



Національний університет
водного господарства
та природокористування

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет водного господарства
та природокористування

О.М.НАУМЧУК

ОСНОВИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

**ІНТЕРАКТИВНИЙ КОМПЛЕКС
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**



Для студентів, які навчаються за напрямом
“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рівне – 2008



УДК 004,4'24:65.015.13(075)

ББК 73:30.2я7

Н 34

*Затверджено вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування
(протокол №8 від 27.06.2008р.)*

Рецензенти:

Власюк А.П., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної математики Національного університету водного господарства та природокористування;

Барановський С.В., кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри економічної кібернетики Рівненського державного гуманітарного університету.

Наумчук О.М.

Н 34 Основи систем автоматизованого проектування: Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. – Рівне: НУВГП, 2008. - 136 с.

Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення курсу “Основи систем автоматизованого проектування” складається з програми дисципліни, конспекту лекцій, завдань для лабораторних занять та самостійної роботи, тестів для контролю знань і списку рекомендованої літератури.

Для студентів технічних спеціальностей вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації. Може бути корисним для спеціалістів і керівників проектних організацій та конструкторських відділів підприємств незалежно від форм власності.

УДК 004,4'24:65.015.13(075)

ББК 73:30.2я7

© Наумчук О.М., 2008

© НУВГП, 2008



ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
1. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	6
1.1. Опис навчальної дисципліни.....	6
1.2. Мета та завдання навчальної дисципліни.....	7
1.3. Програма навчальної дисципліни.....	7
1.4. Структура навчальної дисципліни.....	10
1.5. Теми лабораторних занять.....	12
1.6. Самостійна робота.....	12
1.7. Методи навчання.....	13
1.8. Методи контролю.....	13
1.9. Розподіл балів, що присвоюється студентам.....	13
2. ТЕОРЕТИЧНИЙ КУРС.....	15
Тема 1. Основні поняття про САПР.....	15
1.1. Основні поняття процесу проектування.....	15
1.2. Визначення САД, САМ і САЕ.....	20
Тема 2. Структура і способи виконання САПР.....	23
2.1. Структура САПР.....	23
2.2. Класифікація САПР.....	27
Тема 3. Способи представлення графічної інформації в ЕОМ.....	28
3.1. Машинна графіка.....	28
3.2. Представлення графічної інформації в ЕОМ.....	30
Тема 4. Підходи і методи проектування. Задачі синтезу і аналізу у САПР.....	33
4.1. Підходи і методи проектування у САПР.....	33
4.2. Завдання синтезу і аналізу. Оптимальне проектування кон- струкцій.....	37
Тема 5. Програмне забезпечення САПР.....	40
5.1. Загальне програмне забезпечення.....	40
5.2. Склад операційних систем.....	43
5.3. Операційна система в процесі розробки програм.....	46
Тема 6. Режими роботи обчислювальних систем. Спеціальне програмне забезпечення.....	48
6.1. Режими роботи обчислювальних систем.....	48
6.2. Спеціальне програмне забезпечення.....	52
Тема 7. Лінгвістичне забезпечення, мови програмування і проєк- тування у САПР.....	58



7.1. Класифікація і використання мов у САПР.....	58
7.2. Мовні засоби машинної графіки.....	62
Тема 8. Інформаційне забезпечення САПР.....	65
8.1. Загальні поняття про інформаційне забезпечення.....	65
8.2. Банки даних.....	67
Тема 9. Технічне і організаційно-методичне забезпечення.....	75
9.1. Технічні засоби САПР.....	75
9.2. Технічні компоненти САПР.....	78
9.3. Конфігурація апаратних засобів.....	80
9.4. Організаційне забезпечення САПР.....	83
Тема 10. Пакети спеціальних програм для САПР.....	84
10.1. САПР візуального проектування і моделювання алгоритмів та систем цифрової обробки сигналів Hupersignal.....	84
10.2. Пакет розробки принципових електричних схем ORCAD Capture.....	86
10.3. Пакет авторозміщення й автотрасування SPECCTRA.....	90
Тема 11. САПР для моделювання та проектування електричних схем.....	93
11.1. Програма P-CAD 2001.....	93
11.2. Модулі системи P-CAD 2001.....	95
Тема 12. Сучасні САПР та тенденції їх розвитку.....	102
12.1. Огляд сучасних САПР.....	102
12.2. Система автоматизованого проектування КОМПАС-3D....	104
Тема 13. САПР автоматизації технологічної підготовки виробни- цтва та моделювання.....	110
13.1. КОМПАС-АВТОПРОЕКТ.....	110
13.2. КОМПАС-Електрик.....	113
13.3. Графічний редактор Spotlight/Spotlight Pro.....	115
13.4. Система геометричного моделювання ГеММа-3D.....	115
3. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ.....	118
3.1. Перелік тестових завдань для проміжного модульного конт- ролю №1.....	118
3.2. Перелік тестових завдань для проміжного модульного конт- ролю №2.....	125
4. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ.....	129
5. ІНДИВІДУАЛЬНЕ НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНЕ ЗАВДАННЯ.....	133
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	136



ПЕРЕДМОВА

Кредитно-модульна система організації навчального процесу передбачає посилення ролі самостійної роботи студентів, використання тестового контролю знань та поліпшення практичних навиків під час виконання лабораторних робіт. Інтерактивний комплекс “Основи систем автоматизованого проектування” допоможе навчитися використовувати сучасні системи автоматизованого проектування для виконання проектів, а це у свою чергу сприятиме покращення виконання конструкторсько-проектної документації майбутніх фахівців з автоматизації та управління технологічними процесами різних виробництв.

Інтерактивний комплекс з курсу “Основи систем автоматизованого проектування” розроблений з метою кращого навчання студентів в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Комплекс містить робочу програму, теоретичний курс поділений на змістові модулі, перелік питань тестових завдань для контролю знань студентів, зміст та програму лабораторних робіт, питання для виконання індивідуальної роботи студентів і список рекомендованої літератури.





1. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Опис навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни “Основи систем автоматизованого проектування” для студентів за напрямом підготовки 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” представлено у табл. 1.

Таблиця 1.

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Напрямок підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів, відповідних ECTS – 3,5	напрямок 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”	Нормативна	
Модулів – 2	За професійним спрямуванням: 6.050202 “Автоматизоване управління технологічними процесами”	<i>Рік підготовки:</i>	
Змістових модулів -3		4-й	5-й
Загальна кількість годин - 126		<i>Семестр:</i>	
		7-й	9-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 4 СРС - 6	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	<i>Лекції</i>	
		26 год.	8 год.
		<i>Лабораторні</i>	
		24 год.	8 год.
		<i>Самостійна робота</i>	
		76 год.	110 год.
		ІНДЗ: реферат	
		Вид контролю: залік	

Примітка: співвідношення кількості аудиторних занять та самостійної роботи студентів становить:

для денної форми навчання - 40,0% до 60,0%;

для заочної форми навчання - 12,64 % до 87,36 %



1.2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Навчальна програма розрахована на студентів, які навчаються за освітньо-кваліфікаційними програмами підготовки бакалаврів, а також для слухачів факультетів підвищення кваліфікації та інститутів післядипломної освіти.

Програма побудована за вимогами КМСОНП та узгоджена з орієнтовною структурою змісту навчальної дисципліни рекомендованою Європейською Кредитно-Трансферною Системою (ECTS).

Основною метою викладання дисципліни “Основи систем автоматизованого проектування” є формування у студентів знань з автоматизованого проектування, що включає середовище САПР для вже існуючих систем так і для систем, які розробляються. Дана дисципліна є однією з важливих для напряму підготовки 6.050202, що дає можливість самостійного вивчення існуючих САПР та сприяє вивченню інших дисциплін цього напряму.

