..	104

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Промислові вироби та етапи їх створення

Будь-який виріб, що потрібно виготовити, називається *об'єктом виробництва*. На підприємстві звичайно розрізняють основне і допоміжне виробництво. В *основному виробництві* виготовляють вироби, які становлять продукцію підприємства – наприклад, паливовимірвальна апаратура, прилади медичної діагностики або телевізори. У *допоміжному виробництві* виготовляються вироби, які необхідні для виробництва основної продукції підприємства (пристосування, штампи, прес-форми та ін.). Всі вироби як основного, так і допоміжного виробництва, є об'єктами виробництва.

Процес створення будь-якого нового виробу основного виробництва включає ряд послідовних етапів.

1. Пошукове проектування. На цьому етапі проводиться аналіз потреби ринку в даному виробі, досліджуються конкуруючі аналоги, оцінюються часові та фінансові витрати для початку виготовлення виробу, планується серійність (річний обсяг випуску) виробу і встановлюються його основні технічні характеристики, оцінюється можливий прибуток підприємства.

Результати обґрунтування необхідності випуску нового виробу оформляються у вигляді *технічного завдання* на розробку проекту виробу. Технічне завдання регламентує склад, структуру і технічні характеристики виробу. Окремий його розділ – *Техніко-економічне обґрунтування* – присвячений економічним питанням.

У пошуковому проектуванні беруть участь провідні спеціалісти підприємства – співробітники відділу маркетингу, конструктори, технологи, економісти. До роботи можуть залучатися також окремі фахівці або колективи фахівців інших фірм.

2. Конструювання. На даному етапі здійснюється детальна розробка конструкції виробу. Структура, склад і геометричні параметри виробу повинні відповідати технічному завданню та забезпечувати необхідні експлуатаційні характеристики виробу. Важливо спроектувати виріб так, щоб його можна було виготовити найбільш простим шляхом і з мінімальними витратами (зрозуміло, не за рахунок якості). Якщо ця умова виконана, то кажуть про технологічність виготовлення виробу.

Результати конструювання оформляються у вигляді комплексу конструкторської документації. Він включає деталювальні та складальні креслення, специфікації та інші документи. Креслення виконуються

відповідно до діючих стандартів (у Росії та країнах СНД використовується стандарт ЄСКД, на заході звичайно застосовуються стандарти ISO та ANSI).

Зараз у конструкторську документацію можуть включатися комп'ютерні моделі деталей і складальних одиниць виробу. Про це буде сказано нижче.

3. Технологічна підготовка виробництва. Суть даного етапу полягає в забезпеченні технологічної готовності підприємства до випуску даного виробу з дотриманням вимог щодо якості, термінів і обсягів випуску, а також з урахуванням запланованих витрат. Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) включає:

- забезпечення технологічності виробу (включаючи технологічність конструкції виробу і технологічність виконання робіт при його виготовленні, експлуатації та ремонті);
- розробку і впровадження технологічних процесів (механічної обробки, складання, штампування, лиття, термообробки та ін.) для виготовлення деталей і вузлів виробу;
- проектування і виготовлення необхідного нестандартного обладнання та засобів технологічного оснащення (приспособувань, прес-форм, штампів, спеціального різального і вимірального інструменту);
- керування процесами ТПВ.

4. Створення дослідного зразка. Метою цього етапу є перевірка якості прийнятих конструкторських і технологічних рішень шляхом випробувань досліджуваного зразка виробу. За результатами випробувань можуть бути внесені зміни як у конструкторську документацію (тобто в конструкцію виробу), так і в розроблені технологічні процеси.

5. Освоєння серійного виробництва. На даному етапі підприємство повинно вийти на намічені обсяги випуску виробу, стабілізувати якість продукції та домогтися заданої трудомісткості на всіх стадіях виробництва. Тут може бути потрібне освоєння додаткових виробничих потужностей, удосконалення технологічних процесів, підвищення чисельності та кваліфікації персоналу.

Етапи створення нового виробу є елементами *Життєвого Циклу Виробу (ЖЦВ)*, що охоплює всі стадії життя виробу – від вивчення ринку перед проектуванням до утилізації виробу після використання.

Етапи створення конкретного нового виробу можуть виконуватися як одним, так і кількома підприємствами. Це залежить від складності виробу, від можливостей даного підприємства і від структури промислового виробництва в цілому. Так, на Заході поряд з великими підприємствами успішно функціонує велика кількість малих фірм, які можуть або спеціалізуватися на певних видах кінцевої продукції, або брати

участь у виробничому ланцюжку випуску складних виробів на основі кооперації. У вітчизняній промисловості кількість малих фірм відносно невелика, основний обсяг продукції випускається великими або середніми підприємствами. При цьому, як правило, конструювання нових виробів здійснюється спеціалізованими конструкторськими організаціями, а технологічна підготовка виробництва і власне виробництво – незалежними від конструкторських організацій підприємствами-виробниками.

1.2 Функції та проблеми технологічної підготовки виробництва

Коротко перелік функцій ТПВ викладений у попередньому розділі. Зупинимося на деяких з них більш докладно.

Забезпечення технологічності конструкції виробу. Це завдання повинно вирішуватися фахівцями служб ТПВ у тісному контакті з конструкторами виробу. В результаті потрібно домогтися максимально можливого спрощення процесів виготовлення деталей виробу і процесів його складання. При кінцевому визначенні конструкції потрібно уявляти, яке оснащення буде необхідне для виготовлення тієї або іншої деталі, і намагатися спростити оснащення за рахунок допустимих змін у конструкції. Наприклад, пластмасовий корпус приладу потрібно спроектувати так, щоб прес-форма для його виготовлення була більш простою (з меншою кількістю ліній рознімання, без бічних шибєрів і т.п.).

Зрозуміло, спрощення конструкції не повинно призводити до погіршення зовнішнього вигляду (дизайну), якості або експлуатаційних характеристик виробу. Тому забезпечення технологічності в багатьох випадках є складним творчим завданням, що вимагає оптимального врахування багатьох технічних та економічних факторів.

Технологічності конструкції виробу сприяють також уніфікація і стандартизація. Вони дають можливість запозичення або придбання готових деталей і вузлів виробу. Наприклад, встановлення в виробі стандартного блоку живлення позбавляє підприємство витрат на його проектування та виготовлення.

Проектування технологічних процесів. Сучасне виробництво використовує найширший спектр технологій при виготовленні деталей виробів. Це як традиційні технології (обробка матеріалів різанням, штампування, кування, прокат та ін.), так і ряд нових (лазерне та плазменне різання, високошвидкісне фрезерування, лиття пластмас у гарячеканальні форми та ін.).

Застосування тієї або іншої технології в кожному конкретному випадку повинно бути подане у вигляді технологічного процесу

(ТП). Класифікація видів ТП встановлюється ГОСТом 3.1201-85 за методом виконання – обробка різанням (механічна обробка), обробка тиском, лиття металів і сплавів, зварювання, складання та ін. Технологічний процес визначає послідовність виконуваних дій при обробці або складанні, вид обраної заготовки або матеріалу, використовуване обладнання та інструмент, технологічні режими (для обробки різанням – це значення подачі, частота обертання шпинделя та величини припусків; для лиття із пластмас – температурний режим, тиск вприску, зусилля запирання, час витримки і т.д.). ТП складання описують послідовність дій при складанні як механічних, так і електронних вузлів виробу.

При неавтоматизованій підготовці виробництва, технологічні процеси розробляються безпосередньо у вигляді комплектів технологічної документації. При використанні автоматизованих систем ТПВ, створювані описи технологічних процесів розміщуються в комп'ютерній базі даних, а відповідна документація є лише відображенням внутрішнього представлення ТП у зовнішню сферу. ТП, що зберігаються в базі даних, є основним джерелом інформації для вирішення задач автоматизованого керування технологічною підготовкою виробництва. При цьому розробка ТП виконується за допомогою спеціальних систем автоматизованого проектування ТП (САПР ТП).

Важливу роль при проектуванні індивідуальних ТП грають *групові ТП*, які є елементом раціонально організованого *групового виробництва*. Принципи організації групового виробництва були розроблені професором С.П.Мітрофановим і згодом розвинені представниками його школи. Ці принципи прийняті до уваги і успішно використовуються провідними підприємствами всіх країн світу.

У груповому виробництві деталі (вироби), що виготовляються, об'єднуються в групи за ознаками конструктивної та технологічної спільності. Це дає можливість уніфікувати процеси їх виготовлення, скоротити загальний час підготовки виробництва та підвищити його ефективність. Для об'єднання виробів у групи використовуються спеціальні класифікатори, а після віднесення виробу до тієї або іншої групи йому присвоюється відповідний класифікаційний код. У вітчизняній промисловості прийнята уніфікована система класифікації та кодування виробів за конструкторськими ознаками, що встановлюються стандартами ЄСКД. Для цілей ТПВ використовується технологічний класифікатор деталей (ТКД), що є логічним продовженням класифікатора ЄСКД.

Груповий ТП – це ТП виготовлення групи виробів із загальними технологічними ознаками. Груповий ТП характеризується спільністю використовуваного обладнання, засобів технологічного оснащення та

налагодження. Таким чином, використання групових ТП сприяє уніфікації процесів підготовки виробництва і самого виробництва.

Проектування і виготовлення засобів технологічного оснащення (ЗТО). В умовах відсутності автоматизації тривалі терміни проектування та виготовлення ЗТО є одним з основних факторів, що стримують продуктивність ТПВ. Особливо це стосується складного формотворного оснащення та інструменту. Тому питанням комп'ютеризації проектування та виготовлення таких ЗТО буде приділена особлива увага в наступних розділах.

Розглянемо як приклад деякі проблеми проектування і виготовлення прес-форм, що використовуються для лиття виробів з пластмас.

Складність і вартість прес-форми залежать від великої кількості факторів. До них належать: габарити виробу; кількість гнізд у формі; кількість поверхонь рознімання; наявність і кількість шиберів; складність формотворних поверхонь; точність виготовлення деталей форми; якість формотворних поверхонь; наявність гарячеканальної системи та ін.

Конструктор прес-форми прагне мінімізувати її вартість уже в процесі проектування прес-форми. Цей процес йде в двох напрямках.

1. Приймаються такі рішення, які по можливості спрощують конструкцію прес-форми. Наприклад, якщо в тонкостінній деталі, що виготовляється, є невеликі бічні виступи, перпендикулярні напрямку роз'єму форми, то для виймання деталі з форми застосовується метод "зривання", замість того, щоб проектувати у формі бічні шибери та робити додаткові поверхні роз'єму.
2. Приймаються рішення, що забезпечують технологічність виготовлення. Наприклад, якщо в матриці прес-форми є виступ, що робить складним виготовлення матриці цілком, тоді виступ оформлюється у вигляді вставки (знака), а в матриці для цієї вставки передбачається відповідний виріз.

При розробці ТП виготовлення прес-форми приймаються рішення, які враховують наявність або відсутність на підприємстві того або іншого технологічного обладнання. Наприклад, якщо в цеху підприємства є сучасний фрезерний верстат з ЧПК з можливістю високошвидкісної обробки, але немає електроерозійного верстата для пропалювання, тоді доцільно виконати (по можливості всю) чистову обробку формотворних поверхонь фрезеруванням, не використовуючи пропалювання.

Ще одне важливе завдання ТПВ – **керування процесами ТПВ** – буде розглянуте докладніше пізніше, коли мова йтиме про автоматизацію. Саме автоматизація керування процесами ТПВ дозволяє забезпечити ефективне комплексне вирішення всіх задач підготовки виробництва.

Роботи з технологічної підготовки виробництва виконуються відповідними підрозділами та службами підприємства. Як правило, найбільший обсяг робіт і загальне керування процесами ТПВ покладають на відділ головного технолога (ВГТ), структура якого може виглядати так як показано на рис. 1.

В наш час ресурси вітчизняних підприємств (парк обладнання, склад фахівців, організація робіт, рівень автоматизації ТПВ) не забезпечують належним чином випуск продукції, що відповідає світовим стандартам і в терміни, що визначаються темпами світового науково-технічного розвитку. Сьогодні “життя” виробу може бути порівняне із часом, що був витрачений на його проектування та підготовку виробництва. Це іноді призводить до того, що виріб, внаслідок тривалих строків ТПВ фактично застаріває вже до моменту його запуску в серійне виробництво.

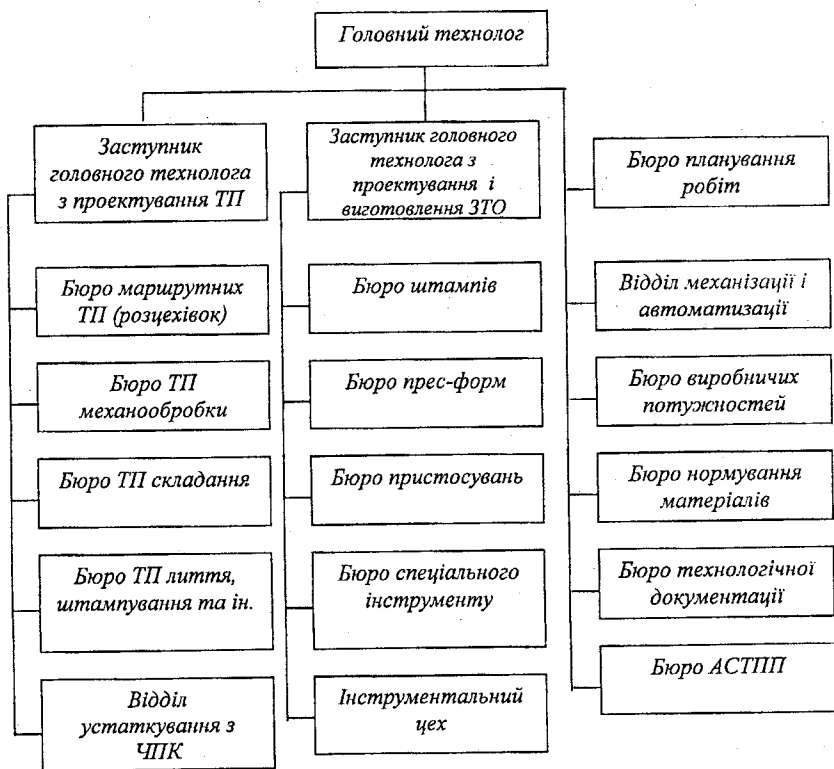


Рисунок 1 - Структура відділу головного технолога (ВГТ)

Основні сьогоднішні проблеми ТПВ полягають у такому:

- проектування в багатьох випадках носить ручний характер, засоби автоматизації використовуються лише для вирішення окремих задач, відсутній комплексний характер автоматизації;
- комунікації між фахівцями та службами ТПВ здійснюються в основному на паперових носіях, що призводить до загального уповільнення всіх процесів ТПВ;
- вирішення задач забезпечення технологічності конструкції починається на пізніх стадіях проектування виробу, що приводить до чисельних змін у конструкторській документації;
- допускається велика кількість помилок при проектуванні, наслідком чого є значні фінансові та часові витрати на здійснення необхідних змін;
- відсутня ефективна спеціалізація і кооперація з іншими підприємствами при вирішенні задач ТПВ.

У результаті затягуються терміни запуску нових виробів у виробництво, не виправдано збільшуються витрати, якість виробів помітно поступається перед західними зразками.

Провідні підприємства бачать вирішення більшості проблем ТПВ у впровадженні комп'ютерних технологій, створенні автоматизованих систем ТПВ (АСТПВ). На багатьох з них істотно підвищений рівень комплексного розв'язання проектних задач. Інформація про спроектований виріб приймається в електронному вигляді і є вихідними даними для процесів ТПВ. Виконується комп'ютеризоване розв'язання комплексу задач з проектування і виготовлення оснащення, комп'ютерне моделювання технологічних процесів лиття з пластмас, штампування, обробки на верстатах з ЧПК та ін. Деякі підприємства безпосередньо підійшли до розв'язання задачі автоматизації керування процесами ТПВ, тобто до побудови АСТПВ підприємства.

1.3 Принципи побудови АСТПВ

У нашій країні АСТПВ почали створюватися ще в 60-х роках двадцятого століття. Однак та обчислювальна база, на якій будувалися АСТПВ до початку 90-х років, різко відрізнялася від звичних для нас сьогоднішніх персональних комп'ютерів і робочих станцій. Це були більші (за габаритами) електронно-обчислювальні машини, що займали цілі зали, з дуже малою за сьогоднішніми мірками швидкістю і невеликими обсягами оперативної та зовнішньої пам'яті, що практично не давало можливості роботи в інтерактивному графічному режимі та ін.

З появою загальнодоступних персональних комп'ютерів і робочих станцій стало можливими: забезпечення кожного користувача індивідуальним автоматизованим робочим місцем; організація обчислювальних мереж; робота в інтерактивному графічному режимі; електронний обмін даними; організація єдиних централізованих і розподілених баз даних; розв'язання задач, що вимагають більших обчислювальних ресурсів. Всі ці можливості істотно вплинули на методи створення АСТПВ, але, незважаючи на це, багато основних принципів побудови АСТПВ не втратили свого значення.

1. **Принцип системної єдності.** Елементи АСТПВ повинні розроблятися як частини єдиного цілого, де функціонування елементів підпорядковане загальній меті. Крім того, повинна забезпечуватися інтеграція АСТПВ із автоматизованою системою керування виробництвом (АСКВ).
2. **Принцип декомпозиції.** Поділ АСТПВ на складові (підсистеми) повинен бути виконаний за найбільш слабкими організаційними та інформаційними зв'язками. Правильна декомпозиція зменшує складність системи і полегшує умови її експлуатації.
3. **Принцип модульності.** Всі компоненти АСТПВ повинні являти собою логічно незалежні модулі, які можуть використовуватися як в автономному, так й у комплексному режимі.
4. **Принцип сумісності.** Всі компоненти АСТПВ повинні забезпечувати можливість їх спільного функціонування. Це вимагає їх організаційної, інформаційної та програмної сумісності.
5. **Принцип відкритості.** На етапі створення АСТПВ неможливо передбачити всі нюанси та перспективи подальшого розвитку виробництва. Тому АСТПВ повинна бути відкрита для модернізації та включення в неї нових рішень.
6. **Принцип стандартизації.** В АСТПВ повинна бути використана максимальна кількість уніфікованих, типових і стандартних рішень. Це зменшує витрати на створення АСТПВ, підвищує надійність її функціонування.
7. **Принцип ергономічності.** В зв'язку з тим, що АСТПВ є людино-машинною системою, слід передбачати зручність роботи її користувачів (правильний поділ функцій, зручність і простоту інтерфейсів, урахування психологічних факторів та ін.).
8. **Принцип орієнтації на нові досягнення.** При створенні АСТПВ повинні застосовуватися останні науково-технічні досягнення в галузі методів побудови АСТПВ, в галузі методів і засобів технологічної підготовки виробництва, а також в галузі організації виробництва.

Слід розрізняти цільові та власні функції АСТПВ (рис. 2). Цільові функції відповідають тим задачам, для вирішення яких створюється АСТПВ, а власні функції – це ті задачі, які повинні вирішуватися в АСТПВ для забезпечення цільових функцій.

У своїй роботі АСТПВ здійснює зберігання та обробку інформації про виріб протягом усього часу його життєвого циклу, а також забезпечує керування цією інформацією. До видів інформації, використовуваної в АСТПВ, належать:

- інформація про деталі та складальні одиниці виробу;
- інформація про технологічні процеси виготовлення виробу;
- інформація про використовувані засоби технологічного оснащення;
- нормативно-довідкова інформація;
- планово-облікова інформація.

Всі ці види інформації повинні бути організовані у вигляді єдиної структурованої інформаційної моделі, доступної для роботи всім фахівцям ТПВ. Іншими словами, повинен бути організований *єдиний інформаційний простір ТПВ*, що дозволяє:

- приймати та зберігати проект виробу в електронному вигляді;
- ефективно відслідковувати поточний стан ТПВ виробу;
- організовувати швидкий авторизований перегляд всіх моделей і документів;
- забезпечувати оперативний обмін інформацією між користувачами АСТПВ;
- забезпечувати інформаційну узгодженість роботи всіх підсистем АСТПВ;
- підтримувати відкритість АСТПВ, зручність адаптації до змінних умов виробництва;
- забезпечувати інформаційний обмін з автоматизованою системою керування виробництвом (АСКВ).

Перераховані вимоги до єдиного інформаційного простору можуть бути виконані тільки в тому випадку, якщо процеси конструкторського і технологічного проектування в ТПВ автоматизовані. При цьому проектна інформація надходить в інформаційний простір автоматично та стає доступною всім користувачам АСТПВ відповідно до наявних у них прав доступу.

Як впливає із зазначеного вище принципу стандартизації, при побудові АСТПВ необхідно по можливості прагнути не до розробки власних програмних засобів для автоматизації завдань проектування і керування, а до пошуку вже готових систем, які, з одного боку,

відповідають необхідним функціональним вимогам, а з іншого боку – вже довели свою надійність і якість при використанні на інших підприємствах.



Рисунок 2 – Цільові та власні функції АСТПВ

Такі “готові” системи, зазвичай, є універсальними і забезпечують розв’язання задач автоматизації незалежно від галузі їхнього використання. Для підприємства вони носять характер базових, тобто можуть бути прийняті як основа, але ряд з них вимагає адаптації до умов певного виробництва. Адаптація полягає, наприклад, у заповненні баз даних відомостями про наявне на підприємстві обладнання, описи форм конкретних документів, розробці алгоритмів (програм) проектування конкретних видів інструментів або пристосувань і т.д.

Як правило, базові системи є розробками відомих фірм, що спеціалізуються в даній галузі. Ці розробки, виконані на високому рівні, задовольняють зазначені вище принципи модульності, відкритості, ергономічності, орієнтації на нові досягнення.

Після того, як на підприємстві ухвалене рішення про створення АСТПВ, виконується етап передпроектного обстеження підприємства. За результатами обстеження складається технічне завдання на розробку АСТПВ. У ньому визначаються функції АСТПВ, що створюється, її базові технічні характеристики, стратегія і графік виконання робіт, очікувані

витрати, перелік систем автоматизації проектування і систем керування підготовкою виробництва, обраних для використання в АСТПВ.

На етапі складання технічного завдання здійснюється вибір базових систем для розв'язання задач автоматизації проектування та керування ТПВ. До базових систем для автоматизації проектування належать системи класу CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) і класу CAE (Computer Aided Engineering), а до базових систем для автоматизації керування ТПВ – системи класу PDM (Product Data Management). Коротка характеристика таких систем наводиться нижче у розділі 2.

Правильний вибір базових систем є досить складним завданням. Тут варто опиратися на досвід інших підприємств, на самостійні проробки та на різні аналітичні дані.

Так, у світі існують організації, що вважаються незалежними експертами з проблем CAD/CAM, CAE і PDM. До них належать CIMdata, Daratech, Gartner-Group, Dataquest та інші. Ці організації займаються аналізом і вивченням тенденцій розвитку CAD/CAM-, CAE- і PDM-систем, розробкою рекомендацій щодо їхнього вибору. У регулярних звітах публікується рейтинг провідних систем і рекомендується галузь їх найбільш ефективного застосування. При цьому використовуються різні джерела даних і методи збору інформації – опитування користувачів, публікації, прес-релізи фірм-розроблювачів. Застосовуваний метод визначення рейтингу систем базується на експертних оцінках.

Незважаючи на наявну аналітичну інформацію, процес вибору конкретних базових систем вимагає, як правило, проведення додаткового комплексу робіт, у якому беруть участь провідні спеціалісти різного профілю. Це обґрунтовано, тому що придбання систем спричиняє зміни і в організаційних структурах, і у структурі персоналу, і у загальній культурі підприємства.

На великих підприємствах може бути створена спеціальна комісія, куди входять фахівці всіх зацікавлених служб. У завдання комісії входить розробка критеріїв вибору системи, оцінювання різних систем і постачальників, розробка планів освоєння і впровадження системи, передбачається період дослідно-промислової експлуатації.

Процес створення АСТПВ не може бути відірваний від інших заходів щодо технічного переоснащення виробництва. Якщо підприємство застосовує застарілі технології та устаткування, важко очікувати великого ефекту від процесів комп'ютеризації. Тому керівництво підприємства повинно бути готове до витрат на (нехай поступове) придбання сучасного обладнання з ЧПК, контрольно-вимірювальних машин, нових термопласт-автоматів, установок для швидкого макетування виробів (одержання

фізичних зразків за комп'ютерними моделями), до витрат на освоєння та впровадження сучасних високоефективних технологій.

2 БАЗОВІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ І КЕРУВАННЯ В ТПВ

2.1 CAD/CAM-системи в ТПВ

У дослівному перекладі термін CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) означає комп'ютерне проектування і виготовлення. Що ж конкретно стоїть тут за поняттями “проектування” і “виготовлення”?

Під комп'ютерним проектуванням у загальному випадку розуміється розробка конструкторського проекту виробу на основі тривимірного геометричного моделювання деталей і складальних одиниць з наступним автоматизованим формуванням комплекту креслярсько-конструкторської документації. Система, що виконує комп'ютерне проектування, називається CAD-системою.

Якщо CAD-система при проектуванні розв'язує тільки задачу автоматизації одержання комплекту креслярсько-конструкторської документації, то її відносять до класу 2D (тобто “плоских”) систем. CAD-система, у якій проектування виконується на основі тривимірних моделей, відноситься до класу 3D (тобто “об'ємних”) систем. Нижче, говорячи про CAD-системи, ми будемо мати на увазі 3D-системи.

Під комп'ютерним виготовленням розуміється автоматизоване формування, на основі наявної геометричної моделі виробу, керуючих програм для виготовлення деталей цього виробу на верстатах із ЧПК. Система, що розв'язує дану задачу, називається CAM-системою. Деякі CAM-системи мають обмежені засоби для моделювання, але звичайно моделі деталей, на підставі яких будується процес обробки, “приймаються” з CAD-системи через погоджені формати даних (інтерфейси).

CAD/CAM-системою називається система, що забезпечує інтегроване розв'язання задач розробки конструкторського проекту виробу і формування керуючих програм для обробки деталей цього виробу на верстатах із ЧПК. Об'єднання цих, достатньо різних класів задач, у рамках однієї системи обумовлене тим, що їх розв'язання базується на використанні єдиної тривимірної геометричної моделі виробу. Спільність моделі дозволяє уникнути всіх проблем, зв'язаних з передачею даних з однієї системи в іншу, забезпечує інтегроване розв'язання проектних задач.

Побудова просторової геометричної моделі проектного виробу є центральною задачею комп'ютерного проектування. Саме ця модель використовується в CAD/CAM-системі для подальшого розв'язання задач формування креслярсько-конструкторської документації, проектування засобів технологічного оснащення, розробки керуючих програм для верстатів із ЧПК (рис. 3). Крім того, ця модель передається в CAD-системи і використовується там для проведення інженерних досліджень. За комп'ютерною моделлю, за допомогою методів і засобів швидкого макетування, може бути отриманий фізичний зразок виробу.

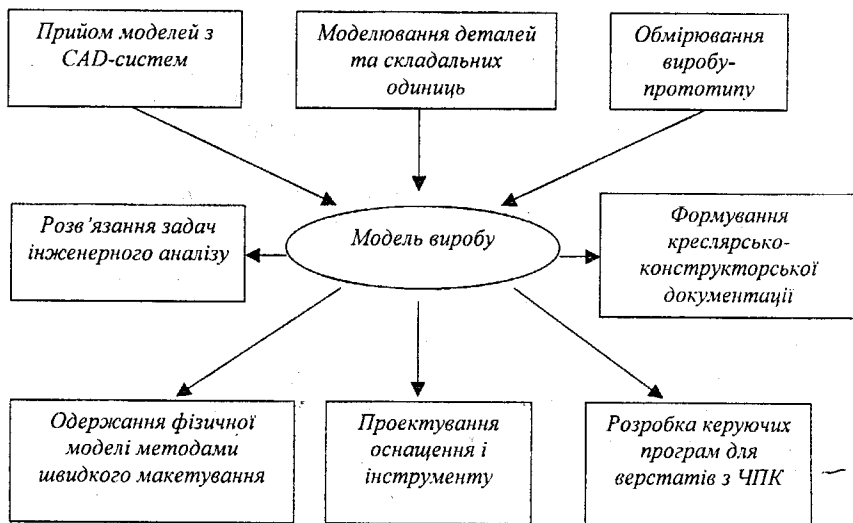


Рисунок 3 – Роль комп'ютерної моделі виробу

Мислення конструктора, що застосовує 3D-моделювання, відрізняється від мислення конструктора, що працює тільки з кресленнями. Ці відмінності полягають у такому.

1. Уявні “образи креслень” замінюються “образами моделей”, що розкріпає просторове мислення і сприяє більш швидкому прийняттю рішень.

2. Свобода в створенні складних геометричних форм і розуміння того, що ці форми можуть бути легко реалізовані “в металі” за допомогою інтегрованих технологій, стимулюють творчість, підвищують інтерес до роботи.

3. Використовуючи при проектуванні створену раніше модель схожого виробу (виробу-аналога), конструктор може іноді в десятки разів скоротити загальний час роботи над проектом. Цей фактор сприяє

упорядкуванню інформації про виконані розробки, призводить до більшої систематизації мислення.

Важливо також, що при 3D-проектуванні різко зменшується кількість помилок у проекті. Це відбувається з таких причин:

- конструктор може наочно бачити результат своєї роботи вже в процесі проектування;
- види креслення формуються на підставі моделі автоматично і тому виключаються ситуації, коли інформація в одному виді креслення не відповідає іншому;
- при проектуванні складальних одиниць можна перевіряти можливість збирання і виявляти помилки на рівні моделей.

Створювана конструктором геометрична модель зберігається в пам'яті комп'ютера як певний математичний опис і відображається на екрані у вигляді просторового об'єкта. Об'єкт може подаватися в різному зображенні: каркасному, з видаленням невидимих ліній, напівпрозорому і півтоновому (рис. 4).

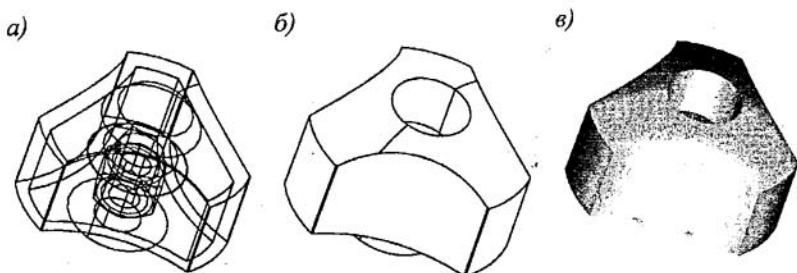


Рисунок 4 – Варіанти зображення об'єкта:

а) каркасне; б) з видаленням невидимих ліній; в) півтонове

Розрізняють поверхневе (каркасно-поверхневе), твердотільне і гібридне моделювання.

При *поверхневому моделюванні* спочатку будується каркас – просторова конструкція, що складається з відрізків прямих, дуг окружностей і сплайнів. Каркас відіграє допоміжну роль і є основою для наступної побудови поверхонь, що “натягаються” на елементи каркаса.

У залежності від способу побудови, розрізняють такі види поверхонь: лінійчасті; обертання; кінематичні; галтельного спряження; поверхні, що проходять через подовжні та поперечні перерізи; поверхні для “затягування вікон” між трьома і більше суміжними поверхнями; NURBS-поверхні, що визначаються заданням контрольних точок подовжніх і поперечних перерізів; планарні поверхні.

Хоча поверхні і визначають границі тіла, але самого поняття “тіло” у режимі поверхневого моделювання не існує, навіть якщо поверхні обмежують замкнутий об’єм. Це найбільш важлива відмінність поверхневого моделювання від твердотільного.

Інша особливість полягає в тому, що елементи каркасно-поверхневої моделі ніяк не зв’язані один з одним. Зміна одного з елементів не спричиняє автоматичної зміни інших. Це дає велику свободу при моделюванні, але одночасно значно ускладнює роботу з моделлю.

