



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних
машин і обладнання



О.А. Сиротинський
О.П. Лук'янчук

ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН

**Інтерактивний комплекс
навчально-методичного забезпечення**

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Для студентів напрямку підготовки:
0505 – “Машинобудування”

Рівне 2008



Національний університет

УДК 681.3 (075)

ББК 32.97 Я7

С40

Затверджено вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.

(Протокол № 10 від 26.09.2008 р.)

Рецензенти:

Власюк А.П., доктор технічних наук, професор,
НУВГП;

Мобіло Л.В., кандидат технічних наук, доцент
НУВГП.

Сиротинський О.А., Лук'янчук О.П.

С40 — Основи автоматизації проектування машин: Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення – Рівне: НУВГП, 2008. – 105 с.

Навчально-методичний комплекс містить типову програму, вказівки щодо вивчення окремих тем, плани лабораторних занять, тренінгову тестову програму, завдання на самостійну роботу студентів, термінологічний словник, список рекомендованої літератури, які можуть бути корисними при самостійному вивченні дисципліни в умовах кредитно-модульної організації навчального процесу.

УДК 681.3 (075)

ББК 32.97 Я7

© Сиротинський О.А.,
Лук'янчук О.П., 2008

© НУВГП, 2008



1. ТИПОВА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ “ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН”

1.1. Тематичний план та розподіл навчального часу

Відповідно до “Освітньо-професійної програми вищої освіти” підготовки бакалавра напрямку 0505 “Машинобудування” за професійним спрямуванням: “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання” та “Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів” на вивчення навчальної дисципліни “Основи автоматизації проектування машин” передбачено 108 годин (3 кредити, 2 змістових модулі, табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Тематичний план та розподіл навчального часу

Блоки змістових модулів (розділи); змістові модулі (теми)	Розподіл часу			
	лекц.	лаб.	сам.	інд.
1	2	3	4	5
1. Основи автоматизованого проектування	10	4	34	
1.1. Загальні відомості про інженерне проектування	2	2	8	
1.2. Технічне забезпечення САПР	2	1	8	
1.3. Математичне і програмне забезпечення САПР	2	1	6	
1.4. Інформаційне забезпечення САПР	2	0	6	
1.5. Лінгвістичне, методичне та організаційне забезпечення САПР	2	0	8	
2. Системи автоматизації проектування машин	10	16	34	
2.1. Загальні відомості про сучасні комп’ютерні технології автоматизованого проектування та підготовки виробництва (<i>CAD/CAM/CAE/PDM</i>)	2	2	8	
2.2. Системи твердотільного параметричного моделювання важкого класу	2	2	6	
2.3. Системи твердотільного параметричного моделювання середнього класу	2	2	6	
2.4. Система твердотільного параметричного моделювання легкого класу	2	2	6	
2.5. Системи програмування обробки на станках з ЧПУ (числовим програмним управлінням)	2	8	8	
Разом:	20	20	68	



1.2. Програмний матеріал блоків змістових модулів

Блок 1. Основи автоматизованого проектування

Тема 1.1. Загальні відомості про інженерне проектування

Вступ. Визначення та суть інженерного проектування.
Стадії та етапи проектування.
Узагальнений алгоритм інженерного проектування.
Визначення і суть автоматизованого проектування.
Класифікація та принципи побудови і функціонування САПР.

Тема 1.2. Технічне забезпечення САПР

Загальна характеристика. Вимоги до ТЗ САПР.
Основні компоненти технічного забезпечення САПР.
Комплекси технічних засобів САПР, їх структура і стисла характеристика.

Тема 1.3. Математичне і програмне забезпечення САПР

Загальна характеристика і структура математичного забезпечення САПР. Функціональний опис об'єктів проектування.
Методи і алгоритми проектних операцій і процедур.
Загальна характеристика програмного забезпечення САПР.
Спеціалізоване програмне забезпечення, його призначення та структура.

Тема 1.4. Інформаційне забезпечення САПР

Загальна характеристика, основні компоненти та види інформаційного забезпечення САПР. Інформаційний фонд САПР. Склад і способи ведення. Системи управління базами даних (СУБД).

Тема 1.5. Лінгвістичне, методичне та організаційне забезпечення САПР

Визначення і структура лінгвістичного забезпечення САПР.
Класифікація мов, які використовуються в САПР.
Базове лінгвістичне забезпечення САПР.
Загальна характеристика, склад методичного та організаційного забезпечення САПР.



Тема 2.1. Загальні відомості про сучасні комп'ютерні технології автоматизованого проектування та підготовки виробництва (CAD/CAM/CAE/PDM)

Загальна характеристика.
Види систем. Область використання.
Переваги та недоліки.

Тема 2.2. Системи твердотільного моделювання важкого класу

Загальна характеристика.
Призначення та основні функції системи.
Модулі і додатки системи: проектування, механообробка.

Тема 2.3. Системи твердотільного параметричного моделювання середнього класу

Загальна характеристика.
Призначення та основні функції системи.
Модулі системи Solid Edge.
Твердотільне параметричне моделювання і проектування виробів з листового матеріалу. Креслення. Складання.

Тема 2.4. Системи програмування обробки на станках з ЧПУ

Призначення і можливості. Загальна структура системи.
Стиль побудови об'єктів. Тривимірна корекція.
Моделювання складних поверхонь в системі GeMMa-3D.
Засоби побудови та обробки поверхонь.

Тема 2.5. Система твердотільного параметричного моделювання легкого класу

Призначення, область використання, склад.
Конструкторські додатки та набір бібліотек.
КОМПАС-3D V8. КОМПАС-МЕНЕДЖЕР (версія – 3D V8).
Система проектування специфікацій.
Система КОМПАС-ШТАМП.
Підтримка технології OLE. Обмін інформацією з іншими системами.



2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ МОДУЛІВ ТА ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

Блок 1. Основи автоматизованого проектування

Тема 1.1. Загальні відомості про інженерне проектування

Підготовка спеціалістів у вищих навчальних закладах має відповідати вимогам останніх досягнень науки та виробництва.

Одним із основних факторів прискорення науково-технічного прогресу є широке впровадження засобів обчислювальної техніки в усі сфери народного господарства з метою значного підвищення продуктивності праці, ефективності і якості виробів, що виробляються.

За даними провідних літакобудівельних компаній США: “КОНКОРД” та “ХАРІЄР”- термін проектування літака “вручну” складає – 13-15 років; при цьому, його вартість – мільярди доларів. Термін автоматизованого проектування складає – 3,5-5 років.

Слід, також мати на увазі принцип морального старіння техніки.

Таким чином, САПР дає змогу комплексного підходу до питань проектування, висуває більш високі вимоги до кваліфікації проєктувальника, але разом з тим полегшує його працю, та прискорює термін створення нових машин.

З точки зору системного підходу, у відповідності з ГОСТ 22487-77, проектування – це процес складання опису, необхідного для створення ще не існуючого об’єкту, шляхом перетворення його вихідного (первинного) опису в кінцевий опис на основі виконання комплексу робіт пошукового, розрахункового і конструкторського характеру.

Суть процесу проектування зводиться до наступних основних моментів:

1. Проектування технічного об’єкту пов’язане із створенням, перетворенням та представленням у прийнятій формі образу цього об’єкту (числової моделі).

2. Образ об’єкту проектування або його складових частин може створюватись або в уяві людини в результаті творчого процесу, або генеруватися по деяких алгоритмах в процесі взаємодії людини та ЕОМ.

Методологія проектування полягає в тому, що можливість проектування складних об'єктів обумовлена використанням ряду принципів: декомпозиція і ієрархічність опису об'єктів; багатоетапність та ітераційність проектування, типізація та уніфікація проектних рішень і засобів проектування.

Принцип декомпозиції припускає структурування (розбивання) уявлень відповідного рівня опису об'єкта на складові частини з метою їх роздільного проектування з врахуванням погодження рішень, що приймаються.

Приклад: Двигун внутрішнього згорання складається із: кривошипно-шатунного механізму; систем охолодження, живлення, запалювання тощо.

Принцип ієрархічності припускає структурування уявлень про об'єкти і їх складові частини за ступенем конкретизації і деталізації опису з метою послідовного нарощування складності опису об'єкту в поєднанні з декомпозицією.

Багатоетапність проектування передбачає розподілення в часі на:

- стадії; - етапи; - проектні процедури та операції.

Термін проектування машини складає 5-7 років.

Основними задачами методології проектування є:

- зменшення числа ітерацій (наближень) в процесі проектування;
- зниження затрат часу та вартості розробки проектів;
- підвищенні надійності та якості проектів.

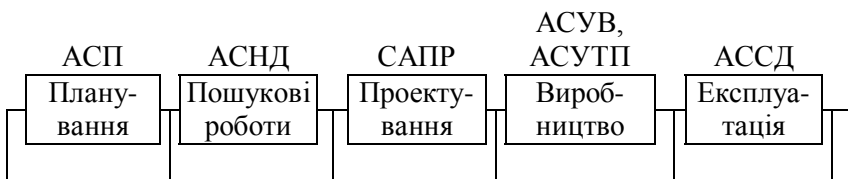


Рис. 2.1. Загальна структура життєвого циклу виробу

- АСП - автоматизована система планування;
- АСНД - автоматизована система наукових досліджень;
- АСУВ - автоматизована система управління виробництвом;
- АСУТП - автоматизована система управління технологічним процесом;
- АССД - автоматизована система статистичних досліджень.

Стадії проектування включають в себе: проектні дослідження; технічне завдання; технічну пропозицію; ескізний проект; технічний проект; робочий проект; випробовування; впровадження виробу у виробництво.

Етап проектування – це частина процесу проектування, що включає в себе формування всіх описів об'єкту, які відносяться до одного або декількох ієрархічних рівнів, або аспектів проектування (функціонального, конструкторського або технологічного). Складовими частинами етапу проектування є проектні процедури.

Проектні процедури - це формалізована сукупність дій, в результаті виконання якої отримується проектне рішення. Проектна процедура розподіляється на проектні операції.

Опис об'єкту проектування по складності повинен бути погоджений з можливостями людини до сприйняття і з можливістю оперувати цими описами в процесі проектування. Однак, виконати ці вимоги в рамках деякого єдиного опису, не розбиваючи його на частини, практично можливо лише для дуже простих об'єктів. Як правило, необхідно оструктурувати опис об'єкту, що проектується на відповідні розчленування (декомпозиції) уявлень про нього на так звані ієрархічні рівні і аспекти.

Декомпозицією називається розчленування, розбиття опису об'єкту проектування на окремі складові частини.

Можливі два варіанти декомпозиції:

- декомпозиція за ступенем детальності опису характеристик об'єкту;
- декомпозиція за характером властивостей об'єкту, що відтворюються.

В першому випадку ми приходимо до ієрархічного опису об'єкту проектування, коли його опис розбивається на ієрархічні рівні, котрі являють собою рівні опису об'єкту, що відрізняються за ступенем детальності відображення властивостей об'єкту.

Таким чином, декомпозиція першого типу реалізує принцип ієрархічності. Ієрархічні рівні називають ще горизонтальними, або рівнями абстрагування. Сукупність описів деяких рівнів разом з постановками задач і методів одержання цих описів називають ієрархічними рівнями проектування.

Функціональний аспект опису об'єкту проектування пов'язаний із відображенням основних принципів функціонування, характеру



фізичних і інформаційних процесів, які протікають в об'єкті і знаходиться зображення в принципових, структурних та кінематичних схемах та відповідних документах.

Наприклад в машинобудуванні функціональний аспект в машинобудуванні складається з електричного, механічного, гідравлічного і хімічного аспектів.

Конструкторський аспект опису об'єкту проектування пов'язаний з реалізацією результатів функціонального проектування, тобто з визначенням геометричних форм об'єктів та їх взаємним розміщенням у просторі.

Технологічний аспект опису об'єкту проектування відноситься до реалізації результатів конструкторського проектування, тобто пов'язаний з описом методів і засобів виготовлення об'єктів.

Можливий більш диференційований опис об'єкту з виділенням ряду підсистем і відповідного числа аспектів.

Якщо рішення задач високих ієрархічних рівнів передують рішенням задач більш низьких рівнів, то проектування називається низхідним.

При низхідному проектуванні формулювання ТЗ на розробку елементів k -го ієрархічного рівня відноситься до процедур того ж рівня.

Якщо раніше виконуються етапи, які зв'язані з нижчими ієрархічними рівнями, то проектування називається східним. На практиці поєднуються два методи проектування одночасно.

При проектуванні систем вищого ієрархічного рівня, або уніфікованих систем, розробка ТЗ є самостійним етапом проектування. Таке проектування називається зовнішнім. При зовнішньому проектуванні, разом із технічними факторами, необхідно враховувати економічні показники, прогноз вартості і терміни періодів проектування і виготовлення. На основі вивчення стану і перспектив науково-технічного прогресу група експертів формулює початковий варіант ТЗ на систему. Оцінку можливості виконання ТЗ і рекомендації по його користуванню одержують з допомогою проектних процедур внутрішнього проектування.

Внутрішнім проектуванням називається безпосереднє проектування на будь-якому рівні по ТЗ, розробленому на більш високому рівні.



Рис. 2.2. Алгоритм інженерного проектування

Проектне рішення (процедура) називається типовим, якщо воно (вона) призначене (-на) для баготоразового використання при проектуванні багатьох типів об'єктів.

* Процедури аналізу – підрозділяються на одноваріантний та багатоваріантний аналіз.

При одноваріантному аналізі : - задано: значення зовнішніх та внутрішніх параметрів; - необхідно визначити : значення вихідних параметрів об'єкту.

При багатоваріантному аналізі : проводиться дослідження властивостей об'єкта в деякій області простору внутрішніх параметрів. Такий аналіз вимагає баготоразового розв'язку систем рівнянь (баготоразового виконання одноваріантного аналізу).

* Процедури синтезу – підрозділяються на структурний та параметричний синтез.

Структурний синтез має за мету визначити структуру об'єкту, тобто перелік типів елементів, що складають об'єкт і



спосіб зв'язку елементів між собою в складі об'єкту.

Параметричний синтез заключається у визначенні числових значень параметрів елементів при заданих структурі і умовах працездатності на вихідні параметри об'єкту, тобто при параметричному синтезі необхідно знайти точку або область в просторі внутрішніх параметрів, в яких виконуються ті або інші умови (звичайно умови працездатності).

Автоматизоване проектування - це проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта та алгоритму його функціонування, або алгоритму процесу, а також уявлення опису на різноманітних мовах здійснюється взаємодією людини і ЕОМ.

Система автоматизованого проектування - це комплекс засобів автоматизації проектування, взаємозв'язаних з необхідними підрозділами проектної організації або колективом спеціалістів (користувачем системи), які виконують автоматизоване проектування.

САПР призначені для виконання проектних операцій (процедур) в автоматизованому режимі.

САПР складаються в проектних, конструкторських технологічних та інших організаціях з метою:

- підвищення якості і техніко-економічного рівня продукції, що проектується і випускається;
- підвищення ефективності об'єктів проектування, зменшення витрат на їх створення і експлуатацію;
- скорочення термінів, зменшення трудоемкості проектування і підвищення якості проектної документації.

САПР об'єднує технічні засоби, параметри і характеристики, які вибирають з максимальним врахуванням особливостей задач інженерного проектування.

Основна функція САПР - виконання автоматизованого проектування на всіх або окремих стадіях проектування об'єктів і їх складових частин.

При створенні САПР слід керуватись наступними принципами: - системної єдності; - сумісності; - типізації; - розвитку.

Принцип системної єдності забезпечує цілісність системи і системну "свіжість" проектування окремих елементів і всього об'єкту проектування в цілому (ієрархічність проектування).

Принцип сумісності забезпечує спільне функціонування складових частин САПР і зберігає відкриту систему в цілому.



Принцип типізації орієнтує на переважаче створення і використання типових і уніфікованих елементів САПР.

Принцип розвитку забезпечує поповнення, удосконалення і обновлення складових частин САПР, а також взаємодію і розширення взаємозв'язку з автоматизованими системами різного рівня і функціонального призначення.

Класифікація САПР:

1. За типом об'єкту проектування.
2. За різновидністю об'єкту проектування.
3. За складністю об'єкту проектування.
4. За комплексністю автоматизації проектування.
5. За рівнем автоматизації проектування.
6. За характером проектних документів, що випускаються.
7. За кількістю проектних документів, що випускаються.
8. За числом рівнів в структурі технічного забезпечення.

При створенні і функціонуванні САПР використовують наступні принципи:

1. Принцип системної єдності полягає в тому, що при створенні, функціонуванні і розвитку САПР, зв'язки між підсистемами повинні забезпечувати цілісність системи.

2. Принцип включення забезпечує розробку САПР на основі вимог, що дозволяють включати цю САПР у САПР більш високого рівня.

3. Принцип розвитку означає те, що САПР повинна створюватися і функціонувати з врахуванням доповнень, модернізацій та обновлення підсистем та компонентів.

4. Принцип комплексності забезпечує взаємозв'язок між проектуванням елементів та всього об'єкту на всіх етапах та стадіях проектування.

5. Принцип інформаційної єдності полягає у використанні в підсистемах, засобах та компонентах забезпечення САПР єдиних умовних позначень, термінів, символів, проблемно-орієнтованих мов, способів представлення інформації, які відповідають прийнятим нормативним документам.

6. Принцип сумісності полягає в тому, що повинно забезпечуватись одночасне функціонування всіх підсистем САПР при збереженні відкритості системи в цілому.

7. Принцип стандартизації та інвентаризації полягає в уніфіка-



ції, типізації і стандартизації підсистем і компонентів, інваріантних до галузей та об'єктів, що проектуються.

8. Принцип діалогу полягає в тому, що відбувається одночасне використання проектувальником ручних, автоматизованих та автоматичних проектних операцій, його активний вплив в процес формування проектних рішень.

9. Принцип накопичення досвіду проектування полягає в наявності і поповненні архіву проектних процедур та проектних рішень, математичних моделей (ММ), алгоритмів, теоретичних і експериментальних даних і т. д.

Стадії функціонування САПР:

I стадія: використання ЕОМ для розв'язку інженерних задач в перші роки їх появи.

Тоді використання ЕОМ для вирішення інженерних задач здійснювалось по схемі, яка включає наступні етапи: а) математичне формулювання задачі; б) вибір чисельних методів рішення; в) розробка алгоритму; г) запис програми на алгоритмічній мові; д) кодування вихідних даних; е) занесення програми і всіх даних на проміжний носій - перфорація; ж) відладка програми – виявлення помилок і внесення виправлення; з) розв'язок задачі; к) обробка результатів – побудова графіків, чистограм, таблиць, креслень та інших документів.

Етапи а) – д) і к) - здійснюються інженером (вручну). Етап е) - оператором обчислювального центру.

Таке використання ЕОМ можна розглядати, як нижчу ступінь розвитку автоматизованого проектування.

II стадія: Розробка математичних моделей, методів і алгоритмів, вже достатньо враховуючих можливості ЕОМ.

Універсалізація полягає в тому, що програма автоматичного одержання рівнянь однакова для всього класу об'єктів і тому складається один раз, а використовується багаторазово багатьма інженерами в різних ситуаціях. Але технічні засоби і програмне забезпечення ще не були об'єднані в єдину проектуючу систему і розроблені програми не були з'єднані одна з другою. (Не було “підтримки” програм).

III стадія: системний підхід до вирішення проблеми проектування з допомогою ЕОМ, тобто створення і впровадження САПР.

Структурними компонентами САПР, які жорстко зв'язані з орга-



нізаційною структурою проектної організації, є підсистеми, в яких при допомозі спеціалізованих комплексів засобів вирішується функціонально завершена послідовність задач САПР.

САПР, за призначенням (ГОСТ 23501.0 - 79), розподіляються на:

Проектуючі підсистеми, які мають об'єктну орієнтацію і реалізують окремих етап (стадію) проектування або групу безпосередньо пов'язаних проектних задач. Приклад: ескізне проектування виробів, проектування корпусних деталей і т. д.

Обслуговуючі підсистеми мають загальне системне використання і забезпечують підтримку функціонування проектуючих підсистем, а також оформлення, передачу і вивід одержаних в них результатів. Приклад: автоматизований банк даних, підсистеми документування та графічного вводу-виводу.

Підсистема складається із компонентів САПР, об'єднаних загальною для даної підсистеми цільовою функцією і які забезпечують функціонування цієї системи.

Компонент являє собою елемент забезпечення, який виконує окрему функцію в підсистемі:

Методичне забезпечення - документи, в яких відображені склад, правила вибору та експлуатації засобів автоматизації проектування.

Лінгвістичне забезпечення - мови проектування, термінологія;

Математичне забезпечення - методи, математичні моделі, алгоритми;

Програмне забезпечення - документи з текстами програм, програми на машинних носіях і експлуатаційні документи;

Технічне забезпечення - засоби обчислювальної та організаційної техніки, передачі даних, вимірювальні та інші пристрої;

Інформаційне забезпечення - документи з описом стандартних проектних процедур, типових рішень, типових елементів, тощо;

Організаційне забезпечення - положення, інструкція, накази, штатні розклади і інші документи, які регламентують організаційну структуру підрозділів АПР.

Всі елементи структури діючої САПР (підсистема, проектно-технічна документація, програмно-методичні комплекси (ПМК), програмно-технічні комплекси (ПТК) і т.д.) знаходяться в складній взаємодії між собою. Логіка цих взаємодій направлена на реалізацію узагальненого алгоритму проектування.

Сукупність взаємодій всіх структурних елементів САПР, взятих

в цілому по всьому об'єкту проектування і в їх розвитку по стадіях і етапах проектування утворює узагальнений алгоритм автоматизованого проектування (УААП). Він складається із типових операцій та процедур, котрі співпадають по суті та змісту з елементами УААП для традиційного (безмашинного) проектування, але по способу реалізації є автоматизованим, крім того в цей алгоритм при необхідності включається цілий ряд сервісних і системних операцій і процедур (введення - виведення даних, пошуку інформації та інше), які забезпечують надійне функціонування САПР.

Таким чином, УААП являє собою відповідно організовану послідовність автоматизованих і неавтоматизованих операцій проектування, які підтримуються відповідного виду забезпеченням, котра в цілому приводить до людино-машинного виконання узагальненого алгоритму проектування.

Основною ланкою цього алгоритму є узагальнена процедура автоматизованого проектування.

Запитання для самоконтролю

1. В чому полягає суть системного аналізу інженерного проектування?
2. Визначення та суть інженерного проектування.
3. В чому полягає методологія проектування?
4. Стадії та етапи проектування. Проектні процедури та операції.
5. В чому полягає суть блочно-ієрархічного підходу до проектування?
6. Ієрархічні рівні та аспекти опису об'єкту проектування.
7. Привести приклади східного та низхідного проектування.
8. Привести приклади зовнішнього та внутрішнього проектування.
9. Привести приклади типізації проектних рішень і процедур.
10. В чому полягає суть узагальненого алгоритму інженерного проектування?