У результаті вивчення даної дисципліни студент повинен *знати*:

- принципи структури САПР;
- технічне забезпечення, яке використовується для автоматизованого проектування;
- методологію автоматизованого проектування;
- методи математичного моделювання об'єктів, що проектуються.

Після вивчення дисципліни студент повинен *вміти*: розрахувати конструктивні параметри стандартних і спеціальних пристроїв; проектувати у інтегрованому пакеті КОМПАС-3D Vx пристрої, які використовуються для автоматизації технологічних процесів; проектувати у інтегрованому пакеті КОМПАС-Електрик структурні, функціональні та принципові схеми автоматизації.

Вивчення дисципліни “Основи САПР” передбачає широке застосування ПЕОМ типу IBM PC та ліцензованого пакету КОМПАС-3D Vx при виконанні лабораторних робіт.

1.3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основні відомості про проектування

Тема 1. Основні поняття про САПР. Основні поняття процесу проектування. Життєвий цикл виробу. Процес розробки виробу. Те-



технологічна підготовка виробництва. Підготовка проектної документації. Процес виробництва. Автоматизоване проектування (computer-aided design - CAD). Автоматизоване виробництво (computer-aided manufacturing - CAM). Автоматизоване конструювання (computer-aided engineering - CAE). Технологія CIM.

Тема 2. Структура і способи виконання САПР. Структура САПР. Види забезпечення САПР. Класифікація САПР по ступеню формалізації вирішуваних задач. Класифікація САПР по функціональному призначенню. Класифікація САПР по спеціалізації. Класифікація САПР по технічній організації.

Тема 3. Способи представлення графічної інформації в ЕОМ. Машинна графіка. Стрижнева модель. Оболонкова модель. Представлення графічної інформації в ЕОМ. Координатний спосіб. Рецепторний спосіб. Аналітичний спосіб.

Тема 4. Підходи і методи проектування. Задачі синтезу і аналізу у САПР. Блочно-ієрархічний підхід. Низхідне проектування. Висхідне проектування. Евристичний прийом синтезу. Завдання синтезу і аналізу. Багатоваріантний аналіз. Структурна оптимізація.

Змістовий модуль 2. Види та способи забезпечення процесу проектування

Тема 5. Програмне і лінгвістичне забезпечення САПР. Загальне програмне забезпечення. Спеціальне програмне забезпечення. Операційна система. Склад операційної системи. Програми управління завданнями і задачами. Програми управління даними і відношеннями. Операційна система в процесі розробки програм.

Тема 6. Режими роботи обчислювальних систем. Спеціальне програмне забезпечення.

Режим пакетної обробки завдань. Діалоговий (інтерактивний) режим. Однопрограмний і мультипрограмний режими роботи. Режим розподілу часу. Режим реального часу. Спеціальне програмне забезпечення.

Тема 7. Мови програмування і проектування у САПР. Класифікація і використання мов у САПР. Мови програмування. Мови проектування. Мови процедурні і не процедурні. Діалогові мови. Мовні засоби машинної графіки.

Тема 8. Інформаційне забезпечення САПР. Банки і бази даних.



Організація, структура і склад баз даних. Система управління базами даних. Структура СУБД. Основні вимоги до баз даних. Надмірність даних. Проблеми несуперечності даних. Обмеження по доступності даних. Інформаційна схема проектування.

Тема 9. Технічне і організаційно-методичне забезпечення. Технічні засоби САПР. Апаратне забезпечення САПР. Пристрої вводу і виводу даних. Векторні графічні пристрої. Растрові графічні пристрої. Конфігурація апаратних засобів. Організаційне забезпечення САПР.

Змістовий модуль 3. Програмні комплекси САПР

Тема 10. Пакети спеціальних програм для САПР. САПР візуального проектування і моделювання алгоритмів та систем цифрової обробки сигналів Hypersignal. Пакет розробки принципів електричних схем ORCAD Capture. Взаємозв'язок ORCAD Capture з іншими програмами. Пакет авторозміщення й автотрасування SPECSTRA.

Тема 11. САПР для моделювання та проектування електричних схем. Основні можливості системи P-CAD 2001. Модулі системи P-CAD 2001. P-CAD Schematic і P-CAD PCB. Library Executive. Shape-Based Autorouter. Relay. Interoute Gold. InterPlace. PCS (Parametric Constraint Solver). Document Toolbox. Препроцесори.

Тема 12. Сучасні САПР та тенденції їх розвитку. Огляд сучасних САПР. Система автоматизованого проектування КОМПАС-3D. Випуск конструкторської документації в КОМПАС-График. Формування специфікацій. Спільна робота КОМПАС з іншими системами CAD/CAM/CAE.

Тема 13. САПР автоматизації технологічної підготовки виробництва та моделювання. КОМПАС-Автопроект. КОМПАС-Електрик. Графічний редактор Spotlight/Spotlight Pro. Система геометричного моделювання ГеММа-3D. ЛОЦМАН: PLM.



1.4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістових модулів	Кількість годин							
	Денна форма				Заочна форма			
	Усьо-го	у тому числі			Усьо-го	у тому числі		
лек		лаб	ср	лек		лаб	ср	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Змістовий модуль 1. Основні відомості про проектування								
Тема 1. Основні поняття про САПР	10	2	2	6	13	2	2	9
Тема 2. Структура і способи виконання САПР	10	2	2	6	9			9
Тема 3. Способи представлення графічної інформації в ЕОМ	10	2	2	6	9			9
Тема 4. Підходи і методи проектування	10	2	2	6	8			8
Разом – зм. модуль 1	40	8	8	24	39	2	2	35
Змістовий модуль 2. Види та способи забезпечення процесу проектування								
Тема 5. Програмне і лінгвістичне забезпечення САПР	10	2	2	6	11	2	2	9
Тема 6. Режими роботи обчислювальних систем. Спеціальне програмне забезпечення	10	2	2	6	8			8
Тема 7. Мови програмування і проектування у САПР	10	2	2	6	8			8



1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 8. Інформаційне забезпечення САПР	10	2	2	6	8			8
Тема 9. Технічне і організаційно-методичне забезпечення	10	2	2	6	12	2	2	8
Разом – зм. модуль 2	50	10	10	30	49	4	4	41
Змістовий модуль 3. Програмні комплекси САПР								
Тема 10. Пакети спеціальних програм для САПР	10	2	2	6	8			8
Тема 11. САПР для моделювання та проектування електричних схем	10	2	2	6	10		2	8
Тема 12. Сучасні САПР та тенденції їх розвитку	10	2	2	6	9			9
Тема 13. САПР автоматизації технологічної підготовки виробництва та моделювання і програмування	6	2		4	11	2		9
Разом – зм. модуль 3	36	8	6	22	38	2	2	34
Усього годин	126	26	24	76	126	8	8	110



1.5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомлення з правилами виконання лабораторних робіт. Інструктаж з техніки безпеки. Вивчення основних правил роботи з системою автоматизованого проектування КОМПАС-3D Vx	2
2	Створення робочих креслень у системі КОМПАС-3D Vx	2
3	Створення збірних виробів у системі КОМПАС-3D Vx	2
4	Створення компонентів та додавання стандартних виробів у системі КОМПАС-3D Vx	2
5	Створення збірних креслень у системі КОМПАС-3D Vx	2
6	Розробка специфікацій у системі КОМПАС-3D Vx	2
7	Робота з динамічними елементами у системі КОМПАС-3D Vx	2
8	Побудова елементів по розрізах і моделювання листових деталей у системі КОМПАС-3D Vx	2
9	Вивчення основних правил роботи з системою КОМПАС-Електрик	2
10	Розробка принципів схем засобами КОМПАС-Електрик	2
11	Розробка структурних та функціональних схем з використанням стандартних бібліотек у КОМПАС-Електрик	2
12	Вивчення основних правил роботи з системою P-CAD. Підбиття підсумків.	2
	Усього	24

1.6. Самостійна робота

За навчальним планом на самостійну роботу відводиться 76 го-



дин (денна форма навчання) та 110 годин (заочна форма навчання).