Твердотільне моделювання має у своїй основі ідеологію, що істотно відрізняється від ідеології каркасно-поверхневого моделювання. Твердотільна модель являє собою цілісний об’єкт, що займає замкнуту частину простору. Завжди можна точно сказати чи знаходиться точка всередині твердого тіла, на його поверхні, чи поза тілом. При зміні в моделі будь-якого елемента будуть змінюватися всі інші елементи, що зв’язані з ним. У результаті зміниться форма твердого тіла, але збережеться його цілісність.

Елементи, з яких будується тверде тіло, можуть бути: елементи витягування (отримані витягуванням плоского контуру перпендикулярно його площині); елементи обертання (отримані обертанням плоского контуру навколо заданої осі); фаски; зкруглення; оболонки; ребра жорсткості та ін. Твердотільний об’єкт будується шляхом послідовного “додавання” чи “віднімання” елементів. Так, якщо до вже наявної твердотільної моделі “додати” елемент витягування, то цей елемент утворить на моделі виступ, а при “відніманні” елемента на моделі утвориться поглиблення. Якщо при побудовах доступні одночасно декілька твердотільних об’єктів, то над будь-якими двома твердотільними об’єктами, що перетинаються в просторі, можна виконувати булеві операції об’єднання, віднімання і перетинання.

Твердотільне моделювання передбачає можливість установалення параметричних залежностей між елементами твердого тіла чи декількох тіл. При цьому зміна одного з параметрів (наприклад, довжини елемента) призводить до відповідної перебудови всіх параметрично зв’язаних елементів. Таке моделювання, що називається параметричним, дає конструктору додаткові зручності. Наприклад, можна встановити параметричні залежності між елементами твердотільного складання і тим самим автоматизувати контроль складання виробу.

При *гібридному моделюванні* забезпечується можливість одночасної роботи з твердотільними об’єктами і з поверхнями. Можна, наприклад, “відрізати” поверхню частину твердого тіла, перетворювати обмежений поверхнями об’єм у тверде тіло і т.п. Гібридне моделювання дозволяє поєднувати всі зручності твердотільного моделювання з можливістю побудови об’єктів найскладнішої геометричної форми.

У різних CAD/CAM-системах можуть бути реалізовані як деякі з перерахованих типів моделювання, так і всі з них.

Створені моделі можуть передаватися з однієї CAD/CAM-системи в іншу через спеціальні інтерфейси – узгоджені формати даних для обміну інформацією.

Існує ряд так званих стандартних інтерфейсів. Вони мають формат символічних (ASCII) файлів, де опис геометричних та інших характеристик моделі виконується відповідно до прийнятого стандарту. На практиці кожен формат має свої пріоритетні галузі застосування. Так, стандартний формат DXF використовується в основному для передавання креслярсько-графічної інформації; формат IGES – для передавання геометрії поверхневих моделей; формат STL – для передачі моделі, апроксимованої плоскими елементами, з CAD-системи в CAM-систему, CAE-систему або в установку для швидкого макетування виробів.

Останнім часом усе більш важливого значення набуває стандартний формат STEP, у якому поряд з описом геометрії моделі передбачається опис інших характеристик виробу. Існують різні протоколи стандарту STEP, що визначають повноту складу переданої інформації про виріб.

У ряді випадків CAD/CAM-системи можуть “розуміти” внутрішні формати один одного, що використовуються для представлення моделей. У цьому випадку кажуть про наявність прямих інтерфейсів між системами.

Одним з практичних прикладів використання інтерфейсів є передача конструкторським бюро інформації про спроектований виріб (в електронному вигляді) на завод-виготовлювач у випадку, коли конструкторське бюро і завод застосовують у своїй роботі різні CAD/CAM-системи.

Сьогодні у світі пропонується велика кількість різних CAD-, CAM- і CAD/CAM-систем, що відрізняються функціональною потужністю, галузями застосування, ступенем складності освоєння системи, користувачем, вартістю. З найпоширеніших у світі CAD-, CAM- і CAD/CAM-систем у Росії добре відомі CATIA, Unigraphics, Pro/Engineer, Cimatron, PowerShape/ PowerMill, SolidWorks, AutoCAD. Значних успіхів досягли також вітчизняні розробки – системи КОМПАС, T-Flex, СПРУТ та ін.

Деякі системи знаходять найбільше застосування в сфері проектування складних виробів, деякі частіше використовуються в сфері підготовки виробництва. Зокрема, у сфері ТПВ широке поширення отримала CAD/CAM-система Cimatron (розробка компанії Cimatron Ltd.).

Система Cimatron E забезпечує розв'язання таких проектних задач ТПВ:

- керування даними про спроектовані об'єкти на основі використання бази даних, забезпечення колективної роботи користувачів і можливості

паралельного проектування;

- проектування деталей і складальних одиниць з використанням методів поверхневого, твердотільного та гібридного моделювання, включаючи застосування булевих операцій для замкнених і відкритих об'єктів;
- інтеграція з іншими системами на основі стандартних інтерфейсів (формати DXF, IGES, STEP, VDA, SAT, STL) і прямих інтерфейсів (CATIA, Unigraphics, Pro/Engineer, Cimatron, AutoCAD);
- швидке створення моделей формотворних деталей оснащення без необхідності попередньої доробки ("лікування") вихідної моделі виробу незалежно від того, у якій CAD-системі вона розроблена, графічна візуалізація уклонів і піднутрень;
- проектування формотворного оснащення (прес-форм) з використанням баз нормалізованих деталей (плит, колонок, штовхачів та ін.). Перелік і параметри нормалізованих деталей встановлюються одним із прийнятих стандартів - HASCO, DME, EOC та ін. Допускається також використання власних бібліотек деталей;
- проектування електродів для виконання операцій пропалювання при виготовленні формотворних елементів оснащення (пропалювання виконується на електроерозійних верстатах), автоматичне одержання для цих операцій повного комплексу виробничої документації;
- автоматичне виявлення інженерних змін у геометрії моделей, отриманих з будь-яких CAD-систем, і відстеження цих змін на всіх етапах робіт, виконаних в Cimatron E – у всіх моделях, документах і програмах ЧПК;
- автоматичне створення видів і перерізів креслення для відкритих і закритих геометричних об'єктів, при повній асоціативності креслення та моделі. Розвинені та зручні засоби оформлення креслень, підтримка ЄСКД та інших креслярських стандартів;
- формування керуючих програм для обробки деталей на верстатах з ЧПК. Широкий спектр операцій чорнового, напівчистового й чистового фрезерування, використання як звичайної (2.5- і 3-координатної), так і багатокординатної обробки. Оптимізація траєкторії руху інструмента, створення і використання типових технологічних рішень, підтримка високошвидкісного різання, реалістична імітація процесу обробки і контроль її якості.

Як приклад, що ілюструє можливості системи при проектуванні виробів, на рис. 5 подана модель мережевого фільтра, створена в системі Cimatron. Питання використання системи Cimatron при проектуванні засобів технологічного оснащення і програмуванні обробки на верстатах з ЧПК будуть розглянуті більш докладно в розділі 4.

Повертаючись до проблеми вибору CAD/CAM-систем, відзначимо можливість прийняття таких рішень:

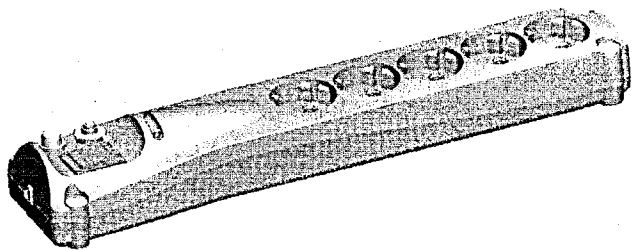
- використання єдиної інтегрованої CAD/CAM-системи для розв'язання задач проектування та підготовки виробництва. У цьому випадку досягається найбільший рівень уніфікації, усувається проблема інтерфейсів, швидше підвищується загальна якість робіт. Однак придбання необхідного числа автоматизованих робочих місць для проектування може вимагати істотних витрат, тому що вартість інтегрованих CAD/CAM-систем відносно висока;
- використання в конструкторських підрозділах дворівневих комплексів: 3D CAD-системи для побудови об'ємних моделей і 2D або 3D CAD-системи для автоматизації креслярських робіт. У цьому випадку можна знизити витрати за рахунок оснащення великої кількості робочих місць відносно дешевими системами для автоматизації креслярських робіт;
- придбання CAD- і CAM-систем у різних постачальників (у цьому випадку системи, звичайно, мають прямі інтерфейси). Це рішення також дозволяє знизити загальні витрати і одночасно забезпечити необхідну функціональність робочих місць.

Вибір того або іншого рішення залежить від багатьох факторів: необхідного числа автоматизованих робочих місць, розподілу функцій між ними, планованої організації робіт в АСТПВ, фінансових обмежень та ін.

Аналіз проектів автоматизації служб ТПВ на базі CAD/CAM-систем дозволяє запропонувати таку послідовність етапів вибору.

1. Визначення мети автоматизації та критеріїв вибору. Наприклад, як критерій вибору може бути заданий рівень автоматизації розв'язуваних задач.
2. Проведення аналізу роботи підрозділу, що підлягає автоматизації та розробка його моделі, наприклад, з використанням методології функціонального моделювання IDEF0 (див. нижче п. 3.1).
3. Укрупнений аналіз CAD/CAM-систем. Спочатку рекомендується провести аналіз із загальних позицій. Далі проводиться аналіз за групами основних характеристик: організаційно-економічними, функціональними, адаптивними, інтеграційними. Результатом цього етапу є вибір 2-3 систем для проведення дослідно-промислової експлуатації (тестування).
4. Навчання в спеціалізованих навчальних центрах групи спеціалістів, виділених для тестування (1-2 тижня).
5. Дослідно-промислова експлуатація з урахуванням реальних виробничих прикладів, запропонованих фахівцями підприємства (4-6 тижнів).
6. Дослідно-промислова експлуатація з урахуванням реальних виробничих прикладів, запропонованих фахівцями підприємства (4-6 тижнів).

а)



б)

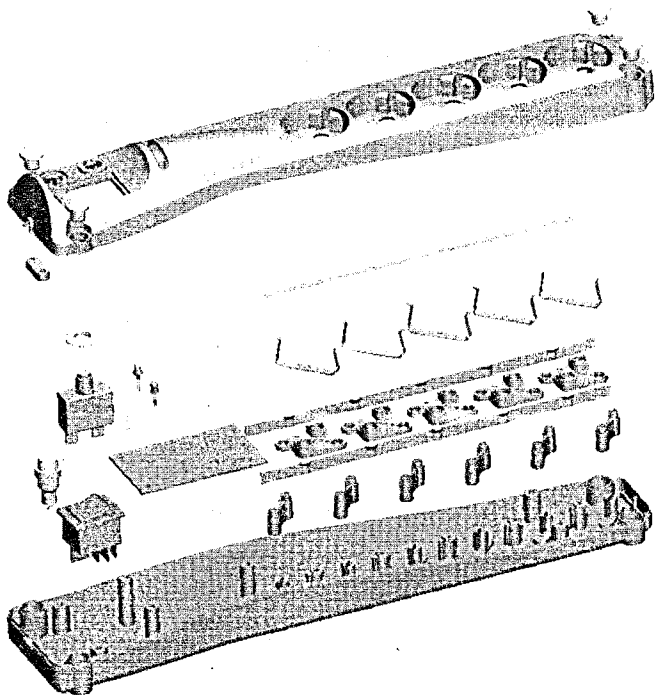


Рисунок 5 – Модель мережевого фільтра, побудована в системі Cimatron:
а – складений виріб; б – розібраний виріб

7. Підведення підсумків тестування, підготовка звіту, конфігурування робочих місць, розробка пропозицій для ухвалення рішення.
8. Поглиблений аналіз техніко-комерційних пропозицій постачальника, ухвалення рішення.

виробляються рекомендації, що сприяють поліпшенню характеристик відповідного оснащення.

Залежно від того, чи відповідає досліджувана модель вимозі лінійності, використовується лінійний або нелінійний скінченноелементний аналіз. На відміну від лінійного FEA, де рішення досягається в одному кроці, нелінійний FEA являє собою ітераційну процедуру, що може вимагати сотень і навіть тисяч кроків. Існує три основних типи нелінійностей:

- матеріальні – пластичність, повзучість, вязкопружність матеріалу;
- геометричні – великі деформації або розтягання, різкі вигини;
- граничні – контакти з іншими об'єктами, тертя, додаткові сили.

На рис. 7 наведена загальна схема спільного використання CAD- і CAE-систем стосовно до завдання проектування засобів технологічного оснащення. Розроблювані в CAD-системі конструкторські рішення досліджуються за допомогою CAE-системи. За результатами досліджень виконуються відповідні зміни конструкції або параметрів проєктованого оснащення. При необхідності виконуються повторні дослідження і т.д., до одержання оптимального (або просто прийняттого) результату.

Математичною основою інженерних досліджень є методи нелінійного скінченноелементного аналізу (FEA - Finite Element Analysis). FEA – це надзвичайно потужний засіб, що дає інженерові можливість моделювати структурну поведінку об'єкта, виконувати зміни та спостерігати результати цих змін.

Метод кінцевих елементів працює на основі розщеплення геометрії об'єкта на велику кількість (тисячі або десятки тисяч) елементів (наприклад, паралелепіпедів). Ці елементи утворюють сукупність елементів з вузлами в точках з'єднань. Поведінка кожного малого елементу стандартної форми швидко розраховується на основі математичних рівнянь. Підсумовування поведінки окремих елементів дає очікувану поведінку об'єкта в цілому. Власне кажучи, FEA є чисельним методом розв'язання інженерних задач, таких як аналіз напруг, теплопередача, електромагнітні явища та течія рідин.

У практичних ситуаціях найчастіше мають місце нелінійні моделі, що вимагають застосування скінченноелементного аналізу.

Теоретично немає обмежень на застосування FEA. Методи FEA вперше були застосовані в аерокосмічній та автомобільній промисловості, але потім поширилися практично на всі інші галузі. В наш час будь-який проєктований об'єкт може аналізуватися з використанням технологій FEA.

Перші системи для автоматизації завдань інженерного аналізу з'явилися більше 30 років тому. Одна з таких широковідомих у світі систем – це система **MSC.Nastran** (розробка компанії **MSC.Software**).

Сучасна версія MSC.Nastran забезпечує розв'язання широкого спектра інженерно-конструкторських задач, включаючи розрахунок напружено-деформованого стану, частот і форм власних коливань, аналіз стійкості, розв'язання задач теплопередачі, дослідження сталих і перехідних процесів і т.д.

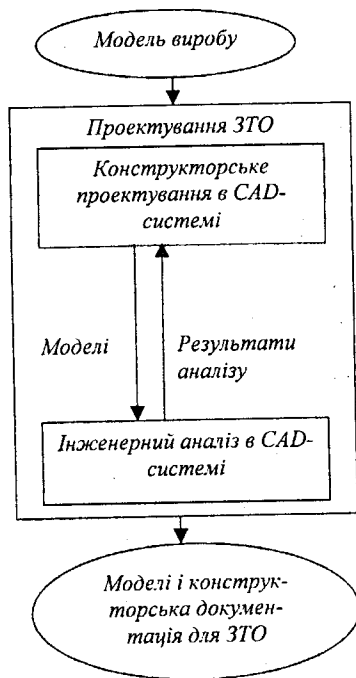


Рисунок 7 – Роль CAE-систем у проектуванні засобів технологічного оснащення (ЗТО)

У сфері підготовки виробництва важливим є не тільки моделювання поведінки проєктованих об'єктів, але й моделювання технологічних процесів. Для цих цілей компанія MSC.Software розробила ряд спеціальних CAE-систем, до яких відносяться системи MSC.SuperForge, MSC.SuperForm, MSC.Marc та ін.

Система **MSC.SuperForge** є швидким і простим у використанні засобом для аналізу виробничих процесів гарячого штампування і кування. При аналізі система враховує докладні характеристики матеріалу заготовки, параметри преса, наявність тертя і температурних ефектів, фактор пружності матеріалу, можливість ковзання заготовки при її

укладанні (ручному або автоматичному) та ін. Використання MSC.SuperForge дозволяє скоротити цехові випробування шляхом оптимізації технологічних процесів на основі економічної та швидкої комп'ютерної імітації. В результаті поліпшується якість виробу, зменшується час ТПВ.

Інша система, **MSC.SuperForm** забезпечує моделювання широкого спектра виробничих процесів об'ємного формування, включаючи гаряче і холодне штампування, екструзійне пресування, осьову та кільцеву прокатку, вирубку заготовок з листа, прокатку злитків, гнуття товстих листів та різання. Система виконує аналіз процесу формування (визначає ступінь заповнення зони формоутворення, передбачає появу складок та інших дефектів, розраховує температури і залишкові напруження), проводить аналіз поведінки матеріалу (визначає зернистість і локальні зміцнення, передбачає руйнування), розраховує навантаження на інструмент, визначає його зношування та ресурс.

Результати комп'ютерного моделювання можуть бути представлені як у вигляді таблиць і графіків, так і у вигляді реалістичних зображень положень та станів об'єктів у різні моменти часу і при різних умовах (навантаженнях, температурних режимах та ін.). Наприклад, об'ємна модель деталі “розфарбовується” різними кольорами, відповідно до поточних значень температур у кожній точці деталі.

Як приклад на рис. 8 показані результати комп'ютерного моделювання процесу гарячого штампування в системі MSC.SuperForge. Тут моделюється зміна стану заготовки при штампуванні деталі “з'єднувальний важіль”. У даному прикладі з однієї заготовки виготовляються відразу дві деталі, а процес гарячого штампування виконується в два етапи (за два переходи).

Досить широке поширення отримала ще одна група CAE-систем, розроблених іншою компанією – Moldflow. Це системи Moldflow Part Adviser і Moldflow Mold Adviser, які застосовуються для аналізу процесів лиття виробів з пластмас.

Moldflow Part Adviser дає можливість аналізу процесу лиття термопластів на основі моделі виробу, без урахування ливникової системи. Модель приймається з CAD-системи і повинна мати поверхневу сітку у форматі STL (рис. 9). Система містить стандартний банк даних матеріалів (близько 400 марок). Є можливість підключення додаткового банку даних матеріалів, що випускають у Росії та СНД (більше 200 марок). Системою розв'язуються такі задачі: оптимізація товщин стінок виробу; вибір місць заливання матеріалу; аналіз проливності виробу і діагностика недоливу; визначення положення ліній спаю і повітряних пасток; вибір і заміна матеріалу (за технологічними параметрами); оцінювання технологічного режиму впорскування матеріалу.

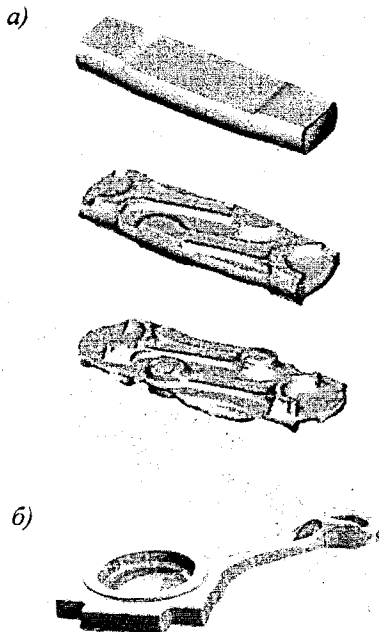


Рисунок 8 – Комп'ютерне моделювання процесу гарячого штампування в CAE MSC.SuperForge: а – зміна стану заготовки в переходах; б – готова деталь

Moldflow Mold Adviser включає **Moldflow Part Adviser** і дає можливість аналізу процесу лиття термопластів на основі моделі виробу з урахуванням ливникової системи. При цьому модель виробу приймається з CAD-системи, а модель ливникової системи добудовується в **Moldflow Mold Adviser**. Крім задач, перерахованих вище для **Moldflow Part Adviser**, в **Moldflow Mold Adviser** розв'язуються такі додаткові задачі: оптимізація ливникової системи; розрахунок розпірного зусилля; оцінювання часу циклу виготовлення; оптимізація технологічного режиму впорскування матеріалу; вибір і заміна термопластавтомату.

Є ще ряд CAE-систем **Moldflow**, які забезпечують розв'язання таких задач, як: аналіз і оптимізація системи охолодження прес-форми; аналіз усадки матеріалу і жолоблення виробу; аналіз орієнтації волокнистого наповнювача; оптимізація технологічного процесу лиття; аналіз поведінки виготовленого виробу при експлуатації.

Технологічні процеси лиття виробів з металів мають свою специфіку. Тут як приклади CAE-систем, що успішно використовуються

для комп'ютерного моделювання, можна відзначити системи **ProCAST** і **Полігон**. Вони забезпечують розв'язання таких задач аналізу процесів лиття виробів з металів: моделювання процесів затвердіння; моделювання утворення усадочних раковин і макропористості; моделювання утворення мікропористості; моделювання розвитку деформацій для прогнозу кристалізаційних тріщин; формування будь-яких критеріїв якості та відповідних розрахунків для прогнозу структури, механічних властивостей.

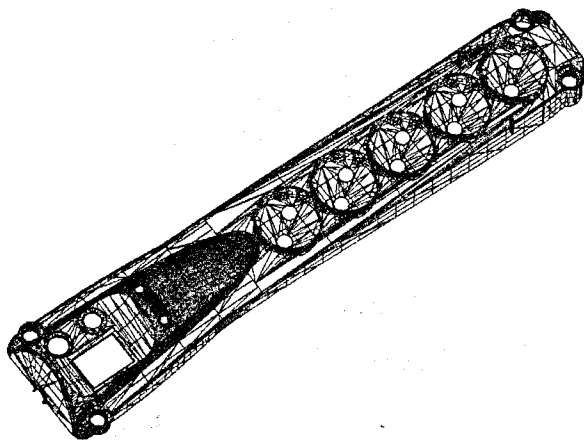


Рисунок 9 – Модель корпусу мережевого фільтра, побудована в CAD/CAM Cimatron і передана в Moldflow Part Adviser у формі STL

Необхідні для підприємства інженерні дослідження на базі CAE-систем можуть бути або виконані силами власних фахівців, або “замовлені” в спеціальних сервісних центрах фірм-постачальників, або у фірм, які виконують подібні роботи. Якщо обсяг досліджень на підприємстві обмежений, то використання сторонніх послуг для комп'ютеризації розв'язання інженерних задач (на певному етапі розвитку АСТПВ) є виправданим. Це дозволить зняти питання з підготовки відповідних фахівців і знизити витрати на придбання програмно-технічних засобів АСТПВ.

2.3 PDM-системи для керування ТПВ

Вище вже відзначалася важливість автоматизації розв'язання задач керування підготовкою виробництва в АСТПВ. Керування ТПВ будеться

на основі зберігання та використання інформації про виріб на певних стадіях його життєвого циклу.

Поняття *Життєвий Цикл Виробу (ЖЦВ)* включає всі стадії життя виробу – від вивчення ринку перед проектуванням до утилізації виробу після використання. Комп'ютерна підтримка етапів ЖЦВ будується на основі застосування так званих CALS-технологій (CALS – Continuous Acquisition and Life-Cycle Support – безперервна інформаційна підтримка життєвого циклу продукту). Поряд з терміном CALS, використовується також термін PLM (Product Life-Cycle Management – керування даними про продукт протягом його життєвого циклу). У якості одного з базових інструментів реалізації CALS- і PLM-технологій виступають системи класу PDM (Product Data Management).

Перші PDM-системи з'явилися наприкінці 80-х – початку 90-х років. Їхня поява була викликана необхідністю підвищення ефективності автоматизації проектування при колективній роботі конструкторів над одним складним виробом. Додатково до систем автоматизації проектування (САПР) було потрібно програмне забезпечення, що відслідковувало б склад всіх файлів проекту, створюваних у САПР, на предмет їхньої цілісності, несуперечності та актуальності.

Розробкою перших PDM-систем найбільш плідно займалися створювачі потужних САПР, які раніше за інших зрозуміли, що успішне впровадження цих САПР вимагає вирішення питань взаємного погодження конструкторських даних, надійного зберігання наробітків кожного з учасників проекту, забезпечення потрібних рівнів доступу до всієї проектної інформації.

При такому підході вихідними даними для роботи PDM ставали:

- структура виробу (одержувана прямо з середовища САПР);
- структура відносин між учасниками проекту;
- додаткова виробнича інформація, що відноситься до проекту в цілому.

Областю застосування перших PDM-систем були групи проектувальників. Основною метою при цьому було усунення непогодженості автоматизованої колективної роботи. Упорядкування, раціоналізація і координація руху проектної інформації всередині групи конструкторів-проектувальників і досягалися за рахунок застосування цих PDM.

З тих пір пройшло більше 10 років. З виникненням нових задач і вимог, системи PDM розвивалися і змінювалися. Які ж основні вимоги до сучасної PDM-системи?

Головна мета PDM – підтримка електронного опису продукту (виробу) на всіх стадіях його життєвого циклу. Ця підтримка повинна забезпечувати розв'язання таких задач.

1. Ведення проектів: керування роботами, процедурами та документами в складі проекту, контроль за виконанням проекту.
2. Планування і диспетчеризування робіт.
3. Розподіл прав доступу до інформації між окремими учасниками проекту або їх групами.
4. Організація і ведення розподілених архівів конструкторської, технологічної та управлінської документації (електронні архіви).
5. Керування змінами в документації: контроль за версіями документів, ведення протоколу роботи з документами, листів реєстрації змін і повідомлень.
6. Фіксування стандартних етапів проходження документів, контроль за проходженням документів по етапах.
7. Інтеграція з CAD/CAM-системами та їхніми додатками, використовуваними при проектуванні.
8. Контроль цілісності проекту.
9. Пошук необхідної інформації в проекті на підставі запитів.

В зв'язку з її використанням великою кількістю фахівців, PDM є багатокористувацькою системою, що працює в комп'ютерній мережі. Вона організує єдиний інформаційний простір підприємства, забезпечуючи створення, зберігання та обробку інформації в єдиній базі даних за допомогою системи керування базами даних (СКБД).

У порівнянні з CAD/CAM-системами, впровадження PDM-системи на підприємстві є більш складним і тривалим процесом. Це пов'язано з необхідністю значних організаційних змін як у колективі в цілому, так і на кожному робочому місці керівника, конструктора і технолога. Більш конкретно складності можуть бути обумовлені такими причинами.

1. Цілі, яких хоче досягти підприємство шляхом впровадження системи, сформульовані нечітко. Замість цього існує перелік локальних проблем конкретних підрозділів, вирішення яких не може вирішити проблем підприємства в цілому.
2. Керівництво підприємства не до кінця розуміє важливість особистої участі в проекті впровадження.
3. Існує внутрішня опозиція ряду співробітників підприємства тим змінам, які неминучі в результаті впровадження системи.
4. Співробітники підприємства не володіють навичками роботи на комп'ютері та не готові до впровадження системи.
5. Відсутні кваліфіковані фахівці, здатні супроводжувати систему.
6. На підприємстві відсутня необхідна технічна інфраструктура.
7. Проект розрахований на тривалий термін, що призводить "до недовіри" в досягненні кінцевого результату.

Один зі способів поетапного впровадження PDM полягає в такому. В першу чергу, на основі результатів передпроектного обстеження підприємства, створюється (можливо, частково) структура єдиної бази даних. Далі до роботи в середовищі PDM-системи послідовно підключаються такі робочі місця, де фахівці найбільш підготовлені до впровадження і де впровадження може бути виконано найбільш швидко.

Прикладом може служити робоче місце конструктора, який вже має досвід проектування в CAD-системі. Такий конструктор практично відразу (у межах одного тижня) відчує істотне підвищення якості свого робочого середовища, забуде про проблеми, пов'язані з пошуком потрібних файлів, відстеженням модифікацій і версій, завантаженням великих вузлів тільки для того, щоб знайти потрібний підвузол або деталь.

Інший спосіб поетапного впровадження PDM полягає у виконанні спочатку так званого "пілотного проекту" в невеликій групі або в конкретному спеціальному проекті. Після успішного впровадження PDM-системи на одній з невеликих виробничих ділянок підприємства (і перевірки її працездатності) можна продовжити її впровадження (масштабувати систему) на всьому підприємстві. Такий підхід також допомагає вирішити багато проблем, що неминуче виникають при впровадженні на початковому етапі.

Для того, щоб забезпечити можливість поетапного впровадження, PDM-система повинна являти собою дуже гнучкий, масштабований програмний продукт, який можна застосувати в діапазоні від одного робочого місця до структурних підрозділів підприємства і підприємства в цілому.

Серед використовуваних у світі PDM-систем, що відповідають сучасним вимогам, одне з провідних місць займає **PDM SmartTeam**.

Кожне робоче місце SmartTeam ґрунтується на конкретній конфігурації, що відповідає рольовому навантаженню даного користувача (клієнта). При цьому, поряд із клієнтськими компонентами, кожна конфігурація включає модуль SmartTeam Foundation, що містить весь набір серверних компонентів для організації єдиного багатокористувацького інформаційного середовища.

Крім *SmartTeam Foundation*, система включає такі основні компоненти:

SmartTeam Editor Configuration (SED) – базова конфігурація, що містить набір засобів для спільної роботи при створенні, редагуванні, пошуку та зберіганні будь-яких типів даних і документів. Забезпечує керування проектами, ведення версій, експорт та імпорт інформації. Містить засоби для редагування структур баз даних і налаштування системи, для розширення користувацьких функцій використовується спеціальний програмний інтерфейс API;

SmarTeam Web Editor Configuration (SWE) – конфігурація для віддалених користувачів, що забезпечує повний доступ (з функціями створення і редагування) до загальної бази даних через Інтернет;

SmarTeam Navigator Configuration (SNV) – конфігурація для віддалених користувачів, що забезпечує доступ до загальної бази даних через Інтернет у режимі “тільки для читання”;

SmarTeam Community Workspace Configuration (SCT) – конфігурація для розв’язання задач по всьому ланцюжку поставок, у єдиному інформаційному просторі через Інтернет.

Поряд з основними, можуть поставлятися також спеціальні конфігурації:

SmarTeam Engineering Configuration (SEG) – інженерна конфігурація, що має додаткові засоби маршрутизації документів і завдань (Workflow) і засоби керування специфікаціями (BOM);

SmarTeam CAD Configuration (SCD) – конструкторська конфігурація, що має додатковий модуль інтеграції з одною з CAD-систем;

SmarTeam Multi-site Administration Configuration (SMA) – конфігурація адміністратора розподілених баз даних (Multi-site);

SmarTeam Electronics Configuration (SET) – конфігурація для роботи в галузі електроніки та електрики, що має спеціально настроєний шаблон.

Будь-яка конфігурація може бути доповнена цілим рядом модулів таких, як:

SmarTeam Workflow – підсистема маршрутизації даних і документів; забезпечує їхнє автоматичне проходження відповідно до заданих процесів узгодження, твердження, внесення змін та іншими;

SmarTeam BOM/Briefcase – підсистема, що забезпечує керування специфікаціями з робочих місць, які не мають базових модулів *SmarTeam*.

SmarTeam Gateway – підсистема, що забезпечує інтеграцію з ERP-системами та іншими додатками АСКВ;

SmarTeam Multi-site – підсистема, що організує роботу мережі філіалів підприємства в єдиному інформаційному просторі.

SmarTeam забезпечує прийом інформації, створюваної на різних етапах ЖЦВ, причому введення інформації може виконуватися або в системах проектування, або в самій PDM. Зберігання інформації здійснюється в базі даних відомих СКБД – наприклад, Oracle, InterBase, MS SQL-Server.

Засоби, що дозволяють створювати структури баз даних і екранні форми подання інформації в інтерактивному режимі, без використання мов програмування, дозволяють легко адаптувати *SmarTeam* до умов

підприємства. Користувачі можуть створювати бази даних стандартних і типових деталей, використовуваних матеріалів, складів оснащення та ін. Розробка програм для розв'язання різних задач АСПВ у середовищі PDM SmarTeam виконується з використанням спеціального програмного інтерфейсу API (Application Programming Interface).