Технічне забезпечення (ТЗ) САПР являє собою комплекс технічних засобів (КТЗ), на базі якого фізично реалізується весь процес автоматизованого проектування (АП): від вводу і підготовки вихідних даних до одержання готової проектної документації.

По суті, ТЗ САПР являє собою матеріальну основу автоматизованого проектування і разом з програмним забезпеченням (ПЗ САПР) створює те фізичне середовище, в котрому реалізуються другі види забезпечення САПР (математичне, інформаційне, лінгвістичне та інші).

Слід відмітити, що проблема підбору ТЗ САПР для будь-якої конкретної САПР є дуже важливим і відповідним етапом при розробці або експлуатації цієї САПР. Це пов'язане з тими обставинами, що КТЗ САПР поряд із ПЗ САПР є найбільш дорогим компонентом САПР і в значній мірі визначає ефективність всієї системи в цілому.

Вимоги до технічного забезпечення САПР можна розділити на чотири категорії:

- системні; - функціональні; - технічні; - організаційно- експлуатаційні.

Системні вимоги обумовлюють спектр властивостей, параметрів і характеристик КТЗ САПР як технічної системи. Системні вимоги до КТЗ є наступні: ефективність, універсальність, сумісність, гнучкість і відкритість, надійність, точність (достовірність), захищеність, можливість одночасної роботи достатньо широкого кола користувачів, низька вартість.

Функціональні вимоги обумовлюють властивості КТЗ з точки зору виконання функцій САПР. Висуваються до КЗ САПР і повинні забезпечувати: реалізацію математичних моделей; задач прийняття рішень і проектних процедур; архіві, бібліотек проектних рішень і типових елементів; системи пошуку даних, забезпечення наявності інформації; роботу з графічними зображеннями і моделями; паралельну розробку окремих вузлів; взаємозв'язок етапів проектування; роботи користувача як в пакетному, так і в діалоговому режимі з можливістю переходу з одного режиму на інший на будь-якому етапі проектування; документування результатів проектування; видачі результатів на технологічне обладнання (запис програми для обладнання з ЧПУ та інше).



Технічні вимоги обумовлюють параметри і характеристики КТЗ і окремих ТЗ при функціонуванні САПР та виражаються у вигляді кількісних, якісних та номенклатурних значень характеристик та параметрів. До основних характеристик та параметрів відносять наступні: продуктивність, швидкість розрядності пристроїв, систему кодування інформації; ємність запам'ятовуваних пристроїв, види носіїв даних; типи інтерфейсів для спряження обладнання.

До організаційно-експлуатаційних відносяться вимоги по технічній естетиці, ергономіці, безпеці (охороні праці), організації експлуатації та обслуговуванню ТЗ САПР.

Найбільш загальні вимоги (в більшій частині системні і функціональні) приводять в ТЗ на САПР. Більш деталізовані і конкретизовані системні і функціональні вимоги, а також технічні і організаційно-експлуатаційні вимоги вказують в технічних завданнях на комплекси засобів.

В даний час в складі технічного забезпечення САПР прийнято виділяти дві групи ТЗ:

1 - Технічні засоби (ТЗ) загального призначення, призначені для створення САПР різних класів і конфігурацій та комплексування спеціалізованих КТЗ типу АРМ, ІРС та інші.

2 - Проблемно-орієнтовані комплекси технічних засобів (КТЗ) з спеціалізованим програмним забезпеченням: АРМ – автоматизоване робоче місце; ІРС – інженерна робоча станція; РМП – робоче місце проектувальника.

Всі групи ТЗ відповідають послідовно всім етапам рішення проектної задачі - від вводу даних до збереження результатів проектування і призначені для виконання наступних функцій: введення вихідних даних в ЕОМ при описанні об'єкту проектування в доступній формі; відтворення введеної інформації з метою її візуального контролю та редагування; обробка інформації; збереження інформації; відтворення проміжних та кінцевих результатів розв'язку; оперативне спілкування проектувальника з автоматизованою системою в процесі розв'язання задачі.

Комплекси технічних засобів загального призначення (КТЗЗП) є основою КТЗ САПР. Ці засоби по суті являють собою серійні ЕОМ різноманітних типів і класів.

Структура програмної обробки даних (ЕОМ) може бути приставлена наступним чином:



Рис. 2.3. Структура програмної обробки даних

Спеціальні комплекси технічних засобів (СКТЗ) є автоматизованими робочими місцями проектувальника (АРМ).

Автоматизованим робочим місцем проектувальника (АРМ) називається апаратно-програмний, проблемно-орієнтований комплекс, склад якого визначається в залежності від його функціонального призначення, а також від складу і об'єму задач, які необхідно вирішувати.

АРМ призначене для автоматизації операцій по підготуванню, перетворенню та редагуванню текстової та графічної інформації, а також операцій взаємодії користувача з системою в процесі проектування.

Класифікація АРМ:

- за областю використання: Універсальні АРМ, Спеціалізовані АРМ;
- за можливістю Модифікації: Відкриті АРМ, Закриті АРМ;
- за продуктивністю ГОСТ 23501.201-85: великої, середньої, низької продуктивності.

Продуктивність АРМ визначається складом та характеристикою компонентів (модулів) технічного забезпечення, а також складом і

характеристикою ЕОМ та характеристикою програмно-методичних комплексів (ПМК) відповідного АРМу.

Автоматизовані робочі місця даної професійної орієнтації постають заводами-виробниками в різному виконанні і являють собою сполучення різних типів і числа пристроїв. АРМ можуть бути укомплектовані і самим користувачем довільно з номенклатури засобів обчислювальної техніки та машинної графіки, які є в наявності.

Запитання для самоконтролю

1. Приведіть визначення технічного забезпечення САПР.
2. Які вимоги висуваються до технічного забезпечення САПР?
3. Які основні компоненти технічного забезпечення САПР?
4. Що входить в поняття “Комплекси технічних засобів САПР”?
5. Приведіть їх структуру і стисло характеристику технічних засобів САПР.

Тема 1.3. Математичне і програмне забезпечення САПР

Математичним забезпеченням автоматизованого проектування називається сукупність математичних моделей об'єктів проектування, а також методів і алгоритмів операцій і процедур.

Узагальнену структуру МЗ САПР можна показати в наступному вигляді (див. рис. 2.4). Як видно із цієї схеми, вся сукупність математичних моделей об'єктів, що проектуються по характеру своїх властивостей діляться на функціональні і структурні моделі.

Функціональні моделі призначені для відображення фізичних процесів, які протікають в об'єкті при його функціонуванні і встановлюють зв'язки між вхідними, вихідними, керуючими та зовнішніми параметрами за допомогою функціональних залежностей, функціоналів, операторів, імовірних залежностей і т.д. Функціональні ММ разом з деякими критеріями оцінки якості функціонування об'єкту складають основу функціонального опису об'єкту проектування (функціональний аспект).

Структурні ММ призначені для відображення структурних властивостей об'єкту проектування. Розрізняють структурні ММ: топологічні і геометричні.



Топологічні ММ висвітлюють склад і зв'язок елементів об'єкту проектування. Їх частіше всього використовують для опису об'єктів, що складаються із великого числа окремих елементів при розв'язку задач прив'язки конструктивних елементів до певних просторових позицій (приклад задачі: компоновки, трасування з'єднань), чи до відносних моментів часу (наприклад: при розробці технологічних процесів). Топологічні моделі можуть мати форму графів, таблиць, списків, матриць і т.д.

Геометричні ММ відображають просторові співвідношення і форми об'єкту, що проектується і його складових частин. Геометричні ММ можуть виражатись сукупністю рівнянь ліній і поверхонь, графами і списками і т.д. На основі топологічних і геометричних ММ здійснюють морфологічний опис об'єкту проектування.

Ефективність САПР, багато в чому, визначається якістю МЗ, оскільки вибір МЗ часто визначає якість і строк проектування, а також затрати на нього.

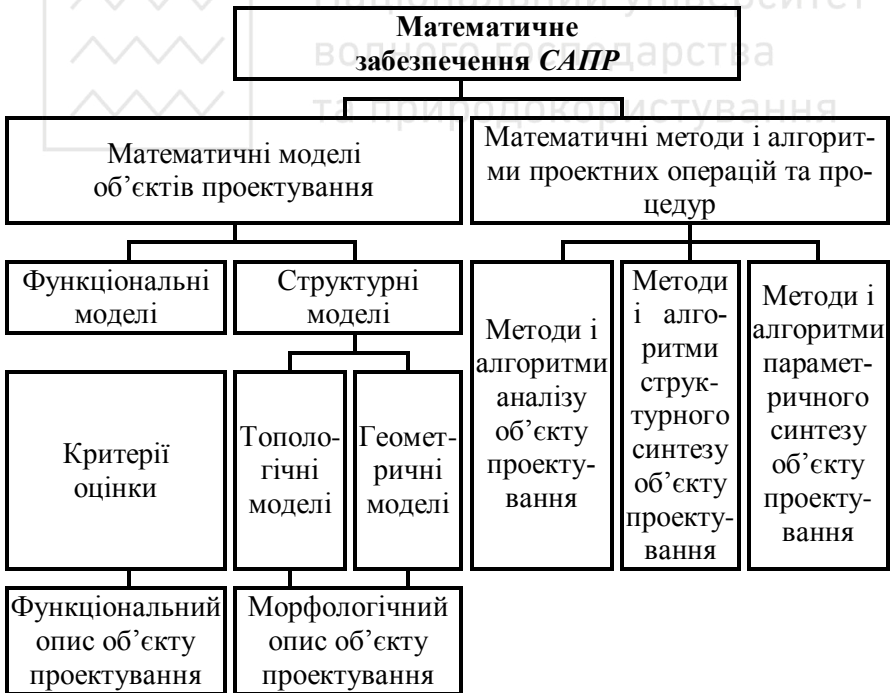


Рис. 2.4. Структура математичного забезпечення САПР



Вимоги до математичних моделей. До ММ висувуються вимоги точності, надійності, економічності, універсальності та адекватності.

1. Точність: оцінюється ступінню співпадання реальних і розрахункових параметрів об'єкту.

2. Надійність: необхідно використовувати такі ММ і алгоритми, які мають суворі обґрунтування використання.

3. Економічність ММ характеризується затратами обчислювальних ресурсів (затратами машинних часу T та пам'яті Π) на її реалізацію.

4. Універсальність: передбачає використання однотипних об'єктів без суттєвої перебудови ММ та алгоритмів.

5. Адекватність ММ це здатність ММ відображати властивості з похибкою, яка була б не більшою, ніж задана.

Функціональні моделі об'єкту проектування або його елементів являють собою залежності, які зв'язують вихідні характеристики з вхідними, внутрішніми (керуючими) та зовнішніми параметрами. В загальному випадку функціональні моделі записуються у вигляді співвідношення

$$Y = F(t, s, x, Q),$$

де $Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$ - вектор вихідних параметрів;

$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ - вектор внутрішніх (керованих) параметрів;

$Q = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_n)$ - вектор зовнішніх параметрів;

t - час;

$S = (x, y, z)$ - вектор просторових координат.

Побудова функціональної ММ об'єкту можливе в тому випадку, коли вже виконаний морфологічний опис об'єкту проектування, тобто описаний склад його елементів та їх взаємодія.

1. В залежності від способу побудови:

- теоретичні; - експериментальні.

2. За формою зв'язків між параметрами моделі:

- аналітичні; - алгоритмічні.

3. В залежності від врахування випадкових факторів:

- детерміновані; - схоластичні.

4. В залежності від виду заданих параметрів моделі:

- постійні; - дискретні.

5. В залежності від особливостей (типу) рівнянь, що входять в



МОДЕЛЬ:

- лінійні; - нелінійні.

6. В залежності від врахування або не врахування часу:

- статичні; - динамічні.

7. По відношенню до ієрархічного рівня:

- мікромоделі; - макромоделі; - метамоделі.

Види функціональних моделей.

1. Математичні моделі у вигляді диференційних рівнянь в часткових похідних (розподілені моделі). Такі моделі відображають процеси, що протікають в загальному випадку в 3-х вимірному просторі і в часі вони мають слідувачий вигляд:

$$\Phi(S, X, Y, Q, \partial Y / \partial S, \partial^2 Y / \partial S^2, \dots, t) = 0,$$

де Φ - оператор зв'язку між перемінними та їх похідними.

Приклади розподілених моделей:

- рівняння теплопровідності при моделюванні термічного режиму роботи двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ);

- рівняння дифузії при моделюванні процесів охолодження ДВЗ;

- рівняння рівноваги, при моделюванні задач статички і динаміки машин.

2. Математичні моделі у вигляді звичайних диференційних рівнянь (зосереджені моделі).

$$\psi(\partial Y / \partial t, X, Y, Q, t) = 0.$$

Приклади зосереджених моделей:

Диференційне рівняння вигнутої осі балки на пружній основі при моделюванні напружено-деформованого стану вузлів машин і т. інше.

3. Математичні моделі у вигляді трансцендентних та алгебраїчних рівнянь:

$F(Y, X, Q, t) = 0$ - трансцендентне, $Y = F(Q)$ – алгебраїчне.

4. Математичні моделі у формі логічних рівнянь: - використовуються в системах автоматизації, реле і т. інше.

5. Математичні моделі стохастичних процесів: системи масового обслуговування (ЕОМ, бази, магазини, автозаправки, і т. інше).

Морфологічний опис об'єктів і процедур.

Топологічні моделі - відображають склад та взаємозв'язок елементів елементів проектування. Їх частіше всього використовують для опису об'єктів, що складаються з великої кількості окремих елементів при розв'язку таких задач конструкторського проекту-



вання, як задачі компоновки, трасування з'єднань та прив'язки конструктивних елементів.

Топологічні моделі можуть мати форму графів, таблиць, списків, матриць, а для маніпулювання на ЕОМ з такою моделлю, вона представляється у вигляді спеціальних матриць: сумісності та інцидентності.

Геометричні моделі - це сукупність відомостей, які однозначно визначають геометричну форму об'єкту. Геометричні моделі можуть бути представлені сукупністю рівнянь ліній та поверхонь, алгебраїчними співвідношеннями, графами, списками, таблицями, описами на спеціальних графічних мовах.

Методи та алгоритми проектних операцій і процедур

Методи та алгоритми аналізу (як одноваріантного, так і багатоваріантного) призначені для визначення якостей та чередування працездатності об'єктів проектування.

По суті своїй, в задачу цих методів та алгоритмів входить розв'язок деякої функціональної ММ відносно вектора вихідних параметрів Y при відомих обмеженнях на зовнішні та внутрішні параметри, як на просторово-часові координати.

Методи аналізу залежать від введення конкретної ММ, яка описує об'єкт проектування і залежать від процедур аналізу. Оскільки в нашій практиці використовуються, в основному, розподілені та зосереджені математичні моделі, а також ММ у вигляді трансцендентних та алгебраїчних рівнянь, той застосовуються відповідні методи аналізу :

- методи розв'язку диференціальних рівнянь в часткових похідних;
- методи розв'язку звичайних диференціальних рівнянь;
- методи розв'язку трансцендентних рівнянь;
- методи розв'язку систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Методи та алгоритми параметричного синтезу

Задачею параметричного синтезу є визначення найкращих (оптимальних) значень внутрішніх (керованих) параметрів для вибраної структури об'єкту з врахуванням всіх вимог ТЗ на об'єкт, що проектується (умов працездатності, обмежень конструкторського та технологічного характеру і т. інше).

Більшість задач параметричного синтезу зводиться до задач оптимізації, які в найбільш загальному формулюються слідуочим чи-



ном: при заданих значеннях зовнішніх параметрів q знайти такі значення внутрішніх (керованих) параметрів X_i , з області допустимих значень, при яких знайдуться шляхом аналізу ММ вихідні параметри Y_j , що задовільняють умовам працездатності, а критерій (функціонал) якості досягне екстремального значення.

У випадку, якщо критерій якості має вид цільової функції, що частіше всього зустрічається в задачах оптимізації, а отже - параметричного синтезу. Задача оптимізації зводиться до задачі математичного програмування: $\text{extr } F(x), x \in XD$, тобто, необхідно знайти екстремум цільової функції $F(x)$ в межах допустимої області XD зміни керованих параметрів X . Область XD може задаватись сукупністю обмежень типу нерівності та рівності.

В залежності від виду цільової функції F та обмежень на керовані параметри розрізняють:

- задачу безумовної оптимізації, коли відсутні обмеження на X (екстремум знаходиться в межах необмеженого простору);
- задачу умовної оптимізації;
- задачу лінійного програмування;
- задачу нелінійного програмування;
- задачу випуклого програмування (задачі квадратичного та геометричного програмування).

Методи та алгоритми структурного синтезу

Задача структурного синтезу полягає у виборі принципу дії технічного об'єкту і у визначенні оптимальної структури об'єкту для реалізації заданої функції.

На відміну від розглянутих вище процедур аналізу і параметричного синтезу, процедура структурного синтезу найбільш тяжко піддається формалізації.

В той же час, подальше підвищення ступеню автоматизації проектування залежить, в першу чергу, від успіхів в розробці ММ та алгоритмів.

Програмне забезпечення.

Програмне забезпечення займає особливе місце в САПР, так як в програмах реалізуються методи та алгоритми автоматизованого проектування. ПЗ САПР відноситься до складних програмних систем. На розробку ПЗ САПР витрачається до 90 % коштів, які виділяються на створення САПР.

Програмне забезпечення САПР являє собою сукупність програм



на машинних носіях з необхідною програмною документацією, яка призначена для виконання автоматизованого проектування (ГОСТ 23501.4- 79).

Все програмне забезпечення САПР поділяється на базове, загальносистемне та спеціалізоване.

А. Базове ПЗ поставляється разом із засобами обчислювальної техніки (ЗОТ) і не є об'єктом розробки при створенні ПЗ САПР, тому в подальшому розглядатись не буде.

Б. Загальносистемне ПЗ є інваріантним до об'єктів проектування. Основними функціями загальносистемного ПЗ САПР є: управління процесом розрахунків; введення, виведення та обробка інструкцій користувачів; діалоговий взаємозв'язок з користувачем в процесі проектування; зберігання, пошук, аналіз, модифікація даних, захист їх цілісності; розв'язок загальносистемних задач; контроль і діагностика в процесі розв'язку задач проектування.

До складу загальносистемного ПЗ входять: моніторна діалогова система; системи управління базами даних (СУБД) та інформаційно-пошукова; геометричні та графічні процесори; засоби формування графічної та текстової інформації; засоби для виконання загальнотехнічних розрахунків.

В. Спеціалізоване ПЗ функціонує в операційному середовищі, яке складається з базового і загальносистемного ПЗ. Його метою є реалізація алгоритмів автоматизованого проектування і одержання проектних рішень.

До складу спеціалізованого ПЗ входять: пакети прикладних програм (ППП), які реалізують ці функції (розрахунки, аналіз, синтез і т.д.).

Взаємодію спеціалізованого, загальносистемного і базового ПЗ з технічними засобами САПР можна виразити схемою представленою на рис. 2.5.

Інструментальні ПК являють собою технологічні засоби, які призначені для розвитку та модернізації ПЗ САПР.

Проектуючі ПК - призначені для одержання закінченого проектного рішення і входять в склад проектуючих підсистем САПР (як складові частини відповідних програмно-методичних комплексів (ПМК)).



Рис. 2.5. Взаємозв'язки технічних засобів і програмного забезпечення

Склад і структура ПЗ САПР



Рис. 2.6. Структура програмного забезпечення



Проектуючі ПК підрозділяються на:

- проблемно-орієнтовані проектуючі ПК- виконують уніфіковані проектні процедури, які не залежать від об'єкту проектування (параметричний та структурний аналіз та синтез);
- об'єктно-орієнтовані - використовуються для проектування об'єктів визначеного класу.

Проектуючі ПК входять в склад спеціалізованого програмного забезпечення (ПЗ).

Обслуговуючі ПК - призначені для підтримання працездатності проектуючих ПК та входять в склад обслуговуючих підсистем САПР. Обслуговуючі ПК відносяться до загальносистемного ПЗ САПР.

В якості основного варіанту розглянемо структуру ПЗ однорівневої САПР на базі АРМу:

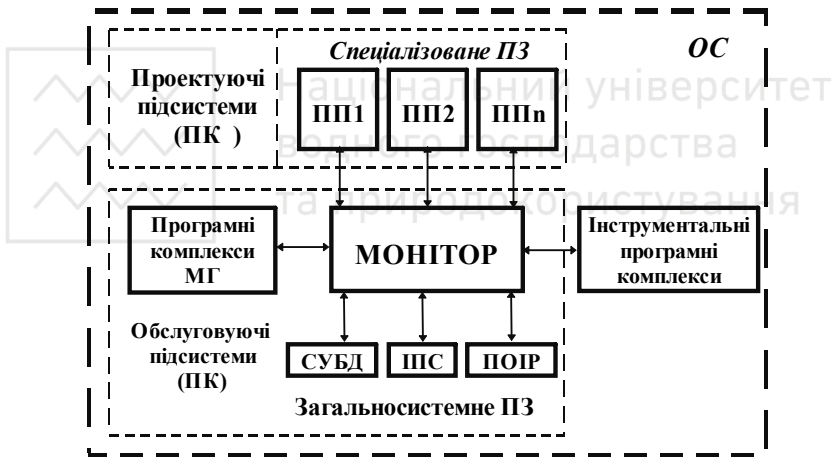


Рис. 2.7. Структура ПЗ однорівневої САПР на базі АРМу

Вимоги до програмного забезпечення САПР

До ПЗ САПР висуваються наступні основні вимоги:

1. Адаптованість - це пристосованість ПЗ САПР до функціонування в різноманітних умовах (Вимога адаптованості висувається до різноманітних об'єктів проектування).
2. Гнучкість - здатність легко видавати зміни, доповнення та виправлення в ПЗ при збереженні всієї САПР в цілому.
3. Компактність - це необхідність в мінімізації ресурсів ЕОМ.



4. Мобільність - здатність функціонування на різноманітних технічних засобах.

5. Надійність - забезпечення одержання достовірних результатів проектування.

6. Реактивність - забезпечення швидкого розв'язку задачі при орієнтації на конкретного користувача.

7. Еволюційність - доповнення САПР новими програмами, які розширюють можливості системи.

Принципи побудови програмного забезпечення САПР

Принцип системної єдності - встановлює зв'язок між компонентами САПР.

Принцип розвитку - поповнення, вдосконалення та поновлення компонентів ПЗ.

Принцип сумісності - мови, символи, коди, інформація та зв'язок між компонентами повинні забезпечувати їх одночасне функціонування.

Принцип стандартизації - уніфікація, типізація та стандартизація ПЗ, інвентарність до об'єктів, що проектуються.

Спеціалізоване програмне забезпечення САПР, його призначення і структура

Метою спеціалізованого ПЗ є реалізація алгоритмів автоматизованого проектування і одержання проектних рішень.