Самостійна робота студента включає такі види робіт:

- самостійне опрацювання лекційного матеріалу з кожної теми;
- підготовка до виконання лабораторних робіт;
- обробка результатів досліджень, оформлення звіту і захист лабораторної роботи;
- виконання однієї індивідуальної роботи на задану тему (для заочної форми навчання контрольної роботи);
- підготовка до тестового контролю у вигляді 2-х модульних контрольних робіт.

1.7. Методи навчання

Під час лекційного курсу застосовується: слайдові презентації за допомогою мультимедійного відеопроєктора і комп'ютера або кодоскопа; роздатковий матеріал; дискусійне обговорення проблемних питань. Лабораторні роботи проводяться на персональних комп'ютерах з використанням ліцензійних програмних засобів та необхідного методичного забезпечення на паперових і магнітних носіях (електронному варіанті в мережі кафедри).

1.8. Методи контролю

Поточний контроль знань студентів з навчальної дисципліни проводиться у письмовій формі. Контрольні завдання за змістовим модулем включають тестові питання.

Контроль самостійної роботи проводиться:

- з лекційного матеріалу – шляхом перевірки конспектів;
- з лабораторних робіт – з допомогою перевірки виконання поставлених завдань;
- за індивідуальним навчально-дослідним завданням – з допомогою перевірки та захисту реферату за обраною темою.

Підсумковий контроль знань відбувається на модульних контрольних роботах у вигляді електронних тестових завдань, які містять питання та чотири варіанти відповіді.

Усі форми контролю включено до 100-бальної шкали оцінки.



1.9. Розподіл балів, що присвоюється студентам

Поточне тестування та самостійна робота															ІР	Сума
Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2					Змістовий модуль 3							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	МК1	T10	T11	T12	T13	МК2		
20				25					20	14			15	6	100	

T1, T2 ... T13 – теми змістових модулів. МК1, МК2 – проміжний модульний контроль. ІР- індивідуальне навчально-дослідне завдання.

Шкала оцінювання в КМСОНП та ECTS (стаціонарна форма)

Сума балів за всі форми навчальної діяльності	Оцінка в ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100 балів	A	зараховано
82-89 балів	B	
74-81 балів	C	
64-73 балів	D	
60-63 балів	E	
35-59 балів	FX	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34 балів	F	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни



2. ТЕОРЕТИЧНИЙ КУРС

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Основні відомості про проектування

Тема 1. Основні поняття про САПР

1.1. Основні поняття процесу проектування

Сучасні підприємства не зможуть існувати в умовах ринкової економіки, якщо не випускатимуть нові продукти кращої якості, нижчої вартості і за менший час. Тому для цього їм потрібно використовувати сучасні комп'ютерні технології, їх високу швидкість і можливість зручного графічного інтерфейсу для того, щоб автоматизувати і пов'язати один з одним завдання проектування і виробництва. Таким чином скорочується час і вартість розробки і випуску продукції. Для цієї мети використовуються технології автоматизованого проектування (computer-aided design - CAD), автоматизованого виробництва (computer-aided manufacturing - CAM) і автоматизованої розробки або конструювання (computer-aided engineering - CAE). Щоб зрозуміти значення систем CAD/CAM/CAE необхідно вивчити різні завдання і операції, які вирішуються у процесі розробки і виробництва продукції. Всі ці завдання, узяті разом, називаються *життєвим циклом виробу* (product cycle). Приклад життєвого циклу виробу приведений на рис. 1.1.

Прямокутники, намальовані суцільними лініями, представляють два головні процеси, складових життєвого циклу виробу: процес розробки і процес виробництва. *Процес розробки* починається із запитів споживачів, які обслуговуються відділом маркетингу і закінчується повним описом продукту, що зазвичай виконується у формі рисунка. *Процес виробництва* починається з технічних вимог і закінчується постачанням готових виробів.

Операції, що відносяться до процесу розробки можна розділити на *аналітичні і синтетичні*. Як видно з рис. 1.1 первинні операції розробки, такі як визначення необхідності розробки, формулювання технічних вимог, аналіз здійсненності і збір важливої інформації, а



також концептуалізація розробки відносяться до підпроцесу синтезу. Результатом підпроцесу синтезу є концептуальний проект передбачуваного продукту у формі ескізу або топологічного креслення, що відображає зв'язки різних компонентів продукту. У цій частині циклу робляться основні фінансові впливання, необхідні для реалізації ідеї виробу, а також визначається його функціональність. Велика частина інформації, що утворюється і обробляється у рамках підпроцесу синтезу є якісною, а отже, незручною для комп'ютерної обробки.

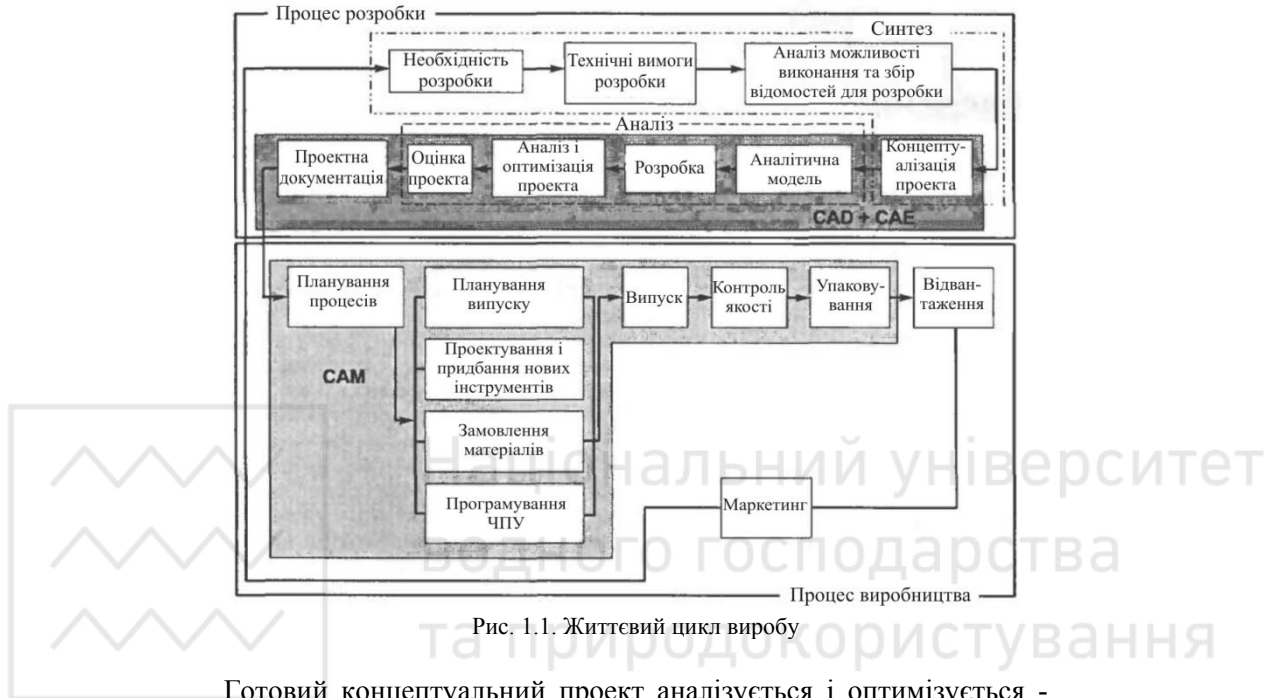


Рис. 1.1. Життєвий цикл виробу

Готовий концептуальний проект аналізується і оптимізується - це *підпроцес аналізу*. Перш за все виробляється аналітична модель, оскільки аналізується саме модель, а не проект. Не дивлячись на швидке зростання кількості і якості комп'ютерів, використовуваних в конструюванні, у майбутньому відмовлятися від використання абстракції аналітичної моделі не доцільно. Аналітичне моделювання відбувається, якщо з проекту видалити несуттєві елементи, редукувати розмірності і врахувати наявну симетрію. Для прикладу, реду-



кція розмірностей - це заміна тонкого листа з будь-якого матеріалу на еквівалентну площину з атрибутом товщини, або довгої і тонкої ділянки на лінію з певними параметрами, що характеризують поперечний розріз. Симетричність геометрії тіла і навантаження, прикладені до нього, дозволяє розглядати в моделі лише певну її частину.