Наявність загальної бази даних про виріб дозволяє організувати процес паралельного проектування, коли кожен фахівець використовує дані про виріб для розв'язання своїх задач. Навіть у тих випадках, коли наступний проєктант використовує результати роботи попереднього, застосування паралельного проектування може помітно знизити загальний час роботи над проєктом (рис. 10).

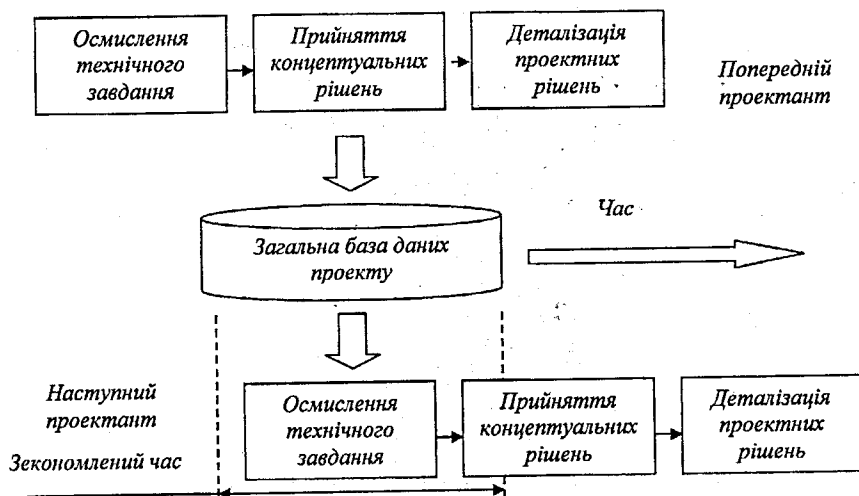


Рисунок 10 – Схема використання паралельного проектування

Важливою задачею, що розв'язується SmarTeam, є організація електронних архівів. Електронний архів – це не просто набір відсканованих документів або CAD-файлів, створених конструкторами. Для кожного документа проєкту в електронному архіві зберігається відповідна інформація, що описує всі дії, виконані з документом (зміна, тиражування, видача за заявками та ін.) протягом усього життєвого циклу документа.

SmarTeam дає можливість керівникам підрозділів працювати в єдиному інформаційному середовищі разом зі своїми фахівцями. Для цього існують спеціальні функції такі, як RedLining (використання "червоного олівця" для внесення зауважень при перевірці результатів діяльності своїх підлеглих); засобу WorkFlow (про неї буде сказано

нижче) – з їхньою допомогою керівники можуть контролювати і керувати потоками виробничих завдань. Крім того, у розпорядженні керівника є всі можливості пошуку і перегляду інформації з проектів. Швидко одержання відповідей на питання: “Які документи повинні бути зроблені до зазначеної дати?”, “Які документи повинні бути зроблені до зазначеної дати, але не зроблені?”, “Де перебуває даний документ?” і т.д., дозволяють вчасно і правильно ухвалювати рішення щодо планування робіт та керування підрозділами.

Інформація в SmarTeam організована у вигляді проектів. Проект подається у вигляді ієрархічного дерева, що описує зв'язки між об'єктами, що входять до проекту – наприклад, дерево проекту виробу описує зв'язки між деталями і складальними одиницями виробу (рис. 11). Кожен проект характеризується обліковою карткою, що заповнюється при створенні проекту. В обліковій картці зберігається номер проекту, його найменування, прізвище керівника, дата створення і т.д.

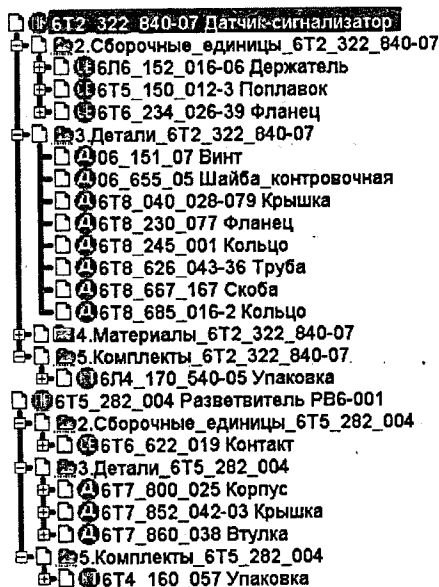


Рисунок 11 – Дерево проекта в PDM SmarTeam

Для входу в проект потрібно вибрати його зі списку проектів. При цьому в лівій частині екрана з'явиться дерево проекту, а в правій – облікова картка об'єкта, обраного на даний момент у проекті (рис. 12). Поля облікової картки об'єкта містять його позначення, найменування, дату створення, прізвище розробника та ін. Крім того, тут вказується тип, ім'я і місце розташування файлу, що містить об'єкт.

У додаткових розділах облікової картки об'єкта містяться його логічні зв'язки з іншими об'єктами в дереві проекту (розділ “Связи”), а також вказується стан об'єкта в даний момент (розділ “Изменения”). По розділу “Изменения” можна простежити всі етапи проходження об'єкта (документа) в процесі проектування.

Система SmarTeam відслідковує п'ять таких етапів (станів) об'єкта або документа: “У автора”, “На спільному столі”, “На зміні”, “Затверджений” та “У сховищі” (рис. 13). Ці етапи являють собою стадії життєвого циклу об'єкта або документа (моделі, креслення, технологічного процесу, плану робіт та ін.).

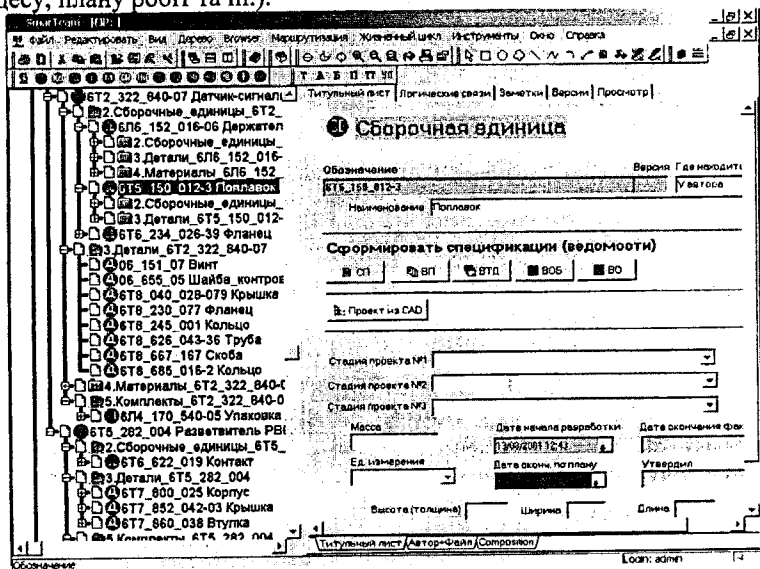


Рисунок 12 – Облікова картка об'єкта проектування

Функції SmarTeam дозволяють будувати та редагувати дерево проекту, створювати нові об'єкти, заповнювати та редагувати облікові картки і т.д. Для того, щоб перейти до роботи з файлом об'єкта, досить вказати цей об'єкт у дереві проекту і вибрати команду “Редактировать”. SmarTeam за типом файлу автоматично визначить потрібний додаток і викличе його з одночасним відкриттям даного файлу. Інша команда “Просмотр” дозволяє побачити графічне зображення об'єкта, не входячи в режим редагування (рис. 14). Це зображення являє собою слайд, що був автоматично збережений при попередній роботі з об'єктом.

Користувач має можливість здійснювати автоматичний пошук необхідної інформації в проекті. Для цього необхідно дати системі відповідний запит (критерій пошуку).

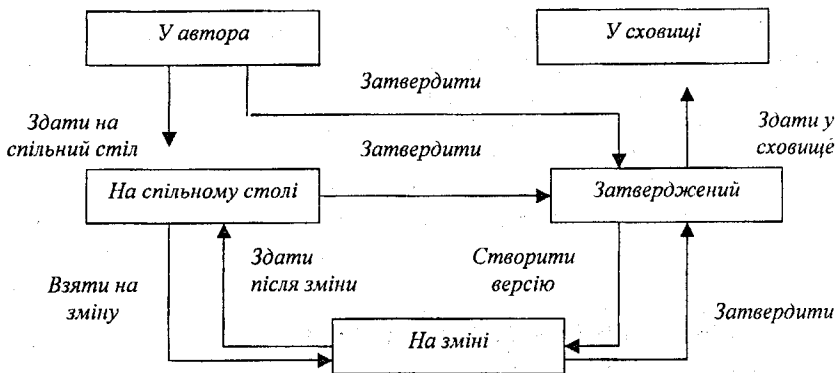


Рисунок 13 – Стан об'єкта (документа)

Єдина база даних і засоби настроювання SmarTeam дають можливість організувати роботу технологів, конструкторів та інших фахівців підприємства в єдиному інформаційному просторі. Це, зокрема, дозволяє розраховувачам норм витрат матеріалів та іншим фахівцям запозичити і використовувати введену раніше технологами (при проектуванні ТП) інформацію про виконувані операції, необхідний інструмент, оснащення та ін.

Результатом впровадження PDM-системи повинна стати погоджена колективна робота конструкторських бюро, технологічних відділів, служби технічної документації (СТД), інших підрозділів підприємства.

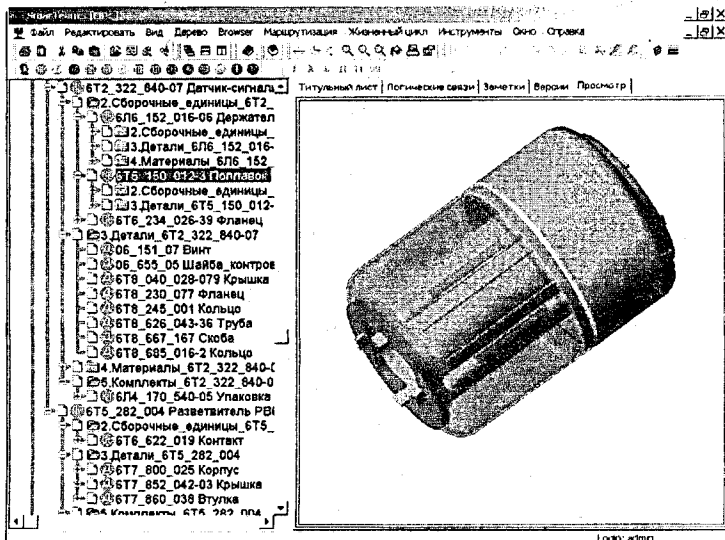


Рисунок 14 – Графічний перегляд об'єкта проектування

3 АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСТПВ

Усупереч сформованій думці, АСТПВ – це не тільки комплекс програмних засобів, у які підприємства роблять основні вкладення, але і солідна апаратна база, що вимагає відповідного матеріального забезпечення і на кілька років визначає стратегію розвитку АСТПВ як програмного комплексу підприємства. Зараз уже зовсім очевидно, що впровадження АСТПВ необхідно здійснювати як упровадження відповідного необхідній функціональності програмно-апаратного комплексу.

3.1 Комп'ютери та робочі станції

Устаткування робочого місця 2D-проектування

Питання про робоче місце для обробки двовимірної інформації є принципово важливим. Таких комп'ютерів у системі може бути від декількох до декількох десятків і, навіть, сотень штук і вартість робочого місця істотно вплине на вартість усього комплексу. Визначальною особливістю робочого місця CAD 2D є оптимізація системи для роботи з двовимірною графікою. Таким чином, як відеоконтролер може бути використана будь-яка сучасна графічна карта, бажано з інтерфейсом AGP, і оперативною пам'яттю не менше 16 Мбайт, що дозволить використовувати на робочому місці 17- чи 19-дюймові монітори з роздільною здатністю 1024×768 чи 1280×1024 точок і частотою розгорнення не менше 75 Гц. Дані режими роботи моніторів найбільш комфортні для операторів з ергономічної і психомоторної позицій і, можна стверджувати, є оптимальними для додатків CAD 2D. У свою чергу, використання такого відеоконтролера може допускати застосування як ядра системи центрального процесора з тактовою частотою до 600 МГц і материнської плати, з функцією підтримки одного центрального процесора. Кількість оперативної пам'яті, необхідної для даного робочого місця складає 64Мбайт, а при зміні класу задач користувач може, при необхідності, оперативно наростити її кількість. Обсяг дискової пам'яті не є критичним, тому що обсяг сучасних дискових накопичувачів складає десятки гігабайт, і його можна визначити рівним 8 Гбайт або більше.

Устаткування робочого місця 3D-проектування

Дане робоче місце призначене для створення 3D моделей, моделювання роботи вузлів механізму, проведення різних розрахунків і виведення в графічній формі результатів на екран монітора 3D моделі. У даному випадку необхідно розділити ці класи задач – створення моделей, кінематичне моделювання і проведення ресурсномістких розрахунків.

Такий розподіл допоможе розділити обчислювальні платформи для цих основних класів задач, що допоможе сформувати різні вимоги до ядра цих систем. Однак можна стверджувати, що обов'язковою вимогою для такої системи є апаратна реалізація графічним контролером OPEN GL, обсяг відеопам'яті не менше 32 Мбайт, підтримка високої роздільної здатності 1280×1024, 1600×1200, 1920×1440 з мінімальною частотою кадрового розгорнення 75-80 Гц, що робить необхідним застосування моніторів з розміром діагоналі 19" і 21". Природно, такий відеоконтролер повинен підтримувати інтерфейс AGP 2x мінімум, а краще AGP 4x. У свою чергу це накладає вимогу, щоб значення тактової частоти центрального процесора було не менше 600 МГц, і була присутня можливість встановлення на системну плату другого процесора, а в деяких випадках – двопроцесорного ядра системи. Обсяг оперативної пам'яті системи повинен бути не менше 128 Мбайт, а у випадку додаткових вимог до ресурсів оперативної пам'яті додатків CAD 3D може знадобитися оперативна пам'ять обсягом від 256 Мбайт. До застосування в даній системі дискових накопичувачів необхідно підходити диференційовано: якщо система призначена для рішення обох або тільки другого класу задач, то бажане застосування дискових накопичувачів з інтерфейсом UW SCSI, але якщо система призначена тільки для формування тривимірних моделей, то можливе встановлення загальноприйнятих IDE твердих дисків. Ємність дискової підсистеми для обох випадків повинна бути не нижче 10 ГБайт.

Робочі станції, призначені для складних розрахунків і візуалізації

Основу сімейства робочих станцій на базі процесорів Intel P4 складає нова платформа MSI, що базується на наборі мікросхем Intel 850. Сімейство одержало назву RIC 400.

У сімействі робочих станцій RIC V100, V200 застосована нова платформа, що підтримує розширений ряд процесорів Intel PIII – до 1,3 ГГц.

Моделі RIC V100, RIC VD100 – високопродуктивні графічні робочі станції. Персональний комп'ютер класу "Графічна станція" орієнтований для роботи з ресурсомісткими додатками, складного математичного і твердотільного графічного моделювання багатокомпонентних систем, візуалізації просторових моделей складних вузлів, графічного моделювання й аналізу механічних систем з великою кількістю елементів, будівельних об'єктів і виробничих підприємств у цілому; операцій з 3D моделями місцевості, візуалізації траєкторій руху об'єктів; моделювання різних процесів (у тому числі й у режимі реального часу). Графічна підсистема містить: два растрових процесори, один геометричний процесор, апаратний OPEN GL 1.2, Z-буфер пам'яті текстур, зняте обмеження на пам'ять текстур у 128 Мбайт. Робота в двоекранному режимі без втрати OPEN GL прискорення. Цілком сумісний з Heidi. Одно- чи двопроцесорна конфігурація.

Моделі RIC V200, RIC VD200 – графічні робочі станції для візуалізації. Персональний комп'ютер класу “Графічна станція”. Області застосування аналогічні попереднім графічним станціям. Графічна підсистема містить знаменитий прискорювач WildCat 4110. Можлива робота в багато екранному режимі без втрати OPEN GL прискорення. Цілком сумісний з Heidi. Одно- чи двопроцесорна конфігурація.

Моделі RIC V400 – графічні робочі станції нового покоління. Персональний комп'ютер класу “Графічна станція”. Області застосування аналогічні попереднім графічним станціям. Графічна підсистема містить новий графічний прискорювач на базі GeForce III. Цілком сумісна з Heidi. На даний момент доступна однопроцесорна конфігурація.

Комп'ютери Silicon Graphics

Діапазон SGI комп'ютерів варіюється від настільних робочих станцій і серверів з центральними процесорами Intel і робочих станцій на базі RISC-процесорів до суперкомп'ютерів. Нові сімейства спроектовані з розрахунком на стандартизацію систем і уніфікацію комплектуючих, але зберегли потужну графічну підсистему попереднього покоління SGI230, SGI540, що одержала додатковий розвиток. Дані системи (разом із сімейством SGI230, що займає середнє положення між SGI230, SGI550) – потужний комп'ютер, орієнтований на високопродуктивні індивідуальні чи корпоративні обчислення та інтенсивну роботу з графікою в режимі реального часу.

Silicon Graphics 550

Двопроцесорна система на базі Intel Pentium III; ядро системи - 1840; оперативна пам'ять RDRAM (800 МГц) – до 2 GB; 5 слотів PCI 32 біт; двоканальний SCSI ULTRA 160 контролер; відеоакселератор VRPro; апаратне тонування; згладжування джерела світла, незалежна чотириканальна буферизація; движок, що має 256-бітний конвеєр на 4 черги; 4×ACP порт; 350 МГц RAMDAC; Microsoft Direct 7; Open GL і інші можливості; екранна роздільна здатність до 2048×1536; інтерфейс Ultra 160 SCSI для твердих дисків; привод CD-ROM; накопичувач на гнучких дисках 1,44Мбайт; інтегрована аудіопідсистема Creative Labs (сумісна із Linux); інтегрований порт Fast Ethernet 10/100 Base-T; порти 1×Par/2×Ser/2×USB.

Silicon Graphics 750

Система на базі Intel® Itanium™ processor 800 MHz 2MB L3 cache; ядро системи – Intel® W460GXB82; оперативна пам'ять двобанкова SDRAM (100 МГц) – до 16 GB; 5 слотів PCI 32 біт; інтегрований Ultra3 SCSI QLA12160 контролер; відеоакселератор ATI Technologies® XPERT 2000 PRO AGP Pro 110 МГц інтерфейс; інтерфейс Ultra 160 SCSI для твердих дисків; привод CD-ROM; накопичувач на гнучких дисках 1.44Мбайт;

інтегрована аудіо- підсистема Creative Labs (сумісна із Linux); інтегрований порт Fast Ethernet 10/100 Base-T; порти 1×Par/2×Ser/2×USB.

Комп'ютери DELL

Робочі станції DELL Precision

Dell Precision являє собою високопродуктивну і недорогу з точки зору пропонованих можливостей систему для різних видів застосування як робочу станцію. Система побудована на основі процесора Intel Pentium III декількох варіантів, оптимізована на використання з Microsoft Windows NT і має відповідну сертифікацію про сумісність із широким рядом прикладних програм лідерів комп'ютерної промисловості.

DELL Precision 530

Один чи два процесори Intel* Xeon™ 1,40ГГц, 1,5ГГц 1,7ГГц із 256Кбайт вбудованого Advanced Transfer L2; ядро системи - Intel® 860; оперативна пам'ять RDRAM (800 МГц) – 2GB (4GB) двоканальної пам'яті PC600 чи PC800 RAMBUS RDRAM; можливе використання контролера PERC3/DCP SCSI RAID; відеоакселератор nVIDIA® Quadro 2 Pro, Microsoft Direct 8; Open GL і інші можливості; екранна роздільна здатність до 2048×1536; інтерфейс Ultra 160 SCSI для твердих дисків; привод CD-ROM; накопичувач на гнучких дисках 1.44Мбайт; інтегрована аудіопідсистема AC'97 Full-Duplex Audio; інтегрований порт Fast Ethernet 10/100 Base-T; порти 1×Par/2×Ser/2×USB; 1 SCSI (68 pin); два порти IEEE-1394(FireWire).

Портативні комп'ютери класу "робоча станція"

DELL Latitude C810, C800

Один процесор Mobile Intel® Pentium® III Processor-M 1,13 ГГц із технологією Enhanced Intel SpeedStep™ кеш-пам'яттю L2 512 Кбайт; ядро системи - Intel® 830 AGPSet; оперативна пам'ять SDRAM 512 Мбайт (133 МГц); дисплей 17-дюймовий UXGA; кольорова активна матриця (TFT) з максимальною роздільною здатністю 1600×1200 32-bit; відеоакселератор nVIDIA® nVidia GeForce до 32Мбайт відеопам'яті; Microsoft Direct 8; Open GL і інші можливості; твердий диск 2,5" до 48Гбайт; привод CD-ROM; накопичувач на гнучких дисках 1,44Мбайт; інтегрована аудіопідсистема ESS Maestro 3i; інтегрований порт Fast Ethernet 10/100 Base-T; порти 1×Par/2×Ser/2×USB.

3.2 Монітори

Продуктивність праці на окремому конкретному робочому місці знаходиться в прямій залежності від якості монітора, якщо не розглядати питання організації робочого місця, ергономіки, медицини. В таблиці 1 подані монітори з ЕПТ Liyama.

Таблиця 1

Модель	Діагональ, дюйм	Крок апертурних ґраток, крок тіньової маски	Смуга пропускання, МГц	Кадрова частота, Гц	Роздільна здатність і частоти
Vision Master Pro 510	22	0,25-0,27	360	50...160	2048×1536×80Гц 1840×1440×85Гц 1600×1200×97Гц 1280×1024×130Гц
Vision Master 502	21	0,27	240	50...160	1840×1440×75Гц 1600×1200×88Гц 1280×1024×103Гц 1024×768×137Гц
Vision Master 451	19	0,26	300	50...160	1840×1440×80Гц 1600×1200×92Гц 1280×1024×107Гц 1024×768×143Гц
Vision Master Pro 410	17	0,25-0,27	160	50...160	1600×1200×77Гц 1280×1024×90Гц 1024×768×120Гц
Vision Master 700	17	0,28	100	50...160	1280×1024×60Гц 1024×768×85Гц

Рідкокристалічні монітори.

Монітори на рідких кристалах фірми SGI Silicon Graphics

1600SW:

Плоский дисплей на активній рідкокристалічній матриці; ефективна діагональ 17,3 дюйма (еквівалентно 19 дюймам на моніторах з ЕПТ); екранна роздільна здатність 1600×1024 при кадровій розгортці 60Гц; лініатура 110 lpi; передача кольору 24 біта; кути огляду 120 по горизонталі, 100 по вертикалі; максимальна яскравість 200 кд/м²; рівень контрастності 200:1; цифровий інтерфейс OpenLDI другого покоління (з'єднувач 36-pin); усі необхідні сертифікати безпеки. В таблиці 2 подані монітори на рідких кристалах фірми Liyama.

Таблиця 2

Модель	Діагональ, дюйм	Смуга пропускання, МГц	Кадрова частота, Гц	Роздільна здатність і частоти
Pro Life 38f	15	80	50... 160	1024×768×75Гц
Pro Life 38c	16.4	80	50... 160	1024×768×75Гц
Pro Life 38a	18.1	135	50... 160	1280×1024×75Гц

Концепція корпоративного сервера

Сервер – це основна частина обчислювального комплексу, сукупність програмних і апаратних засобів, покликана координувати і синхронізувати роботу багатьох користувачів із загальними даними, розділяти апаратні ресурси комплексу, наприклад, плотера, лазерних принтерів і т.п., здійснювати розподіл програмних ресурсів – робота із СУБД у режимі Клієнт-Сервер, використання різного мережевого програмного забезпечення, наприклад, Oracle, SAP, Microsoft Office. Крім того, сервер – основа системи безпеки всього обчислювального комплексу. За допомогою визначених сервісів здійснюється аутоідентифікація користувачів на робочих місцях і безпека системи повною мірою залежить від системи безпеки сервера.

Тепер сформулюємо вимоги до апаратного забезпечення сервера:

- Основна вимога – надійність;
- Надійність і висока пропускна здатність дискових накопичувачів; доцільне застосування RAID 5;
- Вимога до відеопідсистеми – відображення графіки в режимі 800×600 мінімум на 15-дюймовому моніторі;
- Пристрій резервного копіювання великої ємності (DDS3 чи DLT);
- Інтерфейсна карта локальної мережі, оптимізована для роботи в складі сервера;
- Джерело безперебійного живлення з ємністю акумуляторної батареї, достатньої для 40 хвилин роботи в аварійному режимі;
- Можливість монтажу устаткування сервера в стояку.

Сервери Silicon Graphics

Silicon Graphics 1200 – SGI™ 1200 являє собою масштабований, оптимізований для монтажу в стояку сервер високої готовності, що має безпрецедентно високу продуктивність. SGI 1200, створений для підтримки ресурсномістких додатків Internet, а також кластерів серверів, використовуваних для розв'язування технічних задач. Він розрахований на швидке, і навіть непередбачене нарощування парків серверів, що підтримують роботу в Internet і кластерні середовища для розв'язування технічних обчислювальних задач. Завдяки своїм невеликим розмірам, система легко монтується в стандартні 19-ти дюймові стояки.

Двопроцесорна система на базі Intel Pentium III Xeon; надшвидка оперативна пам'ять SDRAM (5нс) з корекцією помилок, шина пам'яті 100МГц (4×800Мбайт/с), максимальний обсяг пам'яті 2Гбайт. Дві PCI шини,

2 PCI слота 32-біт; один LVDS SCSI канал, привод CD-ROM 32x; накопичувач на гнучких дисках 1.44Мб; порти 1×Par/2×Ser/2×PS2.

Silicon Graphics 1400 — Нова серія серверів SGI 1400 на базі процесорів Intel(r) є надійною платформою для підтримки баз даних, файлових систем, технічних обчислень і розгортання WEB-сервісу. Є дві конструкції корпусу SGI1400 — для монтажу в стояку і настільний варіант.

Чотирипроцесорна система на базі Intel Pentium III Xeon; надшвидка оперативна пам'ять CDRAM (5нс) з корекцією помилок, шина пам'яті 100МГц (4×800Мбайт/с), максимальний обсяг пам'яті 4Гбайт; дві PCI шини; сім PCI слотів 32-біт; один ISA слот; інтегрований контролер UltraATA; інтегрований LVDS SCSI і Narrow SCSI канал; привод CD-ROM 32x; накопичувач на гнучких дисках 1.44Мбайт; порт для зовнішніх підсистем LVDS SCSI; порти 1×Par/2×Ser/2×PS2; шість відсіків для твердих дисків з інтерфейсом Ultra2 SCSI і можливістю гарячої заміни.

Сервери DELL

Ця група серверів представлена від недорогих серверів для робочих груп PowerEdge 1300 до потужних восьмипроцесорних пристроїв для центрів обробки даних PowerEdge 8450.

DELL PowerEdge 1300 — сервер для робочої групи. Зручний в обслуговуванні корпус типу "tower" спрощує модернізацію і налагодження, а використання новітніх процесорів Pentium III з можливістю двопроцесорної конфігурації забезпечує максимальну продуктивність.

Двопроцесорна система на базі Intel Pentium III. Оперативна пам'ять CDRAM (PC133) з корекцією помилок, максимальний обсяг пам'яті 2Гбайт, 6 рознімів PCI (4×64-біт/33МГц, 2×32-біт/33МГц); два SCSI3 канали; 4 відсіки для твердих дисків з підтримкою "гарячої" заміни; привод CD-ROM 32x; FDD 1.44Мбайт; порти 1×Par/2×Ser/2×PS2.

DELL PowerEdge 8450 — восьмипроцесорний сервер для організації центрів обробки і збереження даних. Потужний і масштабований сервер серед систем на процесорах Intel, заснований на технології Profusion, що найкраще відповідає потребам великих інформаційних структур в обчислювальних ресурсах. Ідеально підходить для використання в якості сховищ даних, систем керування підприємствами і засобів інтелектуальної обробки інформації. Забезпечує безупинну роботу Internet і систем електронного бізнесу.

Восьмипроцесорна система на базі Intel Pentium III Xeon; оперативна пам'ять SDRAM (PC133) з корекцією помилок; максимальний обсяг пам'яті 16Гбайт; 10 слотів PCI 64-біт з гарячою заміною; інтегрований контролер Ultra-ATA; два інтегрованих SCSI контролери Adaptec 7890 Ultra2/LVD;

порти 1×Par/2×Ser/2×PS2 “2×1” внутрішні відсіки для дисків з можливістю гарячої заміни; три блоки живлення 750 Вт (один у резерві).

3.4 Периферійні пристрої

Принтери для виведення документів формату А4

У процесі підготовки технічної документації відділом з 10 чоловік виникає необхідність друку біля 1000 аркушів паперу формату А4. Ще біля 1000 аркушів може бути витрачено на одержання твердих копій ескізів деталей, вузлів і т.п., причому одержання цих ескізів на папері формату А4 на принтері економічно доцільніше, ніж здійснення цієї задачі на папері формату А1/А0 на плотері. Ми можемо рекомендувати для вибору два класи принтерів – струминні і лазерні.

Струминні принтери також дозволяють одержувати документи в кольорі, що для лазерних принтерів істотно збільшує вартість пристрою. Швидкість друку струминних і лазерних пристроїв на даний момент приблизно вирівнялися – кращі зразки струминних принтерів мають швидкість чорного друку від 2..4 до 6..8 сторінок за хвилину. Лазерні принтери мають швидкість друку порядку 10..15 сторінок за хвилину. Варто помітити, що швидкість виведення документів стає необхідним параметром за умови, що виведення інформації здійснюється одночасно для всіх користувачів відділу з обсягом разового друку для кожного користувача порядку 50 аркушів. У цьому випадку час чекання користувачем твердої копії документу буде великим і потенційно виникає необхідність у придбанні ще одного принтера. Найважливішим параметром, що поряд зі швидкістю друку дозволяє однозначно здійснювати вибір друкувального пристрою, є рекомендований обсяг друку. За цією ознакою принтери можна розділити на SOHO (принтери для домашнього застосування, і домашніх офісів), персональні принтери, принтери малих робочих груп, корпоративні принтери. Для принтерів SOHO місячний обсяг друку складає приблизно 600 аркушів формату А4, для персональних принтерів – 1000 аркушів, для принтерів малих робочих груп – 2000...5000 аркушів, для корпоративних принтерів цей обсяг – більше 5 тисяч аркушів на місяць. Струминні принтери поки не переступили бар’єр, що складає 800...1500 аркушів на місяць. Якщо моделювати ситуацію застосування струминного принтера, то можливе застосування пристрою сімейств HP8xx, HP9xx. Низька вартість цих пристроїв дозволить користувачу організувати центр друку документів, можливо, навіть без виділеного комп’ютера, що обслуговує принтер. Лазерний принтер доцільно вибирати або з груп принтерів для малих робочих груп, або корпоративних принтерів. Безумовно, для корпоративного принтера робоча група з 10 користувачів не зможе створити повне навантаження, отже

велика частина функціональності принтера залишиться невикористаною. Вибір корпоративного принтера виправданий при наявності локальної мережі підприємства. У цьому випадку корпоративний принтер зможе виконувати ряд додаткових завдань, сформованих іншими підрозділами. Найбільш оптимальним варіантом можна вважати застосування лазерного принтера HP4050. Цей принтер можна встановити й у мережній модифікації, що дозволить відмовитися від застосування виділеного принтсервера – технічні дані цього принтера дозволяють реалізувати даний режим роботи пристроєм без утрати його функціональності.

- HP DeskJet 8xx, 9xx - струминні принтери SOHO, а HP LaserJet 11xx, 41xx - лазерні принтери системи All_in_One – принтер, копій, факс;
- HP LaserJet 4050x – лазерні принтери для робочих груп;
- HP LaserJet 4500x – кольорові лазерні принтери для робочих груп;
- HP LaserJet 5xxx – сімейство високопродуктивних лазерних принтерів, орієнтованих на корпоративне використання.