Запитання для самоконтролю

1. Приведіть визначення математичного забезпечення САПР.
2. Які вимоги висуваються до математичного забезпечення САПР?
3. Які вимоги висуваються до математичних моделей?
4. Приведіть класифікацію функціональних моделей.
5. Що таке морфологічний опис об'єктів і процедур?
6. Приведіть визначення програмного забезпечення САПР.
7. Які вимоги висуваються до програмного забезпечення САПР?
8. Які основні функції програмного забезпечення САПР?
9. Які елементи входять в склад і структуру програмного забезпечення САПР?
10. Спеціалізоване програмне забезпечення САПР, його призначення і структура.

Тема 1.4. Інформаційне забезпечення САПР

Інформаційне забезпечення САПР – документи, які вміщують описи стандартних проектних процедур, типових проектних рішень, типових елементів, комплектуючих виробів, матеріалів та другі данні, а також файли та блоки даних на машинних носіях із записом вказаних документів.

Основу інформаційного забезпечення САПР (ІЗ САПР) складають данні, котрі використовуються проектувальниками в процесі проектування безпосередньо для вироблення проектного рішення.

Базою даних в САПР називається сукупність взаємозв'язаних даних, які зберігаються разом в зовнішній пам'яті ЕОМ та використовуються, як правило, більш ніж одним програмним компонентом або користувачем САПР.

Ці данні, з огляду на їх складність та багатокomпонентність самої САПР, можуть бути приставлені в різноманітному вигляді. Це можуть бути і програмні модулі (програми), та вихідні і проміжні результати розрахунків (числа) та різного роду довідково-нормативні данні, типові рішення, проміжні та кінцеві проектні рішення і т. д.

Всі функції по організації, обслуговуванню та доступу до бази даних виконуються при допомозі спеціального програмного забезпечення, що носить назву системи управління базами даних (СУБД).

Сукупність даних, що використовуються всіма компонентами САПР називаються інформаційним фондом САПР.

Призначення інформаційного забезпечення САПР полягає в реалізації інформаційних потреб всіх структурних елементів (підсистем) САПР.

Основна функція інформаційного забезпечення САПР полягає у веденні інформаційного фонду, тобто в забезпеченні, підтримці та організації доступу до даних.

Таким чином, інформаційне забезпечення САПР є сукупність інформаційного фонду та засобів його ведення.

До складу інформаційного фонду САПР входять:

1. Програмні модулі, які зберігаються у вигляді текстів програм та відповідно скомпонованих об'єктних модулів. Як правило, ці данні мало змінюються на протязі життєвого циклу САПР, мають фіксовані розміри та появляються на етапі створення інформаційно-



го забезпечення САПР. Користувачами цих даних є монітори різноманітних підсистем САПР та інструментальні програмні комплекси.

2. Вихідні та результуючі данні, які необхідні для виконання програмних модулів в процесі перетворення. Ці данні часто міняються в процесі проектування, але їх тип постійний та повністю визначається відповідним програмним модулем. Користувачами цих підсистем є програмні модулі процедурних підсистем.

3. Нормативно-довідкова проектна документація (НДПД) - яка включає в себе довідкові данні про матеріали, елементи схем в уніфікованих вузлах і конструкціях. Ці данні, як правило, добре структуровані та можуть бути віднесені до фактографічних. До НДПД також відносяться Державні та галузеві стандарти, керівні матеріали та вказівки, типові проектні рішення (слабоструктуровані документальні данні). Користувачі – програмні модулі проектуючих підсистем.

4. Зміст екранів дисплеїв, котрий являє собою зв'язану сукупність даних, які задають форму кадру, і відповідно, - вони дозволяють відображати на екран дисплея інформацію з метою організації діалогової взаємодії в ході проектування. Як правило, ці данні не змінюються на протязі життєвого циклу САПР, мають фіксований розмір і за своїми характеристиками займають проміжне місце між програмними модулями та вихідними даними. Користувачі - діалогові системи САПР.

5. Текуча проектна документація - відображає стан та хід виконання проекту. Як правило, ці данні слабоструктуровані, часто змінюються в процесі проектування та приставляються у формі текстових документів. Користувачі - програмні модулі проектуючих підсистем САПР.

Розрізняють наступні способи ведення інформаційного фонду САПР (тобто, способи організації інформаційного фонду):

- 1) використання файлової системи;
- 2) побудова бібліотек;
- 3) використання банків даних;
- 4) створення інформаційних програм-адаптерів.

Способи 1 і 2: Використання файлової системи та побудова бібліотек широко розповсюджені в організації інформаційного забезпечення обчислювальних систем, так як підтримуються стандартними загальносистемними засобами та операційними системами. В



додатку до САПР вони використовуються при збереженні програмних модулів в символічних та об'єктних кодах, діалогових сценаріїв підтримання процесу проектування, початкового вводу великих масивів вихідних даних; збереження текстових документів. Але для забезпечення швидкого доступу до довідкових даних; збереження змінних даних; ведення текучої проектної документації; пошуку необхідних текстових документів; організації взаємодії між різномовними модулями ці способи малоефективні.

Файлова система являє собою сукупність файлів, організованих при допомозі засобів управління даними, які є в наявності в обчислювальній системі.

Файлом називається сукупність даних, які складаються з логічних записів, що відносяться до однієї теми, або це упорядкована поіменована область пам'яті на зовнішніх магнітних носіях (дисках), яка складається із окремих записів. Для маніпулювання з записами або з цілими файлами (перегляд, знищення, коректування і т. інше) необхідно створювати спеціальні програми або користуватись тільки засобами обчислювальних систем.

Бібліотека – та ж сукупність файлів, але об'єднаних в деяку групу по деяких функціональних ознаках.

Наприклад: бібліотека ППП по проектуванню та конструюванню автомобілів та будівельних машин.

В додатках до САПР ці два способи використовуються тільки для збереження програмних модулів, в вихідних та об'єктних кодах, змісті екранів дисплеїв, початкового вводу великих масивів вихідних даних, збереженні текстових документів, хоча й виключається використання цих способів при організації інформаційного фонду для всієї САПР для простих об'єктів.

Але, слід відмітити, що для забезпечення швидкого доступу до довідкових даних, збереження швидкозмінних даних, введення текучої проектної документації, пошуку необхідних текстових документів, організації взаємодії між різномовними програмними модулями ці способи малоефективні.

Спосіб 3: Використання банків даних. Є основою і найбільш вагомою формою організації інформаційного фонду, а банк даних, в свою чергу, становить найбільшу частину інформаційного забезпечення САПР в порівнянні з іншими видами організації та ведення динних.



Цей спосіб дозволяє:

- централізувати інформаційний фонд САПР;
- проводити оптимізацію даних у вигляді, зручному для проектувальника;
- забезпечити швидкий пошук нормативно-довідкової та проектної документації;
- спростити організацію міжмодульного інтерфейсу шляхом уніфікації проміжних даних.

Система управління базами даних (СУБД) це програмна система, яка забезпечує використання та ведення баз даних.

Основне призначення СУБД - представлення користувачам баз даних засобів маніпулювання даними в абстрактних термінах, не зв'язаних із способом їх зберігання в ЕОМ.

Використання СУБД гарантує сумісність, цілісність, секретність та мінімальний надлишок даних, що зберігаються в базах даних.

Ефективність СУБД визначається швидкістю доступу до даних, раціональним використанням пам'яті ЕОМ, простотою розробки прикладних програм, які оперують даними із бази.

Використання СУБД для цілей організації обміну інформацією між різноманітними процесами (між системою та користувачем, між різноманітними ПП, між програмними модулями) забезпечує наступні переваги:

- звільняє прикладну програму від необхідності управління процесом розподілення пам'яті для даних та врахування деталей організації даних;
- зменшує надмірність даних;
- забезпечує з великою імовірністю сумісність даних; одночасне використання даних окремими паралельними процесами; захист даних.

Запитання для самоконтролю

1. Загальна характеристика інформаційного забезпечення САПР.
2. Основні компоненти та види інформаційного забезпечення САПР.
3. Склад інформаційного фонду САПР.
4. Способи ведення інформаційного фонду САПР.
5. Система управління базами даних (СУБД) . Призначення,



6. Приклади використання конкретних СУБД в САПР.

Тема 1.5. Лінгвістичне, методичне та організаційне забезпечення САПР

Лінгвістичне забезпечення САПР - це сукупність мов, які використовуються в САПР для висвітлення інформації про об'єкти, що проектуються, про процес та засоби проектування, якою обмінюються люди з ЕОМ між собою в процесі автоматизованого проектування.

Однією із важливіших задач при створенні лінгвістичного забезпечення САПР є вибір мов взаємодії та форм спілкування проектувальника з ЕОМ.

Мови взаємодії є особливими, спеціально орієнтованими на потреби проектувальника. Якщо мови програмування направлені, головним чином, на універсальність та зручність їх трансляції в машинні мови, то мови взаємодії призначені для забезпечення найбільших зручностей при спілкуванні проектувальника з ЕОМ, найбільш компактного представлення проектної інформації, найбільших зручностей при здійсненні проектних процедур і т. інше.

Мови взаємодії можна розподілити на наступні основні типи: природна, обмежена природна, командна, "меню" та "шаблони".

Природна мова користувача не завжди може бути використана для спілкування з ЕОМ в сучасних САПР, так як виникають труднощі автоматичного аналізу повідомлень користувача, виражених на природній мові в межах жорстко обмежених ситуацій, які пов'язані з задачами проектування.

Обмежена природна мова є на даний час перспективним способом взаємодії. Основний недолік такої взаємодії полягає в тому, що користувач повинен добре уявляти синтаксичні та семантичні обмеження, які накладаються на природну мову.

Командна мова є розповсюдженим способом взаємодії. Користувачу приставляється набір команд, за допомогою яких він може управляти виконанням різноманітних проектних процедур. Ці команди виконують два види функцій: визначають процеси, які повинні бути виконані; вміщують в собі дані, що передаються цим процесам.



При діалоговій взаємодії інформація, що вводиться користувачем, розбивається на велике число команд, які вміщують відносно малу кількість даних. В цьому випадку введені дані тут же виводяться системою (еховідображення), що полегшує виправлення помилок при вводі.

“Меню” та “Шаблони”. Дані мови є найбільш поширеним способом діалогової взаємодії з прикладними програмами САПР. З допомогою “меню” користувач керує виконанням проектної процедури, вибираючи необхідну функцію із перерахованих в “меню”.

“Шаблон” являє собою спеціальним чином організований кадр діалогу, який відображується на екрані дисплею, та призначений для введення та виведення даних. “Шаблон” включає інформаційні поля, які розміщуються в визначених місцях екрану та призначені для введення-виведення даних та пояснювальні надписи до них.

Організація взаємодії тільки з використанням “меню” та “шаблонів” не має достатньої гнучкості, через це даний спосіб взаємодії використовується, як правило, разом з командними мовами.

По функціональному призначенню, мови які використовуються в САПР поділяються на три основні групи:

Вхідні мови. Призначені для опису об’єктів, що проектуються та управління процедурами проектування. Основною вимогою, яка висувається до вхідних мов є їх максимальна близькість до мови проектувальника в даній предметній області.

Вихідні мови. Це мови, які орієнтовані на вивід одержаних в результаті проектування, проектних рішень у вигляді необхідної проектної документації, які задовольняють вимогам виготовлення об’єкту та стандартам. Так як і для вхідних мов, в САПР повинна бути передбачена достатньо широка номенклатура вихідних мов для задоволення різноманітним вимогам з точки зору реалізації об’єктів проектування та вимогам до різноманітних форм представлення документації, що прийнята для проектної організації.

Базові мови. Це мови, які орієнтовані на здійснення програмування основних процедур проектування.

Однією із особливостей лінгвістичного забезпечення САПР є те, що воно повинно відповідати властивостям “відкритості”, тому в складі інструментальних засобів САПР доцільно мати синтаксично орієнтований мовний процесор, який призначений для розробки нових мов взаємодії, так як і для модифікації вже існуючих.

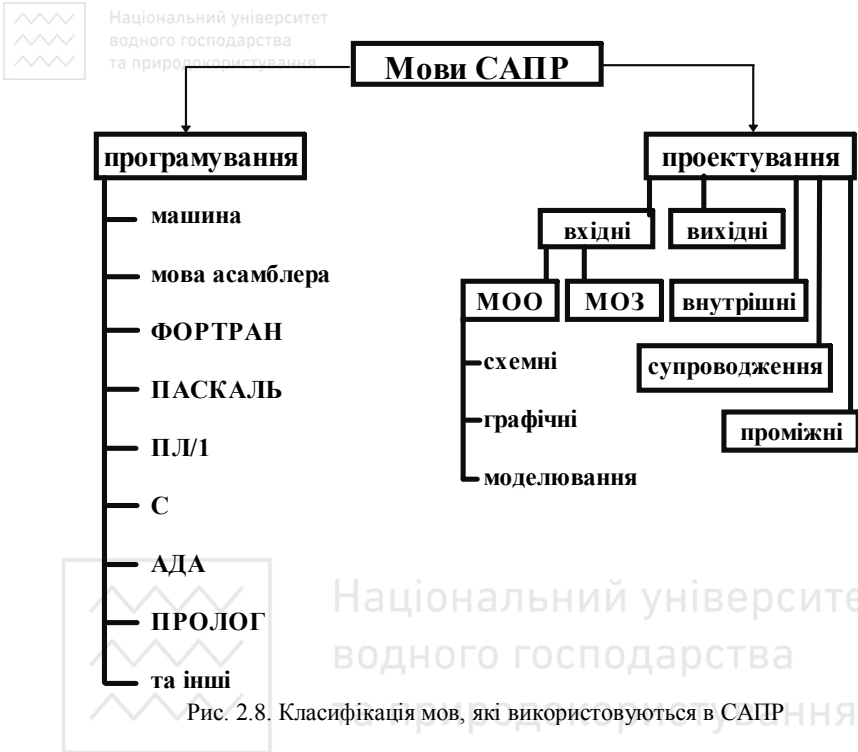


Рис. 2.8. Класифікація мов, які використовуються в САПР

До методичного забезпечення САПР входить комплект документів, які нормують правила вибору і експлуатації комплексу засобів автоматизованого проектування при вирішенні конкретних проектних задач. В цих документах викладена методика (технологія) автоматизованого проектування (АП), яка передбачує використання проектувальником визначеної послідовності компонентів технічного, математичного, програмного, лінгвістичного та програмного забезпечення при виконанні кожної автоматизованої проектної процедури.

Методичне забезпечення САПР включає наступні розділи: специфікацію МЗ, загальний опис САПР, інструкцію по експлуатації КСАП, опис мови САПР, опис проектних процедур, форми машинних документів.

Специфікація методичного забезпечення САПР включає повний перелік документів, які входять в склад методичного забезпечення.

Загальний опис САПР служить для ознайомлення проектувальників із структурою і складом функцій системи. В ньому відобра-



жені класи, види і типи об'єктів, які охоплюються даною САПР; загальна структура САПР, склад проектуючих і обслуговуючих підсистем; зміст інформації, яка зберігається в базах даних САПР; відомості про компоненти, які використовуються в технічному та програмному забезпеченні; відомості про розвиток системи.

Інструкція по експлуатації КСАП включає: правила використання в практичній роботі компонентів САПР (підготування до роботи, експлуатація, можливі неполадки та методи їх усунення).

Опис мови САПР включає всі необхідні для користувача САПР відомості по організації його взаємодії з системою. В цьому документі вміщені конкретні інструкції користувачу по представленню на вхідній мові САПР описів об'єктів проектування та завдань по вирішенню конкретних проектних задач. В додатку приводяться приклади використання встановлених мовних засобів при вирішенні конкретних проектних задач.

Опис проектних процедур включає наступні відомості:

- анотації, в яких описується призначення проектних процедур, області і специфіка їх використання;
- опис процедур проектування;
- методи виконання проектних процедур;
- схема алгоритмів, які реалізують запропоновані методи;
- контрольні (тестові) приклади;
- вимоги до програм, які містять повний перелік повідомлень відповідних проектних процедур та вимог до форми представлення вихідних даних при виконанні кожної проектної процедури.

Форми машинних документів включають назви документів, що видаються, вид носіїв інформації, зв'язок з іншими документами в повному комплекті документації, порядок розташування інформації в документі і правила його прочитання, форми документів і приклади їх оформлення.

САПР функціонує в складі проектної організації, тому важливими питаннями є взаємодія САПР з функціональними підрозділами організації і реалізація в її структурі процесу автоматизованого проектування. Ці питання відображаються в організаційному забезпеченні САПР.

В склад ОЗ САПР входить повна сукупність нормативних матеріалів, що визначає місце і функцію САПР в складі проектної організації. Ці матеріали включають: накази, штатні розклади, посадові

інструкції персоналу САПР, програми курсів навчання та підвищення кваліфікації користувачів та інше.

Основним документом ОЗ САПР є: “Положення про службу САПР”, яке регламентує місце персоналу САПР в організаційній структурі підприємства, його кількісний склад, кваліфікацію та посадові інструкції.

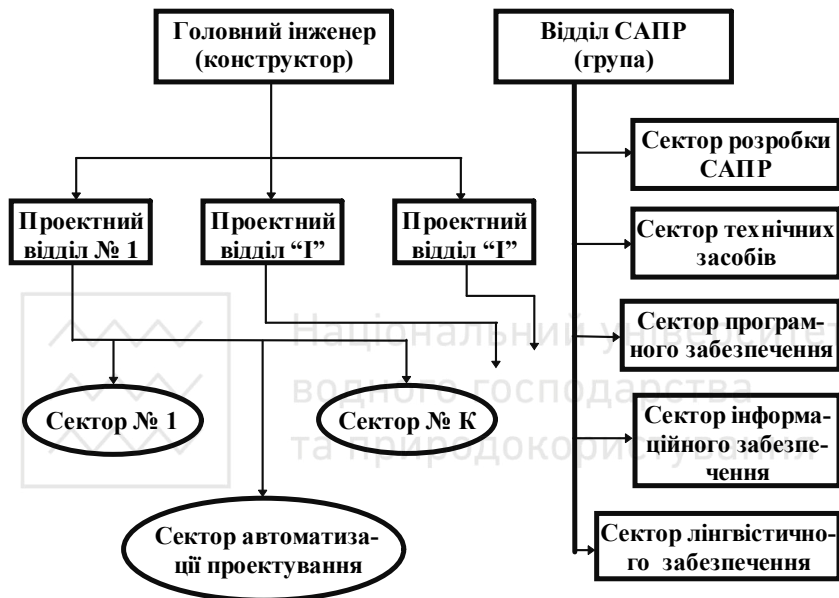


Рис.2.9 Організаційна структура підрозділу САПР

Функції основних підрозділів САПР.

Функції відділу САПР - розробка, експлуатація та супровід окремих видів забезпечення САПР та всієї системи в цілому.

Основний сектор - сектор розробки та супроводження всієї САПР. Він комплектується інженерами-системотехніками по САПР. Функції сектора: проектування та модифікація окремих підсистем САПР, координація дій різних груп спеціалістів з других секторів, які приймають участь в процесі створення і функціонування САПР.

Функції інших секторів: розробка, супровід та експлуатація окремих видів забезпечення.



1. Загальна характеристика методичного та організаційного забезпечення САПР.
2. Склад методичного забезпечення САПР.
3. Склад організаційного забезпечення САПР.
4. Визначення і структура лінгвістичного забезпечення САПР.
5. Функціональне призначення мов, які використовуються в САПР.
6. Базове лінгвістичне забезпечення САПР.

Блок 2. Системи автоматизації проектування машин

Тема 2.1. Загальні відомості про сучасні комп'ютерні технології автоматизованого проектування та підготовки виробництва (CAD/CAM/CAE/PDM)

На сучасному ринку систем автоматизованого проектування (САПР або CAD/CAM/CAE; CAD – Computer-Aided Design, CAM – Computer-Aided Manufacturing, CAE – Computer-Aided Engineering) налічується значна кількість найрізноманітніших продуктів, більш менш вартих уваги. Існуючі на ринку системи САПР/АСТПП можна умовно розділити на три класи: “важкого”, “середнього” та “легкого” класу.

До класу “важких” систем слід віднести інтегровані (повнофункціональні) системи, такі як Unigraphics, EUCLID, PROEngineer, CATIA та інші. Ці системи дозволяють отримати повний цикл автоматизації виробництва, який охоплює всі етапи – від конструкторських розробок до випуску готової продукції. Ці системи чудово підходять для моделювання виробів довільної складності, для створення збірних конструкцій.

Як правило, ці системи підтримують параметричне моделювання, що дозволяє отримувати кілька варіантів створюваного виробу шляхом зміни параметрів (розмірів). Більшість систем цього класу зберігають повну асоціативність між модулями системи, тобто креслення отримані в рамках системи повністю асоціативні з просторовою моделлю, і довільні зміни в моделі автоматично змінюються в кресленні і навпаки. Модульність таких систем дозволяє впроваджувати їх поетапно або ж створювати робочі місця, орієнтовані на

цілком визначений клас задач проектування. В більшості випадків, “важкі” системи є відкритими і дозволяють створювати свої власні прикладні програми. Зазначений факт грає не останню роль, якщо підприємство, що впроваджує таку систему, уже володіє своїми власними розробками, які успішно використовувались раніше. До недавнього часу ці системи працювали виключно на потужних RISC-станціях, таких як Silicon Graphics, HP, SUN, DEC-Alpha. Останнім часом це правило стало вже винятком, і багато з фірм розробників пропонують свої рішення на ПК під керуванням операційної системи Windows NT.

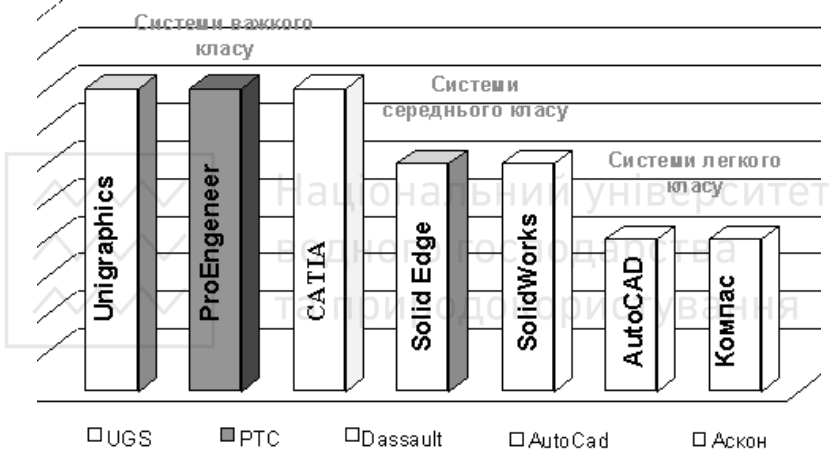


Рис. 2.10. Основні САПР та їх виробники

Для більш економічного вирішення таких завдань були створені відносно дешеві системи, спроможні оптимізувати співвідношення “ціна-якість”. Цей клас представлений групою функціонально-незалежних продуктів. Вони дозволяють вирішити одну окрему взятую задачу підприємства.