Типові приклади аналізу: аналіз напруження, що дозволяє перевірити міцність конструкції, контроль зіткнень, що виявляє можливість зіткнень рухомих частин, складових механізмів, а також кінематичний аналіз, що показує, як проєктований пристрій здійснюватиме очікувані рухи. Якість результатів, які можуть бути одержані при аналізі, безпосередньо пов'язані з якістю вибраної аналітичної моделі, якою вони обмежуються.

Після завершення проєктування і вибору оптимальних параметрів починається *етап оцінки проєкту*. Для цієї мети можуть виготовлятися прототипи. У конструюванні прототипів великої популярності набуває нова технологія швидкого прототипування (rapid prototyping). Ця технологія дозволяє конструювати прототип від низу до верху, тобто безпосередньо з проєкту, оскільки фактично вимагаються тільки дані про поперечний перетин конструкції. Якщо оцінка проєкту на підставі прототипу показує, що проєкт не задовольняє вимогам, розглянутий процес розробки повторюється знову.

Якщо результат оцінки проєкту виявляється задовільним, починається підготовка *проектної документації*. До неї відносяться креслення, звіти і списки матеріалів. Креслення зазвичай копіюються, а копії передаються на виробництво.

Як видно з рис. 1.1, процес виробництва починається з планування, яке виконується на підставі одержаних на етапі проєктування креслень, а закінчується готовим продуктом (виробом). *Технологічна підготовка виробництва* - це операція, що встановлює список технологічних процесів по виготовленню продукту із заданими параметрами. Одночасно вибирається устаткування, на якому проводитимуться технологічні операції, такі як отримання деталі потрібної форми із заготівки. В результаті підготовки виробництва складаються плани випуску, списки матеріалів і програми для устаткування. На цьому ж етапі обробляються інші специфічні вимоги, зокрема розглядаються конструкції затискачів і кріплень. У процесі виробництва підготовка займає таке ж місце, як синтез у процесі про-



ектування, вимагаючи при цьому значного людського досвіду і ухвалення якісних рішень. У цьому випадку вимагається значної комп'ютеризації даного етапу. Після завершення технологічної підготовки починається випуск готового продукту і його перевірка на відповідність вимогам. Якісні елементи виробу, що успішно пройшли контроль, збираються разом, проходять тестування функціональності, упаковуються, маркуються і відвантажуються замовникам.

Розглянемо, як для описаного вище типового життєвого циклу виробу можуть бути застосовані технології CAD, CAM і CAE. Комп'ютери не можуть широко використовуватися у підпроцесі синтезу, оскільки вони не володіють здатністю якісно обробляти інформацію. Проте навіть на цьому етапі розробник може, за допомогою комерційних баз даних успішно збирати важливу для аналізу інформацію, а також користуватися даними з каталогів.

Але використання комп'ютерів у процесі концептуалізації проекту, не має широкого застосування, тому що комп'ютер ще не став засобом для інтелектуальної творчості. На цьому етапі комп'ютери можуть застосовуватися для забезпечення ефективності створення різних концептуальних проектів. Для цього також можна застосовувати засоби параметричного і геометричного моделювання, а також макропрограми в системах автоматизованої розробки креслень (computer-aided drafting або CAD). Система геометричного моделювання (geometric modeling system) - це тривимірний еквівалент системи автоматизованої розробки креслень, тобто програмний пакет, що працює з тривимірними об'єктами.

У аналітичній фазі проектування комп'ютери здобули широкого застосування. Програмних пакетів для аналізу напружень, контролю зіткнень і кінематичного аналізу існує дуже багато. Ці програмні пакети відносяться до засобів автоматизованого конструювання (CAE). Головна проблема, пов'язана з їх використанням полягає в необхідності формування аналітичної моделі. Проте, аналітична модель не ідентична концептуальному проекту - вона виводиться з нього шляхом виключення неістотних деталей і редукації розмірностей. Необхідний рівень абстракції залежить від типу аналізу і бажаної точності рішення. Отже, автоматизувати процес абстрагування досить складно, тому аналітичну модель часто створюють окремо. Зазвичай абстрактна модель проекту створюється в системі розробки робочих креслень або в системі геометричного моделювання, а



Іноді за допомогою засобів аналітичного пакету. Аналітичні пакети потребують, щоб досліджувана структура була представлена у вигляді об'єднання окремих ланок (сіток), що розділяють об'єкт на окремі ділянки, зручні для комп'ютерної обробки. Якщо аналітичний пакет може генерувати сітку автоматично, конструктору залишається задати тільки межі абстрактного об'єкту. Процес створення сітки називається моделюванням методом кінцевих елементів (finite-element modeling). Моделювання цим методом включає також задання граничних умов і зовнішніх навантажень.

Підпроцес аналізу може виконуватися у поєднанні з оптимізацією проекту за відповідними параметрами, застосовуючи алгоритми пошуку оптимальних рішень. Процес оптимізації може входити до загальної системи автоматизованого проектування, але доцільно здійснювати оптимізацію окремо.

Фаза оцінки проекту потребує виготовлення прототипу, який можна сконструювати за допомогою програмних пакетів швидкого прототипування. Такі пакети вважаються програмами для автоматизованої підготовки виробництва (САМ). Дані, що визначають форму прототипу, виходять у результаті геометричного моделювання. Швидке прототипування - зручний спосіб конструювання прототипу, проте у сучасних умовах за допомогою відповідних програмних засобів зручніше користуватися віртуальним прототипом, який часто називається «цифровою копією» (digital mock-up), що дає змогу одержати такі ж дані, що і реальний прототип.

Побудова цифрової копії називається віртуальним прототипуванням. *Віртуальний прототип* може бути створений у спеціалізованій програмі геометричного моделювання.

Остання фаза процесу розробки - *підготовка проектної документації*. На цьому етапі надзвичайно корисним виявляється використання систем підготовки робочих креслень.

Процес виробництва включає планування випуску, проектування і придбання нових інструментів, замовлення матеріалів, програмування машин з ЧПУ, контроль якості і упакування. Комп'ютерні системи, які використовуються у цих операціях, можуть бути класифіковані як системи автоматизованого виробництва. Наприклад, програма автоматизованої технологічної підготовки (computer-aided process planning - CAPP) використовується на етапі підготовки виробництва і відноситься до систем автоматизованого виробництва



(CAM). Процес підготовки виробництва складно автоматизувати, тому повністю автоматичних систем технологічної підготовки не існує. Проте існують програмні пакети, що генерують код для верстатів з числовим програмним управлінням. Верстати цього класу дозволяють одержати деталь потрібної форми за даними, які надходять з ЕОМ. До систем автоматизованого виробництва відносять також програмні пакети, керування рухом роботів при збірці компонентів і переміщенні їх між операціями, а також пакети, що дозволяють програмувати координатно-вимірвальну машину (coordinate measuring machine - CMM).