Плотери для виведення широкоформатних документів

Широкоформатні друкувальні пристрої (плотери), представлені сьогодні на ринку, можна розділити на 3 групи: пристрої початкового, середнього і високого рівнів. Для пристроїв початкового рівня характерні: мала продуктивність, малий ресурс механічної частини, урізані функції керування, комплектація (сам друкувальний пристрій, часто без ножа, без підставки, кошика, пристроєм автоподачі паперу з рулону). Пристрої середнього рівня – пристрої універсального застосування, з багатою комплектацією, високим ресурсом механічної частини, розвиненими засобами локального і віддаленого керування. Пристрої високого рівня перевершують попередній рівень пристроїв за швидкістю друку, при приблизно однаковому механічному ресурсі. Природно, що для цих пристроїв використовується система друку, подібна до лазерних принтерів. Але саме завдяки їй ці пристрої мають у базовій комплектації дуже високу вартість. Такі пристрої зводяться лазерними плотерами (широка каретка). Мотивацією для придбання такого пристрою повинні служити великі обсяги друку і його оперативність для великого корпоративного користувача.

Таблиця 3

<i>Назва пристрою</i>	<i>Фірма-виробник</i>	<i>Короткі характеристики</i>
1	2	3
HP DesignJet ColorPro CAD	Hewlett Packard	600 dpi; A3+ (33x48cm) Точність +/- 0,2%; пам'ять 44MB (до 76MB)
HP DesignJet 430	Hewlett Packard	600 dpi – моно, A1, A0, 4(68) MB RAM. об'єм картриджів – 42 мл; час друку креслення A0: 2 хв/лист – моно (у чорновому режимі друку)

Продовження таблиці 3

1	2	3
HP DesignJet 500	Hewlett Packard	600 dpi, A1, A0, 4(68) MB RAM, об'єм картриджів – 80 мл; час друку креслення A0: 2 хв/лист – моно(у чорновому режимі друку)
OCI 5120 (Calcomp Techjet Designer 720C 5624)	OCI	360 dpi – колір, 720 dpi – моно, A1, A0, 4(52) MB RAM, об'єм картриджів: 44мл – моно, 9/5/5/5 – для кольорового друку; час друку креслення A0: 2,5хв/лист – моно, 6хв/лист – у кольорі
OCI 5200 (Calcomp Techjet 5536)	OCI	360 dpi – колір, 720 dpi – моно, A1, A0, 4(52) MB RAM, об'єм картриджів - 44мл; час друку креслення A0: 2 хв/лист – моно, 5 хв/лист – у кольорі
NOVAJET PRO (*)	Encad	360 dpi – колір, 600 dpi – моно, (36", 50"), 4(68) MB RAM, об'єм картриджів – 500 мл (можливе дозаправлення в процесі друку); час друку креслення A0: 90 с/лист – моно, 4 хв/лист – у кольорі; 45с/лист – спеціальний режим. моно
NOVAJET 700	Encad	600 dpi; (36", 50", 63"), буфер 32Мбайт (розширення – до 128 Мбайт); ємності для чорнила по 500 мл для кожного кольору; система автоматичної компенсації неробочих сопел; подвійна система безупинної подачі чорнила: убудовані системи автоматичного підмотування/просушки готових плакатів; час друку креслення A0: 45с/лист – моно, 2,2 хв/лист – у кольорі; інтерфейси Centronics, RS-232C, AppleTalk; мови EN/RTL, HP-GL2; драйвери ADI
HP DesignJet 1050C	Hewlett Packard	600 dpi – колір, 600 dpi – моно, A1, A0, 16(128) MB RAM, об'єм картриджів - 320 мл; час друку креслення A0: 45 с/лист – моно, 2 хв/лист – у кольорі
HP DesignJet 800C	Hewlett Packard	600 dpi, A1, A0, 8(72) MB RAM, об'єм картриджів - 80 мл; час друку креслення A1: 1,5 хв/лист – моно, 4 хв/лист – у кольорі
KIP KipStar 3000	OCI	Лазерний плотер. Роздільна здатність 400 dpi – моно, A0, 2,4 м/хв.

Продовження таблиці 3

1	2	3
Растрові процесори		Призначені для апаратної організації процесу растровання графічної інформації при введенні складних документів: топокарт, аеро- і космічних знімків, рекламних плакатів і т.п. Апаратний растровий процесор дозволяє розвантажити комп'ютери кінцевих користувачів на етапі виведення складної графічної інформації на паперові носії. CPU-MIPS, 256MB RAM, 4GB HDD, мережний інтерфейс.

Дигітайзери

Графічні планшети – це нове покоління широко розповсюджених кілька років назад дигітайзерів. Усі маніпулятори, якими користується оператор - бездротові. Також зовсім не важливо, як оператор розташовує маніпулятор відносно поверхні планшета. Крім того, маніпулятор зовсім не обов'язково повинен мати фізичний контакт із поверхнею планшета. В одному планшеті може бути зареєстровано кілька маніпуляторів: кілька кольорових олівців, кілька щіточок різних товщин, аерографи і, звичайно, стандартна п'ятикнопочна миша, хоча можна й обійтися без неї. Тобто в системі не буде пристрою "миша" узагалі – її функції може взяти на себе один з олівців. І, мабуть, саме незвичайне – кожен маніпулятор має 1024 градації натискання, що можуть бути прив'язані до інтенсивності кольору, шарів проекту і т.п. Ця властивість маніпуляторів дозволяє оптимально використовувати не тільки можливості дизайнерських систем, але і може полегшити виконання складних проектів у CAD/CAM. Усі пропоновані пристрої мають USB чи RS232 інтерфейси з ПК. У стандартну комплектацію графічних планшетів входить: п'ятикнопочна миша для CAD з оптичним курсором чи п'ятикнопочна миша і олівець. Крім того, окремо доступні олівці з функцією рисування на носіїві (ним може бути звичайний папір, він установлюється на планшет і дозволяє отримати дві копії ескізу – тверду й електронну), щіточки, аерографи, п'ятикнопочні миші.

Сканери

Постановка задачі вибору сканера

Задача вибору широкоформатного сканера для введення графічної інформації, у загальному випадку, не має якого-небудь одного типового рішення. Це обумовлюється тим, що передумовою для введення в технологічний ланцюжок процесу сканування документа є наявність у цьому ланцюжку етапу векторизації растру чи розпізнавання образів документа, наприклад,

розпізнавання тексту або перша і друга задачі повинні бути вирішені спільно. Існують три основних типи обробки растра документа – інтерактивний, коли оператор задіяний в обробці растру постійно, напівінтерактивний (напівавтоматичний) – оператор здійснює прийняття рішень за стратегією векторизації чи визначає типи об’єктів, і, нарешті, найпродуктивніший – неінтерактивний (автоматичний). Основу двох останніх методів обробки растра складає процес побудови векторного зображення документа з наступною фільтрацією списку векторів, що вийшов. Для успішної побудови списку векторів необхідно, щоб растрові лінії мали товщину не менше двох пікселів у форматі електронного документа. Наявність такої товщини дозволяє приймати правильні рішення в процесі побудови ланцюжка векторів. Природно, у випадку інтерактивного процесу векторизації чи розпізнавання об’єктів оператору необхідно також мати растрові лінії, правда вимога до товщини складає лише один піксел.

Таблиця 4

Пристрій (mono/color)	Виробник	Роздільна здатність (dpi)	Час сканування документа А0 (с) при базовій оптичній роз- дільній здатності камери	Оцінка інтерфейсу користувача
1	2	3	4	5
FSS 4300 (mono)	Contex	400	15	Добре
ESS 8300 (mono)	Contex	800	15	Добре
FSS 8300 Plus (mono)	Contex	800	8	Добре
TruScan Select (color)	Vidar	400	20	Задовільно
TruScan Select A (color)	Vidar	600	20	Задовільно
TruScan Select Y (color)	Vidar	800	20	Задовільно
SCANPLUS III TURBO (mono)	CalComp	800	15	Немає (ПЗ користувача)
SCANPLUS III S3-SOOT (mono)	CalComp	800	20	Немає (ПЗ користувача)

Основні вимоги до широкоформатного сканера

Тип документа буде основним фактором для формування критерію вибору устаткування. Документ, а в даному випадку – креслення, має різні типи об'єктів, але їхня основна особливість – товщина ліній, що їх утворюють. Для креслення за мінімальну товщину лінії можна прийняти, наприклад, товщину лінії розриву чи товщину осьової лінії. Товщина цих ліній у загальному випадку складає 0,3-0,5 мм. Для забезпечення роботи автоматичних чи напіваавтоматичних векторизаторів необхідно, щоб на мінімальну товщину лінії документа приходилося два пікселя електронного документа. Отже, завдяки цій умові, можна визначити мінімальну роздільну здатність сканера, призначеного для введення креслень. Воно буде складати $2 \times 25,4 \text{ мм} / 0,3 \text{ мм} = 169 \text{ dpi}$ (точок/дюйм). Таким чином, прийемо за мінімальну мінімальну роздільну здатність сканера для введення креслень – 200 dpi. Варто відмітити, що таку роздільну здатність при скануванні забезпечують усі сучасні моделі сканерів. Сучасні монохромні сканери різних виробників мають приблизно однакові швидкості введення документів (сканування) не більш 40 секунд на документ формату А0. Отже, критерій швидкості введення документів не є визначальним.

Репросистеми

Засоби копіювання креслень і ведення архівів

Як засіб реплікації твердих копій документів доцільне використання копіювальної машини. Копіювальні машини поділяються на аналогові і цифрові. Основні характеристики копіювальної техніки наведені в таблицях 5 та 6.

Таблиця 5

Параметр	KIP 2900	Xerox 8825
1	2	3
Технологія	LED від КТА	LED-електрографія
Барабан	OPC	OPC
Роздільна здатність	400 dpi	400 dpi
Максимальна ширина	914 мм або 36 дюймів	914 мм або 36 дюймів
Товщина ліній	0,06 мм	0,06 мм
Швидкість друку	2,4 метри або 2 А0 за хвилину	2,4 метри або 2 А0 за хвилину
Мультифункціональність	Принтер, копір, сканування у файл, сканування в архів, сканування в СУБД	Принтер, копір, сканування у файл і по мережі

Продовження таблиці 5

1	2	3
Швидкість сканування	400 dpi. – 2,4 метри за хвилину, 200 dpi - 4,8 метри за хвилину	400 dpi. – 2,4 метри за хвилину
Тип матеріалів	Папір, калька, поліестер	Папір, калька, поліестер
Автоматична подача паперу	2 рулони + ручна	1+1 опціон, ручна
Максимальна довжина друку	16 метрів	24,4/30 метрів опціон
Технологія копіювання	Лінійка CCD сенсорів 400 dpi	CCD від Vidar
Зменшення/збільшення	25-400% у трьох режимах: процентний, покроковий і лінійний	25-400% у двох режимах: процентний і покроковий
Процес копіювання	КТА (лінійний і два фоторежими)	Auto IQ: лінійний режим і один фоторежим
Обсяг друку, який рекомендується	60000 метрів за рік	15000 метрів за рік
Компактність	Так	Немає
Експозиція	Попередньо надбудовані режими копіювання для світлих, нормальних, темних оригіналів; також лінійний і фоторежими	Лінійний і фоторежим
Попереднє нагрівання паперу	Так	Немає
Автовибір рулону	Так	Так
Регульована швидкість подачі паперу	Так	Немає
Ре-копі з можливістю редагування	Так	Немає
Регулювання передньої, задньої, лівої і правої крайок	Так	Немає
Температура закріплення	160 градусів	Близько 300 градусів
Миттєвий перегляд відсканованих документів	Так	Немає
Можливість перегляду і редагування плотерних форматів даних	Так	Немає
Єдине робоче місце адміністратора друку і сканування у файл	Так	Немає
Метод проявлення	Двокомпонентний	Двокомпонентний
Вага	235кг	259кг

Таблиця 6

Параметр	KIP 2950	Xerox 8830
1	2	3
Технологія	LED від KTA	LED-електрографія
Барабан	OPC	OPC
Роздільна здатність	400 dpi	400 dpi
Максимальна ширина	914 мм або 36 дюймів	914 мм або 36 дюймів
Товщина ліній	0,06 мм	0,06 мм
Швидкість друку	4,8 метри або 3,7 A0 за хвилину	4,5 метри або 3,5 A0 за хвилину
Мультифункціональність	Принтер, копір, сканування у файл, сканування в архів, сканування в СУБД	Принтер, копір, сканування у файл і по мережі
Швидкість сканування	400 dpi – 4,8 метри за хвилину, 200 dpi - 9,6 метри за хвилину	400 dpi – 4,5 метри за хвилину. dpi 300.- 1,5 м/хв, 200 dpi- 3 м/хв.
Ємність тонерного бункера	500 АТ (6% покриття)	800 АТ (5% покриття)
Тип матеріалів	Папір, калька, поліестер	Папір, калька, поліестер
Автоматична подача паперу	2 рулони + ручна	3 рулони + ручна
Максимальна довжина друку	16 метрів	15 метрів, 24,4 опціон
Технологія копіювання	Лінійка CCD сенсорів 400 dpi	CCD від Vidar
Зменшення/збільшення	25-400% у трьох режимах: процентний, покроковий і лінійний	25-400% у двох режимах: процентний і покроковий
Процес копіювання	KTA (лінійний і два фоторежими)	Auto IQ: лінійний режим і один фоторежим
Обсяг друку, який рекомендується	100000 метрів за рік	30000 метрів за рік
Компактність	Так	Немає
Експозиція	Попередньо надбудовані режими копіювання для світлих, нормальних, темних оригіналів; також лінійний і фоторежими	Лінійний і фоторежим
Попереднє нагрівання паперу	Так	Немає
Автовибір рулону	Так	Так
Регульована швидкість подачі паперу	Так	Немає
Ре-копії з можливістю редагування	Так	Немає
Регулювання передньої, задньої, лівої і правої крайок	Так	Немає
Штampi з пам'яті сканера	Так	Немає
Копіювання комплектами	Так	Немає
Температура закріплення	160 градусів	Близько 300 градусів

Продовження таблиці 6

1	2	3
Метод закріплення	Немає ф'юзерного мастила	Є
Миттєвий перегляд відсканованих документів	Так	Немає
Можливість перегляду і редагування плотерних форматів даних	Так	Немає
Єдине робоче місце адміністратора друку і сканування у файл	Так	Немає
Метод проявлення	Однокомпонентний	Двокомпонентний
Вага	235кг	259кг

3.5 Захист і збереження інформації

Резервне копіювання – необхідна процедура для підтримки цілісності операційної системи сервера і даних користувачів.

Штатні і додаткові системи резервного копіювання

Будь-яка серверна ОС має утиліту резервного копіювання, що реалізує функцію копіювання даних на магнітні носії стрічкового типу, при наявності мінімуму базових сервісів: визначення набору даних, які копіюються за допомогою стандартних масок, визначення стратегії резервного копіювання (у деяких випадках). Крім того, прикладне програмне забезпечення також має свою систему резервного копіювання. Так у Oracle є програма dbbackup, у SAP резервне копіювання можна здійснити за допомогою SABdba і т.д. Безумовно, усі спеціалізовані утиліти і програми резервного копіювання виконують свої функції, але в концепції резервного копіювання повинна бути передбачена можливість швидкого відновлення не тільки деякої групи втраченої інформації, але і максимально більшого обсягу даних і програмного забезпечення, що знаходилися на сервері в момент аварії. Вирішальним аргументом є мінімальний час відновлення працездатності системи після аварії в цілому, але мінімізувати час відновлення неможливо при наявності декількох роздроблених і функціонально різних систем резервного копіювання, орієнтованих кожна на свій тип даних. Потрібно спеціалізоване програмне забезпечення від третіх виробників з можливістю розподілу доступу до даних і єдиним потоком інформації на магнітний носій. Ці програми існують. Як правило, випускаються третіми виробниками і не входять у комплект ПО серверної ОС, а поставляються окремо. До них можна віднести tar (NTtar для Windows NT), CP10 для Unix і Windows NT, ArcServe - для Novell і Windows NT, Backup – для Windows

NT, xBackup – для Windows NT. Причому, тільки перші три продукти забезпечують обмін даними між різними ОС.

Пристрої резервного копіювання

У даному розділі розглядається питання про тип пристроїв, призначених для резервного копіювання даних. У будь-якій розгалуженій системі повинно бути два пристрої резервного копіювання: основний і альтернативний. Основний – пристрій великої ємності, який не потребує втручання оператора й забезпечує достатню надійність збереження даних. Альтернативний – пристрій, відмінний за типом запису і типу носія інформації, що має ємність достатню чи кратну інформаційній ємності системи. Основний або додатковий пристрої повинні мати можливість швидкої установки своїх драйверів, або керуючої програми.

- DDS, DDS1 – 4мм стрічкові пристрої з цифровим записом інформації на мікрокасету типу DAT. Висока надійність носія (мінімум 25 циклів читання-записування), "прозора" апаратна архівація і корекція даних при читанні-записуванні. Ємність 4 Гбайт без стиску і до 8 Гбайт зі стиском. Є подоба файлової структури даних на стрічці, завдяки чому здійснюється швидке позиціонування носія до необхідної ділянки.

- DDS2 – те саме, але ємність носія 8 і 16 Гбайт відповідно.

- DDS3 – ємність носія 16 і 24 Гбайт, DAT касети з твердою (найчастіше металевою) підставкою і полішеним покриттям магнітного шару.

- DLT – дуже надійний цифровий стандарт запису на 16-міліметрову магнітну стрічку, ємність носія 28, 33, ...45 Гбайт (у залежності від типу носія і марки пристрою).

- Пристрій запису компакт дисків ємністю 0,64 Гбайт, неможливе застосування робота.

- Магнітооптичний накопичувач 2,6 Гбайт (5,2 Гбайт). Паралельний доступ до інформації, файлова структура даних, не менше 10000 тисяч операцій читання-записування, повільний процес записування інформації (150..600 Кбайт/с), відносно невелика ємність носія, що вимагає застосування робота, який збільшує вартість системи.

Можна однозначно стверджувати, що тільки пристрої DDS3 і DLT дозволяють повною мірою використовувати весь набір функцій спеціалізованого програмного забезпечення для резервного копіювання інформації. Таким чином, можна запропонувати два варіанти вибору основного і додаткового пристроїв для резервного копіювання:

1. Основний пристрій – накопичувач DLT, додатковий пристрій – накопичувач типу DDS3;

2. Основний пристрій – накопичувач типу DDS3, додатковий пристрій – магнітооптичний накопичувач обсягом 5,2 Гбайт.

4 МЕТОДИ СИСТЕМНОГО СИНТЕЗУ АСТПВ

4.1 Передпроектний аналіз підприємства і побудова моделей ТПВ

У попередньому розділі були розглянуті базові засоби, які використовуються для автоматизації процесів ТПВ. Тепер перейдемо до питань побудови АСТПВ як єдиної, цілісної системи. Процес такої побудови будемо називати *системним синтезом АСТПВ*.

Синтез будь-якої автоматизованої системи включає як складову частину *аналіз об'єкта автоматизації*. При створенні АСТПВ, у ролі об'єкта автоматизації виступають процеси технологічної підготовки виробництва.

Щоб почати виконувати роботи, необхідно мати опис (модель) об'єкта автоматизації, тобто *модель ТПВ*. Варто розрізняти дві моделі:

- модель ТПВ, що існує на підприємстві в даний момент;
- модель ТПВ, що буде функціонувати після впровадження АСТПВ.

В першому розділі згадувалося, що створення АСТПВ повинно бути пов'язано з модернізацією самих процесів ТПВ. Ця модернізація включає придбання нового обладнання, впровадження нових технологій, удосконалювання організаційних структур та ін. Тому моделі існуючої і майбутньої ТПВ можуть значно розрізнятися.

Обсяги модернізації ТПВ залежать від багатьох факторів – планів підприємства, його конкурентного положення на ринку, наявних фінансових ресурсів, поточного стану ТПВ і т.д. У певній ситуації підприємство може поставити задачу не просто поліпшення, а радикальної перебудови ТПВ для досягнення максимальної ефективності виробництва. Така задача відноситься до класу задач *реінжиніринга бізнес-процесів*.

Реінжиніринг визначається як “фундаментальне переосмислення і радикальне перепроєктування бізнес-процесів компаній для досягнення корінних поліпшень в основних, вирішальних показниках їхньої діяльності”. Його проведення вимагає від підприємства значних фінансових і часових витрат. Однак, як показує світовий досвід, у результаті проведення реінжиніринга підприємство може вирішити безліч своїх проблем і змінити своє положення на ринку.

Розгляд методів реінжиніринга бізнес-процесів виходить за рамки даного навчального посібника. Проте відзначимо, що описані нижче засоби побудови функціональних та інших моделей використовуються при проведенні реінжиніринга.

У першу чергу необхідно одержати модель існуючої ТПВ. Для цього виконується передпроектний аналіз підприємства, який дозволяє визначити ступінь готовності підприємства до розробки і впровадження АСТПВ, оцінити терміни і передбачувані витрати. Тут варто отримати відповіді на питання.

- Задачі ТПВ і як вони вирішуються в наш час.
- Яка організаційна структура служб ТПВ і організація робіт?
- Які інформаційні взаємозв'язки існують між задачами ТПВ?
- Які види і форми документів використовуються?
- Який загальний рівень кваліфікації персоналу, який рівень комп'ютерної грамотності і т.д?

Модель ТПВ, що формується в результаті передпроектного аналізу підприємства, являє собою сукупність функціональної, організаційної та інформаційної моделей:

- **функціональна модель** описує сукупність функціональних підсистем і зв'язків, що відображають порядок взаємодії підсистем при загальному функціонуванні ТПВ;
- **організаційна модель** описує склад і структуру підрозділів і служб ТПВ;
- **інформаційна модель** описує потоки інформації, які існують у функціональній і організаційній моделях.

Необхідна глибина збору інформації залежить від ряду факторів. Так, якщо нова система розглядається як розвиток або удосконалювання вже наявної, то потрібне більш детальне вивчення та обговорення існуючих механізмів ТПВ. Якщо система будується на нових рішеннях, аналіз може бути проведений в укрупненому варіанті.

Після передпроектного аналізу переходять до розробки технічного завдання на створення АСТПВ. У технічному завданні, як уже відзначалося, вказуються функції АСТПВ, її базові характеристики, стратегія і графік виконання робіт, передбачувані витрати, перелік базових систем автоматизації проектування та управління, обраних для використання в АСТПВ. У технічному завданні описується як модель існуючої ТПВ, так і (з тим чи іншим ступенем глибини) модель майбутньої ТПВ. Ця модель уточнюється та удосконалюється на наступних стадіях створення АСТПВ.

Для побудови моделей складних систем існує спеціальна методологія SADT (Structured Analysis Design Technique). Вона була створена на початку 70-х років з метою уніфікувати підходи до опису складних систем. SADT включає як концептуальний підхід до побудови моделей систем, так і набір правил і графічних позначень для їхнього опису. Пропоновані методи побудови *функціональних моделей*, де опис систем виконується з врахуванням виконуваних ними функцій, одержали назву методології IDEF0. Існують також спеціальні методології для побудови *інформаційних моделей*, що описують потоки інформації (IDEFIX) і *динамічних моделей*, що відображають причинно-наслідкові зв'язки між об'єктами системи (IDEF/CPN). Розглянемо коротко методологію IDEF0, тому що функціональні моделі носять центральний характер.

Формою подання моделей у IDEF0 є діаграми. Діаграми містять блоки і дуги. Блоки зображують функції модельованої системи і подаються у вигляді прямокутників. Дуги, які зображуються у вигляді з'єднувальних ліній зі стрілками, зв'язують блоки і відображають взаємозв'язки між ними.

Блоки відповідають *функціям* системи, тому назвами блоків є дієслова чи дієслівні звороти (наприклад, "Розробити технологічний процес"). Дуги зображують *об'єкти* – наприклад, плани, дані, устаткування, і тому описуються (позначаються) іменниками чи іменниками з означеннями.

Між функціями та об'єктами можливі чотири відношення: вхід, керування, механізм, вихід (рис. 15). *Вхідні дуги* зображують об'єкти, які використовуються функціями. *Дуги керування* надають інформацію, необхідну для виконання функцій. *Дуги механізмів* описують, як функції реалізуються. *Вихідні дуги* зображують об'єкти, у які перетворюються входи. (Приклади конкретних відносин між функціями та об'єктами в діаграмі IDEF0 показані на рис. 16). Таким чином, дуги на діаграмах зображують інтерфейси між *функціями* системи, а також між системою і навколишнім середовищем.

Опис складної системи завжди залежить від того, з якої точки зору вона розглядається. Тому на діаграмах IDEF0 вказується, з точки зору якої посадової особи чи фахівця здійснюється опис (наприклад, "Точка зору – начальник інструментального цеху").

На одній діаграмі IDEF0 повинно бути не більш шести блоків, що полегшує розуміння і використання діаграм. Виконання цієї вимоги досягається вибором відповідного рівня деталізації функцій у діаграмі.

Для більш докладного опису тих блоків, де функції зазначені в "узагальненому" вигляді, можна побудувати додаткові діаграми, що

деталізують ці функції і процеси їхнього виконання. Кількість рівнів такої деталізації не обмежена.

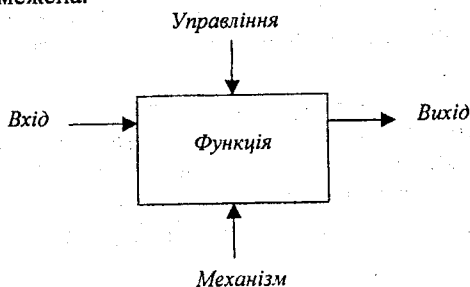
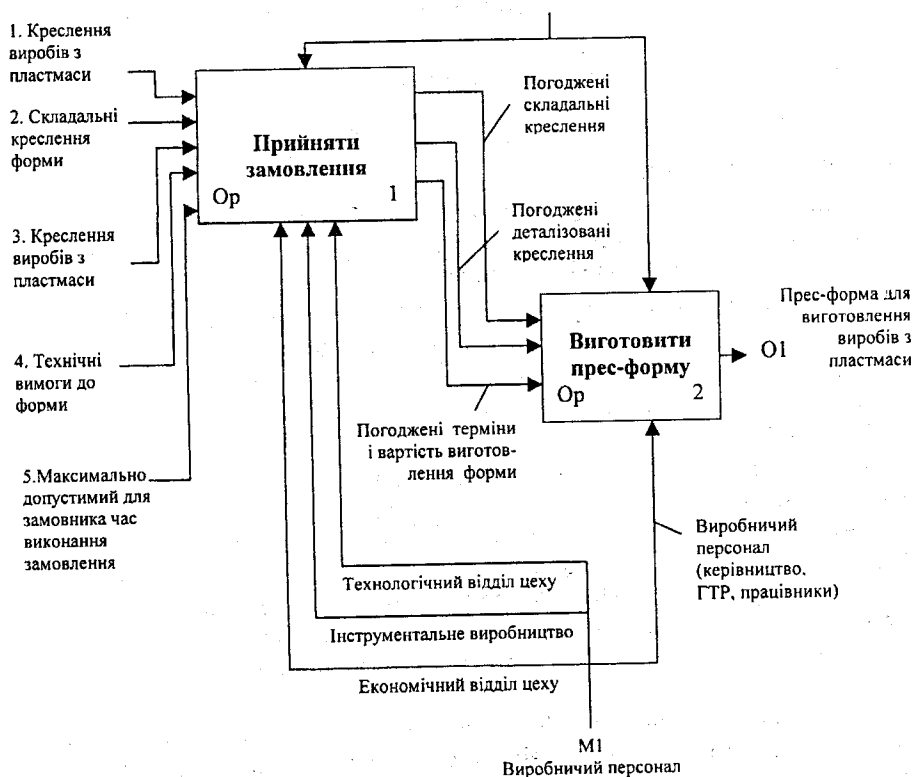


Рисунок 15 – Відносини між функціями та об'єктами

Можливості виробництва С1



Точка зору – Начальник інструментального цеху

Рисунок 16 – Приклад діаграми IDEF0

Існують спеціальні програмні засоби, які дозволяють автоматизувати процеси формування структур і графічних зображень створюваних функціональних моделей IDEF0. До таких засобів відноситься пакет Design/IDEF, який автоматизує початкові етапи проектування складних інформаційних систем.

Пакет Design/IDEF належить до так званих систем класу CASE (Computer Aided Software Engineering). Засоби CASE дозволяють у наочній формі моделювати предметну область, аналізувати її на всіх етапах розробки і супроводу, розробляти необхідні додатки.

При розробці проекту інформаційної системи Design/IDEF забезпечує:

- формулювання вимог і цілей проекту – визначення того, що проектувана система буде робити;
- розробку специфікацій (формалізованого опису вимог);
- створення проекту – визначення складу підсистем і взаємодій між ними;
- документування проекту – створення бази даних проекту, текстові описи складових частин проекту;
- аналіз проекту – перевірка проекту на повноту і відсутність невідповідностей.

Проект інформаційної системи, який створюється у Design/IDEF, складається з двох частин:

- проект функціональної структури системи, що містить ієрархічно зв'язані сторінки з IDEF0-діаграмами і описує усі модулі системи, їх взаємозв'язки, вхідні і вихідні параметри;
- проект інформаційної структури системи – логічної моделі її бази даних, що описує всі структури і взаємозв'язки даних.

Обидва проекти перевіряються на повноту і відсутність невідповідностей, супроводжуються базою даних проекту і документацією.

Використання методології IDEF0 при побудові моделей ТПВ дозволяє підвищити якість і глибину пророблення, систематизувати інформацію, зменшити кількість помилок, поліпшити проектну документацію і т.д. Методологія IDEF0 дає можливість всім учасникам проекту створення АСТПВ (як співробітникам підприємства, так і представникам зовнішніх фірм) краще зрозуміти існуючі процеси ТПВ, одержати необхідну інформацію для наступних етапів системного синтезу АСТПВ.

Подальша конкретизація моделі ТПВ залежить від використовуваного підходу і відповідних інструментальних засобів, обраних для побудови АСТПВ. Так, при класичному підході інформаційні системи (до яких відноситься АСТПВ) розбиваються на складові частини,

кожна з яких розглядається окремо від інших. Класичний підхід реалізує структурне проектування, коли розбивання (декомпозиція) системи здійснюється за принципом “зверху-вниз”.

У результаті створення АСТПВ складається з етапів аналізу, проектування, програмування, тестування і супроводу. Якщо ці етапи виконуються послідовно, то такий метод створення системи називається *каскадним*. При цьому, наприклад, програмування можна почати тільки після закінчення аналізу і проектування. Це призводить до втрат часу, не дозволяє швидко розробляти прототипи системи. Каскадний метод не узгоджується з ітеративним характером розробки, коли на наступних етапах може з'ясуватися необхідність внесення змін у рішення, прийняті на попередніх етапах.

Для усунення цього недоліку був розроблений *спіральний* підхід. Він полягає в тому, що розробка ведеться ніби по спіралі, причому на кожному її витку виконуються послідовно перераховані вище етапи так, що проект поступово уточнюється. Але цей підхід має свої недоліки – трудомісткість внесення змін, великий обсяг документації за проектом, складність складання системи.

Найбільш сучасним і продуктивним вважається *об'єктно-орієнтований* підхід. Цей підхід реалізований у цілому ряді систем програмування та інструментальних засобів – зокрема, у PDM-системі SmarTeam (див. п. 2.3) . Розглянемо деякі основні поняття та особливості даного підходу.

Об'єктом називається деяке поняття, що належить до розглянутої предметної області – наприклад, “цех”, “різальний інструмент”, “технологічний процес” та ін. Об'єкти, що мають однотипні характеристики, об'єднуються в *підкласи і класи* – наприклад, об'єкт “фреза” є елементом підкласу “різальний інструмент”, що входить у клас “засоби технологічного оснащення”.