Системи цього класу здебільшого випускаються самими розробниками базової системи моделювання або їх промисловими партнерами. До цього класу слід віднести Solid Edge, Mechanical Desktop, Pro/JUNIOR, PRELUDE, GENIUS Desktop, Design-Space, Dinamic Designer Motion, Moldflow, SolidWorks, SURFCAM, HyperMill, PowerMILL та інші. Технічним забезпеченням для функціонування систем середнього класу, як правило, є обчислювальні машини з

процесорами класу Pentium під керуванням операційних систем Windows NT або Windows 9x. До класу “легких” систем можна віднести системи, що призначені насамперед для випуску конструкторської документації. Такі системи, в більшості випадків, працюють в режимі електронного кульмана і дозволяють створювати хороші креслення. Безумовно, маючи в своєму розпорядженні засоби, які дозволяють використовувати фрагменти раніше створених креслень, ці системи дозволяють прискорити випуск конструкторської документації. Такі системи інколи постачаються з засобами 3-вимірному геометричного моделювання, а також мають цілий ряд прикладних модулів, розроблених на їх базі. Працюють такі системи на ПК. До цього класу можна віднести такі системи як AutoCAD, CADDY, CADkey, TopCAD, КОМПАС та багато інших.

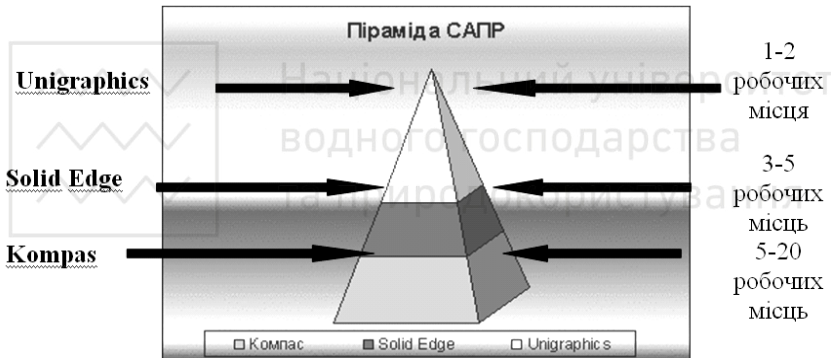


Рис.2.11. Піраміда САПР

Поетапна автоматизація підготовки виробництва

Досвід українських підприємств, що використовують САПР важкого класу, показав економічну ефективність їх застосування, але розширенню використання таких систем перешкоджає висока вартість робочих місць. З іншої сторони на підприємствах, що експлуатують САПР тільки низької вартості, усе більше відчувається обмеженість їхніх функціональних можливостей. Тому на багатьох підприємствах, які оснащені, як системами важкого класу, так і системами легкого класу, виникнула проблема придбання САПР середнього класу, яка змогла б реалізувати частину функцій існуючих САПР.



З огляду на специфіку наших умов, пропонується реалізація паралельного проектування і підготовки виробництва послідовним освоєнням комплексу взаємозв'язаних САПР трьох рівнів із різноманітною кількістю робочих місць на кожному з них. Не слід вважати, що на основі будь-яких систем можна створити таку ієрархію. Кращим рішенням реалізації взаємозв'язку САПР різних рівнів є використання прямого інтерфейсу, тому що стандартні формати не завжди забезпечують обмін даними без переключувань. В даний час на українському ринку є лише один такий "тандем" інтегрованих систем Unigraphics і Solid Edge фірми Unigraphics Solutions Inc. , що працюють на єдиному геометричному ядрі – Parasolid.

Ці системи в комплексі з запропонованими САПР легкого класу забезпечують можливість поетапної автоматизації підготування виробництва. У якості системи нижнього рівня пропонується використовувати КОМПАС. КОМПАС, разом із іншими графічними вітчизняними пакетами, зумів відвоювати значну частину ринка у безплатно копіюваного AutoCAD, вигідно відрізняючись від свого знаменитого західного конкурента простотою, добірністю і невисокою вартістю при високій функціональній потужності орієнтованих на ЄСКД креслярсько- графічних засобів, а від своїх вітчизняних співбратів - комплексністю, більш високою ефективністю роботи в режимі "електронного кульмана" і оригінальними засобами розробки додатків.

Основні переваги запропонованого комплексу, складаються в наступному:

- прямий інтерфейс між системами Unigraphics та Solid Edge;
- можливість безпаперового обміну інформацією між компонентами комплексу САПР (від конструкторів до технологів) без втрат або переключування даних;
- простота впровадження й освоєння комплексу (мінімум типів систем і устаткування).

У комплексі задіяні САПР, що займають лідируючі позиції на ринку.

Системи взаємозв'язані, що дозволяє поступово нарощувати кількість робочих місць і об'єднувати їх у єдиний комплекс.

Комплекс має мінімальну вартість, забезпечуючи всі необхідні підприємству функції.



Можливість реалізації параметризованих конструкцій і методів паралельного проектування і виробництва, швидкої оцінки витрат і термінів підготовки виробництва.

Для впровадження САПР ТП на промисловому підприємстві необхідні наступні передумови:

Наявність достатнього розвитку теорії автоматизованого проектування. Тепер основи такої теорії розроблені. Група вчених нашої країни, що брали участь у розробці теорії САПР ТП: Г. К. Горанський (ИТК АН БССР), В. Д. Цветков (ИТК АН БССР), С. П. Митрофанов (ЛИТМО), Б. Н. Челищев (НИАТ), Н. М. Капустін. (МВТУ).

Наявність технічних засобів. В даний час персональні ЕОМ є відносно недорогими засобами обчислювальної техніки і можуть бути встановлені на робочому місці кожного технолога. ПЕОМ необхідно об'єднати в мережу для доступу користувачів до централізованих баз даних і електронних архівів.

Наявність автоматизованих систем. У технологічних службах промислового підприємства повинний бути встановлений комплекс систем проектування технологічних процесів і засобів технологічного оснащення. Впроваджувані системи повинні цілком відповідати специфіці підприємства і володіти необхідними функціональними можливостями. Для обліку специфіки виробництва розробка і впровадження систем повинно виконуватися за участю фахівців цього підприємства. Системи повинні мати ефективні механізми настроювання (адаптації) на умови підприємства. Зокрема, необхідно мати зручні засоби супроводу баз даних і знань.

Моральна й організаційна готовність підприємства до використання САПР ТП. Керівництво і співробітники технологічних служб повинні розуміти необхідність застосування ЕОМ для ТПП і почувати економічну ефективність від автоматизації технологічного проектування. Повинні бути розроблені документи, що фіксують функції автоматизованих підрозділів ТПП, а також права й обов'язку облич, що беруть участь у процесі експлуатації і супроводу автоматизованих підсистем ТПП. На підприємстві повинні існувати як служби технічного обслуговування засобів обчислювальної техніки, так і служби супроводу автоматизованих підсистем ТПП. Керівні співробітники ТПП за допомогою PDM системи повинні вміти здійснювати ефективний автоматизований контроль процесу технічної підготовки виробу до його виробництва.



САПР у комп'ютерно–інтегрованому виробництві

Одними з найважливіших функцій інженера є проектування виробів і технологічних процесів їхнього виготовлення. У зв'язку з цим САПР прийнято поділяти принаймні на два основних види:

САПР виробів (САПР В); САПР технологічних процесів (САПР ТП) їхнього виготовлення.

Через те, що на Заході склалася своя термінологія в області автоматизованого проектування і вона часто використовується в публікаціях, будемо розглядати і «західні» і вітчизняні терміни.

САПР виробів. На Заході ці системи називають CAD (Computer Aided Design). Тут Computer – комп'ютер, Aided – за допомогою, Design – проєкт, проєктувати. Тобто по суті термін «CAD» можна перевести як «проєктування за допомогою комп'ютера». Ці системи виконують об'ємне і плоске геометричне моделювання, інженерні розрахунки й аналіз, оцінку проєктних рішень, виготовлення креслень.

Науково-дослідницький етап САПР іноді виділяють у самостійну автоматизовану систему наукових досліджень (АСНД), чи використовуючи західну термінологію, автоматизовану систему інжиніринга – CAE (Computer Aided Engineering). Приклад такої системи в Україні – «машина, що винаходить», що підтримує процес прийняття людиною нових нестандартних рішень, іноді і на рівні винаходів.

САПР технології виготовлення. В Україні ці системи прийнята називати САПР ТП чи АС ТППВ (автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва). На Заході їх називають CAPP (Computer Automated Process Planning). Тут Automated – автоматичний, Process – процес, Planning – планування, складання плану. За допомогою цих систем розробляють технологічні процеси й оформляють їх у виді маршрутних, операційних, маршрутно-операційних карт, проєктують технологічне оснащення, розробляють управляючі програми (УП) для верстатів із ЧПУ.

Більш конкретний опис технології обробки на устаткуванні з ЧПУ (у виді кадрів керуючої програми) вводиться в автоматизовану систему управління виробничим устаткуванням (АСУВУ), що на Заході прийнято називати CAM (Computer Aided Manufacturing). Тут Manufacturing – виробництво, виготовлення. Технічними засобами, що реалізують дану систему, можуть бути системи ЧПУ верстатів, комп'ютери, що керують автоматизованими верстатними сис-



Крім цього розрізняють: систему виробничого планування і керування PPS (Produktionsplaungs system), що відповідає вітчизняному терміну АСУВ (автоматизована система управління виробництвом), а також систему керування якістю CAQ (Computer Aided Quality Control). Тут Quality – якість, Control – керування. В Україні використовується термін АСУЯ (автоматизована система управління якістю).

Самостійне використання систем CAD, CAM дає економічний ефект. Але він може бути істотно збільшений їх інтеграцією за допомогою CAPP. Така інтегрована система CAD/CAM на інформаційному рівні підтримується єдиною базою даних. У ній зберігається інформація про структуру і геометрію виробу (як результат проектування в системі CAD), про технологію виготовлення (як результат роботи системи CAPP) і керуючі програми для устаткування з ЧПУ (як вихідна інформація для обробки в системі CAM на устаткуванні з ЧПУ).

Основні системи комп'ютерно-інтегрованого виробництва (КІВ) показані на рис.2.12.

Етапи створення виробів можуть перекриватися в часі, тобто чи частково цілком виконуватися паралельно. На мал. 2.13. показані лише деякі зв'язки етапів життєвого циклу виробів і автоматизованих систем. Так, наприклад, автоматизована система управління якістю взаємозалежна практично зі всіма етапами життєвого циклу виробу.

В даний час основною тенденцією в досягненні високої конкурентоздатності підприємств є перехід від окремих замкнутих САПР і їхнього часткового об'єднання до повної інтеграції технічної й організаційної сфер виробництва. Така інтеграція зв'язується з впровадженням моделі комп'ютерно-інтегрованого виробництва (КІВ) чи в західній версії CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Інформаційна структура комп'ютерно-інтегрованого виробництва показана на рис. 2.14.

У структурі комп'ютерно-інтегрованого виробництва виділяються три основних ієрархічних рівні:

Верхній рівень (рівень планування), що включає в себе підсистеми, що виконують задачі планування виробництва.

Середній рівень (рівень проектування), що включає в себе підси-



стеми проектування виробів, технологічних процесів, розробки керуючих програм для верстатів із ЧПУ.

Нижній рівень (рівень керування) містить у собі підсистеми керування виробничим устаткуванням.



Рис. 2.12. Основні системи комп'ютерно-інтегрованого виробництва

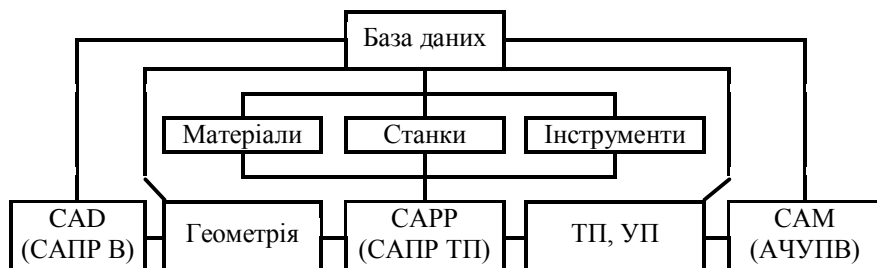


Рис. 2.13. Елементи інтегрованої системи

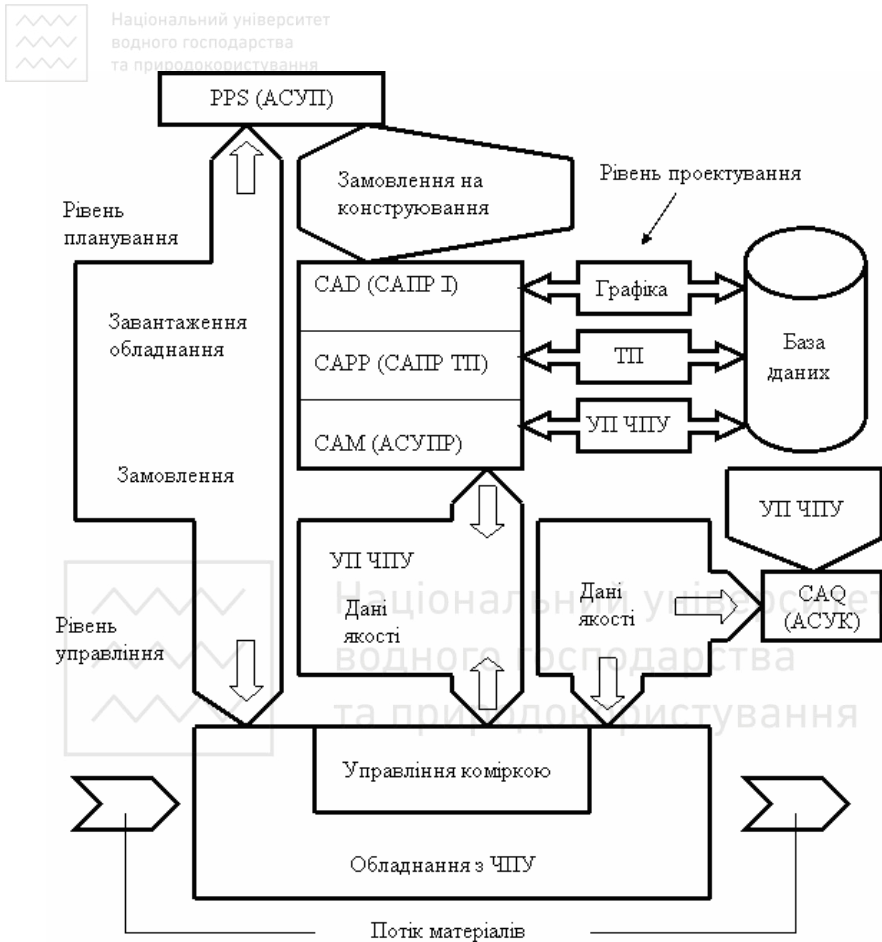


Рис. 2.14. Інформаційна структура комп'ютерно-інтегрованого виробництва

Побудова комп'ютерно-інтегрованого виробництва містить у собі рішення наступних проблем: інформаційного забезпечення (відхід від принципу централізації і перехід до координованої децентралізації на кожному з розглянутих рівнів як шляхом збору і накопичення інформації усередині окремих підсистем, так і в центральній базі даних); обробки інформації (стикування й адаптація програмного забезпечення різних підсистем); фізичного зв'язку підсистем (створення інтерфейсів, тобто стикування апаратних засобів ЕОМ, включаючи використання обчислювальних систем).



Впровадження комп'ютерно-інтегрованого виробництва значно скорочує загальний час проходження замовлень за рахунок: зменшення часу передачі замовлень з однієї ділянки на іншу і зменшення часу простою при чеканні замовлень; переходу від послідовної до паралельної обробки; усунення істотного обмеження повторюваних ручних операцій підготовки і передачі даних (наприклад, машинне зображення геометричних даних можна використовувати у всіх відділах, зв'язаних з конструюванням виробів).

Запитання для самоконтролю

1. Які класи систем САПР існують?
2. До якого класу належать системи Unigraphics, EUCLID, PROEngineer, CATIA?
3. Особливості систем "середнього" та "легкого" класу.
4. Передумови для впровадження САПР ТП на промисловому підприємстві.
5. Основні системи комп'ютерно-інтегрованого виробництва (КІВ).
6. Основні ієрархічні рівні у структурі комп'ютерно-інтегрованого виробництва.
7. Переваги впровадження комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Тема 2.2. Системи твердотільного моделювання важкого класу

Системи твердотільного моделювання важкого класу призначені для гібридного моделювання, повного контролю над складними поверхнями в промисловому проектуванні та випуску креслярсько-конструкторської документації.

Типовим представником таких систем є UNIGRAPHICS.

Унікальний гібридний компілятор системи UNIGRAPHICS базується на ядрі твердотільного моделювання Parasolid, що підтримує поверхні і тіла будь-якої форми. Перевага Parasolid полягає в Tolerant Modeling, що означає надійну роботу з імпортованими даними, завдання складних закруглень і фасок для граней і ребер будь-якого типу (закачування постійним і перемінним радіусом, виродження граней, що перетинаються і накладаються один на одного закруглення), вибірку обсягу і побудова еквідістант.

UNIGRAPHICS дозволяє розробляти віртуальні моделі виробів, які забезпечують випуск великого числа модифікацій одного виробу. Більшість систем неспроможна забезпечити середовище розробки виробу, що відповідає подібним жорстким вимогам. Але UNIGRAPHICS цілком задовольняє цим потребам. UNIGRAPHICS нівелює так звані “процесові серії” - послідовність операцій, що виконуються з деталями одного сімейства або з одним складанням у процесі розробки виробу. Застосування такого автоматизованого інструменту, що об'єднує серії процесів в один, набагато скорочує час випуску виробів. Система UNIGRAPHICS використовує прогресивний підхід, заснований на концепції майстра-моделі, що дозволяє робити природне нівелювання технологій керування даними.

Можливості моделювання в Unigraphics

Гібридне моделювання системи UNIGRAPHICS об'єднує параметричне моделювання, за допомогою типових елементів, і традиційне геометричне, що є зручним для користувача. Зручний інтерфейс супроводжує інженера на всіх етапах використання системи - від проектування до виробництва і може змінюватися під конкретні вимоги.

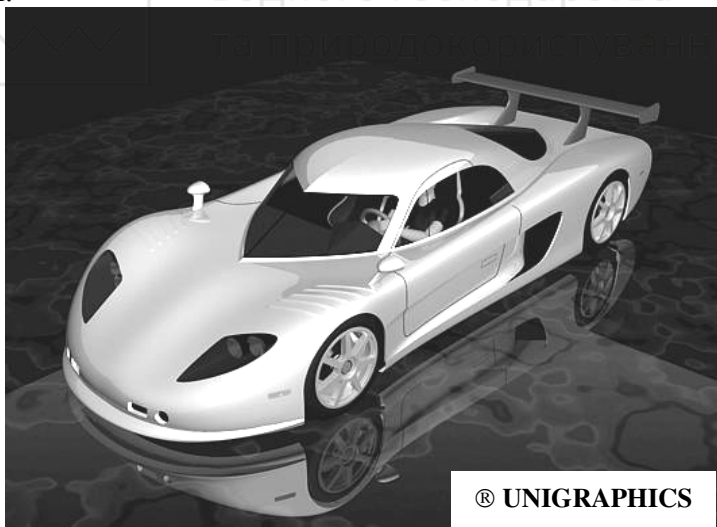


Рис.2.15. Сучасний дизайн високотехнологічної продукції в Unigraphics

Ядро гібридного моделювання дає можливість використовувати



підході засоби стосовно будь-якого задачі. Інженер має вибір між технологіями параметричного моделювання з використанням твердих тіл, параметризованих типових елементів, поверхонь і провідної геометрії. Користувач може вносити будь-які необхідні зміни в модель за допомогою методів геометричного конструювання, а також перетворювати поверхні й тверді тіла в типові елементи і заносити їх у конструкторську базу даних. Можна сполучати параметричні або варіаційні моделі з не параметризованими даними при будь-якому представленні виробу.

Сумісність з іншими системами САПР

UNIGRAPHICS робить перехід з інших систем практично прозорим за допомогою великого набору прямих трансляторів, що дає змогу використовувати різноманітні системи САПР при опрацюванні даних як моделей, так і креслень. Корпорація EDS, першою серед розроблювачів САПР, випустила транслятор PDES/STEP і продовжує розвивати новітні технології обміну даними.

Система забезпечує повний контроль при моделюванні складних поверхонь в промисловому проектуванні. Головні компанії (кращі дизайнери) використовують складні поверхневі моделі (рис.2.1) не тільки для одержання обводів корпусу автомобіля, фюзеляжу літака, медичних протезів, але й для різноманітного роду споживчих товарів - від супергодинників і електродрилів до ергономічних портативних комп'ютерів, прагнучи виділитися на ринку, придумуючи сучасний дизайн для своєї продукції.

UNIGRAPHICS надає інженерам можливість проектування концептуальних вільних форм, минаючи використання окремих, як правило, дорогих систем дизайну, пов'язану з переведенням даних із системи в систему.

Випуск креслярсько-конструкторської документації

Система пропонує досконалі засоби створення креслень, включаючи суміщення створення та редагування креслень, автоматичне розміщення видів із видаленням невидимих ліній, автоматичне створення перетинів і відновлення документації відповідно до зміненої моделі завдяки стовідсотковій асоціативності.

База даних UNIGRAPHICS побудована за принципом майстра-моделі, що дає надійний систематизований підхід до створення й перевірки геометрії виробу та пов'язаних із ним процесів. Це дозволяє виробникам, їхнім партнерам і постачальникам вести паралельні



розробки й одержувати максимально ефективний результат на всіх стадіях - від проектування й оформлення креслень до розміщення компонентів і перевірки їх на сумісність, аналізу складальних креслень і одержання прототипу виробу. База даних підтримується новою потужною архітектурою, що дозволяє легко інтегрувати нові функціональні можливості в майбутніх версіях системи. Завдяки принципу майстра-моделі будь-які зміни у виробі автоматично знаходять висвітлення на всіх стадіях процесу створення та виробництва.

Механообробка деталей складних форм

Система дозволяє легко проектувати самі складні геометричні форми (рис.2.3). Лише деякі системи можуть використовувати подібні об'єкти, і ще менше число систем здатне довести до передачі робочих креслень на верстати з ЧПУ. Модулі механообробки UNIGRAPHICS постійно апробуються в різноманітних проектах машинобудування, аерокосмічної та автомобільної промисловості. В наш час додатки CAM UNIGRAPHICS приносять усе більшу користь і в інших галузях промисловості, що переходять до контурних поверхонь, щоб поліпшити ергономіку, естетичність і загальну привабливість своєї продукції. UNIGRAPHICS лідирує на ринку завдяки досвіду в області автоматизованої підготовки виробництва і наявності широкого спектра спеціалізованих модулів.

Додатки системи UNIGRAPHICS

1. Проектування. Даний набір модулів дає можливість застосування надпотужних засобів твердотільного гібридного моделювання, створення і редагування типових геометричних елементів, проектування поверхонь складної форми, можливість одержувати робочі креслення з будь-яких твердих моделей та інші можливості.