1.2. Визначення CAD, CAM і CAE

Автоматизоване проектування (computer-aided design - CAD) є технологією суть якої полягає у використанні комп'ютерних систем для полегшення створення, змін, аналізу і оптимізації проектів. Таким чином, будь-яка програма, що працює з комп'ютерною графікою, так само як і будь-який додаток використовуваний в інженерних розрахунках, відноситься до систем автоматизованого проектування. До складу засобів CAD відносять геометричні програми для роботи з формами, а також спеціалізовані додатки для аналізу і оптимізації. До цих засобів також відносять програми для аналізу допусків, розрахунку масо-інерційних властивостей, моделювання методом кінцевих елементів і візуалізації результатів аналізу. Найголовніша функція CAD - визначення геометрії конструкції (деталі механізму, архітектурні елементи, електронні схеми, плани будівель і т. п.), оскільки геометрія визначає всі подальші етапи життєвого циклу виробу. Для цієї мети зазвичай використовуються системи розробки робочих креслень і геометричного моделювання. Тому ці системи вважаються системами автоматизованого проектування. Крім того, геометричні параметри, які визначені у цих системах можуть використовуватися як основа для подальших операцій в системах CAE і CAM. До переваг засобів CAD відносять: економія часу, скорочення кількості помилок пов'язаних з необхідністю визначати геометрію конструкції. Таким чином, системи автоматизованої розробки робочих креслень і системи геометричного моделювання є найбільш важливими компонентами автоматизованого проектування.



Автоматизоване виробництво (computer-aided manufacturing - CAM) - це технологія, що полягає у використанні комп'ютерних систем для планування, управління і контролю операцій виробництва через прямий або непрямий інтерфейс з виробничими ресурсами підприємства. Одним з найбільш широко застосовуваних підходів до автоматизації виробництва є числове програмне управління (ЧПУ, numerical control - NC). ЧПУ полягає у використанні запрограмованих команд для управління верстатом, який може шліфувати, різати, фрезерувати, штампувати, згинати та іншими способами перетворювати заготовки на готові деталі. У наш час комп'ютери здатні генерувати великі програми для верстатів з ЧПУ на підставі геометричних параметрів виробів з бази даних CAD і додаткових відомостей, що надаються оператором. Напрямок розвитку у цій галузі полягає у скороченні необхідності втручання оператора.

Ще одна важлива функція систем автоматизованого виробництва - програмування роботів, які можуть працювати на гнучких автоматизованих ділянках, вибираючи і встановлюючи інструменти проводячи обробку на верстатах з ЧПУ. Роботи можуть виконувати власні завдання, наприклад зварювання, збірка і перенесення устаткування і деталей по цеху.

Планування процесів може визначати послідовність операцій по виготовленню пристрою від початку і до кінця на всьому необхідному устаткуванні. Хоча повністю автоматизоване планування процесів практично неможливе, але план обробки конкретної деталі цілком може бути сформований автоматично, якщо вже є плани обробки аналогічних деталей. Для цього була розроблена технологія групування, що дозволяє об'єднувати схожі деталі в сімейства. Деталі вважаються подібними, якщо вони мають загальні виробничі особливості (вузли, пази, отвори і т. д.). Для автоматичного виявлення схожості деталей необхідно, щоб база даних CAD містила відомості про такі особливості. Це завдання здійснюється за допомогою об'єктно-орієнтованого моделювання або розпізнавання елементів.

Автоматизоване конструювання (computer-aided engineering - CAE) - полягає у використанні комп'ютерних систем для аналізу геометрії CAD, моделювання і вивчення поведінки виробу для удосконалення і оптимізації його конструкції. Засоби CAE можуть здійснювати багато різних варіантів аналізу. Програми для кінема-



тичних розрахунків, здатні визначати траєкторії руху і швидкості ланок в механізмах. Програми динамічного аналізу можуть використовуватися для визначення навантажень і зсувів в складних пристроях типу автомобілів. Програми верифікації і аналізу логіки і синхронізації імітують роботу складних електронних ланцюгів.

Зі всіх методів комп'ютерного аналізу найширше в конструюванні використовується метод кінцевих елементів (finite-element method - FEM). З його допомогою розраховуються напруженість, деформації, теплообмін, розподіл магнітного поля, потоки рідин та інші завдання з безперервними середовищами, вирішувати які будь-яким іншим методом є непрактично. У методі кінцевих елементів аналітична модель структури є з'єднанням елементів, завдяки чому вона розбивається на окремі частини, які вже можуть оброблятися комп'ютером.

Крім згаданих вище засобів існує багато програмних засобів для оптимізації конструкцій. Хоча засоби оптимізації можуть бути віднесені до класу CAE, зазвичай їх розглядають окремо. У цих підходах початкова форма конструкції передбачається простою, як, наприклад, у прямокутного двовимірного об'єкту, що складається з невеликих елементів різної щільності. Потім виконується процедура оптимізації, що дозволяє визначити конкретні значення щільності та досягти певної мети з урахуванням обмежень на напруженість. Після визначення оптимальних значень щільності розраховується оптимальна форма об'єкту.

Перевагами методів аналізу і оптимізації конструкцій є те, що вони дозволяють конструктору побачити поведінку кінцевого виробу і виявити можливі помилки до створення і тестування реальних прототипів, уникнувши певних витрат. Оскільки вартість конструювання на останніх стадіях розробки і виробництва продукту є значною, а це призводить до скорочення термінів і вартості розробки.

Таким чином, технології CAD, CAM і CAE полягають в автоматизації і підвищенні ефективності конкретних стадій життєвого циклу виробу. Розвиваючись незалежно, ці системи потребують інтеграції процесів проектування і виробництва. Для вирішення цієї проблеми була запропонована нова технологія, що одержала назву комп'ютерно-інтегрованого виробництва (computer-integrated manufacturing - CIM). Технологія CIM передбачає використання комп'ютерної бази даних для ефективнішого управління всім підп-



риємством, зокрема бухгалтерією, плануванням, доставкою і іншими завданнями, а не тільки проектуванням і виробництвом, які охоплювалися системами CAD, CAM і CAE. CIM часто називають філософією бізнесу, а не комп'ютерною системою.

Тема 2. Структура і способи виконання САПР

2.1. Структура САПР

Структура САПР. Узагальнено структуру САПР можна представити у вигляді функціональної і забезпечуючої частин (рис. 2.1).

Функціональна частина САПР на схемі представлена у вигляді набору підсистем, що вирішують питання проектування: технологічної підготовки виробництва, моделювання, інформаційного пошуку, інженерних розрахунків, управління, випробувань, виготовлення, машинної графіки. Підсистеми є основними структурними ланками САПР і розрізняються за призначенням і по відношенню до об'єкту проектування.

Кожна із підсистем САПР може бути визначена як комплекс програмних засобів, призначених для виконання певного процесу проектування, а програмні компоненти взаємозв'язані з технічними засобами САПР.

Існуючий вітчизняний і зарубіжний досвід у галузі автоматизації проектування свідчить про те, що розробка, впровадження і ефективне використання програмних комплексів призначених для автоматизації процесу проектування реалізованих на базі сучасних ЕОМ вимагають комплексного рішення широкого спектру питань: організаційних, технічних, математичних, програмних, лінгвістичних, інформаційних і ін. Вирішення цих проблем базується на відповідних видах забезпечення. Складність розробок великих комплексів взаємозв'язаних програм полягає в тому, що ефективність вирішення кожної конкретної проблеми, визначається на завершальному етапі роботи, коли вся або більша частина системи починає функціонувати; це зумовлює складність створення високоефективних програмних комплексів при первинній розробці. Система стає дієвою тільки у процесі створення, випробування і удосконалення.