Ще одне важливе поняття – *успадкокування*. Воно дає можливість створювати з класів нові класи при збереженні всіх властивостей класів-батьків. Після створення нового класу, у його опис можуть бути внесені необхідні доповнення. Успадковування дозволяє створювати ієрархії класів і є ефективним засобом внесення змін і доповнень у створювані моделі і програмні системи.

Об'єктно-орієнтована декомпозиція предметної області полягає в її представленні у вигляді сукупності класів і об'єктів. При цьому ієрархічний характер системи відображається у вигляді ієрархії класів, а її функціонування розглядається як взаємодія об'єктів. При такому підході складна система описується найбільш природним способом.

Цикл розробки об'єктно-орієнтованої системи містить кілька етапів, але на відміну від структурного підходу в ньому немає строгої

послідовності їх виконання. Процес носить принципово ітеративний характер, що в найбільшій мірі відповідає потребам розробки (рис. 17).

Більш детально, переваги об'єктно-орієнтованого підходу полягають у такому:

- з'являється можливість розпаралелювання робіт;
- спрощується внесення змін у модель предметної області;
- забезпечується гнучкість архітектури створюваної системи;
- полегшується повторне використання вже розроблених елементів (використання типових рішень);
- забезпечується природність опису об'єктів і зв'язків між ними.

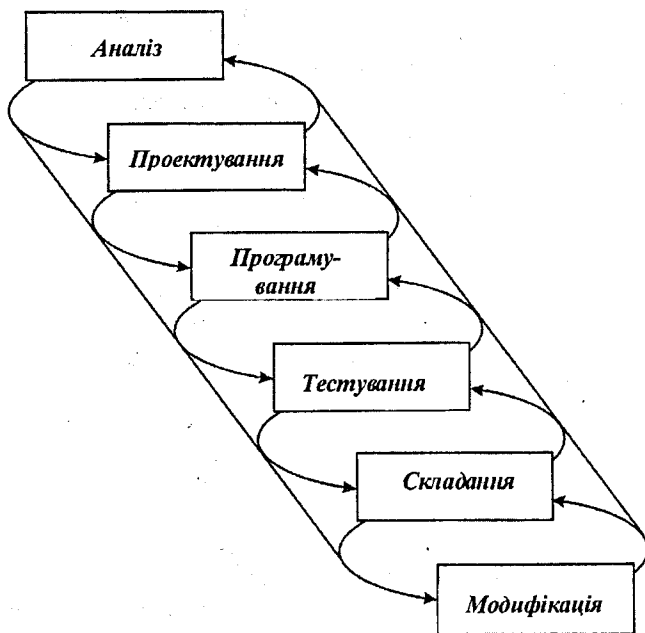


Рисунок 17 – Цикл розробки з використанням об'єктно-орієнтованого підходу

До недоліків підходу відноситься те, що він значною мірою орієнтований на програмістів, ніж на інших фахівців, що беруть участь у проєкті. Тому останнім часом розвиваються інструментальні засоби, що містять додаткові можливості – можливість імітаційного моделювання роботи створюваної системи і можливість представляти в моделях знання про предметну область, що погано формалізуються (інженерія знань).

4.2 Організація єдиного інформаційного простору ТПВ

Функціонування АСТПВ як єдиної, цілісної системи припускає функціонування всіх її компонентів у єдиному інформаційному просторі (ЄІП) ТПВ. Під ЄІП розуміється єдине комп'ютерне інформаційне середовище, реалізоване засобами PDM-системи, яке забезпечує спільну, узгоджену роботу конструкторів, технологів та інших фахівців підприємства протягом усього часу життєвого циклу виробу.

Велика кількість різних видів даних, використовуваних в АСТПВ, вимагає визначення деяких загальних критеріїв, які повинні бути задовільнені. Іншими словами, необхідно визначити *базову модель даних*. Тільки в цьому випадку можна буде побудувати уніфіковані і ефективні механізми збереження та обробки інформації. При виборі базової моделі даних необхідно враховувати таке.

1. АСТПВ створюється і використовується великою кількістю фахівців, що розв'язують різні задачі. Тому модель даних повинна бути організована так, щоб усі фахівці могли ефективно використовувати результати роботи один одного і, при необхідності, вносити в модель свої зміни.
2. Процес створення АСТПВ є ітеративним, тому модель повинна, з одного боку, допускати послідовні уточнення, а з іншого боку – бути стійкою до змін предметної області. Це означає, що при модифікаціях предметної області повинен змінюватися тільки деякий мінімальний необхідний набір елементів моделі.

Таким вимогам відповідає об'єктно-орієнтований підхід. Об'єктно-орієнтована модель даних містить такі основні поняття: об'єкт; характеристики об'єкта; зв'язок між об'єктами; характеристики зв'язку. Характеристиками об'єкта можуть бути будь-які атрибути, які необхідні для представлення цього об'єкта при розв'язанні поставлених задач обробки інформації. Наприклад, інформація основного надпису документа може служити характеристикою цього документа.

Між об'єктами організуються зв'язки і визначаються характеристики цих зв'язків. Характеристики зв'язків не залежать від характеристик об'єктів, що зв'язуються. Наприклад, "Номер зони", "Номер позиції" і "Кількість" є характеристиками ієрархічного зв'язку деталі зі складальною одиницею. Дана деталь може бути зв'язана з різними складальними одиницями, і при цьому зазначені характеристики можуть бути різними. Без встановлення зв'язку ці характеристики не мають сенсу.

Таким чином, кожен виріб чи документ представляються як самостійні об'єкти, що можуть бути зв'язані між собою різними видами зв'язків, а вся інформація про об'єкт повинна бути "розкладена" по

чотирьох “поличках” об’єктно-орієнтованої моделі: об’єкт; характеристики об’єкта, зв’язок об’єкта з іншими об’єктами; характеристики зв’язку.

Для створення ЄІП на основі об’єктно-орієнтованого підходу будемо використовувати PDM-систему SmarTeam (див. п. 2.3). Досвід адаптації цієї системи до умов вітчизняних підприємств дозволив одержати результати, що будуть корисні для фахівців, які розпочинають вибір, упровадження чи вивчення PDM-систем.

Першим і одночасно одним з найбільш важливих і відповідальних кроків при побудові ЄІП є розробка *системи класифікації інформаційних об’єктів*. Основною вимогою до системи класифікації є відповідність цільовим функціям ТПВ підприємства. Визначення класів об’єктів та їх характеристик формується послідовно зі створенням АСТПВ.

Клас – це набір об’єктів, що мають спільні атрибути, причому серед цих атрибутів є хоча б один, котрий відрізняє об’єкти даного класу від об’єктів інших класів у моделювальній предметній області. Наприклад, при класифікації виробів, об’єкти-деталі (які утворюють клас “Деталь”) мають характеристику “Матеріал”, що відрізняє ці об’єкти від всіх інших видів виробів за ЄСКД – складальних одиниць, комплексів, стандартних виробів та ін.

Класифікація інформаційних об’єктів може бути виконана різними способами. При побудові системи класів необхідно прагнути до того, щоб:

- по можливості уникнути дублювання інформації;
- спростити роботу користувача з даними;
- врахувати розподіл прав доступу;
- прискорити пошук даних при виконанні запитів.

Облік усіх цих факторів, за умови відповідності моделі даних цільовим умовам ТПВ підприємства, вимагає розуміння механізмів збереження й обробки даних, а також знання особливостей використовуваної PDM-системи.

Так, у PDM SmarTeam вся інформація організована у вигляді проектів (див. п. 2.3). При цьому категорія “Проекты” являє собою загальне позначення розділу, у якому розміщуються створювані класи об’єктів. Однак, розміщення всіх класів об’єктів у розділі “Проекты” призводить до того, що розмір дерева класифікації стає дуже великим, внаслідок чого утруднюється робота користувача з даними. Для рішення цієї проблеми скористаємося можливістю SmarTeam створювати інші інформаційні розділи поряд з розділом “Проекты”.

У зв’язку з цим, усі класи об’єктів розділяються на дві категорії – категорію провідних і категорію класів, що доповнюють (рис. 18). Провідні класи об’єктів створює розробник АСТПВ, включаючи їх у розділ (групу класів) “Проекты”. У групу класів “Проекты” доцільно

включити вироби власного виробництва підприємства і вироби, що виготовляються по кооперації у відповідності до документації проекту.

Доповнювальні класи об'єктів також створює і об'єднує в групи розробник АСТПВ, він же дає цим групам (новим розділам) імена. Як приклади груп доповнювальних класів можна навести: "Материалы"; "Конструкторская документация"; "Технологическая документация"; "Изготовительные планы" та ін.

Класи об'єктів у межах своїх груп (наприклад, у межах групи "Проекты" чи групи "Конструкторская документация") можуть бути рівноправними, тобто подані у вигляді списку або можуть знаходитися в ієрархічному зв'язку між собою, тобто подані у вигляді дерева класів даної групи.

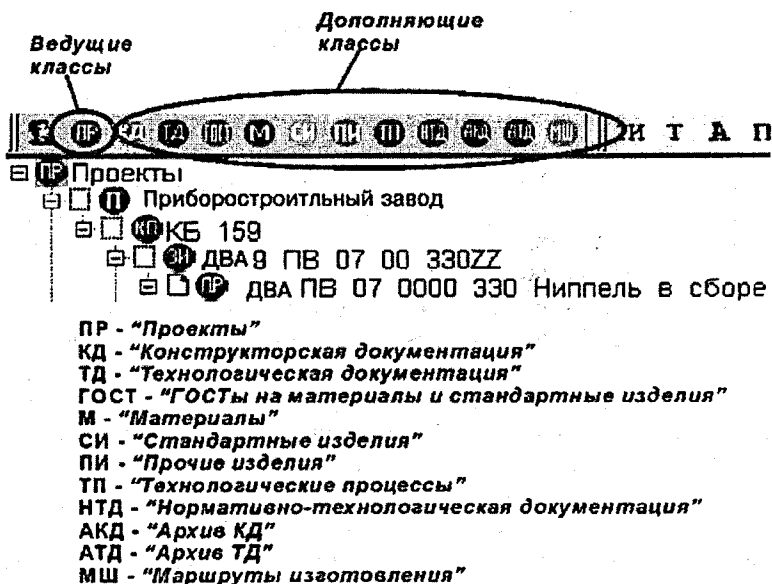


Рисунок 18 – Провідні і доповнювальні класи об'єктів

Якщо класи знаходяться в ієрархічному підпорядкуванні, то в дію вступає правило успадковування характеристик об'єктів і всіх дій над ними від вищих до нижчих класів. Наприклад, якщо даному користувачу дані права перегляду інформації про об'єкти вищого класу, то автоматично йому даються права перегляду інформації про об'єкти нижчих класів, що "підлегли" зазначеному вищому класу.

Необхідно відрізнити дерева класів від дерев об'єктів. *Дерева класів* показують припустимі ієрархії об'єктів і шляхи успадковування загальних

характеристик від вищого класу до нижчого в межах групи. *Дерева об'єктів* описують структуру конкретних об'єктів у відповідності до прийнятої системи класифікації.

Після розробки системи класифікації, у PDM SmarTeam створюється відповідна модель даних і виконується процес настроювання системи. При цьому можна створювати нові класи, об'єкти і відносини між ними, видаляти або змінювати елементи моделі даних. Настроювання за допомогою редактора екранних форм дозволяє одержати бажаний вигляд облікових карток об'єктів. Іншим рівнем настроювання системи є використання вбудованої мови програмування Basic Script, що входить до складу програмного інтерфейсу API (Application Programming Interface). Розроблені на Basic Script процедури можна "прив'язувати" до визначених подій чи дій (наприклад, до натискання клавіші чи вибору об'єкта). Наявність API дозволяє також створювати додатки на будь-яких інших мовах програмування високого рівня.

Розміщення конкретних даних в ЄІП і їхня обробка здійснюються в процесі безпосереднього функціонування підсистем АСТПВ. Важливою частиною вмісту ЄІП є опис складу, структури, геометрії і матеріалів виробів у вигляді таких компонентів: зв'язки елементів виробу – у вигляді дерева проекту; структура – у вигляді складальних файлів CAD-систем; геометрія – у вигляді тривимірних моделей і креслень; матеріали – у вигляді баз даних позначень і властивостей матеріалів.

Іншою важливою частиною вмісту ЄІП є опис структури і складу технологічних процесів виготовлення виробів. Опис ТП представляється у вигляді дерева виконуваних технологічних операцій і переходів, а також відповідною технологічною документацією, що генерується автоматично в необхідних форматах документів. Більш докладно про проектування ТП у середовищі PDM SmarTeam буде сказано в п. 4.1.

Інформація, одержана на етапах ТПВ, зберігається, разом з інформацією інших етапів ЖЦВ, у єдиній базі даних і використовується як PDM-системою, так і іншими системами. Усі ці системи та їхні компоненти, що працюють з інформацією, можна класифікувати за так званими "контурами" програмного забезпечення, що включають: *внутрішньосистемний контур*; *технологічний контур*; *проектний контур*; *зовнішній контур* (рис. 19).

Внутрішньосистемний контур являє собою програмне забезпечення SmarTeam для виконання таких базових функцій:

- редагування структури бази даних і екранних форм;
- введення в базу даних інформації про об'єкти, ієрархічні і логічні зв'язки між об'єктами;
- ведення складу проектів;

- класифікація об'єктів і успадковування інформації;
- ведення життєвого циклу документів;
- автоматичне ведення версій документів;
- пошук документів за обліковою інформацією і логічними зв'язками;
- автоматичне нарощування позначень документів і об'єктів;
- регламентація прав доступу до інформації;
- експорт і імпорт інформації;
- складання графіків виробничих завдань і відстеження їхнього виконання.

Технологічний контур – це набір прикладних програм (підсистем, модулів), розроблених за допомогою мови програмування Basic Script і засобів програмного інтерфейсу API PDM SmarTeam. Створені прикладні програми розв'язують найрізноманітніші задачі проектування, керування і документування в АСТПВ. До таких задач відносяться: проектування технологічних процесів; розрахунок потреби в матеріалах і стандартних виробах; формування циклограм складання; одержання зведених конструкторсько-технологічних документів та ін. Розглянута в п. 4.1 система автоматизованого проектування ТП також відноситься до програм технологічного контура.



Рисунок 19 – Програмні контури і єдина база даних про продукт

Проектний контур являє собою сукупність використовуваних CAD/CAM- і CAE-систем. Для розв'язання своїх задач фахівці-проектувальники використовують "свою" CAD/CAM-систему і відповідні засоби інтерфейсу (інтеграції) з внутрішньосистемним контуром PDM. Як найпростіший приклад інтеграції можна навести обмін ідентифікаційними даними документа. CAD-системи мають функцію введення ідентифікаційних даних (наприклад, в основний напис креслення), а PDM-система має функцію введення ідентифікаційних даних у паспорти креслень, збережених у базі даних. Для CAD-систем, що інтегровані з SmarTeam, ця функція є єдиною, і ідентифікаційні дані документа досить ввести або в PDM-систему, або в CAD-систему.

Інший приклад інтеграції – це обмін 3D-моделями. Моделі, створені в CAD-системі, повинні передаватися в PDM-систему для збереження, а моделі, збережені в PDM-системі (наприклад, моделі стандартних виробів чи запозичених деталей), повинні передаватися в CAD-систему при створенні моделей складальних одиниць.

Зовнішній контур – це використання інформації, створеної на етапі ТПВ, споживачами, які обслуговують інші етапи ЖЦВ (маркетинг, постачання, виробництво, контроль, упакування, реалізація, монтаж, техобслуговування, утилізація). Робочі місця "споживачів" можуть бути оснащені PDM SmarTeam чи іншими системами. Для цих систем повинен існувати інтерфейс із PDM SmarTeam. Так, спеціальний модуль SmartGateway забезпечує інтеграцію з ERP-системами, зокрема, з відомою системою керування виробництвом SAP R/3.

Єдиний інформаційний простір, побудований на базі PDM SmarTeam, створює основу для успішного комплексного функціонування АСТПВ, для ефективної організації спільної, погодженої роботи конструкторів, технологів та інших фахівців ТПВ підприємства. У результаті забезпечуються:

- прискорення процесів ТПВ за рахунок паралельного виконання робіт і електронного обміну даними між фахівцями;
- підвищення якості та достовірності інформації за рахунок прозорості системи і взаємоконтролю учасників процесів проектування;
- накопичення і збереження інформації в електронному вигляді;
- відсутність непотрібного дублювання інформації;
- гнучкість створюваної АСТПВ, зручність її розвитку та адаптації до змінних умов виробництва.

4.3 Управління інформацією і технологією Workflow

Будь-який інформаційний об'єкт в ЄІП створюється (прямо чи непрямо) діями конкретного фахівця або групи фахівців. У свою чергу, діяльність фахівців служб ТПВ підприємства підпорядкована виробничим планам і завданням, у результаті виконання яких і відбувається формування даних об'єктів. Звідси випливає, що керування створенням і змінами інформаційних об'єктів тісно зв'язано з керуванням виробничими завданнями, що регламентують зміст і терміни виконуваних проектних робіт. Для такого керування використовуються спеціальні методи і засоби – технології Workflow.

За визначенням, технології Workflow – це методи і засоби автоматизації керування потоками виробничих завдань на підприємстві. Більш широко технології Workflow визначають як автоматизацію бізнес-процесів, що протікають на підприємстві і складають сутність його діяльності.

Як приклад потоку виробничих завдань у сфері ТПВ, можна навести послідовність завдань (робіт), що виникають після внесення змін у конструкцію виробу, який випускається підприємством. Внаслідок змін у виробі, формуються завдання на зміну або розробку нових ТП, на модифікацію використовуваних засобів технологічного оснащення, на придбання нового інструменту і т.д. Усі ці завдання повинні бути погоджені між собою в часі, а їхнє виконання повинне контролюватися, тобто повинно здійснюватися керування потоком завдань.

Розглянемо розв'язання задачі керування потоками виробничих завдань із застосуванням спеціального пакета SmarTeam Workflow – одного з компонентів PDM SmarTeam. SmarTeam Workflow дозволяє описувати потоки завдань у вигляді графіків завдань (рис. 20), ініціювати і контролювати їхнє виконання, повідомляти користувачів про хід робіт.

Графіки завдань (діаграми Workflow) у SmarTeam Workflow являють собою сукупність вузлів і з'єднувачів, по яких інформація переміщається від одного вузла чи стану до іншого. Вузол визначає виробниче завдання і його характеристики. При складанні виробничого завдання для кожного вузла вказуються такі властивості, як користувач, дії якого в робочому процесі відповідають цьому вузлу графіка завдань, і завдання, що він повинен виконати, а також терміни або інші умови виконання завдання. У принципі можна створювати такі вузли, завдання в яких будуть виконуватися не користувачем, а самою системою SmarTeam (наприклад, передача даних або видача повідомлень). Завдання бувають трьох типів:

- *Ручне завдання.* Користувач просто виконує те, що йому запропоновано в цьому вузлі, і відсилає результати далі.

- **Операція.** Користувач повинен зробити яку-небудь стандартну дію, підтримувану системою, наприклад, “Взять на изменение”, “Утвердить” і т.д.
- **Скрипт.** У цьому випадку користувач вузла повинен запустити складену раніше програму (скрипт), котра виконає необхідні дії.

Графік завдань має один стартовий (початковий) вузол, що відповідає початку робіт, і один кінцевий вузол, досягнення якого говорить про завершення виконання графіка. Графік описує загальну схему виробничого процесу безвідносно до об'єкта, для якого цей процес застосовується. Наприклад, графік “Разработать сборочный чертеж” описує схему дій безвідносно до конкретної складальної одиниці.

Після того, як графік створений, він може бути використаний для запуску процесу виконання конкретного завдання. Ініціювання процесу виконання відбувається на основі якої-небудь події – наприклад, закінчення розробки моделі складальної одиниці. При ініціюванні відбувається прив'язка графіка завдань до конкретної ситуації (у даному прикладі, це прив'язка графіка “Разработать сборочный чертеж” до конкретної складальної одиниці).

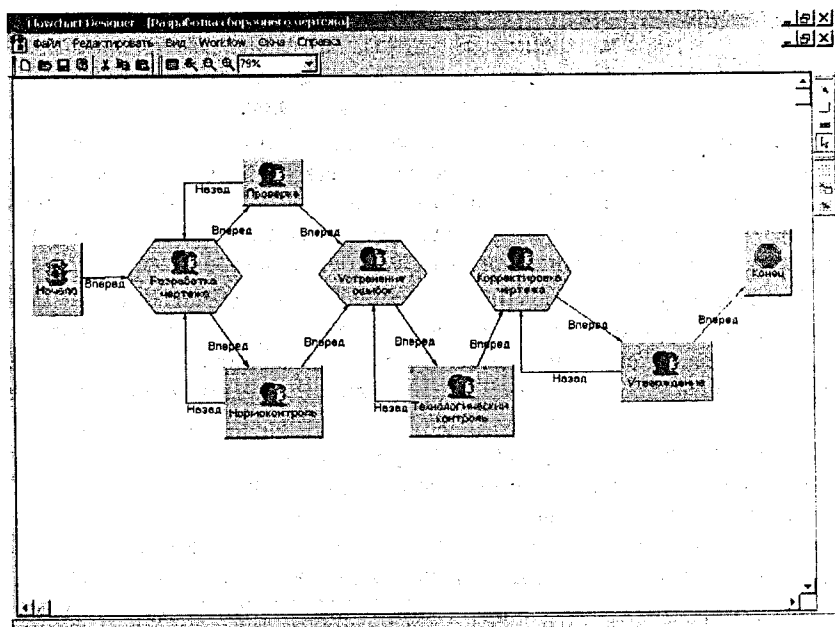


Рисунок 20 – Приклад графіка завдань у підсистемі SmarTeam Workflow

Сам процес виконання відбувається в такий спосіб. Після ініціювання процесу в стартовому вузлі графіка, ініціюються ті вузли, що зв'язані з'єднувачами зі стартовим вузлом. Користувачі, прикріплені до цих вузлів, засобами внутрішньої електронної пошти одержують директиви (повідомлення) про необхідність виконати зазначені завдання. Разом з директивами передається вся необхідна для роботи інформація. Після того, як користувач виконав завдання, він повідомляє систему про виконання. Це ініціює наступні вузли графіка, які мають зв'язки з даним вузлом і т.д., до завершення виконання всіх робіт у кінцевому вузлі графіка. Виконані вузли завдання мають спеціальну кольорову позначку, що дозволяє легко контролювати загальний стан робіт.

Графіки завдань передбачають можливість створення послідовних, паралельних, а також комбінованих шляхів (зв'язків). Завдання в графіках можуть мати так звані тригери (перемикачі) подій, що спрацьовують або коли завдання отримане, або коли завдання виконане. За допомогою тригера подій можна ініціювати інший графік завдань чи програму-скрипт, забезпечуючи велику гнучкість виконуваних дій.

Будь-яке завдання може знаходитися або в одному з "стандартних" станів (work-in-process – не завершено; registered – зареєстровано; controlled – контролюється; released – затверджено; frozen – заморожено), або в одному зі станів, заданих користувачем у процесі виконання дій.

Графіки завдань створюються за допомогою спеціального компонента SmarTeam WorkFlow – програми Flow Chart Designer с графічним інтерфейсом. Програма дозволяє створювати вузли різної форми, з різними рисунками (можна помістити в якості рисунка фотографію користувача вузла), перетаскувати вузли і з'єднувачі по екрану, задавати напрямок передачі інформації від одного вузла до іншого і т.д. Спеціальне вікно дозволяє спостерігати за статусом будь-якого завдання в реальному масштабі часу. Користувачі також можуть переглядати звіти з різної інформації, що виникає в процесі виконання виробничих завдань. У систему включені шаблони типових графіків завдань (наприклад, процесу інженерних змін). Ці шаблони спрощують побудову графіків і можуть бути змінені для цілей конкретного підприємства.

Для відправлення й одержання повідомлень про необхідність виконання завдань використовується вбудована в SmarTeam WorkFlow поштова система повідомлень SmartBox (рис. 21). Користувачі можуть настроїти її на періодичну перевірку надходження нових повідомлень. Системи електронної пошти не потрібно, однак, SmarTeam Workflow може бути приєднаний до електронної пошти, щоб мати можливість додаткового повідомлення та інформування користувачів

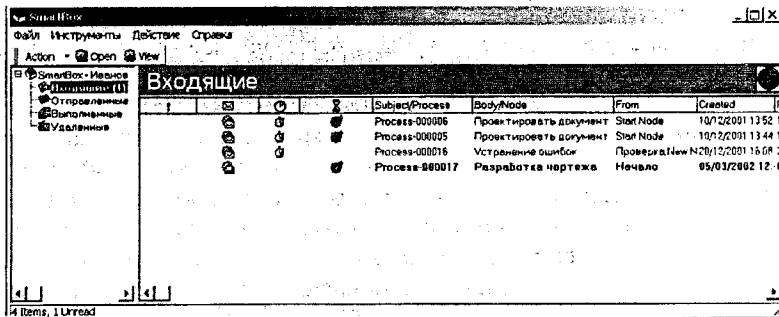


Рисунок 21 – Поштова система повідомлень SmartBox

Інструкції, файли і дані, які повинні бути задіяні, приєднуються до повідомлень, що посилаються. Великі набори даних, наприклад, CAD-моделі, насправді не посилаються, але користувачу повідомляється їхнє розташування, щоб він міг легко одержати доступ до них. Це забезпечує невеликий розмір приєднаного пакета. Відправлені дані задач і інструкції з'являються в поштової скриньці одержувача. Повідомлення про події (наприклад, про затвердження) можуть бути також послані іншим користувачам, яким не потрібно виконувати ніяких дій.

Впровадження методів і засобів Workflow торкається не тільки технічних фахівців (конструкторів, технологів), уже знайомих із комп'ютерними технологіями. Воно вимагає визначеного рівня комп'ютерної грамотності від великої кількості інших фахівців і керівників підрозділів, значного підвищення загальної виконавчої дисципліни. Тому керівництво підприємства повинно бути готове до проведення відповідних підготовчих робіт при впровадженні технологій Workflow.

5 КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ В АСПВ

5.1 Проектування технологічних процесів

У попередніх розділах ми згадували різні види технологічних процесів (ТП). У стандартах ЄСКД (ДСТ 3.1201-85) встановлюється класифікація видів ТП за методом виконання – обробка різанням (механообробка), обробка тиском, лиття металів і сплавів, зварювання, складання та ін. Проектування всіх технологічних процесів має у своїй основі загальну методологію, однак, з метою більшої конкретності

викладу, розглянемо нижче проектування технологічних процесів механообробки.

Нагадаємо, що ТП механообробки складається з маршруту та операцій. Маршрут складається з послідовності операцій при обробці даної деталі, наприклад: “Заготівельна” → “Токарна” → “Фрезерна” → “Термообробка”. Операція може включати послідовність переходів, наприклад: “Установити заготовку” → “Точити поверхню” → “Точити канавку” → “Нарізати різьбу” → “Відрізати деталь”. Для кожної операції в ТП вказуються необхідне устаткування, інструмент і оснащення. У переходах задаються технологічні режими обробки, наприклад, величина подачі та частота обертання шпинделя. Таким чином, структура ТП носить ієрархічний характер і може бути подана у вигляді дерева.

Комплект технологічних документів на ТП механообробки включає маршрутну карту (опис маршруту), операційні карти (опис операцій), відомість оснащення (перелік використовуваних засобів технологічного оснащення) і ряд інших документів; відповідно до ЄСКД (ДСТ 3.1201-85). У стандартах ЄСКД установлюються також форми бланків і правила оформлення технологічної документації.

Проектування ТП механообробки деталей було однією з перших задач, спроби розв’язання яких починалися в АСТПВ. При цьому багато запропонованих раніше ідей методів автоматизації проектування збереглися до сьогоднішнього дня. Однак деякі підходи, з урахуванням сьогоднішніх вимог, вимагають корінних змін.

Існує три основних методи автоматизованого проектування ТП:

- індивідуальне проектування;
- проектування на основі групового ТП;
- проектування ТП методом синтезу.

Метод індивідуального проектування полягає в “ручній” компоновці необхідної послідовності операцій і переходів з використанням наявної в системі автоматизації проектування (САПР ТП) бази даних. Ця база містить списки найменувань операцій і переходів, переліки застосовуваного устаткування, пристосувань, різального, допоміжного і вимірювального інструмента. Індивідуальне проектування передбачає також можливість використання розроблених раніше ТП (як ТП-аналогів). При цьому проектування, власне кажучи, зводиться до редагування вже наявного ТП.

Сам вибір ТП-аналога являє собою окрему задачу, яка розв’язується за схемою: “Дана деталь” → “Деталь-аналог” → “ТП-аналог”. Інакше кажучи, для пошуку ТП-аналога необхідно вирішити задачу пошуку деталі-аналога. При цьому можуть використовуватися спеціальні класифікатори деталей і алгоритми пошуку.

Проектування на основі групового ТП базується на попередньо виконаному групуванні деталей і розроблених групових ТП. При цьому груповий ТП використовується як “шаблон”, який набудовується на параметри конкретної деталі.

Основною проблемою тут є групування деталей. Існує три методики групування: на основі використання класифікатора деталей; шляхом відбору деталей з бази даних на підставі складеного технологом запиту; алгоритмічне формування груп деталей у n -мірному просторі ознак. Реалізація кожного з цих методів вимагає виконання значного обсягу попередніх робіт: в першому випадку це класифікація і кодування деталей, у двох інших – придбання та освоєння відповідного програмного забезпечення, його настроювання і формування бази даних деталей.

Метод синтезу ТП складається в алгоритмічному формуванні ТП на підставі наявного геометричного опису деталі. В зв'язку з тим, що не існує строгих математичних методів формування структури ТП на підставі опису деталі, то алгоритми синтезу носять в основному евристичний характер і є дійсними тільки в межах деяких (обраних і обговорених заздалегідь) груп чи класів деталей.

Евристичні алгоритми проектування ТП можуть бути реалізовані у вигляді спеціальних таблиць, правил чи фреймів. Методи їхньої побудови базуються на *теорії представлення знань*, яка є галуззю теорії штучного інтелекту.

Розроблені раніше, а також використовувані сьогодні САПР ТП, реалізують ті чи інші із зазначених методів. При цьому, у всіх випадках, опис ТП формується у вигляді деякої інформаційної моделі, а технологічна документація є відображенням цієї моделі в зовнішню сферу.

Велика частина використовуваних на практиці САПР ТП базується на застосуванні методу індивідуального проектування. Це обумовлено тим, що такі системи найбільш прості і є універсальними.

Основне обмеження цих використовуваних сьогодні систем полягає в тому, що вони *не інтегровані в єдиний інформаційний простір* ТПВ підприємства. Внаслідок цього, їхнє використання при комплексній автоматизації або вкрай ускладнено, або неможливо.

Формовані цими системами ТП являють собою локальні файли, що вимагає наявності спеціальних інтерфейсних програм для “перекачування” ТП в єдину базу даних ТПВ. При цьому склад параметрів, що описують ТП, у файлі ТП і в єдиній базі даних може не збігатись, що породжує нові, іноді нездоланні труднощі.

Крім того, як уже відзначалося, САПР ТП використовує у своїй роботі власну базу даних. Однак єдина база даних ТПВ також містить інформацію про устаткування, оснащення та інструмент. Виникає

непотрібне дублювання інформації і необхідність обслуговування декількох баз замість однієї. Можлива ж інтеграція САПР ТП з єдиною базою даних може виявитися утрудненою через те, що опис даних у САПР ТП не збігається з описом в єдиній базі даних.

Вирішення цих проблем полягає в тому, що *САПР ТП повинна розроблятися в середовищі PDM-системи*, що забезпечить інтеграцію результатів проектування в єдиний інформаційний простір (ЄІП).

Відповідно до принципів побудови ЄІП, розглянутих в п. 3.2, виконаємо такі дії.