2. Механообробка. Цей набір модулів надає користувачам можливість маніпулювати траєкторіями інструменту в графічному режимі, спостерігати за рухами й вносити графічні зміни, надає усі функції для обробки тіл обертання, засоби для обробки деталей 2-2.5 осьовим фрезеруванням, можливості для чорнової обробки однієї або декількох порожнин і видалення великої кількості матеріалу навколо елементів довільної форми, наприклад, матриць і пуансонів, можливість в інтерактивному режимі симулювати, перевіряти і показувати на екрані траєкторію руху інструменту, можливість використовувати потужну систему візуалізації, призначену для симу-



ляції процесу механообробки в режимі, найбільше наближеному до реального виробництва й інші можливості.

3. Інженерний аналіз. Набір модулів, використовуючи який, користувач може: створювати кінцевоелементні моделі й управляти ними, включаючи можливості автоматичного створення сітки 2-х і 3-х-вимірних елементів, здійснювати складний кінематичний аналіз і симуляцію практично любого 2-х або 3-х-вимірного механізму в середовищі UNIGRAPHICS, роздивитися дефекти на поверхні деталі, пустоти, визначити, чи можна цілком відлити деталь із зазначеного пластика, визначити витрати матеріалу, а також автоматично визначити умови обробки.

4. Спеціальні додатки. Додатки надають можливості візуалізації, анімації й аналізу складальних креслень, створення прес-форм, проектування прокладки електропроводки і трубопроводів тощо.

Модулі системи UNIGRAPHICS

Модуль UG/Solid Modeling надає можливість застосовувати найпотужніші засоби твердотілого гібридного моделювання. Користувач одержує можливість поєднувати використання традиційних функцій твердотілого моделювання, поверхонь і кривих, і сучасні параметричні методи. UG/Solid Modeling є базою для модулів UG/Features Modeling і UG/Freeform Modeling.

Модуль UG/Features Modeling дозволяє створювати й редагувати типові геометричні елементи, такі як різноманітного виду отвори, пази, кармани, бобишки, труби, балки, заокруглення, фаски, а також стандартний набір графічних примітивів - циліндри, конуси, блоки, сфери тощо.

Модуль UG/Freeform Modeling забезпечує проектування поверхонь складної форми, таких як кузов автомобіля, зовнішні аеродинамічні обводи літака чи інші промислові вироби, і складає основу для об'єднання техніки твердотілого і поверхневого моделювання в єдиний потужний інструментарій.

Модуль UG/User-Defined Features підтримує інтерактивні засоби створення параметричних сімейств тіл для наступного їхнього використання і редагування, базуючись на концепції обумовленого користувачем типового елемента.

Модуль UG/Drafting надає можливість конструктору чи інженеру отримати робочі креслення з будь-яких твердих моделей. UG/Drafting, побудований на технології гібридного моделювання,



створює розміри, асоційовані з геометричною моделлю; таким чином, усі зміни правильною уявою відбиваються на кресленні, внаслідок чого скорочується час на відновлення креслень.

Модуль UG/Assembly Modeling – це модуль створення та редагування складальних креслень. UG/Assembly Modeling забезпечує реалізацію синхронної розробки виробу “униз” і “нагору”.

Модуль UG/Advanced Assemblies – це додаток, що об’єднує можливості прискореного відображення на екрані зафарбованих зображень і аналізу зазорів, забезпечує також контроль завантаження даних, що дозволяє фільтрувати структуру складань.

Модуль UG/CAM Base забезпечує інфраструктуру, що зв’язує всі модулі механообробки з загальними можливостями в легкому для роботи середовищі, що основане на стандарті Motif. Цей базовий модуль дає користувачам можливість маніпулювати траєкторіями інструменту в графічному режимі, спостерігати за рухами й вносити графічні зміни, такі як зміна траєкторій.

UG/Postprocessor. Постпроцесор, можливості якого неодноразово перевірені на практиці при використанні різноманітних додатків, включаючи фрезерування (2-5 ос.), токарну обробку (2-4 ос.), плазмове різання і 2-4-ос. дрову електроерозійну обробку, дає можливість користувачам легко створювати власні постпроцесори для більшості верстатів із ЧПК.

Модуль UG/Lathe забезпечує усі функції для обробки тіл обертання. UG/Lathe підтримує повну асоціативність між геометрією деталі і траєкторією інструменту для автоматичного внесення змін.

Модуль UG/Variable-Axis Milling підтримує функції фіксованого та багатоосьового фрезерування на будь-якій поверхні UNIGRAPHICS. Можна задати повну 3-5-осьову обробку, орієнтацію інструменту та якість обробки поверхні.

Модуль UG/Planar Milling пропонує всі засоби для обробки деталей фрезеруванням.

Модуль UG/Core & Cavity Milling використовується при виробництві прес-форм і штампів для машино- та автомобілебудування.

Модуль UG/Fixed-Axis Milling пропонує великий набір засобів отримання траєкторій для 3-осьової фрезерної обробки. Можлива обробка практично будь-яких змодельованих тіл або поверхонь.

Модуль UG/Flow Cut дозволяє одержати велику економію часу при попередній або остаточній обробці виробів.



Модуль UG/Sequential Milling використовується в ситуаціях, коли користувачу потрібно контролювати кожний крок створення траєкторії інструмента.

Модуль UG/Genius дозволяє легко й ефективно створювати й класифікувати технологічні дані.

Модуль VERICUT в інтерактивному режимі симулює, перевіряє та показує на екрані траєкторію руху інструменту.

Модуль UG/Wire EDM забезпечує обробку деталей дротом у 2-х і 4-х- осьовому режимі, підтримує моделі UNIGRAPHICS у дротовій геометрії чи твердому тілі.

Модуль UG/Unisim надає користувачу потужну систему візуалізації, призначену для симуляції процесу механообробки в режимі, найбільше наближеному до реального виробництва.

Пре- і постпроцесор UG/GFEM PLUS призначений для створення кінцевоелементних моделей і керування ними, включаючи можливість автоматичного створення сітки 2-х і 3-х-мірних елементів.

Модуль UG/Mechanisms призначений для складного кінематичного аналізу та симуляції практично любого 2-х або 3-х-мірного механізму в середовищі UNIGRAPHICS.

Модуль UG/GFEM FEA вирішує задачі лінійної статика, вібрації та теплопередачі; запускається з модуля UG/GFEM PLUS.

Модуль UG/Scenario дозволяє маніпулювати різноманітними варіантами виробу на ранніх стадіях проекту з використанням методів кінцевоелементного аналізу для пошуку оптимального конструкторського рішення.

Модуль UG/MF-Flowcheck розроблений фірмою Moldflow і інтегрований у UNIGRAPHICS. UG/MF-Flowcheck показує дефекти на поверхні деталі, пустоти, визначає, чи можна цілком відлити деталь із зазначеного пластика, дозволяє визначити витрати матеріалу, а також автоматично визначає умови обробки.

Модуль UG/Open надає користувачу великий набір засобів програмування. UG/Open комбінує програмні засоби GRIP (графічне програмування в інтерактивному режимі).

Запитання для самоконтролю

1. Призначення системи твердотілого моделювання Unigraphics.
2. Можливості моделювання в системі Unigraphics.



3. Сумісність з іншими САПР.
4. Креслярсько-конструкторська документація Unigraphics.
5. Механообробка деталей складних форм.
6. Додатки системи UNIGRAPHICS.
7. Модулі системи UNIGRAPHICS.

Тема 2.3. Системи твердотільного параметричного моделювання середнього класу

Системи середнього класу були розроблені з метою швидшої та дешевшої розробки виробів з одночасним підвищенням якості, об'єктивної оцінки часу виходу виробу на ринок і витрати на його розробку.

Solid Edge, як типовий представник цього класу – сучасна система твердотільного параметричного моделювання середнього класу, створена компанією Unigraphics Solutions Inc. Solid Edge надає більш широкі можливості в порівнянні з традиційними системами САД подібного класу. Володіючи “інтелектуальністю”, Solid Edge пропонує засоби для автоматичного розпізнання та втілення задуму конструктора, які випереджають його кроки в процесі побудови моделі. Ці “інтелектуальні” засоби конструювання дозволяють кардинально скоротити число кроків і операцій, а в кінцевому рахунку і час розробки виробу в цілому.

Solid Edge надає користувачу високоефективні можливості для тривимірного моделювання та конструювання складальних вузлів. Крім того, Solid Edge може працювати на персональних комп'ютерах середнього класу, що дозволяє заощаджувати кошти на устаткуванні. Нарешті, оскільки Solid Edge простий в освоєнні і використанні і, крім того, має вмонтовані засоби для навчання, користувач може одержати значну економію за рахунок самонавчання. Створений спеціально для Windows, Solid Edge може бути швидше інтегрований в існуюче середовище автоматизованої розробки виробів машинобудування, що виключає зайві витрати, що неминучі за підтримкою і супроводом різномірних апаратних платформ і операційних систем, на яких працюють офісні та конструкторські додатки. Solid Edge надає новітні засоби для здійснення зв'язку технічних і ділових додатків, що дозволяє уникнути проблем і додаткових витрат при спільному використанні різноманітних програмних систем.

Система надає можливість уникнути перекодування даних із різноманітних систем CAD, що гарантує достовірність і цілісність інформації, більш того перекодування ніколи не покращує геометричну модель, не говорячи вже про те, що для цього потрібно спеціальне програмне забезпечення.

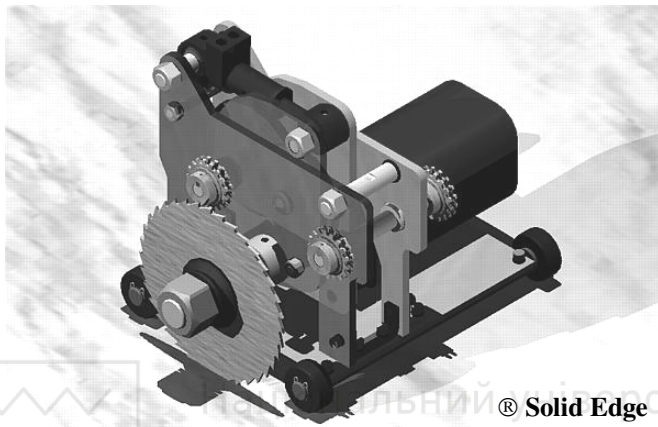


Рис.2.16. Приклад автоматичного вибору елементів в системі Solid Edge

Загальна характеристика системи Solid Edge

Автоматичний вибір елементів здійснюється в засобі QuickPick, який використовується в Solid Edge. Це істотно спрощує процес вибору геометричних елементів, необхідних для операцій побудови моделі. Ребра, поверхні, інші елементи геометричної моделі автоматично підсвічуються, коли користувач переміщує курсор миші по екрані. Навіть якщо користувач працює в тривимірному просторі, він одержує прямий доступ до всіх елементів моделі, і йому не доводиться гаяти час на виконання операцій прив'язки й команд підтвердження/відмови, які обов'язкові для традиційних систем CAD.

Засіб "Інтелектуальний" ескіз дозволяє в процесі створення профілю при переміщенні курсору миші автоматично підсвічувати ключові геометричні точки (кінець чи середина відрізка, точка торкання чи сполучення). IntelliSketch також визначає й графічно позначає зв'язки між елементами, такі, як умови горизонтальності, вертикальності, рівнобіжності.

Наданий Solid Edge новітній засіб FreeSketch (точна геометрія "від руки") дозволяє перетворити ескіз, зроблений від руки шляхом



Наприклад, якщо користувач робить мишею кругові рухи, FreeSketch автоматично розпізнає "переміщення по дузі" і створює точну геометричну дугу. Щоб допомогти конструктору запам'ятати багатокроковий процес побудови моделі, Solid Edge використовує піктографічний зворотній зв'язок, що структурно відбиває виконану послідовність операцій. Завдяки засобові SmartStep будується послідовність піктограм, кожна з яких відбиває конкретний крок у процесі створення моделі. Обравши потрібну піктограму, користувач миттєво одержує доступ до відповідного кроку й може легко внести необхідні зміни.

Засіб PinPoint (Точний ввід) забезпечує просте і точне введення даних при створенні, переміщенні або зміні геометричних елементів. PinPoint усуває характерну для традиційних CAD- систем плутанину, пов'язану з використанням декількох систем координат і допоміжних побудов. Замість обтяжного введення даних через командний рядок, PinPoint пропонує графічний зворотній зв'язок, завдяки якому процес розміщення геометричних елементів стає більш ефективним. При цьому використовуються точні значення відстаней і кутів щодо будь-якої ключової точки або уздовж будь-якої осі.

Технологія, запропонована Solid Edge, дозволяє скоротити тривалість і кількість операцій введення даних у процесі моделювання конструкції, а відповідно скоротити і цикл розробки. Ефективне моделювання складальних вузлів за допомогою Solid Edge допомагає скоротити витрати чи взагалі уникнути виготовлення фізичних прототипів виробів. Крім того, чітка організація контролю процесу створення моделі дозволяє мінімізувати час, необхідний для внесення змін у конструкцію виробу. Завдяки повній асоціативності користувач витрачає набагато менше часу на перероблення й відслідковування актуальності версії моделей і креслень протягом усього робочого циклу.

Поліпшення якості Solid Edge надає можливість ефективно розробляти "дійсні" складальні вузли повні й точні геометричні прототипи, що допоможуть виявити й усунути всі проблеми, характерні для складань. Використовуючи нові засоби швидкого створення складальних вузлів і моделювання окремих деталей, користувач може оцінити більше варіантів конструкції за менший час, оптимізувати її характеристики, підвищити надійність і технологічність виготовлен-



ня. У результаті скорочуються витрати на виготовлення і складання виробу, а також його обслуговування.

Solid Edge найбільш відкрита й готова до співпраці CAD-система, коли-небудь, розроблена для виконання конструкторських робіт. Solid Edge дозволяє легко об'єднати CAD-систему і дані проекту з іншими засобами автоматизації. Більш того, можливість об'єднання не обмежується тільки текстовими процесорами, електронними таблицями й іншими системами автоматизації офісної діяльності. Користувач може використовувати дані, підготовлені за допомогою інших систем CAD або додатків для інженерного аналізу і підготовки виробництва.

Solid Edge є першою CAD-системою, що дозволяє ефективно використовувати всі переваги технологій Drag-and-Drop і Plug-and-Play для прямого об'єднання даних, підготовлених у різноманітних додатках.

Ключовою особливістю Solid Edge, що забезпечує взаємодію з іншими системами, є використання розробленого спеціально для Windows нового стандарту OLE для зв'язку об'єктів, створених за допомогою додатків для конструювання і моделювання. Цей стандарт дозволяє працювати з тривимірними об'єктами, використовуючи ефективні засоби Windows. Ця принципово нова можливість для ефективного спільного використання додатків може кардинально змінити стратегію роботи над проектом. Тепер користувач може працювати над документом, використовуючи любий текстовий процесор, а потім помістити текст прямо в поле креслення, або ж помістити геометричну модель, створену в Solid Edge, безпосередньо в текстовий документ для створення якісної ілюстрації. Такий засіб інтеграції, закладений у Solid Edge, можливий для всіх додатків, що підтримують стандарт OLE. Іншими словами, користувач вперше одержує можливість ідеально об'єднати CAD-системи і додатки для автоматизації офісної діяльності в єдине рішення, що цілком відповідає вимогам підприємства. Можливість роботи з моделями, створеними в AutoCAD і йому подібних, є вмонтованою, так що користувач може працювати з такими даними нарівні з "рідними", створеними безпосередньо в Solid Edge, що дозволяє уникнути проблем, що звичайно виникають при перекодуванні даних за допомогою спеціальних трансляторів. Використовуючи всі переваги технології OLE, можна виконати будь-які налаштування або ство-



рити власні додатки, використовуючи стандартні й прості у використанні засоби, наприклад, Visual Basic. Розроблений спеціально для спільного використання із системами CAD/CAE/CAM, що найбільш широко застосовуються в даний час, Solid Edge призначений саме для того, щоб зберегти вже зроблені вкладення в програмні засоби.

Solid Edge використовує засоби твердотілого моделювання Parasolid, що є світовими стандартами “де-факто”, то користувач може безпосередньо і без втрати даних використовувати тривимірні геометричні моделі, створені за допомогою сумісного програмного забезпечення (наприклад, Unigraphics).

Модулі системи Solid Edge

Модуль Solid Edge Part + Solid Edge Sheet Metal це модуль, призначений для твердотілого параметричного моделювання та проектування виробів з листового матеріалу.

Модуль Solid Edge Draft (Креслення). Solid Edge надає повний набір засобів для виготовлення креслень прямо на основі моделі деталі чи складального вузла. Використовуючи ці засоби, користувач може створювати креслення, асоціативно пов'язані з тривимірною моделлю.

Модуль Solid Edge Assembly (Складальне креслення). Система Solid Edge ідеально підходить для моделювання складальних вузлів, пропонуючи ефективні засоби для рішення цих задач. Ці спеціалізовані засоби дозволяють враховувати взаємозв'язки між деталями, відслідковувати структуру складального креслення й організувати взаємодію розроблювачів складального вузла

Запитання для самоконтролю

1. Призначення системи твердотілого параметричного моделювання Solid Edge.
2. Можливості моделювання в системі Solid Edge.
3. Сумісність з іншими САПР.
4. Креслярсько-конструкторська документація Solid Edge.
5. Засоби системи Solid Edge.
6. Модуль Solid Edge Part + Solid Edge Sheet Metal.
7. Модуль Solid Edge Draft.
8. Модуль Solid Edge Assembly.

Тема 2.4. Системи програмування обробки на станках з ЧПУ

Системи програмування обробки на станках з ЧПУ призначені для комп'ютерної підготовки керуючих програм для обладнання з ЧПУ.

Типовий принцип роботи таких систем можна розглянути на прикладі системи GeMMA-3D.

Система GeMMA-3D є однією з найбільших САМ- систем, які використовуються на машинобудівних підприємствах країн СНД.

Створена для експлуатації під MS-DOS, GeMMA-3D в усіх версіях могла функціонувати на найбільш слабких моделях IBM PC починаючи з 286-ї.

Система GeMMA-3D, базується на можливостях рішення основних задач розробки – побудови математичних моделей виробу та формування ефективних керуючих програм для його обробки на верстатах з ЧПУ.

В системі GeMMA-3D, що створювалася для використання в виробництві аеродинамічних моделей літаків в Центральному Аерогідродинамічному інституті, моделювання складних поверхонь традиційно є предметом постійних досліджень і вдосконалення.

Стиль побудови об'єктів в системі GeMMA-3D максимально наближений до режиму роботи “олівцевого” конструктора, тому при освоєнні системи не виникає великих проблем як в конструкторів, так і в студентів.

Загальна структура системи відображає її основне призначення – інструментальний засіб технолога-програміста для обладнання з ЧПУ.

Система орієнтована на три основних режими експлуатації. По-перше, в якості самостійного інструментального засобу, що забезпечує рішення всіх задач технологічного підрозділу. По-друге, в поєднанні з CAD/CAM системами високого рівня в якості їхнього розширення, що забезпечує комплектацію додатковими робочими місцями низької вартості на розповсюджених IBM PC. По-третє, в якості компоненти комплексної САПР, що формується з програмних засобів середнього та низького рівня, що орієнтовані на IBM PC.

За допомогою системи GeMMA-3D можна побудувати будь-яку модель. Біля 95% побудов можна розв'язати передбаченими в сис-

темі функціями. Інші також можна розв'язати, але для цього необхідно перейти в більш низький, ручний режим побудови елементів, після чого задача вирішується звичайними методами.

Перевагами застосування тривимірної контурної корекції при проектуванні на радіус інструменту та перенесенні його на обробку просторових поверхонь є:

- при проектуванні керуючої програми задовго до обробки можна не прив'язуватись до конкретного інструменту, а використовувати той, що є в наявності на час обробки в залежності від особливостей технологічного процесу - це може бути будь-який торіодальний інструмент від циліндричного до сферичного;
- в оператора верстату з ЧПУ з'являється більше можливостей для гнучкої експлуатації керуючих програм, використовуючи послідовне зняття матеріалу, він може добитися більш точних розмірів деталі, ніж при використанні одного конкретного інструменту, що "підтупився" і вимагає перезаточування;
- можна зробити припуск постійної товщини, наприклад, для зняття металу після термообробки, або, навпаки, зняти певний шар вглиб поверхні, наприклад, для створення міжелектродного зазору при виготовленні електродів;
- можна, використовуючи одну програму, обробити матрицю та пуансон для деталей постійної товщини, замінивши в ній тільки підхід і відхід інструменту.

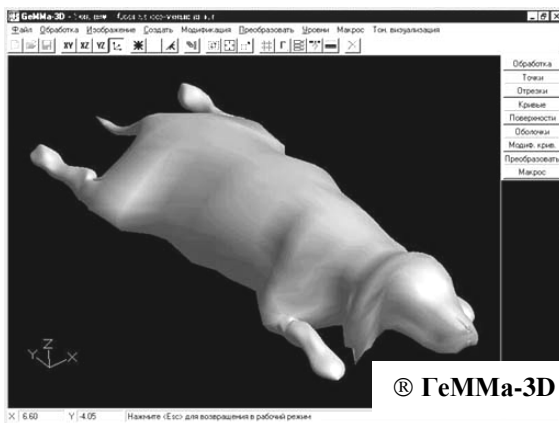


Рис. 2.17. Робота з NURBS – поверхнями самої високої складності



Тривимірні корекції є вбудованою функцією обладнання ЧПУ FIDIA. З метою її впровадження на старих верстатах радянського виробництва, була розроблена програма, що перетворює програми тривимірної корекції в програми для конкретного інструменту. Для досягнення більшого ефекту, програма була максимально наближена до робочого місця оператора верстату з ЧПУ.

В системі GeMMA-3D є можливим виконання складних, частіше всього просторових, геометричних розрахунків.

В якості іншого прикладу застосування системи є проектування нових виробів. Спочатку будується декілька варіантів моделей виробу. За допомогою модуля тонової візуалізації створюються реалістичні зображення моделей. З них вибирають кращу, і якщо необхідно, виготовляють модель з легкого матеріалу, що обробляється на верстаті з ЧПУ. Коли модель визнана придатною, інформацію передають в системи КОМПАС чи AutoCAD, де конструктори доповнюють модель необхідними деталями та створюють креслення виробу. Оскільки модель в системі GeMMA-3D вже готова, не виникає особливих труднощів в організації виробництва цього виробу.

Поряд з базовими засобами експлуатації системи, вона стала основою для розробки спеціалізованих додатків до програмних комплексів і технологічного обладнання, таких як технологічні модулі T-FLEX ЧПУ і КОМПАС-ЧПУ, які відносяться до найбільш відомих систем автоматизації проектування та виробництва та спеціалізованих програматорів до технологічного модуля (фрезерування, вимірювання) типу “Гексапод” виробництва АО “ЛАПІК”, до гравірувальних механічних і лазерних установок тощо.

Дані рішення забезпечили високу універсальність застосування системи, яка ефективно використовується на великих машинобудівних підприємствах, в окремих цехах і невеликих виробництвах, в домашніх умовах у фахівців, що виконують індивідуальні замовлення на програмування обробки на верстатах з ЧПУ чи здійснюють виготовлення дрібних декоративних художніх виробів.