Підсистема інформаційного пошуку - це комплекс мовно-алгоритмічних засобів, призначений для зберігання і пошуку у пев-



ній множині елементів (документів, стандартів, норм, креслень виконаних конструкцій, патентів, характеристик матеріалів і т.п.) та представлення інформації, що відповідає на запит.

Підсистема інженерних розрахунків разом з *підсистемою машинної графіки* зазвичай застосовується на початковому етапі створення САПР і є сукупністю програмних засобів, призначених для виконання різних розрахунків (геометричних, міцнісних та ін.) у режимі діалогу «людина-машина». Робота розвиненої підсистеми інженерних розрахунків тісно пов'язана з використанням різного роду математичних моделей проєктованих об'єктів або процесів, для автоматизованого отримання яких призначена *підсистема моделювання*. Більшість сучасних САПР, крім обчислювальних, володіє широким спектром можливостей для введення, обробки, зберігання і виведення графічної інформації, що реалізуються програмними засобами підсистеми машинної графіки.





Рис. 2.1. Структурна схема САПР

Підсистема випробувань є комплексом програмних засобів, призначених для створення програм управління випробувальним устаткуванням, обробки результатів випробувань, проведення «чисельного експерименту» з використанням математичних моделей об'єкту проектування і процесу його навантаження. Чисельний експеримент дуже важливий в процесі проектування, оскільки дозволяє визначити властивості спроектованого об'єкту без виготовлення дослідних зразків і дає змогу відразу відмовитися від безперспективних варіантів, що значно зменшує витрати часу і матеріальних засобів на створення об'єкту.

Підсистема виготовлення призначена підготувати програми для верстатів і автоматичних ліній з числовим програмним управлінням.



Підсистема технологічної підготовки виробництва, як правило, виходить за рамки САПР і є самостійною системою (АСТПВ - автоматизована система технологічної підготовки виробництва).

Підсистема управління призначена для об'єднання роботи інших підсистем на різних етапах процесу проектування і виконання функцій координатора у колективному процесі ухвалення рішень.

Не обов'язково в кожній САПР повинен бути представлений весь набір функціональних підсистем - вони можуть поєднуватися довільно залежно від завдань, що стоять перед системою. Необхідно відзначити, що всі функціональні підсистеми тісно взаємозв'язані, тому часто неможливо провести між ними чіткі межі. Так підсистема машинної графіки може видавати результати у вигляді програми для устаткування з числовим програмним управлінням, що безпосередньо пов'язує її з підсистемами технологічної підготовки виробництва і виготовлення. А підсистема машинної графіки може видавати замість креслень розкрій листового матеріалу, що поєднує її з підсистемою виготовлення.

Деякі підсистеми залежно від ступеня їх розвитку або призначення можуть існувати як самостійні системи (наприклад, інформаційно-пошукові системи, графічні та ін.).

Забезпечуюча частина - це технічні засоби і документи на машинних і інших інформаційних носіях, які необхідні у процесі проектування.

На відміну від функціональної забезпечуюча частина повинна входити в систему всіма своїми компонентами навіть у разі різного ступеня досконалості кожної з них. За відсутності будь-якої складової забезпечуючої частини не можна говорити про існування САПР у цілому, оскільки всі компоненти тісно взаємозв'язані.

Технічне забезпечення САПР є сукупністю взаємозв'язаних і взаємодіючих технічних засобів, що включають ЕОМ і працюючі під її управлінням зовнішні пристрої, призначені для виконання автоматизованого проектування. Технічне забезпечення ділиться на групи засобів програмної обробки даних (процесори і запам'ятовуючі пристрої у яких реалізуються перетворення даних і програмне управління обчисленнями), підготовки, введення і відображення даних (для обміну даними між користувачем і ЕОМ), виводу, зберігання і передачі даних (запам'ятовуючі, друкуючі та інші графічні пристрої і засоби зв'язку з віддаленими терміналами).



Математичне забезпечення САПР об'єднує опис математичних моделей проєктованих об'єктів і математичних методів, реалізованих у САПР. Елементи математичного забезпечення надзвичайно різноманітні. Серед них є інваріантні елементи; до них відносяться принципи побудови функціональних моделей, методи чисельного рішення алгебраїчних і диференціальних рівнянь, постановки і вирішення задач на визначення екстремуму та ін.

Програмне забезпечення САПР є описом алгоритмів проєктування, використаних у САПР, а також документів з вихідними текстами програм, програмами на машинних носіях і експлуатаційними документами.

Інформаційне забезпечення САПР об'єднує різні дані, необхідні для виконання автоматизованого проєктування, які можуть бути представлені у вигляді документів на різних носіях, що містять відомості довідкового характеру про матеріали, комплектуючі вироби, типові проєктні рішення, параметри елементів, зведення про стан поточних розробок у вигляді проєктних рішень, параметрів проєктованих об'єктів і т.п.

Лінгвістичне забезпечення САПР представлено сукупністю мов, які застосовуються для опису процедур автоматизованого проєктування і проєктних рішень, а також мовами програмування.

Методичне забезпечення САПР складають документи, що містять правила проєктування в даній системі.

Організаційне забезпечення САПР включає положення, інструкції, накази, штатні розклади, кваліфікаційні вимоги і інші документи, що регламентують організаційну структуру підрозділів проєктної організації і взаємодію підрозділів з комплексом засобів автоматизованого проєктування.

2.2. Класифікація САПР

Класифікувати САПР можна за такими ознаками:

- по ступеню формалізації вирішуваних задач;
- по функціональному призначенню;
- по спеціалізації;
- по технічній організації.

По ступеню формалізації вирішуваних задач САПР можуть бути побудовані на вирішенні:



- повністю формалізованих задач;
- частково формалізованих задач;
- не формалізованих задач.

Системи побудовані на рішенні задач, що повністю формалізуються, для проектування складних конструкцій зазвичай не придатні, оскільки математичні моделі об'єктів проектування і процесів їх функціонування настільки складні, що повний і точний їх математичний опис на сьогоднішній день неможливий. Такі системи можуть застосовуватися тільки для вирішення простих задач проектування.

Системи побудовані на вирішенні задач, що не формалізуються, в даний час знаходяться у стадії досліджень і розробки («штучний інтелект») і для проектування також не застосовуються.

Необхідно відзначити, що в обох випадках процес проектування відбувається без втручання людини. Таким чином мова йде не про системи автоматизованого, а автоматичного проектування.

Для вирішення завдань у багатьох галузях промислового виробництва у даний час придатні тільки системи, побудовані на рішенні задач, що частково формалізуються.

Безумовно, частина завдань, пов'язаних з проектуванням деяких простих елементів конструкції може бути вирішена з використанням автоматичного проектування, але для проектування складних агрегатів і систем сьогодні повна автоматизація неможлива. Крім того, якщо йдеться про такі поняття, як форма пристрою, деталі інтер'єру, то на їх конструкцію крім функціональних вимог (аеродинамічні властивості, ергономіка, безпека) впливають і суб'єктивні чинники, наприклад мода, що також неможливо описати мовою математичних залежностей.

За функціональним призначенням САПР поділяються в залежності від вирішуваних задач, визначених складом функціональної частини системи:

- розрахунково-оптимізаційні;
- графічні;
- графоаналітичні;
- інформаційні і т.п.

За спеціалізацією САПР поділяють на спеціалізовані та інваріантні. Оскільки завдання автоматизованого проектування дуже складні, то, як правило, САПР є спеціалізовані системи, що створюються



для вирішення вузьких завдань однієї галузі.

За технічною організацією САПР бувають однорівневі, побудовані на базі однієї достатньо продуктивної ЕОМ з набором необхідних периферійних пристроїв, і багаторівневі, такі, що включають крім базової ЕОМ ряд підпорядкованих їй автоматизованих робочих місць (АРМ), що побудовані на основі ЕОМ нижчого рівня.