1. Створимо клас “Технологические процессы” в групі доповнювальних класів системи класифікації. У цьому класі будуть розміщатися індивідуальні та типові ТП, а також списки найменувань технологічних операцій і переходів.
2. Створимо клас “Технологическая документация” в групі доповнювальних класів системи класифікації. У цьому класі будуть розміщуватись комплекти технологічних документів (титульний лист, маршрутна карта, операційні карти, відомість оснащення та ін.).
3. Створимо підклас “Средства технологического оснащения (СТО)” у класі “Технологические процессы”. Тут буде міститись інформація про наявні на підприємстві технологічні устаткування, пристосування, різальний, допоміжний і вимірювальний інструменти.

Останнє рішення обумовлене тим, що в підкласі “СТО” міститься тільки та інформація про устаткування і засоби технологічного оснащення, яка необхідна при проектуванні ТП. Так, інформація про устаткування включає тільки найменування моделі верстата (устаткування), яке заноситься в маршрутну та операційну карти.

Заповнення бази даних (інформацією про устаткування, оснащення, інструмент, найменування операцій і переходів) може здійснюватися двома способами:

- безпосереднім занесенням інформації користувачем (в інтерактивному режимі) у відповідні розділи бази даних;
- автоматичним занесенням інформації у базу даних у процесі розробки індивідуальних ТП.

Другий метод застосовується тоді, коли технолог при проектуванні ТП не знайшов у базі даних необхідної інформації, і змушений увести її в ТП вручну. У цьому випадку він може дати команду на запис введеної інформації в базу даних. Таке занесення звільняє користувачів від необхідності повторного введення даних в інтерактивному режимі і сприяє поступовому автоматичному формуванню бази даних.

Проектування ТП (як проектування “з нуля”, так і проектування на основі ТП-аналога) виконується як *стандартний процес побудови дерева*

проекту (рис. 22). Можна додавати, видаляти чи замінити вузли дерева, описувати їхні конкретні характеристики. При цьому визначається послідовність операцій у маршрутному ТП, послідовність переходів в операційних ТП, вибирається необхідне устаткування, пристосування та інструмент, вказуються режими обробки.

Усі ці дії здійснюються з використанням відповідних розділів бази даних. Наприклад, при додаванні в дерево ТП нової операції, технолог вибирає найменування операції з пропонованого системою списку. При виборі, наприклад, різального інструмента для переходу “Точить поверхность”, технолог переглядає списки наявних різців і т.д.



Рисунок 22 – Проективання ТП у PDM SmarTeam

Засоби налаштування системи дозволяють реалізувати так званий спрямований пошук інформації. Цей пошук використовується при автоматичному формуванні списків даних, що пропонуються технологу при розв’язанні задач вибору устаткування, оснащення, технологічних переходів та інших елементів ТП. Спрямований пошук дозволяє одержувати такі списки, які “не містять нічого зайвого”. Так, при виборі устаткування в токарній операції пропонується тільки список токарних верстатів (але не фрезерних чи електроерозійних), при виборі чергового переходу в токарній операції пропонується тільки можливі для даної

операції переходи і т.д. Користувач може сам легко зв'язувати ті чи інші групи об'єктів для забезпечення спрямованого пошуку.

Вище відзначалося, що проєктований ТП формується у вигляді деякої інформаційної моделі. Завдяки реалізованому в PDM SmarTeam об'єктно-орієнтованому підходу (див. п. 3.2), інформаційна модель ТП не містить безпосередньо тих даних, що були "взяті" з бази при проєктуванні ТП (наприклад, найменування операцій і переходів, відомості про різальний інструмент, нормативно-довідкова інформація та ін.). Вона містить тільки посилання – спеціальні покажчики на місця розташування цих даних. Це дозволяє не тільки виключити непотрібне дублювання інформації. Будь-яка зміна елементу бази даних (наприклад, найменування пристосування або інструкції з техніки безпеки) призводить до того, що ця інформація автоматично "замінюється" у всіх розроблених ТП. Тим самим автоматично забезпечується відповідність інформації, що міститься в ТП, до інформації різних розділів бази даних.

Після того, як проєктування ТП завершено, виконується його нормування і ТП надходить на затвердження. Комплект технологічних документів (ТД) для затвердженого ТП розміщується в класі "Технологическая документация". За запитом користувача комплект ТД або окремі документи можуть бути виведені на друк.

Деякі технологічні документи за своїм змістом є не текстовими, а текстово-графічними (графічними). До таких документів відносяться карта ескізів, карта налагодження і карта замовлення оснащення.

Формування графічних документів ТП здійснюється у два етапи.

1. Проєктування графічного зображення (ескізу) у CAD-системі або його сканування з готового креслення.
2. Формування текстової частини документа на відповідному макеті бланка і включення графічного зображення в документ у PDM-системі.

Розробка операційного ескізу в CAD-системі може бути виконана шляхом безпосереднього проєктування (тобто "з нуля") чи на основі наявної моделі (креслення) виробу. Якщо ТП містить кілька операційних ескізів (для послідовних операцій), то можна будувати поточний ескіз, використовуючи як "заготовку" попередній. При цьому використовується модель поточного стану заготовки, яка послідовно трансформується від свого вихідного стану до стану готової деталі.

Керуючі програми для устаткування з ЧПК, розроблені в CAD/CAM-системі, також є "частиною" ТП механообробки. А саме, кожна керуюча програма (КП) є "частиною" відповідного операційного ТП для верстата з ЧПК. Тому КП присутні в загальній моделі ТП і зберігаються в класі "Технологические процессы". Крім того, оформлені на бланках тексти КП зберігаються в класі "Технологическая документация".

Таким чином, реалізація методу індивідуального проектування ТП засобами PDM-системи забезпечує розв'язання поставленої вище задачі – результати проектування розміщуються в ЄІП і стають доступними широкому колу фахівців. Однак сам рівень автоматизації проектування ТП, при використанні методу індивідуального проектування, залишається невисоким. Тому проблема синтезу ТП із застосуванням методів штучного інтелекту, як і раніше, є актуальною.

Особливість колишніх систем синтезу ТП полягала в тому, що вони вимагали опису деталі на вході системи. Цей опис був трудомістким і міг містити помилки, що важко діагностуються. Написання маршрутного ТП за кресленнями вручну займало у досвідченого технолога *менше часу, ніж опис деталі для САПР ТП*. Тому практична цінність систем синтезу була обмежена.

Сьогодні, з урахуванням використання CAD-систем для автоматизації конструювання, геометрія необхідної деталі може бути отримана з CAD-системи “безкоштовно”. Однак опис одержуваної CAD-моделі не містить набору технологічних ознак, необхідних для проектування ТП. Тому потрібна спеціальна програма (“Геометричний аналізатор”), яка на підставі CAD-моделі формує б технологічний опис деталі. Геометричний аналізатор повинен будуватися на основі методів штучного інтелекту, розпізнавання образів і використання баз знань (рис. 23).

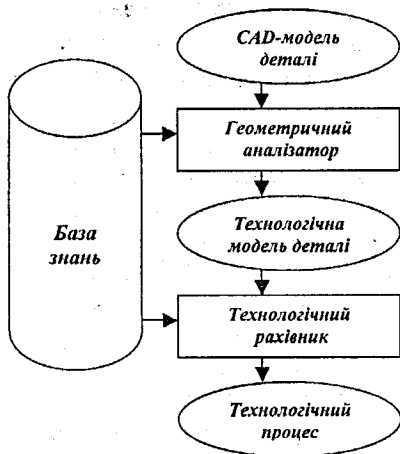


Рисунок 23 – Загальна схема проектування ТП на основі CAD-моделі методом синтезу

Після програми “Геометричний аналізатор” повинна працювати програма “Технологічний рахівник”, яка, на підставі сформованого технологічного опису деталі, здійснює безпосереднє проектування ТП методом синтезу. Розв’язання цієї задачі також вимагає застосування методів штучного інтелекту і використання баз знань.

В наш час розробка методів синтезу ТП носить в основному характер наукових досліджень. Практична реалізація цих методів дозволить забезпечити якісно новий рівень інтеграції при розв’язанні задач конструкторського і технологічного проектування.

5.2 Проектування засобів технологічного оснащення

Як і проектування ТП механообробки, проектування різних видів засобів технологічного оснащення (ЗТО) було однією з перших задач, які вирішувалися в АСТПВ. При цьому в основному розглядалися задачі проектування об’єктів, що мають типізовані геометричні характеристики. Ці об’єкти можна описати за допомогою їх віднесення до однієї з передбачених у системі груп (внутрішньої класифікації) і задання набору геометричних і технологічних параметрів. До таких об’єктів можна віднести різальний і вимірювальний інструмент, уніфіковані верстатні пристосування, виробні штампи та ін.

Автоматизація проектування різних видів ЗТО на базі універсальних методів просторового геометричного моделювання та інженерного аналізу стала можливою тільки з появою CAD/CAM- і CAE-систем. Можливості таких систем розглядалися в розд. 2.

Універсальні засоби 3D-моделювання деталей і складальних одиниць, а також засоби формування креслярсько-конструкторської документації не є єдиним інструментом у CAD-системах. CAD-система може містити спеціалізовані додатки, які забезпечують більш високий рівень автоматизації при проектуванні окремих видів ЗТО. Крім того, CAD-система, зазвичай, має спеціальний програмний інтерфейс для розробки додатків користувача. З його допомогою можна розробити додаткові засоби автоматизації проектування тих видів ЗТО, котрі найбільш характерні для даного підприємства.

Як базові, так і додатки користувача CAD-системи можуть опиратися у своїй роботі на використання бібліотек з моделями типових об’єктів (наприклад, стандартних елементів прес-форм чи елементів уніфікованих верстатних пристосувань).

Важливим додатковим засобом автоматизації є використання попередніх проектів (проектів-аналогів). Так, якщо конструктор уже

розробляв “схожий” вимірювальний інструмент, він може розв’язати задачу проектування нового вимірювального інструмента шляхом комп’ютерного редагування попереднього проекту. При цьому загальний час проектування може бути скорочено в декілька або навіть у десятки разів.

При інтегрованому розв’язанні задач проектування і технологічної підготовки виробництва джерелом геометричної інформації для конструктора ЗТО стає модель виробу, для якого розробляються дані ЗТО. Можуть використовуватися як окремі розміри виробу (наприклад, при проектуванні затискного пристосування), так і геометрія його поверхонь (при проектуванні штампів і прес-форм). Загальна схема проектування ЗТО в CAD-системі наведена на рис. 24.

Розглянемо більш докладно розв’язання задач проектування формотворного оснащення та інструменту із застосуванням CAD/CAM Cimatron (див. п. 2.1). При розв’язанні цих задач використовуються як універсальні засоби системи, так і її спеціалізовані додатки.

Вихідні дані для проектування надходять у вигляді 3D-моделей виробів (деталей). Якщо модель була створена в іншій CAD-системі, то вона приймається через один із наявних інтерфейсів. При роботі з імпортованими даними немає необхідності виконувати операції для з’ясування можливих щілин між поверхнями моделі. Їх наявність не впливає ні на якість проектуваних об’єктів, ні на швидкість проектування, що є однією з переваг Cimatron.

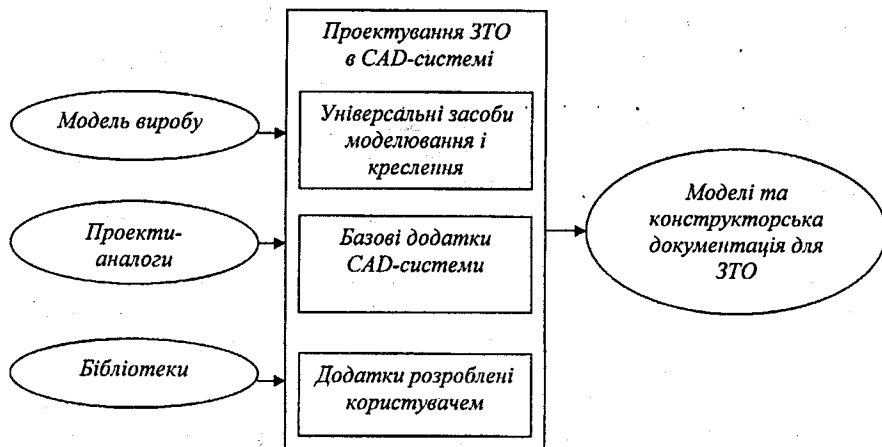


Рисунок 24 – Схема проектування ЗТО в CAD-системі

На рис. 25 представлена модель пластмасового корпусу виробу, що має досить складну геометричну конфігурацію. Формотворна оснастка для цього виробу, взятого як приклад, ілюструє етапи проектування, описані нижче.

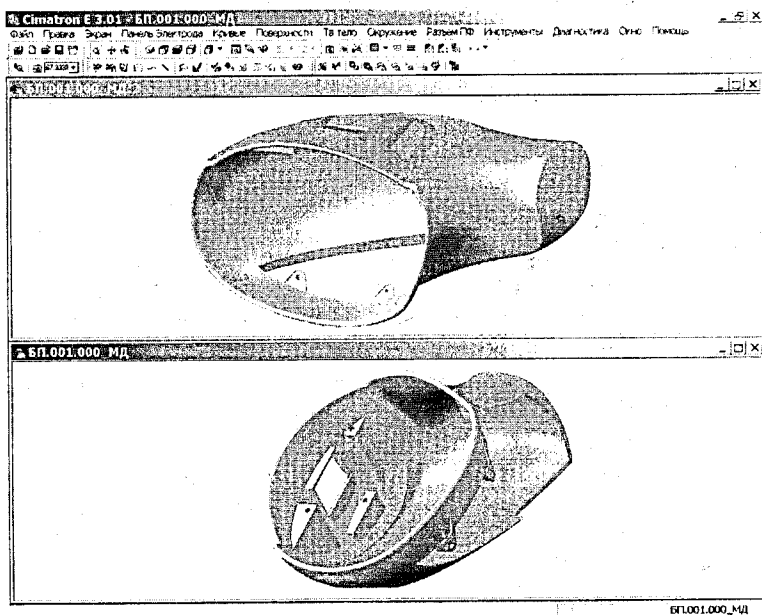


Рисунок 25 – Модель корпусу виробу складної форми

Після завершення роботи з моделлю виробу, за допомогою додатку QuickSplit створюються моделі формотворних елементів оснащення. Перша дія при цьому – облік усадки матеріалу деталі. Усадка задається введенням коефіцієнтів масштабування деталі по осях довільної системи координат і перераховується в значення об'ємної усадки.

Потім виконується поділ моделі на набори формотворних поверхонь. Для цього конструктор задає спочатку головний напрямок рознімання, а після цього – усі інші напрямки доти, поки “нерозділених” поверхонь не залишиться (після поділу вони змінюють колір і положення на екрані).

Напрямки рознімання задаються різними способами: дотично до лінії, по нормалі до лінії чи площини, уздовж прямої чи осі довільної системи координат, по куту до заданої площини, по двох точках чи уздовж осі циліндра чи конуса. При цьому визначається, до якого формотворного набору, що відповідає головному напрямку рознімання (пуансону чи матриці), повинні відноситися вертикальні поверхні. При необхідності, поверхні переносяться з одного набору в іншій: вказується поверхня, а потім – набір, до якого її потрібно перенести. Перенос поверхонь може знадобитися, наприклад, якщо усі вертикальні поверхні повинні відноситися до матриці, але вертикальні поверхні якого-небудь вирізу на моделі, з точки зору технологічності виготовлення, повинні бути розміщені на пуансоні. Після поділу моделі, за допомогою спеціального “движка” на екрані, створюється динамічна візуалізація переміщення наборів формотворних поверхонь уздовж заданих напрямків рознімання.

Коли модель розділена, можна виконати операцію аналізу кутів нахилу поверхонь моделі, що дозволить виявити вертикальні зони або піднутрення. Аналіз виконується одночасно для кожного формотворного набору відносно відповідного напрямку рознімання. В результаті на моделі створюється кольорова карта кутів нахилу – кожному інтервалу значень кутів відповідає свій колір. Значення кутів і відповідних їм кольорів задаються користувачем.

Команда побудови зовнішніх і внутрішніх ліній рознімання працює в автоматичному або інтерактивному режимі. Поверхні рознімання також можуть бути створені автоматично. При інтерактивній їх побудові дозволяється використовувати будь-які операції Cimatron зі створенням поверхонь. Поверхні рознімання асоціативно зв’язані з лінією рознімання – будь-яка зміна лінії рознімання призводить до відповідної зміни поверхні, що дуже зручно при роботі зі складними деталями, коли проробляється декілька варіантів.

Далі визначається заготовка формотворного блоку і виконується її поділ по формотворних поверхнях. При цьому створюються відповідні об’єкти – формотворні деталі (рис. 26).

Наступним етапом є проектування конструкції прес-форми (рис. 27). Цю задачу можна розв’язувати двома способами: стандартними засобами моделювання деталей і складальних одиниць або з використанням спеціалізованого додатка Mold Design.

Працюючи в Mold Design, конструктор оснащення може використовувати не тільки стандартні каталоги деталей прес-форм (такі, як

DME, EOC, FUTABA, HASCO та ін.), але також створювати, вести і використовувати свої власні нормалі. Система забезпечує проектування багатомісного і шибєрного оснащення, підтримує не тільки 3D-моделі стандартних деталей і складань, але й веде для них усю сукупність інформації: креслення, специфікації і керуючі програми. Користувачу пропонуються як засоби для створення 3D-моделі прес-форми, так і спеціальні засоби для проектування її підсистем – упорскування, виштовхування, охолодження і нагрівання. У системі є також засоби аналізу проєктованого оснащення, які дозволяють:

- аналізувати “накладення” деталей і їх зіткнення;
- виконувати контроль мінімальних товщин стінок (відстаней до каналів системи охолодження) деталей прес-форми;
- визначати ефективність системи охолодження;
- виконувати реалістичну візуалізацію роботи прес-форми;
- передавати дані в САЕ-систему для проведення аналізу процесу лиття виробу (див. п. 2.2).

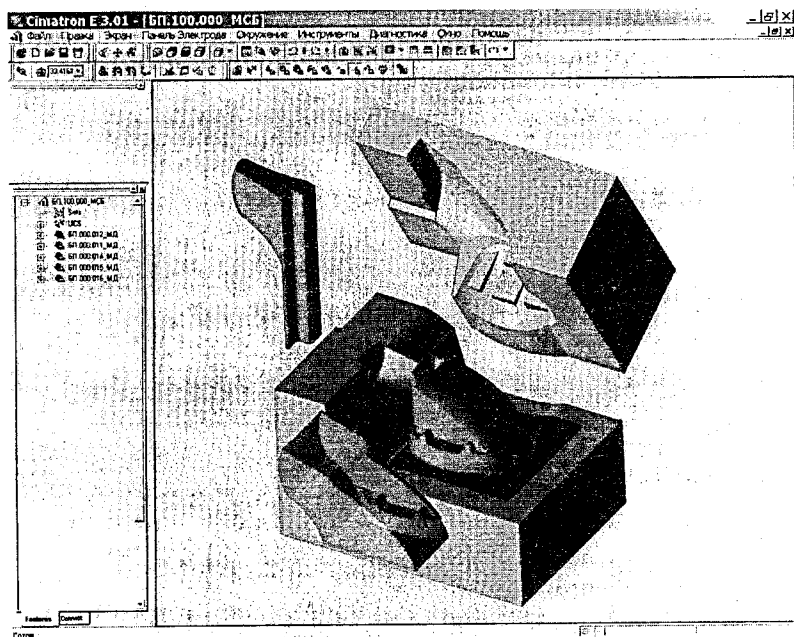


Рисунок 26 – Моделі формотворних деталей оснащення

При роботі з Mold Design креслення, специфікації і керуючі програми для обробки плит прес-форми створюються автоматично, оскільки системою ведеться вся необхідна інформація. Разом з тим, при необхідності, користувач може в будь-який момент внести корективи у вихідні документи.

При виготовленні формотворних елементів оснащення часто використовується електроерозійна обробка пропалюванням. Для цього необхідно попередньо спроектувати і виготовити спеціальні електроди, які своєю робочою частиною “пропалюють” задані ділянки формотворних поверхонь. Геометрія робочої частини кожного електрода ідентична геометрії ділянки, що пропалюється електродом. Електроди виготовляються із матеріалів, які добре проводять струм – міді чи графіту. При контакті електрода з заготовкою, матеріал заготовки в місцях контакту піддається ерозії під впливом струму і вимивається рідким діелектриком. Контакт продовжується доти, поки ділянка заготовки, що пропалюється, не прийме форму робочої частини електрода. Електрод класифікується як формотворний інструмент, який внаслідок його застосування для виготовлення оснащення (а не деталей основного виробництва), називають “інструментом другого порядку”.

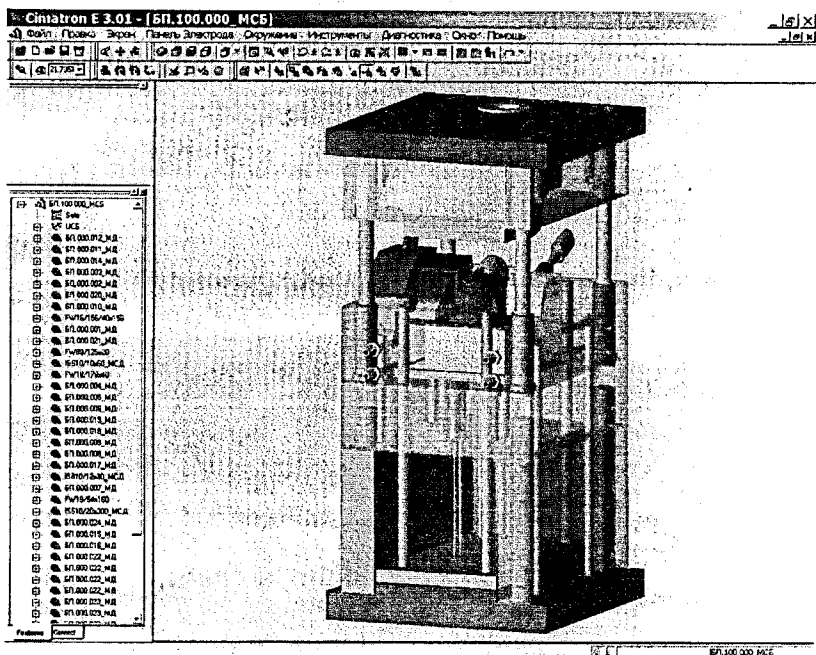


Рисунок 27 – Модель прес-формы

Пропалювання застосовується там, де обробка фрезеруванням ускладнена (наприклад, глибокий паз на поверхні) або там, де обробка пропалюванням, з тих чи інших причин, є кращою в порівнянні з фрезеруванням. Зокрема, при альтернативі “пропалювання чи фрезерування” на користь пропалювання, важливу роль відіграє наявність на підприємстві сучасного електроерозійного устаткування і такий рівень його поточного завантаження, що дозволяє виконати роботу в плановий термін.

Проектування електродів у Cimatron виконується за допомогою додатка QuickElectrode. Спочатку користувач визначає профіль електрода в плані (прямокутний чи круглий) і зону пропалювання. Одним з варіантів задання зони пропалювання є зазначення поверхонь моделі, які потрібно обробити. Після цього система може поєднати геометричні центри зони пропалювання та електрода, показати мінімальні можливі розміри електрода. Іншим варіантом визначення зони пропалювання є задання габаритів електрода, після чого при динамічному переміщенні отриманого контуру по моделі деталі система підсвічує поверхні, які можуть бути таким електродом оброблені. Цей варіант особливо зручний, коли відомі розміри заготовок електродів, що знаходяться на складі, на заготівельній ділянці або закуповуваних у стороннього виробника, і вони внесені в базу даних. Після виконання цих дій створюються контури, що визначають габарити заготовки електрода, і формотворні поверхні електрода.

Далі можливі два варіанти роботи: із використанням або без використання шаблону проектування. Якщо шаблон не використовується, то послідовно виконуються такі дії – визначається система координат пропалювання, автоматично створюються поверхні хвостовика електрода, задаються правила для автоматичного створення “перехідних” поверхонь (поверхні між основою електрода і його формотворними поверхнями). Жодна з поверхонь електрода користувачем не будується в традиційному розумінні цього слова. Існують такі правила для автоматичного створення, наприклад, “перехідних” поверхонь: “будувати дотично до побудованих поверхонь”, “уздовж заданого напрямку”, “по двох напрямках”, “створити поверхню замикання”.

Якщо використовується шаблон проектування, варто задати тільки зону пропалювання і застосувати шаблон. Всі інші побудови будуть зроблені цілком автоматично. Як шаблон проектування може бути використаний кожний раніше спроектований у Cimatron електрод. Цей режим проектування дуже продуктивний, тому що на більшості підприємств параметри прошивної електроерозії (вид заготовок електродів, схеми базування, конфігурації електродів і т.п.) і види оброблюваних зон пропалювання уніфіковані.

Після створення моделей електродів можна виконати команду цілком автоматичного створення необхідних креслень. При цьому в кресленні створюються не окремі проєкційні види, а відразу всі необхідні види з розмірами, оформленим і заповненим основним написом креслення, таблицями заданих при проектуванні параметрів. Для кожного електрода автоматично створюється і карта налагодження верстата (рис. 28).

Автоматичне формування виробничої документації забезпечується за рахунок можливості попереднього настроювання як параметрів електроерозійної обробки, так і кожного зі створюваних документів. Параметрами є кількість переходів при пропалюванні (чорнова, напівчистова, чистова, фінішна обробка) і параметри кожного переходу – іскровий зазор, вид і значення осциляції, маска для автоматичного формування імен електродів та імен формованих документів. Для документів указуються формат основного напису, склад проєкційних видів, місця розміщення технологічних таблиць та інші параметри.

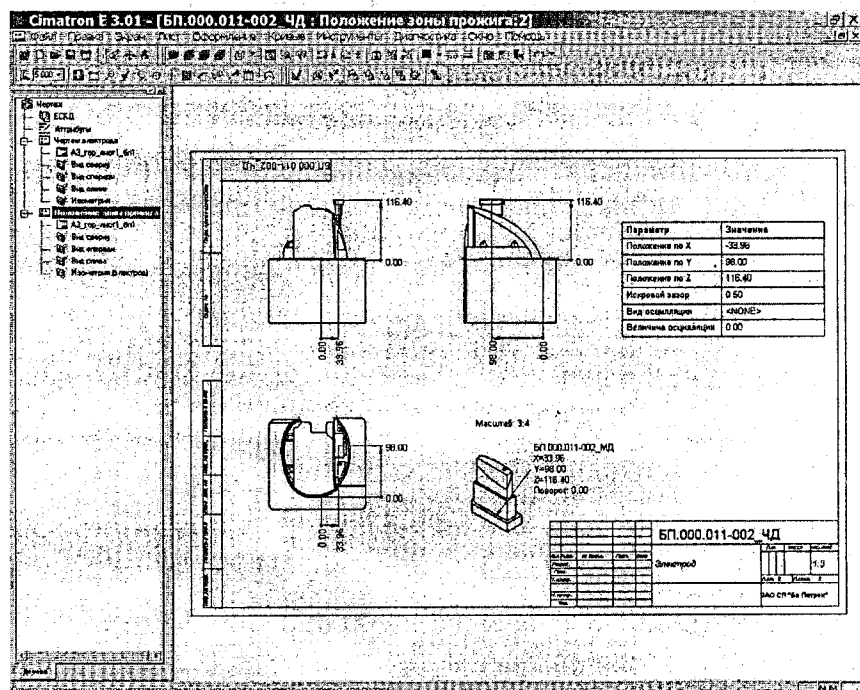


Рисунок 28 – Карта налагодження електроерозійного верстата

Таким чином, при проектуванні ЗТО (формотворної оснастки та інструмента) у системі Cimatron використовуються як універсальні CAD-засоби, так і спеціалізовані додатки, що забезпечують високий ступінь автоматизації процесів проектування. При цьому важливо те, що у випадку внесення змін у вихідну модель деталі, конструктору не потрібно повторно виконувати етапи проектування ЗТО – система Cimatron автоматично проводить відповідні зміни на всіх етапах процесу проектування.

5.3 Методи програмування устаткування з ЧПК

Обладнання з ЧПК призначено для виконання обробки деталі відповідно до заданої керуючої програми. В залежності від виду обробки буває фрезерне, токарне, електроерозійне обладнання з ЧПК, обладнання для теплового (лазерного, плазменного чи газового) різання, листопробивки та ін. Обладнання складається з верстата і системи ЧПК. Система ЧПК забезпечує керування виконавчими органами та вузлами верстата у відповідності до програми так, що в результаті виконується заданий процес обробки.

Керуюча програма (КП) являє собою послідовність згрупованих у блоки інструкцій, що визначають траєкторію переміщення інструмента і технологічні режими обробки. Блоки КП називаються кадрами. Кадри КП, наприклад, для фрезерного верстата, можуть містити команди керування переміщеннями по координатах X, Y, Z, команди задання подачі, швидкості та напрямку обертання шпинделя, зміни інструмента, включення охолодження та ін.

При керуванні переміщенням інструмента в кадрі КП (яке реалізується за рахунок керування виконавчими органами верстата), системи ЧПК можуть забезпечувати режими лінійної інтерполяції (переміщення по прямій), кругової інтерполяції (переміщення по дузі окружності) і сплайнової інтерполяції (переміщення по сплайну). Вид інтерполяції вказується в кадрі КП.

КП представляється в спеціальному текстовому форматі, що регламентується стандартом ISO (відповідає ГОСТ 20999-83). Регламентація є лише частковою, так що правила складання КП для різних систем ЧПК мають деякі відмінності.

Ручне складання КП можливо тільки для порівняно простих видів обробки – токарної, 2,5-координатної фрезерної й 2-координатної електроерозійної. Для цих видів обробки програмування ведеться не в просторі, а в площині. Ручне програмування просторової (3-координатної)

фрезерної обробки є надзвичайно трудомістким, а ручне складання програм 4- або 5-координатної обробки (зі змінюваним нахилом осі інструмента відносно деталі) практично неможливо.

До появи засобів комп'ютерної графіки задача автоматизації розробки КП вирішувалася за допомогою так званих САП (Систем Автоматизації Програмування). У цих системах геометрія деталі описувалася за допомогою спеціальної мови або таблиць, після чого розраховувалася траєкторія руху інструмента і виконувалося формування КП для заданої моделі верстата з ЧПК.

У цей час для автоматизації розробки КП використовуються САМ-або CAD/CAM-системи. При роботі в САМ-системі модель оброблюваної деталі приймається через один з наявних інтерфейсів. При використанні CAD/CAM-системи модель деталі може бути як побудована в цій системі, так і прийнята ззовні. Система будує процес обробки на підставі інформації, отриманої від технолога в інтерактивному режимі, виконує розрахунок траєкторії руху інструмента й за допомогою спеціального модуля – *постпроцесора* – формує КП для конкретного верстата з ЧПК.

Розглянемо як приклад, які задачі автоматизації програмування фрезерної обробки розв'язує CAD/CAM-система Cimatron (див. п. 2.1). До цих задач належать:

- вибір оброблюваних і обмежуючих поверхонь на моделі виробу (деталі);
- вибір схем фрезерування (стратегій обробки) і задання параметрів обраних стратегій;
- задання і вибір різального інструменту;
- задання технологічних режимів обробки;
- формування траєкторії руху інструмента з урахуванням стратегій обробки, обраних поверхонь, різального інструменту, заданих припусків і точності обробки, автоматичного контролю врізань і оптимізації траєкторії інструмента;
- автоматичне відстеження змін, внесених у модель оброблюваного виробу;
- використання типових технологічних рішень (технологічних шаблонів) для формування траєкторії руху інструмента;
- оперативне редагування траєкторії при зміні завдання на обробку, без внесення змін у геометрію моделі та повторного розрахунку траєкторії;
- підтримка режимів високошвидкісного різання (HSC - High Speed Cutting) за рахунок забезпечення гладкості траєкторії і постійного навантаження на інструмент;
- реалістична візуалізація (імітація) процесу обробки деталі на верстаті;

- автоматичне порівняння моделі обробленої деталі з конструкторською моделлю і контроль результатів обробки шляхом “розфарбовування” поверхні деталі різними кольорами, залежно від величини припуску, що залишився, або величини врізань;
- формування керуючої програми для конкретного верстата з ЧПК за допомогою відповідного постпроцесора;
- автоматизована розробка постпроцесорів для будь-яких моделей верстатів з ЧПК за допомогою генератора IMSpost (див. п. 4.5).