Вихідною інформацією для системи можуть служити креслення, що описують деталь, яка повинна бути виготовлена; математичні моделі, підготовлені в відомих CAD/CAM системах; матеріали вимірів деталі-прототипу на програмуючій контрольно-вимірювальній машині або цифрові (плазові) таблиці точок характерних ліній дета-



Однією з переваг системи є її комунікаційні можливості. На даний час в ній сприймається інформація в обмінних форматах DXF і IGES – всі передбачені геометричні елементи. Істотним доповненням в версії 6.0 стала реалізація обмінного формату STEP. До графічних інтерактивних операцій, що виконуються фахівцем-користувачем системи при побудові геометричних моделей і формуванні керуючих програм, додана можливість їхнього здійснення в програмованому режимі. З цією метою була розроблена макромова користувача системи ГеММа-3D, яка забезпечує доступ до всіх можливостей геометричного редактора, технологічних процедур, архіву даних. На цій основі розробляються типові параметризовані модулі – додатки до основної системи. Поряд з базовими функціями геометричного моделювання та програмування обробки, до складу версії 6.0 системи ГеММа-3D входить забезпечення розробки маршрутних технологій, що орієнтується, передусім, на інструментальні виробництва та технологічні відділи цехів, що експлуатують верстати з ЧПУ.

Система забезпечує програмування для технологічного обладнання з ЧПУ. Поряд з розвиненим забезпеченням фрезерної та електроерозійної обробки, в версії 6.0 забезпечується програмування для токарних і розточних верстатів, обробка вимірів виробів на програмуючій контрольно-вимірювальній машині для оцінки точності виготовлення.

Однією з сильних сторін системи є моделювання складних поверхонь, яке залишається предметом досліджень і постійного вдосконалення.

На даний момент в системі ГеММа-3D реалізовано два різні методи побудови поверхні за двома сімействами каркасних кривих. Перший метод, що називається “3D мережа”, використовує розроблену в початковий період створення системи дуже вдалу математичну модель на основі поверхні Кунса. Другий метод, що з'явився вперше в 5-й версії системи й вдосконалення якого триває, реалізує складову поверхню Без'є. Наявність двох різноманітних методів побудови поверхні в рамках однієї системи дуже зручно. Як вже відзначалося, ідеального алгоритму не існує. Тому в тих випадках, коли один з двох алгоритмів створює поверхню, не цілком відповідну задуму конструктора, у нього є можливість застосувати другий



алгоритм. Це помітно підвищує шанси обійтися без необхідної в протилежному випадку зміни каркасних кривих. Для оцінки якості поверхонь, велику цінність має тонова візуалізація поверхонь, яка добавилась в 6-й версії системи.

Основним недоліком поверхні типу 3D-мережа є неможливість її експорту для передачі в інші системи шляхом відомих стандартів передачі даних. Поверхня типу Без`є подібного недоліку позбавлена. Алгоритм, що її реалізовує має ряд інших переваг.

Зручною можливістю є підтримка сімейств каркасних ліній, що не перетинаються. Якщо криві двох сімейств, не мають точних перетинів, то алгоритм побудови поверхні Без`є автоматично притягне криву іншого сімейства, так, що найближчі точки кривої накладуться, ставши точками перетину. Даний спосіб також підтримує побудову гладких замкнутих поверхонь. Якщо криві одного сімейства замкнуті, причому кінці стикуються гладко, а перша й остання з означених кривих другого сімейства співпадають і проходять через точки сполучення, то при побудові поверхні забезпечується гладкість змикання двох меж поверхні. Так, наприклад, якщо користувачу необхідно побудувати тор з використанням даного способу, то обидва стики меж поверхні будуть гладкими.

При розробці алгоритму поверхні Без`є особливе значення надавалось покращенню якості поверхні - елімінації хвиль. Відомо, що в складеній поверхні Без`є умова безперервності нормалі на стиках патчів накладає дуже суворі обмеження на розміщення контрольних точок. Спроба виконати їх недбало неминуче призводить до появи хвиль на поверхні розміром порядку розміру патчу. Підвищення ступеню Без`є, що підвищує ступінь свободи, як правило, тільки посилює ситуацію. Тим же недоліком страждають і поверхні типу В-сплайнів, що самим математичним поданням забезпечують безперервність нормалі, але нітрохи не краще в сенсі боротьби з хвилями.

Можливості обробки деталей в системі ГеММа-3D

Основна функціональна задача системи ГеММа-3D полягає в формуванні ефективних керуючих програм обробки деталей на верстатах з ЧПУ. Система забезпечує підготовку керуючих програм для всіх типів верстатів з ЧПУ та для основних видів обробки поверхонь.

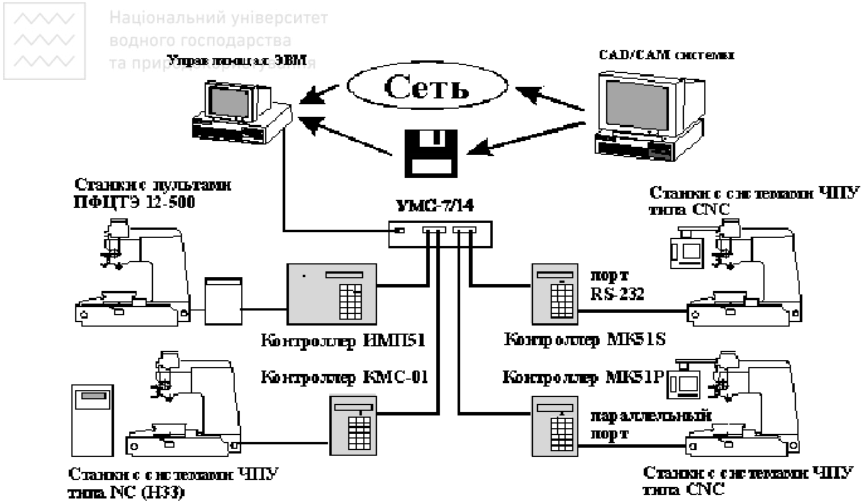


Рис.2.18. Засоби дистанційного управління станками з ЧПУ в підсистемі ГеММа- DNC

Технологічні можливості програмування фрезерної розробки в системі ГеММа-3D версії 6.0. В сучасних умовах найважливішою вимогою до технологічних систем стає забезпечення можливостей програмування обробки виробів складної форми твердосплавним інструментом з підвищеною точністю та продуктивністю.

Дані можливості повністю забезпечуються в версії 6.0 системи ГеММа-3D. Найважливішим розвитком системи стала обробка композицій поверхонь (оболонки) інструментом заданої геометрії без попередньої побудови спряжень поверхонь, що складають оболонку.

Чотирьох- і п'яти-координатна фрезерна обробка. В п'яти-координатній обробці в порівнянні з попередніми версіями системи ГеММа-3D істотно розширені можливості для задавання підходів інструменту до поверхні та відходів від неї, а також переміщення фрези між робочими рядками в траєкторії обробки. Можуть бути задані довжини ділянок, їхні напрямки, автоматично визначені точки підходу та відходу (на початку та в кінці робочих рядків), а також в заданих точках на поверхні чи в просторі.

Токарна обробка. При програмуванні токарної обробки передбачені чорнова та чистова обробки деталей. Поряд з геометрією деталі, що обробляється та формою різця може бути задана геометрія



різцетримача, а також форма різця в плані. Всі дані параметри враховуються при розрахунку траєкторії обробки.

Гравіювання. У порівнянні з попередньою версією системи GeMMA-3D має розширені можливості художнього гравіювання. В їх числі: широка гама геометрії інструменту; розширений набір художніх шрифтів; покращені засоби проектування та нанесення малюнків на виріб, що обробляється.

Перетворення траєкторії обробки. Для побудованих траєкторій можуть бути проведені певні перетворення. В тому числі: зміна технологічних параметрів, які автоматично виділяються при генерації програми в окремі сегменти; прив'язка підготовленої траєкторії до певної точки простору (зрушення); прив'язка до точки простору з поворотом траєкторії відносно довільної осі (зрушення та поворот); масштабування траєкторії.

Введення технологічних спряжень. Технологічні спряження будуються для уточнення зон обробки чи визначення допоміжних поверхонь, які не задаються в явному вигляді при розробці виробів. Забезпечується побудова по вказівці користувача спряжених поверхонь, спряжених поверхонь і їх меж на спряжених поверхнях, тільки меж на поверхнях. Види реалізованих в системі GeMMA-3D технологічних спряжень: спряження постійного радіусу (“куля, що котиться”); спряження зі змінним радіусом для ряду законів його зміни; результат спряження при переміщенні тора (торової фрези); при переміщенні конуса (конічної фрези); поверхня “підсічки” – спряження кривої з поверхнею, широко що використовується при будові кромek змикання форм; поверхні ливарних ухилів.

Відображення результатів обробки. В версії 6.0 системи GeMMA-3D істотно підвищена наочність відображення підготовчих керуючих програм. Можуть бути побудовані контурні траєкторії руху інструменту відносно поверхонь; автоматично виконана розстановка інструментів в характерних точках траєкторії; реалізований рух інструменту відносно деталі, що обробляється в режимі мультиплікації зі збереженням співвідношення величини подач на ділянках траєкторії. Принципово новим стало тонове зображення обробленої поверхні.

В залежності від форми та розмірів інструменту автоматично розраховуються ділянки траєкторії відносно деталі, що забезпечують її бездефектну обробку.



Взаємодія з зовнішніми системами.

Основна інформація сприймається в систему GeMMA-3D і передається з неї в відомі CAD/CAM системи за форматами IGES і DXF. Поява у вхідній інформації геометричних об'єктів, що мають математичний опис, який відрізняється від того, що використовується в системі GeMMA-3D, вирішується на основі типової апроксимації з заданою точністю кривою та поверхнями Без'є.

Запитання для самоконтролю

1. Призначення системи GeMMA-3D.
2. Загальна структура системи.
3. Переваги застосування тривимірної контурної корекції.
4. Основні режими експлуатації системи.
5. Що служить вихідною інформацією для системи.
6. Можливості обробки деталей в системі GeMMA-3D.
7. Технологічні можливості програмування фрезерної розробки в системі GeMMA-3D версії 6.0.
8. Чотирьох- і п'яти-координатна фрезерна обробка.
9. Токарна обробка в системі GeMMA-3D.
10. Взаємодія з зовнішніми системами.

Тема 2.5. Системи твердотілого параметричного моделювання легкого класу

Створення CAD/CAM-системи КОМПАС АО “АСКОН” було обумовлено якісними змінами в сфері високих технологій, появою високопродуктивних персональних комп'ютерів, випуском операційних систем Windows NT і Windows 9x та масовим переходом підприємств на методи автоматизованого проектування.

КОМПАС – це система нового покоління, що призначена для виконання проектно-конструкторських робіт в різноманітних галузях. Вона є легкою в освоєнні та зручною в роботі, й при цьому її вартість, є прийнятною для комплексного оснащення вітчизняних підприємств, у тому числі середніх і малих. Система розроблялася для персональних комп'ютерів оснащених операційною системою MS Windows.

При створенні КОМПАС в повній мірі було використано багатий

досвід в області конструкторської графіки, інструментальних засобів розробки додатків, прикладних проблемно-орієнтованих САПР, а також враховано новітні тенденції розвитку цього сектора програмного забезпечення (користувачський інтерфейс, взаємодію різних додатків Windows, прийоми роботи тощо). При створенні якісно нової версії розробниками враховувались побажання численних користувачів попередніх версій КОМПАСу, спрямовані на підвищення зручності роботи з системою та розширення її можливостей.

КОМПАС призначений для розв'язання масових задач “легкого” класу, таких як двовимірне проектування та конструювання, швидке підготування та випуск найрізноманітнішої креслярсько-конструкторської документації, створення технічних текстово-графічних документів.

КОМПАС базується на високоефективній конструкторській графіці з досконалими технологіями проектування та інструментальними засобами, які відповідають сучасним вимогам. Він однаково придатний для машинобудування, приладобудування, будівництва та архітектури. В системі реалізовані новітні технології моделювання, конструювання та випуску креслярсько-конструкторської документації, що дозволяють різко скоротити терміни розробки нової продукції, підвищити її якість та конкурентоздатність.

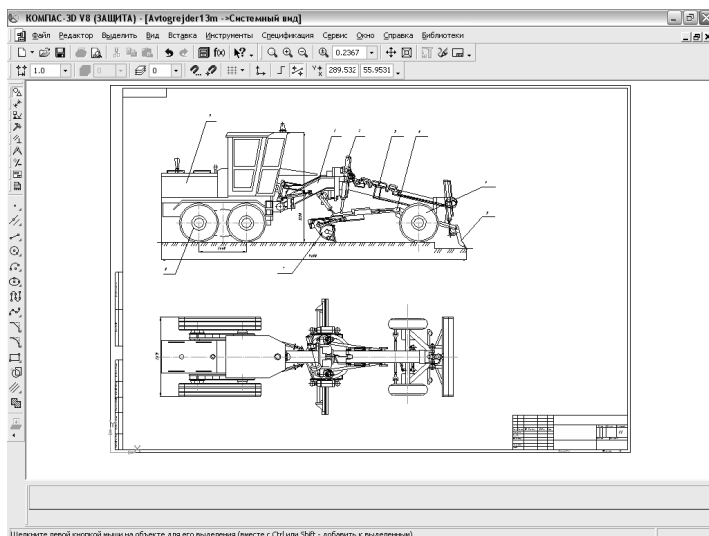


Рис. 2.19. Робоче вікно КОМПАС



КОМПАС створювався як повноцінний Windows-додаток, тому в ньому присутні всі ознаки, знайомі завдяки іншим програмам.

Система дозволяє одночасно завантажувати для роботи декілька документів і відчиняти кожний із них у декількох вікнах. Кількість одночасно відкритих документів обмежується тільки ресурсами комп'ютера. Доступ до команд системи здійснюється як через традиційні випадаючі меню, так і через кнопкові інструментальні панелі. Склад цих панелей користувач може змінювати за власним бажанням безпосередньо під час сеансу роботи. В системі передбачена спеціальна панель швидкого керування, на якій можна розташувати кнопки команд, які часто викликаються. Користувач має змогу створювати власні кнопкові панелі та підключення зовнішньої бібліотечної функції (тобто функції зовнішнього додатку до КОМПАС) у вигляді командної кнопки.

КОМПАС оснащений розвиненою структурованою системою допомоги, що дозволяє одержати детальну підказку в будь-якому режимі роботи й за будь-якою дією. Крім того, використовується технологія ярликів-підказок, коли при зупинці курсору над якоюсь кнопкою чи керуючим елементом з'являється коротка інформація про цей елемент. Ці засоби дозволяють прискорити освоєння пакету новачками й полегшити роботу з ним досвідченим користувачам.

При розробці КОМПАС були враховані вимоги, які користувачі висувають до професійного програмного забезпечення САПР у плані надійності та цілісності результатів роботи. В системі реалізовано декілька різноманітних режимів резервного копіювання завантажених для роботи документів - автоматичне зберігання через заданий інтервал часу, зберігання вихідної копії, а також попередньої та "дзеркальної" копій документа (наприклад, на сервері). Передбачено керування правами доступу до відкритих документів і службових файлів (таким як бібліотеки стилів або атрибутів), що дозволяє уникнути колізій при одночасній роботі декількох користувачів у локальній мережі. Система також надає можливість включити вмонтовану систему контролю за відкритими файлами, яка протягом сеансу роботи буде повідомляти про будь-які їхні зміни, наприклад, виконані користувачем віддаленого комп'ютера.

Крім автономного застосування в якості системи легкого класу, КОМПАС може ефективно використовуватися в складі комплексних рішень проектування та підготовки виробництва, шляхом



інтеграції в єдиний комплекс з наступними продуктами:

- Vectory і Spotlight (або їхніми спеціальними версіями КОМПАС-Vectory і КОМПАС-Spotlight) для векторизації сканованих зображень і переведення старих паперових архівів в електронний вид;
- DOCS Open і TechnODOCS для автоматизації інженерного документа підприємств на базі клієнт-серверної технології;
- RxEEDM для автоматизації інженерного документа робочих груп і невеликих підприємств;
- Unigraphics - системою твердотільного моделювання;
- SolidEdge для тривимірного конструкторського проектування.

Склад системи КОМПАС.

До складу комплексу КОМПАС входять потужний креслярсько-графічний редактор КОМПАС-ГРАФІК, інструментальні засоби розробки додатків (комплект API), широкий набір готових бібліотек, що містять типові конструктивні елементи і зображення, конструкторські додатки до КОМПАС-5 для проектування деталей типу тіл обертання, пружин і автоматичного оформлення креслень на них, а також утиліти обміну з іншими CAD/CAM системами через стандартні формати DXF і IGES.

Спеціалізована модель дозволяє працювати з кресленням як з документом, який складається з декількох листів. Кожний лист може складатись з окремих видів (проекцій, розрізів, перетинів), штампа та технічних вимог. У свою чергу, вид можна розбивати на шари (не більше 255).

Друкування документів може виконуватися на будь-яких типах пристроїв (принтерах або плотерах), які підтримуються Windows. Оригінальна технологія попереднього реалістичного перегляду дозволяє одночасно скомпонувати на листі та вивести на друк декілька документів. Забезпечується гнучке налагодження всіх параметрів друку. До складу системи входить спеціальна утиліта для розробки власних драйверів для пір'яних пристроїв.

КОМПАС-ГРАФІК має сучасний віконний інтерфейс, що відповідає стандартам Windows. Управління системою забезпечується за допомогою верхнього текстового меню, панелей кнопок, панелі швидкого управління. На відміну від багатьох інших систем САПР, підтримується одночасна робота з декількома документами, а також відображення кожного документу в декількох вікнах. Оформлення



екрана кнопочкових панелей і значення будь-яких параметрів системи можуть бути налаштовані безпосередньо під час сеансу роботи. Користувач може формувати власні кнопочкові панелі, в тому числі підключаючи бібліотечну функцію в якості команди.

В КОМПАС-ГРАФІК користувачу надається широкий вибір засобів панорамування зображень (у тому числі додаткові збільшуючі вікна). Реалізовані вмонтований контроль моделі креслення та різноманітні режими резервного копіювання завантажених документів.

При необхідності можна імпортувати в креслення інформацію з інших систем САПР, яка записана в поширених форматах DXF або IGES. Можна також експортувати креслення КОМПАС-ГРАФІК в дані формати.

Завдяки тому, що КОМПАС-ГРАФІК підтримує технологію OLE, користувач може легко вставити створені креслення в документи інших додатків Windows, наприклад, у Word або Excel. Для користувачів, що працюють над проектами разом із фахівцями інших підприємств, корисною виявиться утиліта перегляду, за допомогою якої можна ознайомитися з кресленнями на тих комп'ютерах, де не встановлений КОМПАС.

Параметричні можливості в КОМПАС-ГРАФІК. Створення параметричних моделей можна здійснювати або шляхом програмування, або шляхом інтерактивного формування моделі безпосередньо при кресленні. В ряді САД-систем можна креслити зображення з одночасним заданням закону побудови, який, однак, потім не можна чи дуже складно змінити у випадку помилки (швидше за все прийдеться вирізати всі побудови й починати заново). Можна також накладати обмеження (зв'язки) на об'єкти раніше накресленого зображення вузла чи деталі в будь-якому порядку, не притримуючись будь-якої жорсткої послідовності. У цьому випадку можлива будь-яка зміна моделі без необхідності повторних побудов. Працюючи в параметричному режимі, можна накладати різноманітні розмірні (лінійні, кутові, радіальні та діаметральні) та геометричні (паралельність, перпендикулярність, дотик, належність точки до кривої, фіксація точки тощо) обмеження на об'єкти моделі.

Відмінність параметричної моделі від звичайної полягає в тому, що в ній передбачені взаємозв'язки між об'єктами. Співпадання точок і положення точки на кривій параметризуються через виконання при вказанні даної точки прив'язки (глобальну або локальну), а



умови паралельності, перпендикулярності та дотикання - у відповідних процесах введення об'єктів.

Додаткові взаємозв'язки та обмеження можна призначити об'єктам креслення в будь-який момент роботи над документом. Команди для призначення подібних зв'язків і обмежень знаходяться на окремій інструментальній панелі. Відповідно, у будь-який момент можна й скасувати обмеження для одного або декількох вибраних об'єктів.

Конструкторські додатки до КОМПАС та набір бібліотек.

Машинобудівна бібліотека. Машинобудівна бібліотека включає більше 200 параметричних зображень різноманітних типових елементів машинобудівних креслень - болтів, гвинтів, гайок і інших кріпильних деталей, підшипників, профілів, конструктивних місць, елементів з'єднань трубопроводів тощо.

Бібліотека елементів гідравлічних і пневматичних схем. До бібліотеки включена велика кількість типових зображень блоків, вентилів, гідрозамків, дроселей, ємностей, клапанів тиску, кондиціонерів, насосів, зворотних клапанів, розподільників, засобів вимірювання, циліндрів та інших елементів.

Бібліотека елементів електричних схем. Бібліотеку елементів електричних схем доцільно використовувати при побудові креслень електричних схем. Бібліотека включає вигляди діодів, індукційних елементів, джерел живлення, комутаційних пристроїв, конденсаторів, ламп, мікросхем, оптронів, акустичних і електровимірювальних пристроїв, п'єзоелементів, резисторів, реле, з'єднань, ліній зв'язку, теристорів, транзисторів, електродвигунів, електротермічних пристроїв та інших стандартних елементів.

Бібліотека елементів кінематичних схем. Використовується при побудові креслень різноманітних кінематичних схем. Бібліотека вмщує типові зображення кінематичних пар, ланок, гвинтів, гайок, кулачків, маховика, мальтійських і храпових механізмів, передач (зубчастих, пасових, фрикційних і ланцюгових), підшипників, пружин, штовхачів, шківів та інших елементів.

КОМПАС-МЕНЕДЖЕР.

Однією з найважливіших задач, яку доводиться вирішувати при впровадженні САПР на підприємствах, є організація спільної роботи користувачів з електронними документами, їхнє збереження та захист від несанкціонованих змін.



Зручним засобом організації роботи з єдиною базою електронної документації на виробі, вузли і складальні одиниці в робочих групах або конструкторських підрозділах невеликої та середньої чисельності, а також на локальних робочих місцях є КОМПАС-МЕНЕДЖЕР.

КОМПАС-МЕНЕДЖЕР можна використовувати як на окремому комп'ютері, так і в локальній мережі, що дозволяє централізовано зберігати документи проекту. Надійність збереження інформації про структуру виробу забезпечується за рахунок застосування відомої комерційної СУБД Borland Database Engine. КОМПАС-МЕНЕДЖЕР дозволяє розмежувати повноваження користувачів, що працюють над проектом, призначати їм різноманітні права доступу до документів.