Тема 3. Способи представлення графічної інформації в ЕОМ

3.1. Машинна графіка

Засоби і методи створення та перетворення графічних зображень об'єктів за допомогою ЕОМ називається машинною графікою. Машинна графіка використовується для введення інформації, яка має графічну форму в ЕОМ і виведення інформації в графічній формі з ЕОМ. При цьому під графічною формою представлення інформації розуміють креслення і ескізи деталей та складених одиниць, різноманітні схеми, діаграми, графіки, гістограми і т.п. Якщо введення і виведення графічної інформації відбувається в процесі діалогу людини з ЕОМ машинну графіку називають інтерактивною.

До основних технічних засобів машинної графіки відносяться графічні дисплеї разом з пристроями управління маркером, графічні пристрої, координатографи, кодувальники графічної інформації.

Математичне забезпечення машинної графіки включає геометричні моделі, методи і алгоритми їх перетворення. Геометричні моделі можна представити у вигляді складених з окремих елементарних частин - графічних примітивів (суцільні і пунктирні відрізки прямих ліній, дуги кола і еліпса, прямокутники, багатокутники), а алгоритми перетворення геометричних моделей - елементарними операціями (масштабування зображення - стиснення або розширення, поворот, зрушення, мультиплікація, дзеркальне відображення, виділення вікна).

Разом з автоматичним введенням інформації безпосередньо з графічних документів застосовують також попереднє кодування - представлення інформації на графічних вхідних мовах. Програмне забезпечення машинної графіки представлено в САПР: 1) мовними процесорами, що перетворюють інформацію введеної з кодувальника або представлену на вхідній графічній мові; 2) програмами, що



перетворюють результати виконання проектних процедур прикладними програмами в команди управління пристроями виводу.

Елементарною одиницею машинної графіки є графічний об'єкт, що представляється системою рівнянь, які описують геометричні характеристики об'єкту проектування у тривимірному просторі.

На пристроях відображення графічний об'єкт зображується у вигляді проєкцій (ортогональних, аксонометричних, перспективних і ін.), розрізів і перетинів.

Існують три види моделей об'єктів машинної графіки - стрижнева, оболонкова і об'ємна.

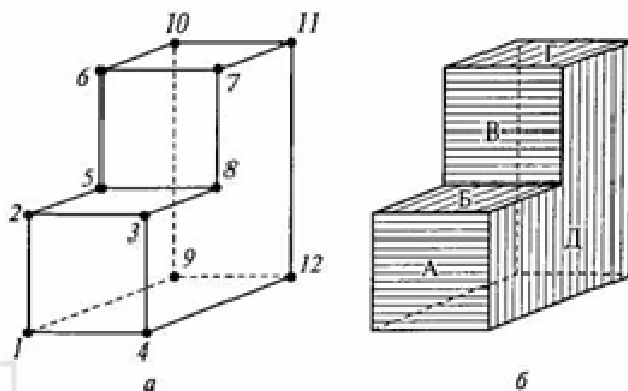


Рис. 3.1. Моделі представлення об'єктів машинної графіки:
a – стрижнева; *б* - оболонкова

Стрижнева модель (рис. 3.1, *a*) заснована на представленні об'єкту у вигляді прямолінійних стрижнів, що є ребрами моделі, які сполучені між собою у вузлах - вершинах (1, 2, 3 ...). Основними рівняннями, які застосовуються для опису моделі є рівняння прямої лінії в тривимірному просторі. Ребра є межами граней об'єкту.

Оболонкова модель (рис. 3.1, *б*) заснована на проектуванні зовнішнього вигляду геометричного об'єкту у вигляді сукупностей поверхонь, що є гранями моделі (А, Б, В...). Лінії перетинання поверхонь утворюють ребра моделі. Така модель описується системою рівнянь поверхонь і може бути використана для моделювання зовнішнього вигляду об'єктів будь-якої форми.

Найбільш сучасною моделлю, що широко застосовується у САПР, є *об'ємна (твердотільна) модель*. Загальноприйнятим по-



рядком моделювання твердого тіла є послідовне виконання булевих операцій (об'єднання, віднімання і перетин) над об'ємними елементами (сфери, призми, циліндри, конуси, піраміди і т.д.). Ці елементи описуються тими ж рівняннями, що і поверхні оболонкової моделі, проте об'ємні елементи вважаються заповненими. Приклад виконання операцій з об'ємними елементами показаний на рис. 3.2.

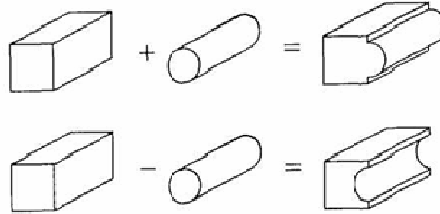


Рис. 3.2. Операції з об'ємними елементами

Така модель вимагає складнішого програмного забезпечення, але при використанні програмних засобів на сучасних ЕОМ може бути забезпечена достатня для діалогового режиму швидкість графічних перетворень. Ця модель не має обмежень в можливостях побудови і відображення будь-яких проєкцій, розрізів і перетинів.

3.2. Представлення графічної інформації в ЕОМ

Графічна інформація може бути представлена різними способами, це залежить від призначення цієї інформації і типу пристроїв для яких вона призначена.

Координатний спосіб представлення графічної інформації заснований на представленні плоского (монохромного) зображення у вигляді координат прямокутних растрелементів. При цьому фіксуються тільки растрелементи, що належать зображенню, а фонові області не розглядаються. На рис. 3.3, а показано розбиття зображення на растрелементи, що являють собою квадрат із стороною 0,01 мм. Дані про координати растрелементів заносяться в таблицю, приклад якої приведений на рис. 3.3, б. Як видно з рисунка для достатньо точного представлення графічної інформації потрібний великий масив даних, що включає порядкові номери і координати растрелементів, унаслідок чого цей спосіб незручний для зберігання графічної



інформації. Область його застосування - скануючі і растрові пристрої вводу-виводу графічної інформації. Розмір растрелемента визначається технічними характеристиками вказаних пристроїв.

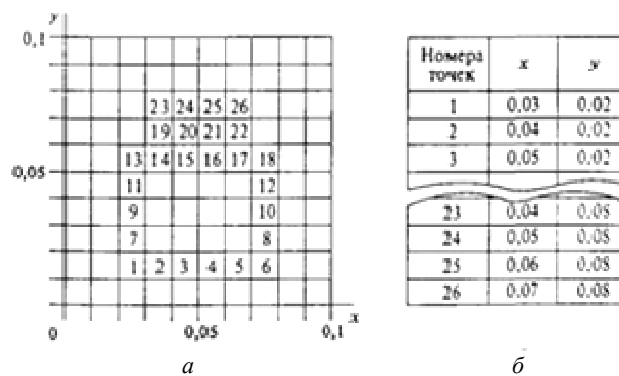


Рис. 3.3. Координатний спосіб представлення інформації: а) розбиття зображення на растрелементи; б) таблиця з координатами растрелементів

Різновидом координатного способу є *рецепторний спосіб* представлення графічної інформації. Він заснований на представленні всього поля зображення (зокрема фонові області) у вигляді прямокутних областей, які називаються *рецепторами* (рис. 3.4, а). При цьому рецептор, що належить лініям зображення, кодується двійковою одиницею і називається «збудженим», а рецептор, що належить фоновій області зображення, кодується двійковим нулем і носить назву «білого» (рис. 3.4, б). При цьому, кодування кожного окремого рецептора компактніше, ніж растрелемента у координатному способі. Проте необхідність кодування фонові області, що займає на кресленнях значний простір, призводить до того, що цей спосіб не дозволяє одержати компактний запис інформації. Область застосування даного способу представлення графічної інформації той самий, що і у координатного способу.