На рис. 29 показаний приклад екрана системи Cimatron при формуванні траєкторії інструмента (обробка елемента прес-форми для верхньої кришки мережевого фільтра, показаного на рис. 5).

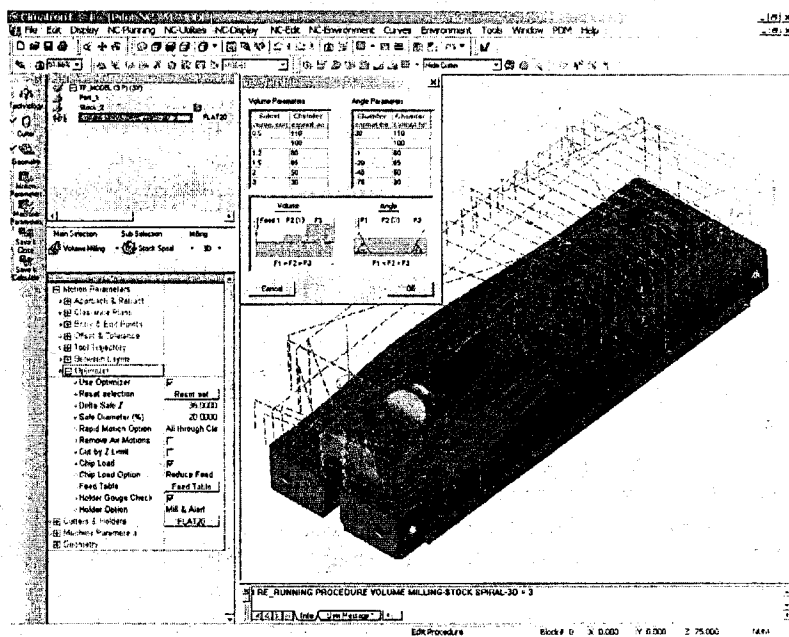


Рисунок 29 – Формування траєкторії руху інструмента в системі Cimatron

CAD/CAM-система припускає, що технолог-користувач вирішив питання: *чим і як* обробляти дану деталь. Ці рішення повинні бути прийняті на рівні операційного технологічного процесу (ОТП) обробки деталі на верстаті з ЧПК. Відповідно до ЄСКД, ОТП повинен містити:

- операційну карту, де зазначені: послідовність виконуваних переходів (у термінології CAD/CAM вони називаються процедурами); використання технологічне оснащення та інструмент; технологічні режими обробки;
- карту ескізу, що містить креслярсько-графічне зображення деталі після виконання операції;
- карту налагодження із вказаною схемою базування деталі в пристосуванні, схемою встановлення пристосування на верстаті, вихідним положенням інструмента.

В окремому випадку ОТП може бути відсутнім, але це не позбавляє технолога необхідності прийняття відповідних рішень. При роботі в CAD/CAM-системі ОТП “конкретизується” (до розрахунку всіх переміщень інструмента) і “завершується” формуванням КП.

Під час розрахунку траєкторії інструмента CAD/CAM Cimatron виконує контроль врізань, тобто стежить, щоб під час руху розрахункової точки фрези по оброблюваній поверхні інші точки фрези “не зачіпали” оброблювану або обмежуючі поверхні. Система також запобігає можливому зіткненню державки інструмента із заготовкою або пристосуванням (якщо пристосування присутнє в моделі). Однак такий контроль не гарантує стовідсоткової правильності КП. Справді, технолог міг, наприклад, невірно вказати обмежуючу поверхню, вибрати такий інструмент або схему обробки, які залишать на деталі зайвий припуск, задати недостатню величину точності обробки і т.д. Тому, після розрахунку траєкторії, технолог виконує додатковий контроль, використовуючи засоби реалістичної імітації процесу обробки та засоби порівняння моделі обробленої деталі з необхідною (конструкторською) моделлю.

Цей контроль також не гарантує остаточної правильності КП, тому що перевірці піддається розрахована траєкторія інструмента, а не керуюча програма, сформована постпроцесором. Для безпосередньої перевірки КП застосовуються спеціальні системи-верифікатори, які забезпечують реалістичну імітацію роботи верстата при відпрацюванні на ньому даної КП. Це дозволяє не тільки “побачити” результат обробки, але й діагностувати можливі зіткнення інструмента або державки із заготовкою, пристосуванням і вузлами верстата.

Щоб виконувати таку імітацію, система-верифікатор повинна включати опис просторової моделі верстата з ЧПК, а також отримувати описи інструментів, пристосувань і заготовки. Крім того, верифікатор повинен “розуміти” формати тих КП, які пропонуються йому для контролю.

Найбільші можливості із систем цього класу має віртуальний виробничий комплекс Vericut. Комплекс містить такі підсистеми (модулі) збільшення кількості і координат:

- **Vericut Verification** – 3-координатна реалістична імітація та контроль обробки деталі на верстаті;
- **Multi-Axis** – Доповнення до 4 і 5 координат під час імітації та контролю обробки на верстаті;
- **Machine Simulation** – Створення 3D-моделей верстатів і реалістична імітація рухів виконавчих органів верстата (рис. 30);

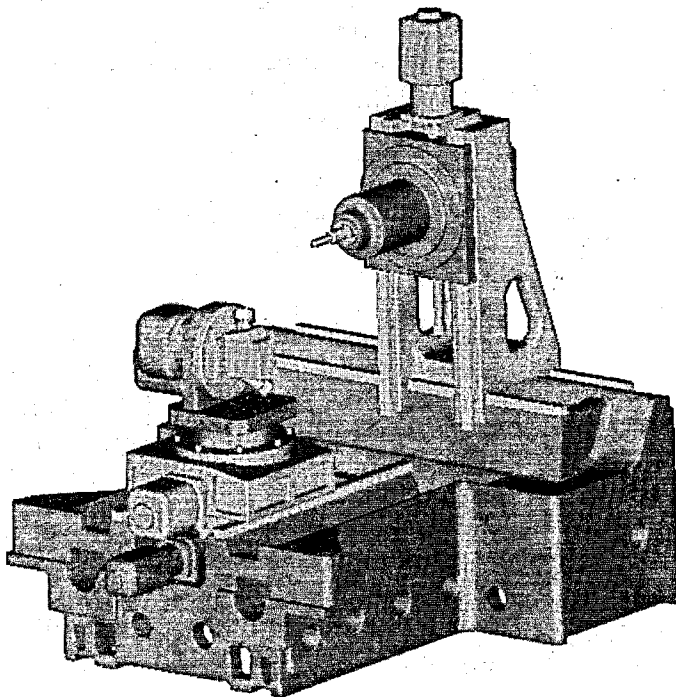


Рисунок 30 – Модель 5-координатного верстата, побудована в системі Vericut

- **Auto-Diff** – Порівняння вихідної CAD-моделі з моделлю, отриманою за результатами обробки деталі на верстаті;

- **OptiPath** – Оптимізація заданих в КП режимів різання шляхом корегування значень подачі з урахуванням величини припуску, що видаляється;
- **Model Export** – Формування CAD-моделі деталі на підставі інформації, що міститься в КП;
- **Machine Developer's Kit** – Засоби програмування для розширення можливостей Vericut;
- **CAD/CAM Interfaces** – Інтерфейси у форматах різних CAD/CAM-систем (Unigraphics, CATIA, Pro/E та ін.).

Виконувана в Vericut реалістична імітація обробки функціонально більш розвинена, ніж аналогічна імітація в CAD/CAM Cimatron. Під час імітації в Vericut поточний стан заготовки постійно поновлюється у внутрішній базі даних системи, тому можна в будь-який момент припинити роботу КП, перемістити або повернути модель заготовки для більш наочного подання, виконати інші дії щодо аналізу поточної ситуації, а потім відновити обробку. На будь-якому етапі поточну модель заготовки можна зберегти для використання в наступних операціях. Процес імітації може керуватися згідно із заданими умовами – наприклад, обробка може тривати до помилки, до зміни інструмента, до заданого тексту в КП, на певну кількість кадрів і та ін.

Найбільший ефект дає застосування Vericut для 4- і 5-координатних верстатів, тому що при багатокоординатних переміщеннях (коли на кожній ділянці відбувається не тільки зміна положення центра торця фрези відносно деталі, але й зміна нахилу осі фрези) найбільш імовірні неконтрольовані зіткнення інструмента із заготовкою, пристосуванням або вузлами верстата. Крім того, перевіряючи правильність КП, Vericut одночасно перевіряє правильність роботи постпроцесора, а це особливо важливо для 4- і 5-координатних верстатів (див. п. 4.5).

5.4 Технології обробки на верстатах з ЧПК

Послідовність переходів (процедур) ОТП визначає, які елементи деталі, у якій послідовності і яким інструментом обробляти. Для розрахунку траєкторії інструмента в процедурі може знадобитися подальша докладна деталізація технології обробки. Це, зокрема, необхідно при фрезеруванні контурів, колодязів і поверхонь, при контурному точінні та ін. Для деяких різних видів обробки (наприклад, свердління або нарізування різьби містичком) деталізація технології може бути відсутня або бути мінімальною.

Основу деталізації технології в CAD/CAM-системі становить вибір *стратегії обробки*. Перелік допустимих стратегій залежить від виду обробки і від можливостей застосовуваної CAD/CAM-системи. Тому розглянемо як конкретний приклад основні стратегії фрезерування в CAD/CAM Cimatron.

У табл. 7 зазначений перелік основних застосовуваних в Cimatron стратегій фрезерування, після чого дається їхній короткий опис. Як видно з таблиці, для вибору стратегії варто вказати: клас стратегії, підклас стратегії та кількість використовуваних у даній стратегії координат верстата (розмірність). Після цього користувачу стають доступними параметри, що уточнюють характеристики обробки для обраної стратегії.

Таблиця 7

Клас	Подклас	Размер- ность	Стратегия фрезерования
1	2	3	4
Объемное фрезерование	Параллельно	2D	Колодец / Параллельно
		3D	По ватерлиниям / Параллельно
	По спирали	2D	Колодец / По спирали
		3D	По ватерлиниям / По спирали
	Заготовка по спирали	2D	Колодец / Заготовка
		3D	По ватерлиниям / Заготовка
	По Z параллельно	3D	Слоями по Z / Параллельно
Контурное фрезерование	Колодец	2D	Чистовая для колодца
		3D	Чистовая для поверхностного колодца
	Профиль	2D	Профиль
		3D	Профиль на поверхности
Поверхностное фрезерование	Параллельно	3D	Поверхностный колодец / Параллельно
	По спирали	3D	Поверхностный колодец / По спирали
	Заготовка по спирали	3D	Поверхностный колодец / Заготовка по спирали
	Радиально	3D	Поверхностный колодец / Радиально
	По слоям	3D	Чистовая по ватерлиниям
	Горизонтальные области	3D	Горизонтальные области
	Вертикальные области	3D	Вертикальные области

Продовження таблиці 7

1	2	3	4
По параметри- ческим кривым	Наводящая поверхность	3D,4D,5D	По кривым наводящей поверхности
	Обрабатываемая поверхность	3D,4D,5D	По кривым обрабатываемой поверхности
Подбор		3D	Доработка / Подбор
Карандаш		3D	Доработка / Карандаш

Стратегії класу “Объемное фрезерование” забезпечують пошарову чорнову вибірку масивів матеріалу. Шари розташовуються горизонтально, тобто вісь інструмента перпендикулярна площинам шарів. Обробка на шарі ведеться по спіралі, паралельними або радіальними проходами, що визначається додатковим вибором. Ширина фрезерування і висота шару (глибина фрезерування) задаються як параметри розрахунку траєкторії інструмента. На оброблюваних поверхнях при необхідності можна залишити припуск.

Стратегії даного класу мають три різновиди – *Колодец*, *По ватерлиниям* і *Слоями по Z*. Стратегія *Колодец* – це найбільш проста 2D-обробка плоских колодязів з островами. Як вихідна геометрія для обробки досить задання відповідних плоских контурів.

При використанні технології *По ватерлиниям* (3D-обробка) на рівні кожного шару будуються так звані ватерлінії, що представляють собою лінії перетинання оброблюваних поверхонь з площиною шара. Ці лінії завжди замкнуті (відкриті області замикаються зовнішнім контуром), і фрезерування шару ведеться всередині цих замкнутих контурів. Утворені поверхнями колодязі можна або обробляти пошарово цілком, переходячи від одного колодязя до іншого, або виконувати обробку для всіх колодязів на даному шарі й тільки потім переходити на наступний шар. Можливо додаткове фрезерування матеріалу між шарами.

Якщо виконується повторна чорнова (напівчистова) обробка з меншою висотою шару, то система оптимізує траєкторію інструмента, виключаючи її переміщення по тих областях, де матеріал заготовки вже вилучений при попередньому фрезеруванні.

При технології 3D-обробки *Слоями по Z* ватерлінії не будуються, а обробка шарів виконується паралельними або радіальними проходами. Рух інструмента по шару в поточному проході виконується до зіткнення з оброблюваною поверхнею. Після цього, якщо обробка між шарами не задана, інструмент виходить із шару вертикально вгору. Якщо ж заданий режим обробки між шарами, то інструмент піднімається по поверхні до рівня попереднього шару і потім іде вгору. Далі, переміщаючись у даному проході на висоті площини безпеки, інструмент опускається на поточний

шар обробки в першій точці, де це можливо, і продовжує обробку шара. Якщо такої точки немає, інструмент переходить у початок наступного проходу.

Стратегії класу “Контурное фрезерование” застосовуються для обробки 2D- або 3D-контурів. Вибір підкласу *Колодец* дозволяє виконувати чистову обробку по границях плоских або поверхневих колодязів, а підкласу *Профиль* – виконувати фрезерування довільних профілів (контурів) за один або кілька проходів.

Стратегії класу “Поверхностное фрезерование” і підкласів *Параллельно*, *По спирали*, *Заготовка по спирали* або *Радіально* забезпечують фрезерування поверхонь деталі паралельними, спіральними або радіальними проходами. При цьому поверхні обробляються не послідовно, а розглядаються як єдине ціле. Це дозволяє, у багатьох випадках, ефективно виконувати напівчистове і чистове фрезерування деталей складних форм, що мають велику кількість різних поверхонь.

При чистовій обробці складних деталей рекомендується (при наявності відповідного технологічного обладнання з ЧПК) використати режими високошвидкісного різання (HSC - High Speed Cutting). У цьому випадку можна за рахунок високої швидкості обробки і малої відстані між проходами забезпечити потрібну якість оброблюваних поверхонь і виключити їх наступну шлюсарну доробку.

При високошвидкісному різанні до траєкторії інструмента пред’являються додаткові вимоги – сталість припуску і гладкість траєкторії (відсутність різких змін напрямку переміщень інструмента). Система *Simatрон* забезпечує виконання цих вимог. Зокрема, при чистовій обробці паралельними проходами прямокутні з’єднання між проходами замінюються на гладкі у вигляді петель (рис. 31).

Ще один підклас стратегій у класі “Поверхностное фрезерование” – *По слоям* – забезпечує виконання чистового проходу уздовж границь шарів при пошаровій обробці. І нарешті, стратегії *Горизонтальные области* та *Вертикальные области* дають можливість автоматично визначати поверхні, близькі до горизонтальних або вертикальних (критерієм близькості є величина кута) і виконувати чистову доробку тільки цих поверхонь. (При спільній обробці сукупності поверхонь, ці поверхні іноді виявляються “у невідгідному становищі” з точки зору отриманої точності, тому їх потрібно допрацьовувати окремо).

Стратегії класу “По параметрическим кривым” використовуються для фрезерування однієї або ланцюжка суміжних поверхонь уздовж їх власних параметричних кривих (*Обрабатываемая поверхность*) або уздовж параметричних кривих додатково заданої поверхні (*Наводящая поверхность*).

Дані стратегії дозволяють виконувати 3-, 4- і 5-координатну обробку наборів поверхонь. При багатокоординатній обробці фреза розташовується нормально до поверхні або з деяким заданим кутом відносно нормалі. Підтримується також обробка поверхонь бічною частиною фрези.

Стратегії класу “По параметрическим кривым” використовуються для фрезерування однієї або ланцюжка суміжних поверхонь уздовж їх власних параметричних кривих (*Обрабатываемая поверхность*) або уздовж параметричних кривих додатково заданої поверхні (*Наводящая поверхность*).

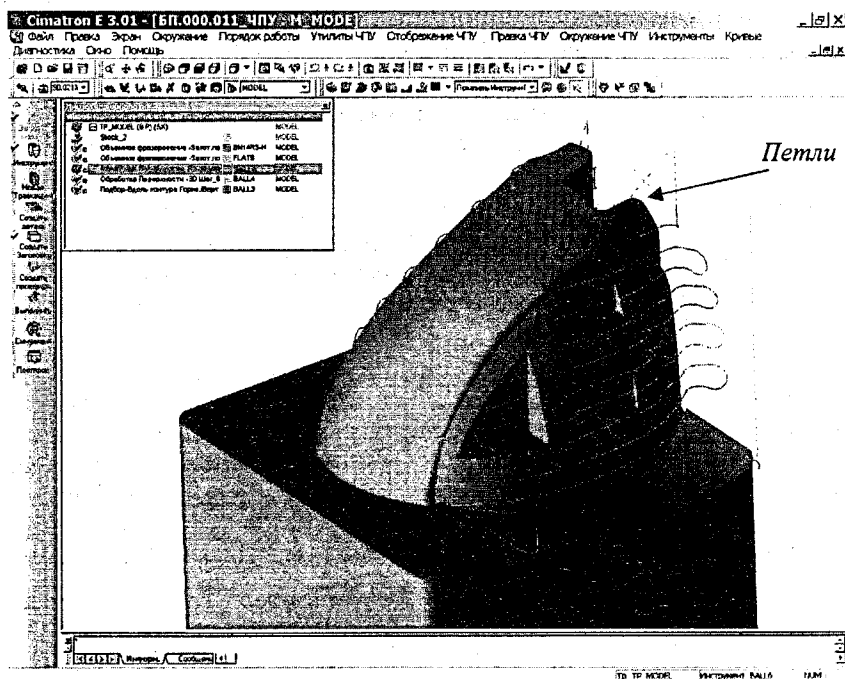


Рисунок 31 – Один з використовуваних видів петлеподібних з'єднань між проходами при високошвидкісному різанні

Дані стратегії дозволяють виконувати 3-, 4- і 5-координатну обробку наборів поверхонь. При багатокоординатній обробці фреза розташовується нормально до поверхні або з деяким заданим кутом відносно нормалі. Підтримується також обробка поверхонь бічною частиною фрези.

Стратегії класу “Подбор” забезпечують виборку матеріалу, що залишився після попередніх операцій обробки деталі інструментом

більшого діаметра (наприклад, на кутових стиках поверхонь або в поглибленнях з малим радіусом кривизни). Система розраховує стан заготовки після обробки попереднім інструментом, визначає неопрацьовані зони, доступні для поточного інструмента з меншим діаметром і формує траєкторію обробки цих зон. Застосування стратегії підбора може в ряді випадків значно скоротити загальний час обробки, підвищити її ефективність.

Стратегії класу “Карандаш” як і “Підбор”, є одним з різновидів доробки. Вони забезпечують виконання одного або декількох чистових проходів інструмента уздовж внутрішніх кутів (стиків суміжних поверхонь) деталі.

Перерахований набір стратегій дає в руки технологів ЧПК ефективний набір засобів для виконання різних видів обробки, забезпечує реалізацію сучасних технологій при побудові траєкторії руху інструмента.

Важливою перевагою системи Cimatron є можливість *автоматичної оптимізації формованої траєкторії інструмента*. Така оптимізація можлива завдяки тому, що система відслідковує поточний стан оброблюваної заготовки. Існують такі види оптимізації:

- *контроль можливих зіткнень інструмента із заготовкою на прискорених (холостих) переміщеннях*. При виявленні можливого зіткнення, такі переміщення переносяться на безпечну висоту (безпечна відстань).
- *видалення непотрібних холостих переміщень із процесу обробки*. Такі переміщення можуть з'явитися, наприклад, при напівчистовій обробці колодязя. У цьому випадку матеріал у середній частині колодязя вже обраний при попередній чорновій обробці й повторні переміщення інструмента в цій частині виконувалися б по повітрю. Контроль поточного стану заготовки дозволяє виявити й видалити ці переміщення із траєкторії.
- *фрезерування з обмеженням по Z*. Всі переміщення, що лежать вище заданого Z (або нижче заданого Z) будуть вилучені. Можливо також видалення переміщень, що лежать у заданому інтервалі по Z.
- *контроль навантаження на інструмент*. При перевищенні заданого навантаження може бути зменшена подача або зменшений припуск так, що необхідна зона буде оброблена за більшу кількість проходів (кроків).
- *контроль можливих зіткнень державки інструмента із заготовкою*. При виявленні зіткнення система видає попередження і залишає небезпечну зону неопрацьованою або заміняє різальний інструмент на більш “довгий” й обробляє їм небезпечні зони.

У результаті використання оптимізації траєкторії знижується загальний час обробки, поліпшується її якість, підвищується ефективність експлуатації обладнання з ЧПК і різального інструменту.

5.5 Проектування постпроцесорів для обладнання з ЧПК

Розробка постпроцесорів є традиційним завданням – ще до появи CAD/CAM-систем постпроцесори входили до складу САП (Систем Автоматизації Програмування), що виконували роль засобів автоматизації розробки КП. Геометрія деталі та технологія обробки описувалися в САП у текстовій формі (наприклад, мовою APT), після чого виконувався розрахунок траєкторії інструмента. Для опису отриманої траєкторії використовувався стандартний формат CLDATA (Cutter Locations DATA – дані про положення інструмента). Ці дані оброблялись постпроцесором, що формував КП для конкретного верстата з ЧПК.

Здавалося, що розвиток систем ЧПК призведе до такої уніфікації форматів КП, що зробить постпроцесори непотрібними. Однак з ряду причин цього не відбулося. Основна з них – прагнення виробників обладнання з ЧПК забезпечити користувача власними засобами автоматизації “ручного” програмування, реалізованими в системі ЧПК. Уніфікація формату КП залишилася на рівні стандарту ISO, що носить досить загальний характер і не знімає необхідності в розробці постпроцесорів. У такий спосіб і сьогодні постпроцесори входять у вигляді модулів до складу CAD/CAM-систем.

Потреба в розробці великої кількості постпроцесорів і значна трудомісткість їхньої розробки призвели до появи відповідних засобів автоматизації. Ці засоби пройшли свій шлях розвитку – від бібліотек стандартних підпрограм до спеціальних автоматизованих систем (генераторів постпроцесорів).

Найбільш відомою з таких розробок є універсальний генератор постпроцесорів IMSpost. Основні принципи роботи IMSpost полягають у такому:

- дії постпроцесора щодо перетворення траєкторії інструмента в КП описуються спеціальною мовою високого рівня, в якій є можливість оперувати параметрами траєкторії інструмента і керуючої програми як поняттями мови. Цим досягається максимальна гнучкість проектування при одночасній простоті та компактності програми дій постпроцесору;
- параметри, що визначають формат кадру, початку і кінця КП, підготовчі та допоміжні функції й інші характеристики КП, задаються в спеціальних налаштувальних таблицях (діалогових вікнах), що спрощує

проектування і модифікацію (редагування) постпроцесора. У багатьох випадках для розробки нового постпроцесора досить виконати зміни в діалогових вікнах “схожого” постпроцесора, взявши його як аналог;

- за допомогою спеціальних таблиць можна описати геометрію і взаємне розташування виконавчих органів та вузлів верстата з ЧПК. Це забезпечує автоматичний розрахунок значень лінійних і поворотних координат верстата для кожного поточного положення інструмента, чим полегшується розробка постпроцесорів для багатокоординатного обладнання з ЧПК. Опис верстата можна переглядати і редагувати в графічному режимі;
- найбільш складні алгоритми постпроцесування вбудовані в ядро IMSpost, що позбавляє розробника необхідності розв’язувати такі задачі, як проблема нелінійності при багатокоординатній обробці, заміна серій “дрібних” ділянок лінійних переміщень на ділянки з круговою або сплайновою інтерполяцією та ін.

IMSpost дозволяє створювати постпроцесори для будь-яких видів обладнання з ЧПК – фрезерних обробних центрів, багатокоординатного устаткування, електроерозійних і токарних верстатів. Генеровані за допомогою IMSpost постпроцесори є автономними модулями й використовують як вхідну інформацію дані у форматі CLDATA. IMSpost адаптований до форматів CLDATA наступних CAD/CAM-систем: CATIA, Cimatron, Euclid, MasterCAM, PowerMill, Pro/Engineer, SurfCAM, Unigraphics.

Розглянемо більш докладно основні характеристики генератора IMSpost.

Діалогові вікна. Ці вікна є засобом параметричного настроювання постпроцесора. Вони викликаються вибором відповідної опції меню або натисканням на відповідну іконку інструментальної панелі IMSpost. Діалогові вікна дозволяють настроїти:

- виведення потрібної інформації на початку і в кінці КП;
- правила задання в КП команд зміни інструмента, охолодження, корекції інструмента, подачі, обертів шпинделя, свердлильних циклів;
- правила задання переміщень при лінійній, круговій і сплайновій інтерполяції;
- порядок нумерації кадрів КП;
- правила розбивання КП на частини, з урахуванням наявного розміру пам’яті системи ЧПК;
- склад адрес кадру КП, порядок їх виведення в кадрі та правила задання інформації під кожною адресою;
- правила задання підпрограм;

- склад і правила задання підготовчих і допоміжних функцій (G- і M-функцій), їх розбивання на групи;
- опис складу, характеристик і взаємного розташування виконавчих органів (осей) верстата.

Як приклад на рис. 32 наведене діалогове вікно IMSpost для настроювання формування постпроцесором команд кругової інтерполяції. Тут можна вказати які G-функції використовуються для задання напрямку

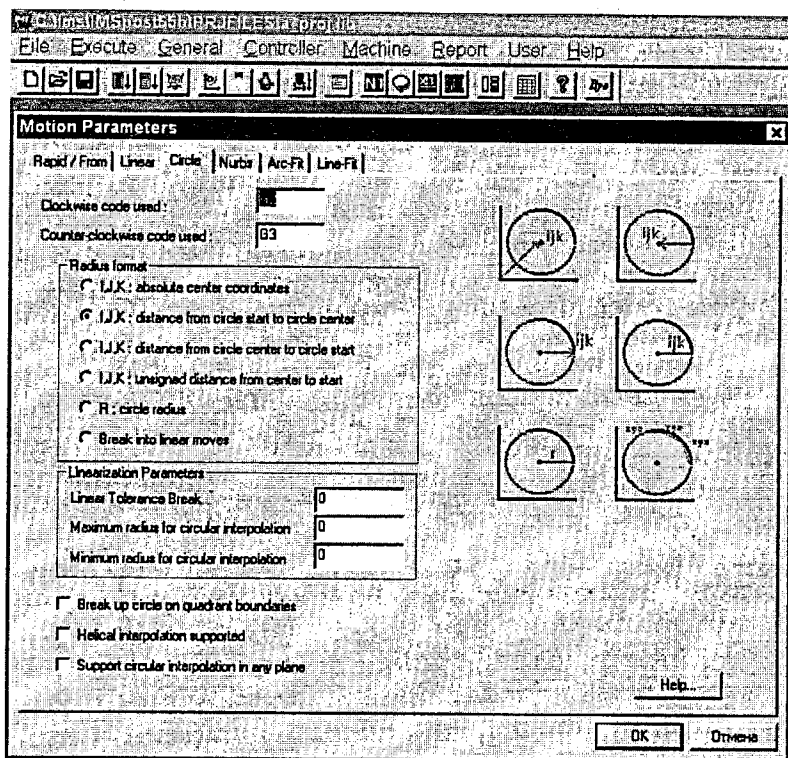


Рисунок 32 – Діалогове вікно IMSpost для настроювання команд кругової інтерполяції

руху за і проти годинникової стрілки, спосіб задання початкової точки дуги (відносно кінцевої точки, відносно центра, за допомогою радіуса), мінімальне і максимально допустиме значення радіуса при круговій інтерполяції (у іншому випадку виконується лінійна апроксимація дуги), точність лінійної апроксимації, наявність або відсутність обмеження

системи ЧПК на розташування дуги в одному квадранті (при наявності обмеження буде виконано розбивання дуги на квадранти), можливість задання кругової інтерполяції в довільній площині.

Діалогові вікна IMSpost відрізняються більшою кількістю різних параметрів і наборами їхніх варіантів, які враховують найрізноманітніші способи задання команд КП у різних моделях обладнання з ЧПК. Однак будь-яке параметричне настроювання не гарантує урахування всіх особливостей конкретного обладнання з ЧПК. Універсальним способом такого урахування є використання мови програмування.

Макромова і макроси. В IMSpost використовується високорівнева мова програмування (макромова), за допомогою якої описуються правила перетворення траєкторії інструмента, заданої в CLDATA, у керуючу програму. Програми на макромові (макроси) складаються так, що кожному виду оператора CLDATA відповідає свій макрос. При виклику постпроцесора, він послідовно обробляє оператори CLDATA за допомогою макросів і формує команди КП.

Оператори макромови дозволяють передавати параметри, використовувати локальні та глобальні змінні, працювати із зовнішніми файлами, отримувати доступ до параметрів обладнання з ЧПК (заданих у діалогових вікнах), виконувати арифметичні та логічні операції, використовувати тригонометричні та інші стандартні математичні функції, виконувати умовні та безумовні переходи, працювати з текстовими рядками та ін.

Група операторів макромови являє собою спеціальні функції, що реалізують досить складні обчислювальні процедури. – наприклад, заміну серій “дрібних” ділянок лінійних переміщень на дуги окружностей або сплайни (за умови допустимості такої апроксимації) з метою скорочення довжини КП.

При створенні нового постпроцесора, у нього автоматично включається набір макросів за замовчуванням. Ці макроси можна редагувати, видаляти або замінити, імпортуючи макроси з інших постпроцесорів. Налаштування макросів виконується за допомогою налагодника (Debugger), що дозволяє виконувати макроси в покроковому режимі, переглядати поточні стани локальних і глобальних змінних і т.д. Як тест для налагодження може використовуватися файл CLDATA, сформований CAD/CAM-системою або будь-який набір операторів CLDATA, набраний у текстовому редакторі.

Модель верстата і її використання. Опис моделі верстата (складу, характеристик і взаємного розташування виконавчих органів) найбільш важливо для багатокоординатного обладнання, тому що знімає необхідність розв'язання ряду математичних задач. Так, при багатокоординатній обробці поточне положення інструмента в траєкторії

описується у вигляді (x, y, z, i, j, k) , де (x, y, z) – координати центра торця інструмента, а (i, j, k) – орти, що визначають положення осі інструмента в системі координат деталі. Постпроцесор повинен (наприклад, для 5-координатного верстата із трьома лінійними осями X, Y, Z і двома поворотними осями B, C) виконати перетворення $(x, y, z, i, j, k) \rightarrow (X, Y, Z, B, C)$. Це потребує від розробника постпроцесора розв'язання задач з виведення відповідних математичних залежностей.