КОМПАС-МЕНЕДЖЕР надає конструктору зручні засоби пошуку елементів складу виробу, копіювання та переносу елементів між різними складальними одиницями, а також багато інших сервісних функцій, у тому числі можливість генерації звіту – специфікації на виріб.

Система проектування специфікацій. Призначення системи – автоматизоване формування текстових конструкторських документів (специфікацій) по збірному кресленню, побудованому в КОМПАС-ГРАФІК-5. При цьому найбільший ефект досягається, якщо в збірному кресленні використані стандартні елементи машинобудівної бібліотеки. Специфікація є окремим типом документа КОМПАС-ГРАФІК-5 поряд із кресленням, фрагментом і текстово-графічним документом.

При створенні збірного креслення слід використовувати елементи машинобудівної бібліотеки в режимі “з атрибутами”. У цьому випадку атрибути поміщаються в модель креслення та використовуються потім для автоматичного формування розділу специфікації “Стандартні вироби”. Для формування розділу “Деталі” система використовує спеціальну інформацію, внесену користувачем у складальне креслення, яка встановлює зв'язки між геометричними контурами деталей і лініями винесення. В любий з розділів специфікації інформація може бути занесена також в ручному режимі. Сортування елементів специфікації виконується в суворій відповідності зі стандартними правилами.

Система підтримує двонаправлений асоціативний зв'язок між



специфікацією та кресленням, що дозволяє автоматично змінювати вміст специфікації при внесенні змін у збірне креслення, а також автоматизувати проставлення номерів позицій.

Зформована конструктором специфікація може бути відредагована засобами текстового процесора КОМПАС-ГРАФІК, а потім виведена на друк. Серед сервісних можливостей системи - керування типами атрибутів, резервування позицій у поділах і багато чого іншого.

Засоби розробки додатків КОМПАС-МАСТЕР. КОМПАС-ГРАФІК є відкритою системою. Це дозволяє створювати додаткові програмні модулі (користувацькі бібліотеки), а потім використовувати їх під час роботи над кресленнями. Таким чином, стандартні можливості креслярсько-графічного редактора можуть бути доповнені виходячи з тих спеціальних задач, які приходить розв'язувати користувачу. Типовий приклад додатку - бібліотека стандартних машинобудівних конструктивів.

Бібліотека проектування тіл обертання КОМПАС-SHAFT. Призначена для проектування деталей - тіл обертання з одночасним автоматичним формуванням їх креслень (включаючи таблиці параметрів зубчастих коліс, виносні елементи, профілі зубів, схеми контролю тощо). При побудові можна використовувати результати розрахунків механічних передач.

Бібліотека проектування циліндричних гвинтових пружин КОМПАС-SPRING. Бібліотека забезпечує виконання проектного та перевірного розрахунків циліндричної гвинтової пружини розтягування та стискання з одночасним автоматичним формуванням креслення. Розрахунок виконується при мінімальній кількості вихідних даних і гарантує необхідні параметри пружини при її мінімальній масі. Конструктор може варіювати різноманітними параметрами пружини в ході розрахунку для одержання найкращого результату. Бібліотека дозволяє в 15-20 раз збільшити швидкість проектування гвинтових пружин і випуску документації на них.

Архітектурно-будівельна бібліотека. Використовується при розробці будівельних креслень будинків і споруд.

До складу бібліотеки включені типові зображення:

- дверей і вікон житлових, суспільних і виробничих будівель;
- сходових кліток і маршів, а також схем розрізу сходів;
- грузових і пасажирських ліфтів, машинних відділень ліфтів;



- плит, перегородок, прогінних конструкцій, ригелів, цегляних і панельних стін тощо.

Бібліотека елементів сантехніки. Бібліотека використовується при розробці відповідних креслень і схем в середовищі КОМПАС-ГРАФІК. Вміщує типові зображення елементів внутрішнього та зовнішнього водопроводів - арматури, колодязів, водомірних вузлів, патрубків, відводів, бачків, кранів, змішувачів тощо.

Бібліотека елементів технологічного оснащення.

Бібліотека використовується при побудові креслень технологічного оснащення. Вміщує типові параметричні зображення різноманітних конструктивних елементів, які найчастіше використовуються (спеціальних болтів і гвинтів, втулок, гайок, кулачків, опор, осей, призм, захватів тощо).

Бібліотеки підтримки форматів DXF і IGES. Засоби обміну з іншими пакетами САПР в новій версії значно вдосконалені для досягнення максимальної сумісності даних. До складу бібліотек, які працюють у середовищі КОМПАС, входять функції імпорту файлів форматів DXF і IGES, а також експорту креслень і фрагментів КОМПАС в ці формати.

Система КОМПАС-ШТАМП орієнтована на автоматизацію проектування штампів як оригінальних, так і типових конструкцій для різноманітних операцій холодного листового штампування.

Новий модуль системи - КОМПАС-3D

Можливості сучасних персональних комп'ютерів дозволяють виконувати задачі, які ще декілька років тому були винятковою прерогативою дорогих робочих станцій. Тому стало можливим використання комп'ютера не тільки для випуску креслярсько-конструкторської документації, але й для комплексного рішення ряду проблем проектування. До них відносяться моделювання виробів, їхній розрахунок і розробка технологічного процесу виготовлення.

Восени 1999 року компанія "АСКОН" випустила на ринок систему твердотілого тривимірного моделювання КОМПАС-3D, яка є доповненням до існуючого середовища проектування КОМПАС. Ключовою особливістю КОМПАС-3D є використання власного математичного ядра і параметричних технологій, розроблених спеціалістами АТ "АСКОН".

Область застосування КОМПАС-3D визначається основним на-

бором задач, що він покликаний вирішувати. До них відносяться:

- моделювання деталей з метою розрахунку їх геометричних і масо-центрувальних характеристик;
- моделювання деталей для передачі геометрії в розрахункові пакети;
- моделювання деталей для передачі геометрії в пакети розробки керуючих програм для устаткування з ЧПУ;
- створення ізометричних зображень деталей (наприклад, для упорядкування каталогів, створення ілюстрацій до технічної документації тощо).

КОМПАС-3D його може експлуатуватись в комплексі з “важкими” і “середніми” САПР (наприклад, із пакетом SolidWorks). Підготовлені в КОМПАС-3D моделі деталей можна потім передати в суміжну систему для наступного їхнього складання.

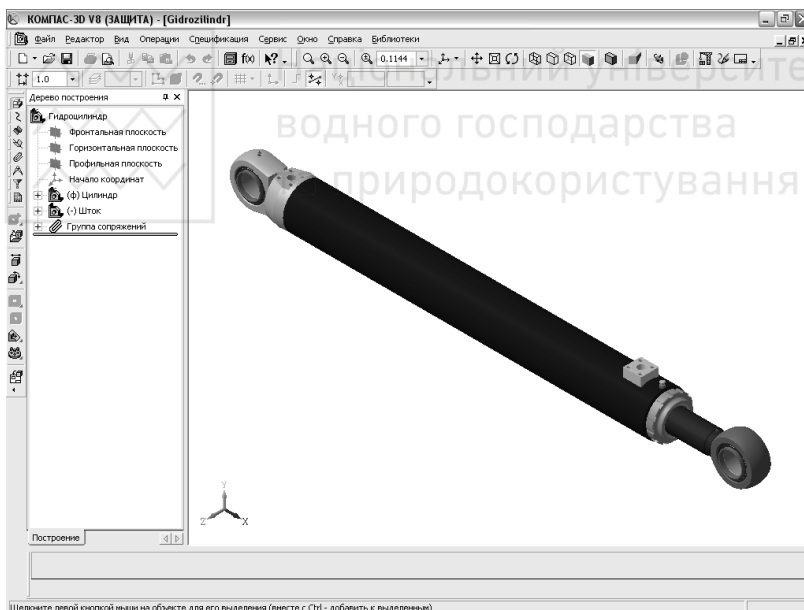


Рис. 2.20. Створення моделі в КОМПАС-3D

Загальноприйнятим порядком моделювання твердого тіла є послідовне виконання булевих операцій (додавання і віднімання) над об'ємними примітивами (сферами, призмами, циліндрами, конуса-



ми, пірамідами тощо).

В різних системах реалізовані різноманітні засоби задавання форми об'ємних примітивів:

- запровадження параметрів для примітива обраного зі списку типу (наприклад, запровадження радіуса сфери або габаритів паралелепіпеда);
- виконання такого переміщення плоскої фігури в просторі, слід від якого визначає форму примітива (наприклад, поворот окружності навколо осі утворить сферу, а зсув багатокутника - призму).

Інший, більш гнучкий, спосіб реалізований у КОМПАС-3D. Він дозволяє створити такі типи об'ємних примітивів, що важко (або неможливо) сформувати першим способом.

Проектування деталі починається зі створення базового тіла шляхом виконання операцій над ескізом (або декількома ескізами).

Додаткові операції дозволяють спростити задавання параметрів найбільш поширених конструктивних елементів - фаски, заокруглення та циліндричного отвору. Так, для побудови фаски не потрібно вирисовувати ескіз, переміщувати його вздовж ребра та вирізати об'єм, що утворився, з основного тіла. Достатньо зазначити ребро чи декілька ребер або грані для побудови фаски і ввести її параметри - розмір катетів або розмір катета та кут. Аналогічно при побудові отвору достатньо вибрати його тип (наприклад, отвір глухий із зенковкою та цековкою) і ввести відповідні параметри.

Проектування металоконструкцій у КОМПАС-ГРАФІК

При проектуванні різноманітних споруд та металічних конструкцій будівельних, дорожніх та меліоративних машин, оснащення для теплоенергетики, хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів дуже часто виникає задача розробки несучого каркасу зі сталевого прокату. До останнього часу спеціалізовані додатки для КОМПАС-ГРАФІК дозволяли в кращому випадку викреслити поперечний переріз профілю. Цього було недостатньо для повноцінної роботи при проектуванні металоконструкцій.

Бібліотека “Проектування металоконструкцій” призначена для автоматизації роботи інженера при проектуванні сталевих конструкцій із стандартного профільного прокату. Бібліотека є додатком до КОМПАС-ГРАФІК і дозволяє швидко і якісно виконувати проекти середньої складності.



Бібліотека також може бути використана для проектування в всіх областях застосування сталевих конструкцій (машинобудування, промислове будівництво, проектування мостів, технологічні конструкції та багато іншого). За спроектованою засобами бібліотеки конструкцією автоматизовано створюються робочі креслення й інші необхідні документи марки КМ і КМД. Запроектвана конструкція в будь-який момент часу може бути перевірена на наявність помилок. Робота з бібліотекою цілком відповідає етапам традиційного проектування металоконструкцій - від геометричної схеми до робочої документації.

На початковому етапі проектування створюється геометрична схема конструкції. На цьому етапі проектувальник може використовувати потужні можливості базового продукту (якщо мова йде про проектування нової конструкції цілком) або скористатися наданими КОМПАС-ГРАФІК можливостями імпорту з інших систем (якщо розрахунок конструкції виконується спеціалізованими проектними організаціями, що використовують розрахунково-графічні пакети).

Крім можливостей базового продукту, проектувальник може скористатися бібліотечними функціями побудови геометричної схеми, особливо при проектуванні різноманітних вертикальних конструкцій (опор, підставок тощо). Геометрія подібних конструкцій будується шляхом додавання різноманітних варіантів сегментів при заданих розмірах верхньої та нижньої основ конструкції.

Запитання для самоконтролю

1. Призначення і структура системи КОМПАС.
2. Сумісність з іншими САПР.
3. Параметричні можливості в КОМПАС-ГРАФІК
4. Машинобудівна бібліотека.
5. Призначення КОМПАС-МЕНЕДЖЕР.
6. Система проектування специфікацій.
7. Засоби розробки додатків КОМПАС-МАСТЕР.
8. Бібліотека проектування циліндричних гвинтових пружин КОМПАС-SPRING.
9. Архітектурно-будівельна бібліотека.
10. Проектування металоконструкцій у КОМПАС-ГРАФІК.



3. ПЛАНИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Блок 1. Основи автоматизованого проектування

Лабораторне заняття 1. Загальні відомості про інженерне проектування. Системи автоматизованого проектування

(2 год)

1. Методологія проектування. Стадії та етапи проектування. Проектні процедури та операції.
2. Блочно-ієрархічний підхід до проектування. Ієрархічні рівні та аспекти опису об'єкту проектування. Східне та низхідне проектування. Зовнішнє і внутрішнє проектування.
3. Типізація проектних рішень і процедур.
4. Узагальнений алгоритм інженерного проектування.

Методичне і технічне забезпечення: роздатковий матеріал, діюче ліцензоване програмне забезпечення автоматизованого проектування, література [1], [2].

Лабораторне заняття 2. Технічне і програмне забезпечення САПР
(2 год)

1. Загальна характеристика, визначення ТЗ САПР.
2. Вимоги до технічного забезпечення САПР.
3. Основні компоненти технічного забезпечення САПР.
4. Комплекси технічних засобів САПР, їх структура і стисла характеристика.
5. Загальна характеристика ПЗ САПР, його основні функції.
6. Склад і структура ПЗ САПР. Вимоги до ПЗ САПР.
7. Спеціалізоване ПЗ САПР, його призначення і структура.

Методичне і технічне забезпечення: роздатковий матеріал, діюче ліцензоване програмне забезпечення автоматизованого проектування, література [1], [2].



Лабораторне заняття 1. Загальні відомості про сучасні комп'ютерні технології автоматизованого проектування та підготовки виробництва (CAD/CAM/CAE/PDM)

(2 год)

1. Загальні відомості про системи автоматизованого проектування. Проектування і автоматизація.
2. Класифікація САПР.
3. Принципи побудови і функціонування САПР.

Методичне і технічне забезпечення: роздатковий матеріал, діюче ліцензоване програмне забезпечення автоматизованого проектування, література [1], [2].

Лабораторне заняття 2. Система твердотільного моделювання важкого класу Unigraphics

(2 год)

1. Призначення системи твердотільного моделювання Unigraphics.
2. Можливості моделювання в системі Unigraphics.
3. Сумісність з іншими САПР.
4. Креслярсько-конструкторська документація Unigraphics.

Методичне і технічне забезпечення: роздатковий матеріал, діюче ліцензоване програмне забезпечення автоматизованого проектування, література [1], [2].

Лабораторне заняття 3. Система твердотільного параметричного моделювання середнього класу Solid Edge

(2 год)

1. Призначення системи твердотільного параметричного моделювання Solid Edge.
2. Можливості моделювання в системі Solid Edge.
3. Сумісність з іншими САПР.
4. Креслярсько-конструкторська документація Solid Edge.

Методичне і технічне забезпечення: роздатковий матеріал, діюче ліцензоване програмне забезпечення автоматизованого проектування, література [1], [2].



Лабораторне заняття 4. Система програмування обробки на станках з ЧПУ ГеММа-3D

(2 год)

1. Призначення системи ГеММа-3D.
2. Загальна структура системи.
3. Основні режими експлуатації системи.
4. Можливості обробки деталей в системі ГеММа-3D.
5. Взаємодія з зовнішніми системами.

Методичне і технічне забезпечення: роздатковий матеріал, діюче ліцензоване програмне забезпечення автоматизованого проектування, література [1], [2].

Лабораторне заняття 5. “Креслярсько-конструкторський графічний редактор КОМПАС-ГРАФІК”. Ознайомлення з системою.

(2 год)

1. Запуск системи.
2. Принципи побудови креслення. Створення нового креслення.
3. Екран креслення. Створення нового виду.
4. Графічний апарат для роботи конструктора.
5. Побудова виду. Структура виду.
6. Побудова контуру деталі. Побудова лекальних кривих.

Методичне і технічне забезпечення: роздатковий матеріал, діюче ліцензоване програмне забезпечення автоматизованого проектування, література [1], [2].

Лабораторне заняття 6. “Креслярсько-конструкторський графічний редактор КОМПАС-ГРАФІК”. Спеціальні засоби побудови контуру деталі.

(2 год)

1. Команди “Фаска” і “Скругление”, “Копія” і “Зеркало”.
2. Штрихування. Розміри і технологічні позначення.
3. Лінійні, кутові, діаметральні та радіальні розміри.
4. Знаки шорсткості. Позначення бази.
5. Допуски форми і розміщення поверхонь.

Методичне і технічне забезпечення: роздатковий матеріал, діюче ліцензоване програмне забезпечення автоматизованого проектування, література [1], [2].



Лабораторне заняття 7. “Креслярсько-конструкторський графічний редактор КОМПАС-ГРАФІК”. Написи.

(2 год)

1. Текстові рядки.
2. Спеціальні та керуючі символи.
3. Таблиці (сторінка меню “Вспомог.”).
4. Редагування виду.
5. Редагування таблиць.
6. Редагування штрихування.
7. Редагування тексту.

Методичне і технічне забезпечення: роздатковий матеріал, діюче ліцензоване програмне забезпечення автоматизованого проектування, література [1], [2].

Лабораторне заняття 8. “Креслярсько-конструкторський графічний редактор КОМПАС-ГРАФІК”. Оформлення креслення.

(2 год)

1. Розміщення видів.
2. Технічні вимоги.
3. Основний напис.
4. Спеціальні задачі конструктора.

Методичне і технічне забезпечення: роздатковий матеріал, діюче ліцензоване програмне забезпечення автоматизованого проектування, література [1], [2].



4. КОНТРОЛЬНА ТЕСТОВА ПРОГРАМА

Знайдіть всі правильні відповіді.

Блок змістових модулів 1. Основи автоматизованого проектування

1 - Проектування це - ...

- процес складання опису, необхідного для створення ще неіснуючого об'єкту;
- процес перетворення його вихідного (первинного) опису;
- виконання робіт пошукового, розрахункового і конструкторського характеру;
- виконання робіт конструкторського характеру.

2 - Структуризація (розбивання) уявлень відповідного рівня опису об'єкта на складові частини з метою їх роздільного проектування з врахуванням погодження рішень, що приймаються це ...

- принцип декомпозиції;
- принцип ієрархічності;
- принцип автоматизації проектування;
- принцип багатетапності проектування.

3 - Структуризація уявлень про об'єкти і їх складові частини за ступенем конкретизації і деталізації опису з метою послідовного нарощування складності опису об'єкту -

- принцип декомпозиції;
- принцип ієрархічності;
- принцип автоматизації проектування;
- принцип багатетапності проектування.

4 - Виберіть правильну послідовність життєвого циклу виробу -

- планування, пошукові роботи, проектування, виробництво, експлуатація;
- пошукові роботи, планування, проектування, виробництво, експлуатація;
- проектування, пошукові роботи, планування, виробництво, експлуатація;



○ планування, пошукові роботи, проектування, експлуатація, виробництво.

5 - Стадії проектування включають в себе -

- проектні дослідження; технічне завдання;
- технічну пропозицію; геометричну модель;
- технічний проект; виробництво виробу;
- випробовування; експлуатацію виробу;

6 - Об'єкт проектування - агрегат - складова одиниця - деталь – це -

- ієрархічні рівні виробу;
- послідовність зборки виробу;
- послідовність розбирання виробу;
- рівні складності об'єкту.

7 - Проектування не буває -

- вихідне;
- зовнішнє;
- внутрішнє;
- низхідне.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

8 - Синтез буває -

- параметричний;
- геометричний;
- багатоваріантний;
- одноваріантний.

9 - Що не входить в алгоритм інженерного проектування?

- пошукові роботи;
- формулювання технічного завдання;
- створення моделі;
- оформлення документації.

10 - Окремі перетворення описів об'єкта та алгоритму його функціонування, або алгоритму процесу, а також уявлення опису на різноманітних мовах здійснюється взаємодією людини і ЕОМ, це -

- автоматизоване проектування;
- порядок автоматизованого проектування;



- основи автоматизованого проектування;
 - напівавтоматизоване проектування.
- 11 - Принципи створення і функціонування САПР (виберіть зайве) -
- стабільності, незмінюваності;
 - системної єдності, розвитку;
 - комплексності, інформаційної єдності;
 - стандартизації та інвентаризації.
- 12 - Класифікація САПР (виберіть зайве) -
- за ієрархічністю об'єкту проектування;
 - за типом об'єкту проектування;
 - за рівнем автоматизації проектування;
 - за характером проектних документів, що випускаються.
- 13 - Кількість стадій функціонування САПР -
- три;
 - дві;
 - чотири;
 - п'ять.
- 14 - Види забезпечення САПР (виберіть зайве) -
- Організаційне, базове;
 - Методичне, лінгвістичне;
 - Математичне, програмне;
 - Технічне, інформаційне.
- 15 - Види забезпечення САПР (виберіть зайве) -
- Системне;
 - Методичне;
 - Математичне;
 - Програмне.
- 16 - Комплекс технічних засобів, на базі якого фізично реалізується весь процес автоматизованого проектування - від вводу і підготовки вихідних даних до одержання готової проектної документації, це -
- Технічне забезпечення САПР;
 - Методичне забезпечення САПР;



- Математичне забезпечення САПР;
- Програмне забезпечення САПР.

17 - Вимоги до технічного забезпечення САПР (виберіть зайве) -

- Програмні;
- Системні;
- Технічні;
- Функціональні.

18 - Сукупність математичних моделей об'єктів проектування, а також методів і алгоритмів операцій і процедур.

- Математичне забезпечення САПР;
- Технічне забезпечення САПР;
- Методичне забезпечення САПР;
- Програмне забезпечення САПР.

19 - До математичних моделей відносяться - функціональні, структурні, топологічні, геометричні моделі.

- Так всі;
- Тільки функціональні;
- В певних випадках всі;
- Всі не відносяться.

20 - Математичні моделі які відображають просторові співвідношення і форми об'єкту, що проектується і його складових частин, це

- Геометричні;
- Топологічні;
- Функціональні;
- Структурні.

21 - сукупність програм на машинних носіях з необхідною програмною документацією, яка призначена для виконання автоматизованого проектування, це

- Програмне забезпечення САПР;
- Математичне забезпечення САПР;
- Технічне забезпечення САПР;
- Методичне забезпечення САПР.



22 - Програмне забезпечення САПР поділяється на (виберіть зайве):

- Технічне;
- Базове;
- Загальносистемне;
- Спеціалізоване.

23 - Вимоги до програмного забезпечення САПР (виберіть зайве) -

- незмінність, об'ємність;
- адаптованість, гнучкість;
- компактність, мобільність;
- надійність, реактивність.

24 - Документи, які вміщують описи стандартних проектних процедур, типових проектних рішень, типових елементів, комплектуючих виробів, матеріалів та інші дані, а також файли та блоки даних на машинних носіях із записом вказаних документів

- Інформаційне забезпечення САПР;
- Математичне забезпечення САПР;
- Технічне забезпечення САПР;
- Методичне забезпечення САПР.

25 - Спеціальне програмне забезпечення яке виконує всі функції організації, обслуговування та доступу до бази даних

- Системи управління базами даних
- Інформаційне забезпечення САПР;
- Методичне забезпечення САПР;
- Організаційне забезпечення САПР.

26 - Сукупність мов, які використовуються в САПР для висвітлення інформації про об'єкти, що проектуються, про процес та засоби проектування, якою обмінюються люди з ЕОМ між собою в процесі автоматизованого проектування

- Лінгвістичне забезпечення САПР;
- Інформаційне забезпечення САПР;
- Методичне забезпечення САПР;
- Організаційне забезпечення САПР.