В IMSpost дане завдання вирішується принципово інакше, за рахунок побудови моделі верстата. Для створення моделі необхідно описати в діалогових вікнах склад осей верстата (вікно Machine Motion), склад і параметри вузлів верстата (вікно Machine Components) і взаємне розташування вузлів верстата (вікно Machine Reference). На основі цих описів IMSpost формує просторову модель верстата, яку можна переглядати і редагувати в графічному режимі (рис. 33). При роботі постпроцесора поточні координати виконавчих органів верстата визначаються на основі поточного положення інструмента автоматично, завдяки використанню моделі. Для одержання координат верстата (у макросі обробки поточного переміщення інструмента) використовується спеціальний оператор макромови.

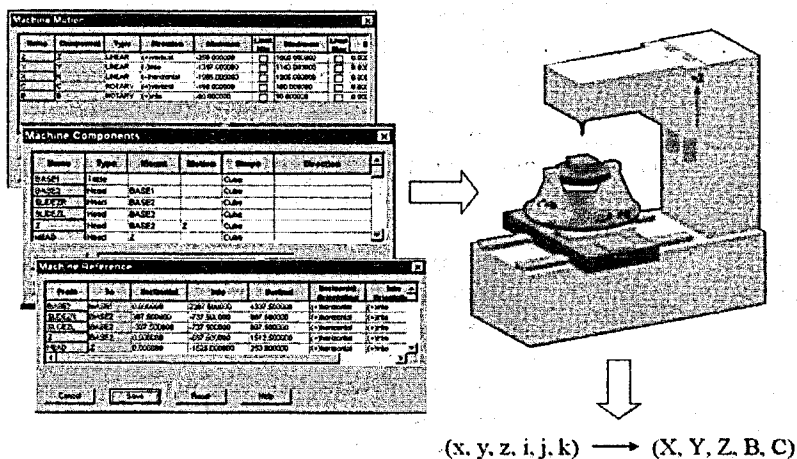


Рисунок 33 – Схема формування координат виконавчих органів верстата в постпроцесорі IMSpost

Модель верстата дозволяє автоматично розв'язувати ще одне складне завдання – так звану проблему нелінійності. Проблема полягає в

тому, що послідовні положення в траєкторії інструмента розраховуються в CAD/CAM виходячи з припущення лінійності переміщення інструменту між цими положеннями. Однак використовуваний у системах ЧПК режим лінійної інтерполяції при відпрацьовуванні кадру призводить до того, що інструмент рухається по криволінійній траєкторії (рис. 34,а). В результаті цього можливі врізання і брак оброблюваної деталі.

Розв'язання проблеми нелінійності є функцією постпроцесора і полягає в такому. Якщо відхилення інструмента від лінійної траєкторії перевищує заданий допуск, то постпроцесор формує додаткове положення інструмента в середині поточної ділянки, що задовольняє умови лінійності. Після цього розраховується відхилення для кожної з отриманих ділянок (рис. 34,б). Якщо відхилення ще перевищує допуск, то виробляється додатковий розподіл і т.д., доти, поки відхилення не виявиться менше допуску.

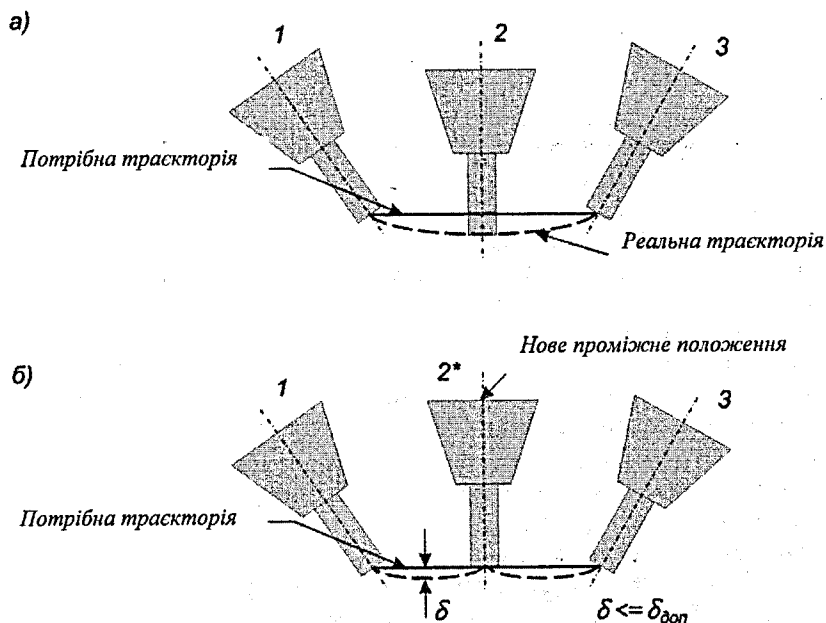


Рисунок 34 – Проблема нелінійності та схема її вирішення

Проблема нелінійності є значно більш складною задачею, ніж розрахунок координат виконавчих органів верстата. Крім того, при її “прямому” розв’язанні шляхом написання відповідної програми,

виникають досить високі вимоги до використання засобів програмування.

У генераторі IMSpост наявність моделі верстата дозволяє вирішувати проблему нелінійності автоматично. При цьому, для одержання масиву додаткових проміжних точок, у макросі обробки переміщень інструмента використовується спеціальний оператор макромови.

Витрати на придбання та освоєння IMSpост швидко окупаються за рахунок різкого скорочення часу проектування постпроцесорів. Крім того, за допомогою IMSpост розробник отримує можливість оперативного враховувати практично будь-які вимоги і побажання цехових технологів до керуючих програм, що надходять до цеху.

6 ВІРТУАЛЬНІ ПІДПРИЄМСТВА ТА АСППВ

6.1 Віртуалізація сучасного виробництва

Поняття “віртуальний” застосовується для характеристики об’єкта, що, будучи нереальним, “уявним”, існує в розумінні його дії. В галузі промислового виробництва термін “віртуальний” все частіше вживається для позначення комп’ютерних моделей спроектованих виробів, моделей технологічних і виробничих процесів.

Застосування цього терміна є виправданим. Справді, комп’ютерна модель виробу не існує як фізичний об’єкт, однак, сприймається конструкторами, технологами та іншими фахівцями як щось реальне. Наявність моделі виробу є необхідною умовою для проходження процесів підготовки виробництва, тобто впливає на реальні дії, що відбуваються. Тому часто модель виробу або деталі називають віртуальним об’єктом.

Те ж саме можна сказати про технологічні процеси. Вище, при розгляді САЕ-систем, наводилися приклади комп’ютерного моделювання процесів гарячого штампування, лиття з пластмас та ін. При розгляді програмування обробки на устаткуванні з ЧПК, говорилося про реалістичну імітацію (моделювання) процесів обробки деталей, моделювання роботи верстата з ЧПК. Аналіз віртуального технологічного процесу дозволяє технологу приймати реальні оптимальні рішення.

Виробничі процеси керування також можуть існувати у вигляді моделей. Як приклад досить навести комп’ютерні моделі потоків виробничих завдань, розглянуті в п. 3.3.

Таким чином, повномасштабне використання комп’ютерних технологій призводить до того, що *всі проектні та організаційні рішення*

на підприємстві приймаються спочатку на рівні моделей. При цьому реальні об'єкти і процеси стають свого роду відображенням віртуальних об'єктів і процесів у зовнішнє середовище. Це дозволяє говорити про віртуалізацію сучасного виробництва.

Поняття “віртуальний” поширилося також на організаційні структури промислових підприємств. З'явився термін “віртуальне підприємство”, що визначається як “кооперування юридично незалежних підприємств або приватних осіб для забезпечення послуг (виробництва) на основі загального розуміння бізнесу (економічних цілей)”. Інакше кажучи, віртуальні підприємства являють собою групи людей, що спільно займаються загальним бізнесом, незалежно від їхнього фактичного місця роботи і місцезнаходження, перетинаючи границі підприємств та країн. Вони (і підприємства, і люди) можуть швидко реагувати на зміни ринку при критично низьких витратах з точки зору традиційного бізнесу.

Більш строго віртуальне підприємство визначається в такий спосіб. *Віртуальне підприємство – це тимчасова міжвиробнича кооперація ряду юридично незалежних підприємств, яка:*

- *створюється в короткий термін і підтримується за допомогою сучасних інформаційних технологій;*
- *шляхом інтеграції можливостей учасників розробляє та виробляє актуальну продукцію або послуги;*
- *обходиться без нових юридичних утворень, які замінюються гнучкою координацією.*

У чому ж основна відмінність віртуального підприємства від звичайного? Простіше кажучи, ціль звичайного підприємства – забезпечити себе такими замовленнями, які б найбільшою мірою відповідали його можливостям і забезпечили найбільший прибуток, тобто замовлення *підбираються під наявні ресурси*. Наприклад, підприємство, основною продукцією якого є вимірювальні прилади, буде намагатися шукати замовлення на продукцію цього виду. Ціль віртуального підприємства, на відміну від звичайного – *оптимально підібрати ресурси під існуюче замовлення (попит ринку)*. Таким чином, для віртуального підприємства головним є задоволення попиту ринку, тоді як для звичайного – можливості та ресурси підприємства.

Віртуальні підприємства – це постійний пошук найбільш вигідних і надійних партнерів для виробництва потрібних виробів. Віртуальні підприємства можуть постійно перебудовувати свою конфігурацію і структуру виробничих процесів так, щоб зберігати максимальну ефективність. Завдяки своїй здатності створювати і використовувати найбільш новаторські ідеї при найменших витратах та в найбільш

короткий термін, вони сьогодні, у розвинених країнах, уже становлять серйозну конкуренцію великим традиційним підприємствам.

Створення і функціонування віртуальних підприємств як організаційних структур, можливо тільки за умови використання сучасних інформаційних технологій, методів комп'ютерного проектування і виготовлення, комп'ютерній підтримці всіх етапів життєвого циклу вироблених виробів.

Існує чотири типи організаційних структур віртуальних підприємств.

1. Організатор (або організатори) віртуального підприємства не бере особистої участі у виробництві. Його завдання – випуск на ринок конкретного продукту в найкоротший термін. Для цього організатор здійснює підбір виробників і налагоджує зв'язки між ними (зв'язує виробників у мережі), а також реалізує функції продажу і маркетингу. Створювані мережі виробників називаються *активними мережами*.
2. Організатор не тільки підбирає партнерів для активної мережі, але й бере участь у ряді виробничих процесів, прагне керувати підбором замовлень. Він прагне також зайняти ланки ланцюжка виробництва цінностей, з тих чи інших причин залишені великими підприємствами. Розширюючи сферу діяльності, організатор отримує більшу стабільність до змін ринку.
3. Організатор створює певне інформаційне та управлінське середовище для включення виробників в активні мережі. Для цього можуть використовуватися, наприклад, засоби Internet. Тим самим створюються передумови для того, щоб у короткий термін побудувати потрібну активну мережу, тому що партнери вже мають досвід взаємних контактів і загальні установки для спільної роботи. У таких віртуальних підприємствах можуть бути реалізовані великі проекти промислового виробництва. Створювані інформаційно-управлінські структури можуть перетворитися в дійсні інноваційні простори, де продавці, постачальники і представники близьких галузей будуть обмінюватися інформацією про потреби, техніку та технології.
4. У тих галузях, де основна частина виробництва здійснюється за допомогою обробки інформації та знань, завдяки сучасним інформаційним технологіям виникають структури, які можна назвати віртуальними ринками. Відносини між учасниками цих підприємств виникають тільки через використання спеціальних інформаційних систем.

Як приклад віртуального ринку можна навести американський телекомунікаційний концерн MCI, що створив координовану за допомогою сукупності правил мережу з 9000 вільних інженерів-раціоналізаторів. MCI тестує та оцінює раціоналізаторські пропозиції, після чого оформляє перспективні досягнення в готові для продажу на ринку послуги. Тим

самим за допомогою мережі МСІ створює для себе доступ до ринку ідей та інновацій, не маючи при цьому свого власного раціоналізаторського відділу.

В результаті діяльності віртуальних підприємств у світі формується більш динамічний глобальний ринок, що швидко розвивається і відрізняється широким різноманіттям товарів і послуг.

6.2 Етапи і принципи побудови віртуального підприємства

Розглянемо віртуальне підприємство, що належить до другого з описаних вище класів. Послідовність дій зі створення такого підприємства включає такі етапи:

- проектування процесів;
- прив'язка процесів до ресурсів, необхідних для їхньої підтримки;
- залучення ресурсів інших компаній за контрактами;
- експлуатація віртуальної організації.

Проектування процесів. Перший крок полягає в тому, щоб описати всі процеси, що необхідні для виробництва продукту і/або забезпечення намічених послуг. Це можна зробити за допомогою методології SADT і діаграм IDEF0. У п. 3.1 було розглянуто їх використання для формалізації існуючих процесів. У цьому випадку вони використовуються для побудови нових процесів. Маючи у своєму розпорядженні ці інструменти, можна описати графічно кожну функцію, що бере участь у процесі, та всі документи, які будуть використовуватися.

Потім слід визначити ресурси, необхідні для підтримки цих процесів, оцінити сумарний час, що вимагається для їхнього виконання і вартість процесів. Коли всі процеси повністю визначені та оцінені, вони використовуються при складанні техніко-економічного обґрунтування планованого підприємства, а команда розробників одержує опис того, як створюване підприємство повинно функціонувати.

Прив'язка до ресурсів. Після того, як сукупність процесів повністю спроектована, кожну функцію в кожному процесі необхідно прив'язати до певного ресурсу. Наприклад, деякі функції, що необхідні в ланцюжку поставок, можна прив'язати до складу. На цьому рівні питання про те, який саме це буде склад і де він розташовується, поки не стоїть. Цілі цього етапу полягають лише в тому, щоб визначити необхідність складу і вибрати функції, які він повинен виконувати.

Після завершення етапу в розпорядженні підприємства опиняється список необхідних ресурсів, а для кожного ресурсу – список функцій, які

він повинен буде виконувати, разом з описом входу, описом виходу і специфікаціями якості обслуговування.

Залучення ресурсів за контрактами. Наступний етап полягає в тому, щоб конкретизувати ресурси. Стосовно до віртуального підприємства це означає, що необхідно знайти виробничі ресурси поза структурою підприємства-організатора. При цьому необхідно, опираючись на порівняння результатів або зобов'язань різних постачальників, вибрати найкращого постачальника для кожного ресурсу з урахуванням раніше складених специфікацій функцій.

У пошуку постачальників необхідних послуг велика роль належить Інтернету. Інтернет надає універсальне комунікаційне та презентаційне середовище, що дозволяє ефективно і з низькими витратами давати інформацію про послуги, а також здійснювати пошук потрібної інформації.

Необхідні ресурси, як правило, залучаються на контрактній основі та оплачуються з наданням послуг. Одним з найважливіших переваг такої організації є різке скорочення розміру первісних фінансових вкладень (стартового капіталу). Крім того, організатори віртуального підприємства опираються на персонал, інструменти і методології, які *вже є*. Це може сприяти різкому зниженню загальних капіталовкладень, а також істотно скорочує терміни випуску планованої нової продукції.

Експлуатація створеного підприємства. Після того, як всі ресурси визначені, самим головним питанням стає здатність керівництва підприємства експлуатувати складний комплекс ресурсів, підконтрольних безлічі різних і незалежних організацій. Найважливішу роль у цьому покликані зіграти PDM-системи і технології Workflow. Інструменти Workflow (див. п. 3.3) можуть підтримувати міжорганізаційні процеси та автоматично передавати кожну функцію, заплановану відповідно до опису процесу, належному ресурсу для виконання, супроводжуючи її при цьому належною вхідною інформацією.

При експлуатації віртуального підприємства необхідно здійснювати контроль за тим, як кожен суб'єкт виконує свої контрактні зобов'язання. Тут також можуть допомогти інструменти Workflow, що розв'язують це завдання за допомогою механізмів реєстрації, що фіксують кожну подію із вказанням дати, часу та учасника. Такий реєстраційний журнал є основою для моніторингу і керування якістю послуг, що надаються кожним суб'єктом у ланцюжку.

Побудова віртуальних підприємств, що належать до третього з описаних вище (див. п. 5.1) класів, має свої додаткові особливості. Вони полягають у тому, що організатори створюють і підтримують спеціальне інформаційно-управлінське середовище для залучення учасників віртуальних підприємств в активні мережі. У простому випадку мова йде про чисто інформаційну мережу відносин, що народжується з особистих

зв'язків між співробітниками різних підприємств. При більш глибокій організації можливе централізоване розповсюдження інформації, проведення спеціальних нарад, спільні інвестиції та ін.

Ідеальний тип віртуального підприємства виникає тоді, коли на базі створеного інформаційно-управлінського середовища знову і знову формуються орієнтовані на замовлення, тимчасово обмежені активні мережі (рис. 35). При цьому кількість партнерів в інформаційно-управлінському середовищі може бути набагато більшою, ніж в активній мережі, що приводить до нових конфігурацій діяльності фахівців підприємств.

Віртуальні підприємства сьогодні розглядаються як *шлях до оптимізації промислового виробництва*. Такий підхід приводить до певної системи поглядів на те, як звичайне підприємство повинне використовувати свої можливості.

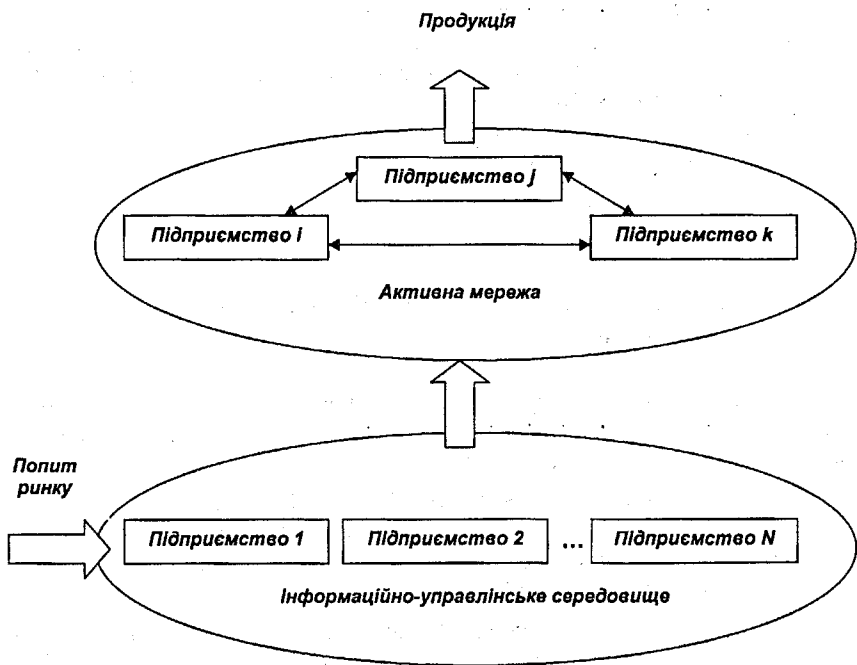


Рисунок 35 – Об'єднання в активній мережі при створенні віртуальних підприємств

Основними поняттями даної системи поглядів є *інтелектуальні та фізичні ресурси* підприємства. Під інтелектуальними ресурсами

розуміється сукупність досвіду підприємства при випуску конкретних видів продукції, впроваджені передові технології та раціоналізаторські пропозиції, інтелектуальний рівень і знання фахівців підприємства. Інтелектуальні ресурси – це той потенціал, що важко копіювати реальним і потенційним конкурентам. Під *фізичними ресурсами* розуміється структура і склад виробничих підрозділів підприємства, види та кількість наявного технологічного обладнання.

Оптимізація промислового виробництва на підприємстві досягається за рахунок раціонального використання його інтелектуальних і фізичних ресурсів у складі *віртуальних підприємств*. Іншими словами, щоб забезпечити оптимальне використання своїх можливостей, підприємство повинне здійснювати *менеджмент інтелектуальних і фізичних ресурсів*, що дозволить, незважаючи на певну структурну твердість та інерційність підприємства, швидко реагувати на динаміку змін ринку.

За допомогою менеджменту інтелектуальних ресурсів можна швидко перебудовуватися відповідно до зміни ринкових запитів, а за допомогою менеджменту фізичних ресурсів – здійснювати більш повне завантаження виробничих підрозділів. Беручи участь у віртуальних структурах, підприємство використовує свої найбільш сильні сторони, а “незручні” для себе виробничі завдання передає партнерам. Крім того, спілкуючись із партнерами, підприємство одержує доступ до нових інтелектуальних ресурсів.

6.3 Приклад підготовки виробництва у віртуальному підприємстві

Розглянемо приклад віртуального підприємства, що спеціалізується на проектуванні та виготовленні виробів із пластмас складної геометричної форми. До таких виробів належать:

- пластмасові корпуси та інші деталі різних приладів і пристроїв (телефонні апарати, пейджери, системи охоронної сигналізації, автомобільні радары й антирадары, касові апарати, мережеві фільтри, електропобутові прилади та ін.);
- пластмасова тара та упаковка (пластикові баночки і пляшки для харчових продуктів, косметики, мийних засобів та ін.);
- дитячі пластмасові іграшки (автомобілі, зброя, меблі та ін.);
- пластмасові вироби спортінвентарю і т.д.

Послідовність виробничих задач, які необхідно вирішити при виконанні замовлення, включає такі етапи: приймання замовлення; розробка дизайну виробу; конструювання виробу; проектування

формотворного оснащення; виготовлення спроектованого оснащення; дослідне виготовлення виробу; серійне виготовлення виробу.

Однак конкретне замовлення необов'язково вимагає виконання всіх етапів. Наприклад, замовник може представити готові дані виробу так, що потрібно виконати лише етапи, починаючи із проектування формотворного оснащення. В іншому випадку, може не вимагатися виготовлення виробу, тому що замовник бере цю функцію на себе. Таким чином, “вихідною точкою” для замовлення може служити кожний з етапів робіт. Те ж саме має місце стосовно “вихідної точки” для здачі результатів роботи.

Загальний обсяг робіт, пов'язаних із прийомом і виконанням замовлень, розподіляється між організаторами та іншими учасниками віртуального підприємства. Організатори віртуального підприємства беруть на себе виконання таких функцій:

- маркетинг і приймання замовлень;
- конструкторське проектування виробів;
- проектування формотворного оснащення;
- розробка керуючих програм для обладнання з ЧПК.

Інші учасники віртуального підприємства забезпечують вирішення таких задач:

- розробка дизайну виробів;
- обмір виробів-прототипів на координатно-вимірвальних машинах;
- виготовлення формотворного оснащення;
- дослідне та серійне виготовлення виробів.

Підбір учасників віртуального підприємства при формуванні активної мережі виконується з урахуванням характеристик конкретного замовлення, можливостей і поточної завантаженості учасників.

Деякі з виробничих завдань, розв'язуваних організаторами, можуть виконуватися також по кооперації. Наприклад, розробка керуючих програм для верстатів з ЧПК може виконуватися фахівцями підприємства, що виготовляє оснащення.

У сфері ТПВ учасники віртуального підприємства використовують засоби і методи автоматизації, описані в попередніх розділах. Загальна схема проектно-технологічних робіт у ТПВ і їхній зв'язок із задачами планування та керування виробництвом представлена на рис. 36.

Приймання замовлення – перша та одна із найвідповідальніших задач, що розв'язуються організаторами віртуального підприємства. На цьому етапі вирішується принципова можливість виготовлення виробу, визначаються трудомісткість і терміни виконання робіт. Оскільки віртуальні підприємства, у силу свого становища, повинні використовувати найбільш передові методи і технології, то роботи з

приймання та попереднього оцінювання замовлень вимагають застосування відповідних засобів автоматизації.

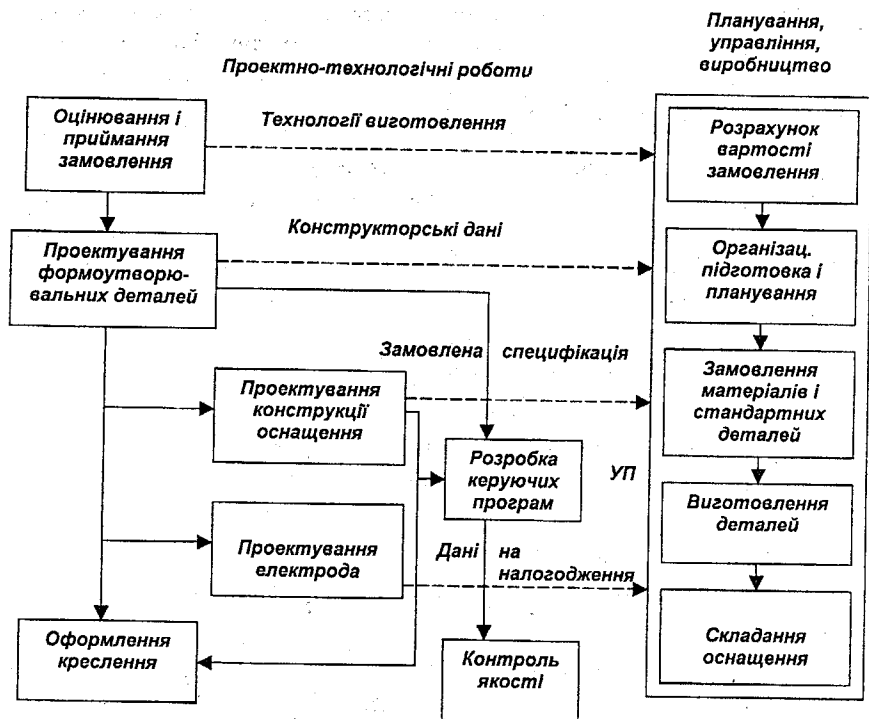


Рисунок 36 – Проектно-технологічні задачі ТПВ та їхній зв'язок з виробництвом

Перехід підприємств на 3D-проекування із застосуванням CAD-систем призводить до того, що все більша частина замовлень надходить у вигляді 3D-моделей виробів. У таких випадках для приймання та оцінювання замовлення використовується спеціальна система QuickConcept.

Система QuickConcept широко використовується менеджерами та інженерами підприємств, що виробляють складне формотворне оснащення. Система дозволяє прийняти замовлення у вигляді тривимірних моделей виробів і при цьому зробити необхідні розрахунки, оцінити закладені конструктором уклони, виявити піднутрення і вертикальні поверхні, визначити кількість формотворних рухів оснащення та їхніх напрямків. Для цього система автоматично розділяє модель виробу на

набори формотворних поверхонь (рис. 37), а в режимі анімації виробляється узгоджене переміщення окремих частин майбутнього оснащення відносно одна одної. Результати аналізу можуть бути збережені та передані через стандартний інтерфейс конструктору оснащення для внесення змін. Узгодження змін і конструктивних рішень із внутрішніми або зовнішніми замовниками виконується в реальному часі через Інтернет.

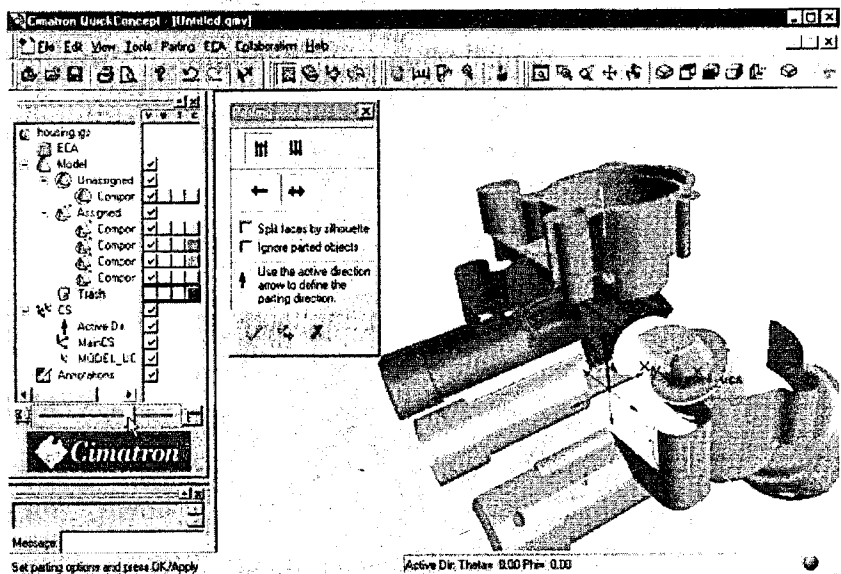


Рисунок 37 – Попередній аналіз оснащення в системі QuickConcept

Таким чином, система дозволяє відпрацювати виріб на технологічність, допомагає визначити реальні терміни та вартості виконання замовлень. При цьому терміни і витрати на проектування та виготовлення складного оснащення значно скорочуються.

Ще одна з форм надходження замовлення – фізичний зразок виробу-прототипу. При цьому завдання полягає в тому, щоб шляхом динамічного обмірювання фізичного зразка на координатно-вимірювальній машині відновити його комп'ютерну модель, після чого виконується стандартна послідовність етапів проектування та виготовлення виробу. Такий спосіб одержання інформації про виріб називається зворотним інженерним проектуванням (Reverse Engineering).

Існують різні типи координатно-вимірювальних машин з контактним (за допомогою щупа) або безконтактним (за допомогою лазера) способом обмірювання. Зокрема, високі експлуатаційні характеристики мають

координатно-вимірювальні машини серії Hawk з лазерним способом обмірювання (рис. 38). Відновлення моделі виробу за результатами обмірювання може бути виконане за допомогою спеціального додатка ReEnge, наявного в CAD/CAM Cimatron.

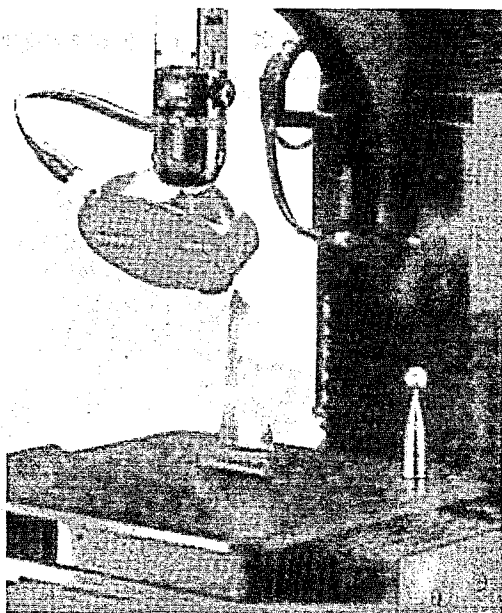


Рисунок 38 – Координатно-вимірювальна машина Hawk-222

Крім розв'язання виробничих задач, організатори віртуального підприємства беруть на себе функції зі створення єдиного інформаційно-управлінського середовища для учасників віртуального підприємства (нагадаємо, що кількість таких учасників більше ніж кількість учасників активної мережі). До цих функцій відносяться:

- оперативне інформування учасників про хід робіт, виконуваних в активних мережах, про виникаючі проблеми і про результати робіт;
- впровадження єдиних базових комп'ютерних засобів автоматизації (CAD/CAM-, CAE- і PDM-систем) на підприємствах, що беруть участь у створюваних віртуальних структурах. Цим досягається скорочення часу і поліпшення якості виконання замовлень, підвищення рівня взаєморозуміння підприємств-учасників;

- регулярне проведення семінарів для фахівців-учасників віртуального підприємства з метою їхнього ознайомлення з новими технічними рішеннями та для обміну досвідом;
- розміщення технічної та презентаційної інформації в Internet з метою пошуку нових замовлень і залучення нових учасників.

Облік замовлень, що надходять, і контроль за ходом виконання робіт виконується у віртуальному підприємстві на базі використання PDM SmarTeam. На базі цієї ж системи вирішуються такі задачі, як накопичення банку даних з ресурсів учасників віртуального підприємства, підбір учасників для об'єднання в активну мережу, контроль рівня цін всіх видів послуг та ін.

Петро Миколайович Павленко, Євген Іванович Яблочников,
Юрій Анатолійович Буренніков, Леонід Геннадійович Козлов

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено Л.Г. Козловим

Редактор О. Д. Скалоцька

Навчально-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку 18.07.2006 р.
Формат 29,7 x 42¹/₄
Друк різнографічний
Тираж 75 прим.
Зам. №: 2006-125

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк. 6.29

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