27 - комплект документів, які нормують правила вибору і експлуатації комплексу засобів автоматизованого проектування при вирішенні конкретних проектних задач

- Методичне забезпечення САПР;
- Лінгвістичне забезпечення САПР;
- Інформаційне забезпечення САПР;
- Організаційне забезпечення САПР.

28 - Відображення взаємодії САПР з функціональними підрозділами організації і реалізацію в її структурі процесу автоматизованого проектування

- Організаційне забезпечення САПР;
- Методичне забезпечення САПР;
- Лінгвістичне забезпечення САПР;
- Інформаційне забезпечення САПР.

29 - Основні типи мов взаємодії (виберіть зайве) -

- Спеціальна;
- природна, обмежена природна;
- командна;
- “меню” та “шаблони”.

30 - Технічне забезпечення САПР це -

- Комплекс технічних засобів, на базі якого фізично реалізується весь процес автоматизованого проектування;
- комплект документів, які нормують правила вибору і експлуатації комплексу засобів автоматизованого проектування;
- Сукупність мов, які використовуються в САПР в процесі автоматизованого проектування;
- документи, які вміщують описи стандартних проектних процедур, типових проектних рішень, типових елементів, комплектуючих виробів, матеріалів та інші дані.



Блок змістових модулів 2. Системи автоматизації проектування машин

- 1 - CAD/CAE системи це - ...
 - САПР виробів;
 - САПР технологічних процесів;
 - САПР технічних процесів;
 - САПР виробництва.

- 2 - CAPP/CAM/PPS/CAQ системи це - ...
 - САПР виробів;
 - САПР технологічних процесів;
 - САПР технічних процесів;
 - САПР виробництва.

- 3 - Термін системи "CAD" можна перевести як -
 - "проектування за допомогою комп'ютера";
 - "машина, що винаходить";
 - "виробництво за допомогою комп'ютера";
 - "автоматизація процесу планування".

- 4 - До САПР виробів відносяться -
 - АСНД (автоматизована система наукових досліджень);
 - АСУВУ (автоматизовану систему управління виробничим устаткуванням);
 - АСУВ (автоматизована система управління виробництвом);
 - АСУЯ (автоматизована система управління якістю).

- 5 - До САПР технологічних процесів відносяться -
 - АС ТПВ (автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва);
 - САПР В (системи автоматизованого проектування виробів);
 - АСНД (автоматизована система наукових досліджень);
 - всі перераховані.

- 6 - Які системи призначені для - геометричного моделювання, інженерних розрахунків, аналізу, оцінки проектних рішень, виготовлення креслень -



- CAD-системи;
- CAE-системи;
- CAM-системи;
- CAPP-системи.

7 - Які системи призначені для - розробки технологічних процесів, маршрутних і операційних карт, технологічного оснащення, управляючих програм для верстатів із ЧПУ

- CAPP-системи;
- CAE-системи;
- CAM-системи;
- CAD-системи.

8 - САПР ТП -

- Системи автоматизованого проектування технологічних процесів;
- Системи автоматизованого проектування технічних процесів;
- Системи автоматичного проектування технологічних процесів;
- Системи автоматизованого проектування типових процесів.

9 - До систем твердотілого моделювання високого (важкого) класу відноситься -

- Unigraphics;
- Solid Edge;
- Solid Works;
- AutoCAD.

10 - До систем твердотілого моделювання середнього класу відноситься -

- Unigraphics;
- ProEngineer;
- Solid Works;
- AutoCAD.

11 - До систем твердотілого моделювання легкого класу відноситься -

- Unigraphics;
- ProEngineer;



○ Solid Works;

○ AutoCAD.

12 - Система Solid Edge відносяться до систем -

- легкого класу;
- високого класу;
- середнього класу;
- важкого класу.

13 - Кількість класів систем САПР -

- три;
- два;
- чотири;
- п'ять.

14 - Інтегровані, повнофункціональні системи повного циклу автоматизації виробництва – від конструкторських розробок до випуску готової продукції довільної складності, це -

- системи легкого класу;
- системи важкого класу;
- системи середнього класу;
- системи низького класу.

15 - відносно дешеві системи, спроможні оптимізувати співвідношення “ціна-якість”, функціонально-незалежні продукти, які дозволяють вирішити одну окрему взятую задачу підприємства -

- системи легкого класу;
- системи важкого класу;
- системи середнього класу;
- системи високого класу.

16 - Системи призначені насамперед для випуску конструкторської документації.

- системи легкого класу;
- системи важкого класу;
- системи середнього класу;
- системи високого класу.



17 - Solid Edge, Mechanical Desktop, Pro/JUNIOR, PRELUDE, GENIUS Desktop, Design-Space, Dinamic Designer Motion, Moldflow, SolidWorks, SURFCAM, HyperMill, PowerMILL -

- системи легкого класу;
- системи важкого класу;
- системи середнього класу;
- системи високого класу.

18 - Unigraphics, EUCLID, PROEngineer, CATIA -

- системи легкого класу;
- системи важкого класу;
- системи середнього класу;
- системи низького класу.

19 - AutoCAD, CADDY, CADkey, TopCAD, КОМПАС -

- системи легкого класу;
- системи важкого класу;
- системи середнього класу;
- системи високого класу.

20 - Модуль UG/Solid Modeling це модуль системи -

- Unigraphics;
- ProEngineer;
- Solid Works;
- Solid Edge.

21 - Засоби для автоматичного розпізнання та втілення задуму конструктора, які випереджають його кроки в процесі побудови моделі (засіб Quick Pick) характерні для -

- систем легкого класу;
- систем важкого класу;
- систем середнього класу;
- систем високого класу.

22 - Мінімізація часу внесення змін у конструкцію виробу характерно для -

- систем легкого класу;
- систем важкого класу;



- систем середнього класу;
- систем високого класу.

23 - Засіб роботи FreeSketch (точна геометрія "від руки") використовується в -

- системах типу КОМПАС;
- системах типу Unigraphics;
- системах типу Solid Edge;
- системах типу AutoCAD.

24 - Однакова придатність для машинобудування, приладобудування, будівництва та архітектури характерна для -

- систем легкого класу;
- систем важкого класу;
- систем середнього класу;
- систем високого класу.

25 - Основний формат збереження даних (креслення) в системі КОМПАС -

- *.cdw;
- *.frw;
- *.dxf;
- *.dwg.

26 - Якого типу документу немає в системі КОМПАС -

- Креслення;
- Деталь;
- Складова одиниця;
- Текстовий документ.

27 - Ввійти в режим редагування основного напису в системі КОМПАС можна -

- Подвійним натисненням лівої клавіші "мишки" на основному написі;
- Подвійним натисненням лівої клавіші "мишки" на полі креслення;
- Подвійним натисненням правої клавіші "мишки" на основному написі;



Натисненням лівої клавіші "мишки" на основному написі разом з клавішею Shift.

28 - Натиснення на підсвічену піктограму (рис.4.1) дає можливість -

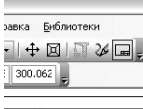


Рис. 4.1.

- Показати все зображення;
- Побудувати форматну рамку;
- Ввести основний напис;
- Показати основний напис.

29 - Натиснення на підсвічену піктограму (рис.) дає можливість -



Рис. 4.2.

- Ввійти в режим побудови геометричних примітивів;
- Ввійти в режим побудови кола або трикутника;
- Побудувати спряження геометричних елементів;
- Ввійти в режим розрахунку площі геометричних примітивів.

30 - На рисунку відкрите підменю команд -

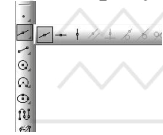


Рис. 4.3.

- Побудови допоміжних ліній;
- Побудови осьових ліній;
- Побудови відрізків;
- Побудови розмірних ліній.



5. ПОРЯДОК ТЕСТУВАННЯ

Тестування знань студентів проводиться після вивчення кожного змістового модуля. Студент проходить комп'ютерне тестування або отримує картку тестування (табл. 5.1.), яку заповнює самостійно і відмічає в ній всі правильні відповіді. Кожна правильна відповідь дає в залік один бал. Максимальна сума балів в першому блоку залікових модулів – 30 балів, в другому – 30 балів.

Таблиця 5.1

Прізвище, ім'я, по батькові студента	_____																													
Факультет	_____																													
Спеціальність	_____																													
Курс, група	_____																													
Набрано балів	_____																													
Загальна оцінка	_____																													
Дата тестування	_____																													
№№ білетів тесту 1-го змістового модуля																														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Правильна відповідь																														
Набрано балів																														
№№ білетів тесту 2-го змістового модуля																														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Правильна відповідь																														
Набрано балів																														
Сума набраних балів за результатами двох тестів –																														



6. ТЕМАТИКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

6.1. Варіанти самостійної роботи

Самостійна робота виконується студентом після виконання лабораторної роботи в аудиторії і отримання необхідних даних для самостійної роботи згідно варіанта в кількості 10 завдань.

Таблиця 6.1

№ п/п	Тема самостійної роботи	Рекоменд. література
1.	Сучасне технічне та програмне забезпечення систем автоматизованого проектування	[1]
2.	Сучасні комп'ютерні технології автоматизованого проектування та підготовки виробництва (CAD/CAM/CAE/PDM)	[1]
3.	Система твердотільного моделювання важкого класу Unigraphics	[1]
4.	Система твердотільного параметричного моделювання середнього класу Solid Edge	[1]
5.	Система програмування обробки на станках з ЧПУ ГЕММА-3D	[1]
6.	“Креслярсько-конструкторський графічний редактор КОМПАС-ГРАФІК”	[1]

6.2. Оформлення самостійної роботи

Самостійна робота виконується у вигляді звіту в стандартному зошиті для лабораторних робіт. Рисунки, схеми і таблиці розміщуються за текстом і повинні мати нумерацію в межах розділу. Формули пишуться посередині сторінки і нумеруються. Отримані в результаті розрахунків дані повинні мати одиниці виміру згідно системи СІ.

Звіт кожної попередньої самостійної роботи захищається студентом на наступному лабораторному занятті.



7. ПОРЯДОК ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ

Оцінювання знань студентів з навчальної дисципліни “Основи автоматизації проектування машин” здійснюється на основі результатів поточного модульного контролю (ПМК) і підсумкового контролю знань (ПКЗ), враховуючи результати самостійної роботи, а також відвідування студентом лекцій і лабораторних занять (табл. 7.1).

Підсумковий контроль знань студентів з нормативних дисциплін, до яких відноситься “Основи автоматизації проектування машин”, відповідно до навчального плану у формі заліку здійснюється на основі поточного модульного контролю.

Таблиця 7.1

Критерії та аналіз загальної оцінки

Блоки змістовних модулів	К-сть тестів	Оцінка одного тесту	Критерії оцінки	К-сть прав. балів	Набрані бали	Оцінка
			зарах. / незар.			
1. Основи автоматизованого проектування	30	1	16-30 / 0-15	30		
2. Системи автоматизації проектування машин	30	1	16-30 / 0-15	30		
3. Розрахунково-графічна робота	5	4	10-20 / 0-9	20		
4. Відвідування: лекцій лабораторних	10	1	6-10 / 0-5	10		
	10	1	6-10 / 0-5	10		
Разом:	100		60-100 / 0-59	100		

Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу, вироблених умінь самостійно вирішувати практичні задачі, самостійно опрацьовувати тексти, здатності осмислити зміст теми чи розділу, умінь публічно чи письмово представити певний матеріал (презентація).

Підсумковий бал за результатами поточного модульного контролю оформлюється під час останнього лабораторного заняття, а на



заочній формі навчання – за розкладом екзаменаційно-лабораторних сесій.

Кількість балів за результатами поточних модульних контролів підсумовується і вноситься до таблиці для визначення загальної успішності студента з даного предмета.

Оцінювання студентів здійснюється за системою ECTS. Переведення даних 100-бальної шкали оцінювання в 4-бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється в наступному порядку (табл. 8.2).

Студенти, які набрали за результатами поточного і підсумкового контролю від 0 до 34 балів, зобов'язані написати заяву на повторне вивчення дисципліни на різних формах навчання свого чи іншого факультету.

Таблиця 8.2

Сума балів за всі форми навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою		Примітка
90 – 100	A	відмінно	“5”	“зараховано”
82 – 89	B	дуже добре	“4”	
74 – 81	C	добре	“4”	
64 – 73	D	задовільно	“3”	
60 – 63	E	достатньо	“3”	
35 – 59	Fx	незадовільно	“2”	“не зараховано” з можливістю перездачі
0 – 34	F	незадовільно	“2”	“не зараховано” з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Студенти, які набрали за результатами поточного і підсумкового контролю від 34 до 59 балів, зобов'язані написати заяву на індивідуально-консультаційну роботу з викладачем і згідно направлення деканату отримувати та здавати викладачу під час консультацій виконані завдання, модулі тощо і набрати бали поточної успішності, а в кінці семестру, згідно графіку затвердженому деканом отримати підсумковий модульний контроль.



8. ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

- Автоматизоване проектування** – проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта та алгоритму його функціонування, або алгоритму процесу, а також уявлення опису на різноманітних мовах здійснюється взаємодією людини і ЕОМ.
- Агрегат** – самостійний механізм, що складається з кількох вузлів і виконує визначені закінчені функції.
- Адаптованість** – пристосованість САПР до функціонування в різноманітних умовах
- АРМ** – автоматизоване робоче місце
- АСНД** – автоматизована система наукових досліджень.
- АСП** – автоматизована система планування.
- АССД** – автоматизована система статистичних досліджень
- АС ТППВ** – автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва
- АСУВ** – автоматизована система управління виробництвом.
- АСУВУ** – автоматизована система управління виробничим устаткуванням.
- АСУТП** – автоматизована система управління технологічним процесом.
- АСУЯ** – автоматизована система управління якістю.
- Бібліотека** – сукупність файлів об'єднаних в деяку групу по деяких функціональних ознаках.
- Вузол** – зчленування кількох деталей, які виконують окремі функції.



- Геометрична модель** – сукупність відомостей, які однозначно визначають геометричну форму об’єкту.
- Гнучкість** – здатність легко видавати зміни, доповнення та виправлення в програмному забезпеченні при збереженні всієї САПР в цілому.
- ДВЗ** – двигун внутрішнього згорання, в якому тепла енергія згорання палива перетворюється в механічну роботу в середині робочого циліндра.
- Декомпозиція** – розчленування, розбиття опису об’єкту проектування на окремі складові частини.
- Деталь** – окрема частина машини, виготовлена з однорідного матеріалу без складальних операцій.
- Еволюційність** – доповнення САПР новими програмами, які розширюють можливості системи.
- Ескіз (3D)** – плоска фігура, на основі якої утвориться тіло.
- Етап проектування** – частина процесу проектування, що включає в себе формування всіх описів об’єкту, які відносяться до одного або декількох ієрархічних рівнів або аспектів проектування
- Інформаційне забезпечення САПР** – документи, які вміщують описи стандартних проектних процедур, типових проектних рішень, типових елементів, комплектуючих виробів, матеріалів та другі данні, а також файли та блоки даних на машинних носіях із записом вказаних документів.
- Інформаційний фонд САПР** – сукупність даних, що використовуються всіма компонентами САПР.
- ІРС** – інженерна робоча станція.
- Кредит** – від лат. *creditum* (позика, борг) розділ, тема дисципліни що вивчається на яку відводиться певний час і проводиться залік.



Лінгвістичне
забезпечення
САПР

– сукупність мов, які використовуються в САПР для висвітлення інформації про об’єкти, що проектуються, про процес та засоби проектування, якою обмінюються люди з ЕОМ між собою в процесі автоматизованого проектування.

Математичне
забезпечення
САПР

– сукупність математичних моделей об’єктів проектування, а також методів і алгоритмів операцій і процедур.

Машина

– від лат. *machina* (побудова, споруда) – сукупність механізмів і деталей для перетворення енергії в механічну роботу.

Методичне
забезпечення
САПР

– комплект документів, які нормують правила вибору і експлуатації комплексу засобів автоматизованого проектування при вирішенні конкретних проектних задач.

Механізм

– від грец. *mechane* (знаряддя) кінематичний ланцюг деталей або ланок для передачі і перетворення сил і рухів одного тіла у відповідні сили і рухи іншого тіла.

Мобільність

– здатність функціонування на різноманітних технічних засобах.

Надійність

– забезпечення одержання достовірних результатів проектування.

Операція 3D

– формотворне переміщення ескізу.

Організаційне
забезпечення
САПР

– повна сукупність нормативних матеріалів, що визначає місце і функцію САПР в складі проектної організації.

Програмне
забезпечення
САПР

– сукупність програм на машинних носіях з необхідною програмною документацією, яка призначена для виконання автоматизованого проектування

Проектна
процедура

– формалізована сукупність дій, в результаті виконання якої отримується проектне рішення



Проектування

- процес складання опису, необхідного для створення ще неіснуючого об'єкту, шляхом перетворення його вихідного (первинного) опису в кінцевий опис на основі виконання комплексу робіт пошукового, розрахункового та конструкторського характеру.
- Реактивність – забезпечення швидкого розв'язку задачі при орієнтації на конкретного користувача.
- РМП – робоче місце проектувальника.
- САПР – (система автоматизованого проектування) комплекс засобів автоматизації проектування, взаємозв'язаних з необхідними підрозділами проектної організації або колективом спеціалістів (користувачем системи), які виконують автоматизоване проектування.
- САПР В – система автоматизованого проектування виробів
- САПР ТП – система автоматизованого проектування технологічних процесів
- Студент – від лат. *studentis* (наполегливо працюючий, вивчаючий) – учень вищого навчального закладу.
- СУБД – системи управління базами даних.
- Тест – від англ. *test* (випробування, дослідження) – завдання стандартної форми за якими оцінюють розумовий розвиток людини, її здібності, волю і якість, психофізіологічні характеристики.
- Техніка – від грец. *technike* (майстерність) – сукупність машин і механізмів, приладів і пристосувань, знарядь сфери виробництва.



Технічне
забезпечення
САПР

– комплекс технічних засобів (КТЗ), на базі якого фізично реалізується весь процес автоматизованого проектування (АП): від вводу і підготовки вихідних даних до одержання готової проектної документації.

Топологічна
модель

– залежності, які відображають склад та взаємозв'язок елементів елементів проектування.

Файл

– сукупність даних, які складаються з логічних записів, що відносяться до однієї теми, або це упорядкована поіменована область пам'яті на зовнішніх магнітних носіях (дисках), яка складається із окремих записів.

Файлова система

– сукупність файлів, організованих при допомозі засобів управління даними, які є в наявності в обчислювальній системі.

Функціональна
модель

– залежності, які зв'язують вихідні характеристики з вхідними, внутрішніми (керуючими) та зовнішніми параметрами.

ЧПУ

– числове програмне управління

CAD

– (Computer-Aided Design – проектування за допомогою комп'ютера) системи об'ємного і плоского геометричного моделювання, інженерних розрахунків і аналізу, оцінки проектних рішень, виготовлення креслень.

CAE

– (Computer-Aided Engineering – машина, що винаходить) автоматизована система інжиніринга, що підтримує процес прийняття людиною нових нестандартних рішень, іноді і на рівні винаходів.

CAM

– (Computer-Aided Manufacturing – виробництво, виготовлення за допомогою комп'ютера) системи ЧПУ верстатів, комп'ютери, що керують автоматизованими верстатними системами.



Національний університет

САРР

водного господарства
та природокористування

– (Computer Automated Process Planning – комп'ютерне автоматичне планування процесу) системи розробки технологічних процесів у виді маршрутних, операційних, маршрутно-операційних карт, проектування технологічного оснащення, розробки управляючих програм для верстатів із ЧПУ.

CAQ

– (Computer Aided Quality Control) система керування якістю

PPS

– (Produktionsplaungs system) система виробничого планування і керування.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Сиротинський О.А. Основи автоматизації проектування машин. - Навчальний посібник. Рівне: УДУВГП, 2004. – 252 с.
2. Основы систем автоматизированного проектирования /Под ред. Ю.В.Кожевникова. - Учебное пособие. Изд-во Казанского университета, 1988. - 254 с.

Додаткова

3. Коваленко А.Н. САПР: методология и формализованные методы. - Л.: Изд. ЛГУ, 1988. - 92 с.
4. Михалев С. Б. и др. Средства вычислительной техники для применения в САПР. - Минск: Беларусь, 1989. - 160 с.
5. Петренко А. И. Основы автоматизированного проектирования. - К.: Техника, 1982. - 295 с.
6. Петренко А. М., Семенов О.И. Основы построения систем автоматизированного проектирования. -К.: Вища школа, 1984. - 296 с.
7. Разработка САПР. В 10-ти кн.: Практическое пособие /Под ред. А.В.Петрова. - М.: Высшая школа, 1990.
8. Системы автоматизированного проектирования: в 9-ти книгах. Учебное пособие для втузов/ Под ред. М.П.Норенкова. -М.: Высшая школа, 1986.
9. Справочник по САПР /Под ред. В. М. Скурихина.-К.:Техника, 1988.- 374 с.
10. Фурунжиев Р.М. и др. САПР или как ЭВМ помогает конструктору. М.: Высшая школа, 1987.- 205 с.



ЗМІСТ

1.	Типова програма нормативної навчальної дисципліни “Основи автоматизації проектування машин”	3
1.1.	Тематичний план та розподіл навчального часу	3
1.2.	Програмний матеріал блоків змістових модулів	4
2.	Методичні рекомендації до вивчення окремих модулів та тем дисципліни	6
2.1.	Блок 1. Основи автоматизованого проектування	6
2.2.	Блок 2. Системи автоматизації проектування машин	38
3.	Плани лабораторних занять	78
3.1.	Блок 1. Основи автоматизованого проектування	78
3.2.	Блок 2. Системи автоматизації проектування машин	79
4.	Контрольна тестова програма	82
4.1.	Блок 1. Основи автоматизованого проектування	82
4.2.	Блок 2. Системи автоматизації проектування машин	88
5.	Порядок тестування	94
6.	Тематика самостійної роботи	95
6.1.	Варіанти самостійної роботи	95
6.2.	Оформлення самостійної роботи	95
7.	Порядок оцінювання знань студентів	96
8.	Термінологічний словник	98
	Рекомендована література	104



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчально-методичне видання

Олександр Артемович Сиротинський

Олександр Петрович Лук'янчук

ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН



**Інтерактивний комплекс
навчально-методичного забезпечення**

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Підписано до друку __.__.2008 р. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Папір друкарський №1. Гарнітура Times. Друк трафаретний.
Ум.-друк. арк. 9. Тираж __ прим. Зам № ____.

*Редакційно-видавничий центр
Національного університету водного господарства
та природокористування, 33000, Рівне, вул. Соборна, 11.*



Національний університет
водного господарства
та природокористування

О.А.Сиротинський
О.П.Лук'янчук

ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН

*Інтерактивний комплекс
навчально-методичного
забезпечення*



Рівне 2008