Економічнішим з погляду об'єму збереженої інформації є *спосіб по елементного представлення* графічної інформації. Він заснований на представленні зображення у вигляді сукупності графічних примітивів, якими можуть бути відрізок прямої лінії, дуга, коло. Для уявлення будь-якого з цих елементів досить записати код цього елемента, координати його опорних точок і (або) орієнтацію в просторі. Цей спосіб дозволяє представити графічну інформацію значно



компактніше ніж розглянуті вище.

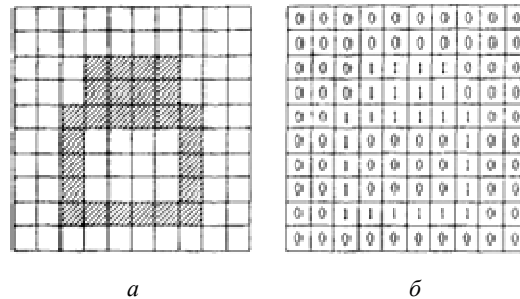


Рис. 3.4. Рецептний спосіб представлення графічної інформації:
а) у вигляді прямокутних областей (рецепторів); б) у двійковому коді

Область його застосування - пристрої кодування графічної інформації (диджитайзери). Він також застосовується для представлення у компактнішому вигляді графічної інформації одержаною розглянутими вище способами. Для цього використовуються програми векторизації растрових зображень що дозволяють визначати впорядковану сукупність рецепторів і растрелементів, а потім представляти їх у вигляді графічних примітивів (відривків прямої).

Подальшим розвитком способу по елементного представлення графічної інформації є *структурно-символьний спосіб*. Він заснований на використанні для формування зображення типових графічних елементів (ТГЕ). Як ТГЕ можуть застосовуватися складні графічні зображення, що складаються з графічних примітивів. Для опису кожного елемента досить вказати його тип, координати опорної точки і орієнтацію в просторі, а також модуль його розміру. Цей спосіб привабливий тим, що елементи графічних зображень, які часто зустрічаються в даній області застосування, можуть бути систематизовані і занесені в бібліотеку. Спосіб є компактнішим при зберіганні графічного зображення і зручний при формуванні зображень.

Аналітичний спосіб представлення графічної інформації заснований на її уявленні у вигляді рівнянь поверхонь. При цьому передбачається, що будь-яке зображення можна представити сукупністю рівнянь, що відповідають сукупності поверхонь, які перетинаються



з площиною зображення. Такий спосіб є математичною основою сучасного програмного забезпечення машинної графіки.

Тема 4. Підходи і методи проектування. Задачі синтезу і аналізу у САПР

4.1. Підходи і методи проектування у САПР

У сучасних САПР використовують різні підходи і методи проектування. На практиці, особливо при проектуванні об'єктів машинобудування, рідко зустрічаються випадки, коли існує можливість повного опису об'єкту в рамках однієї програми, це обумовлено великою складністю завдання на проектування.

Описи технічних об'єктів за складністю повинні бути узгоджені з можливостями сприйняття людиною і оперуванням описами в процесі їх перетворення за допомогою наявних засобів проектування. Проте виконати цю вимогу в рамках деякого єдиного опису, не розбиваючи його на складові частини, вдасться лише для простих виробів. Як правило, потрібна структуризація описів з відповідним роздільним представленням проєктованих об'єктів використовуючи ієрархічні рівні і аспекти, це дозволяє розподіляти роботи по проєктуванню складних об'єктів між підрозділами проєктної організації, що сприяє підвищенню ефективності і продуктивності праці проєктувальників.

Блочно-ієрархічний підхід. Розділення описів по ступеню деталізації відображених у ньому властивостей і характеристик об'єкту лежить в основі *блочно-ієрархічного підходу до проектування*, що призводить до появи *ієрархічних рівнів (рівнів абстрагування)* в уявленнях про об'єкт.

На кожному ієрархічному рівні використовуються свої поняття систем і елементів. На верхньому рівні проєктований складний об'єкт розглядається як система взаємозв'язаних і взаємодіючих елементів. Кожний з цих елементів є також складним об'єктом який, у свою чергу, розглядається як система на наступному нижчому рівні. Виділення елементів відбувається за функціональною ознакою. Подібне розділення продовжується аж до отримання на деякому рівні елементів, описи яких подальшому поділенню не підлягають, ці елементи по відношенню до об'єкту називають *базови-*



ми елементами

Таким чином, *принцип ієрархічності* означає структурування уявлень про об'єкти проектування по ступеню детальності опису, а принцип *декомпозиції (блоковості)* - розбиття представлень кожного рівня на ряд складових частин (блоків) з можливостями роздільного (поблочного) проектування об'єктів на кожному з рівнів.

Конструкції машин як об'єктів проектування є складною системою. Внаслідок цього, математичний опис конструктивних елементів повинен базуватися на блочно-ієрархічному підході до процесу конструювання.

Для промислових об'єктів (машинобудування, приладобудування, легкої промисловості та інших галузей) характерні наступні ієрархічні рівні, машина-агрегат-вузел-деталь. Рівень IV (нижчий рівень) складають деталі машин, рівень III - сукупність деталей (вузол - збірна одиниця), рівень II - агрегат (сукупність вузлів), рівень I - машина (сукупність агрегатів). Для точнішого представлення ієрархії системи машин можуть бути передбачені додаткові підрівні, наприклад вузли машини можуть бути розбиті на підвузли і т.д.

Розглянемо ієрархічне представлення технічного засобу автоматизації (рис. 4.1). Рівень I представлений самим технічним засобом, рівень II - його агрегатами і системами. Елементами рівня III є вузли агрегатів і систем. На рівні IV розташовуються вузлові деталі. Можливо приєднання підрівнів, наприклад між рівнями I і II можна розташувати більш прості агрегати.

Відповідно ієрархії об'єктів проектування можна побудувати ієрархію їх математичних моделей.

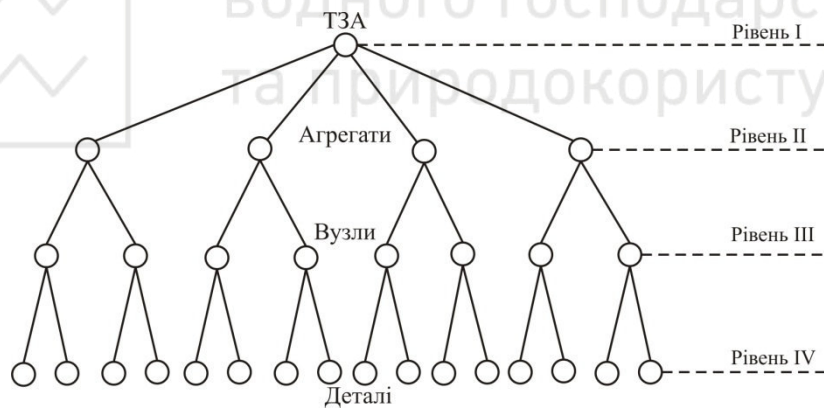




Рис. 4.1. Приклад ієрархічного представлення

Отже, блоково-ієрархічний підхід до проектування – це підхід, заснований на розділенні описів проєктованих об'єктів на *ієрархічні рівні* за ступенем детальності віддзеркалення властивостей об'єктів, а також на відповідному розділенні процесу проектування на групи *проектних процедур*, пов'язаних з отриманням і перетворенням описів виділених ієрархічних рівнів.

Ієрархічна структура описів має місце в кожному з *аспектів описів* складних систем. Наприклад, описи функціонального аспекту діляться на *мета-, макро- і мікрорівні*. У описах конструкцій виділяють рівні комплектів устаткування, агрегатів, складальних одиниць, деталей; у описах технологічних процесів - рівні принципів схем, маршрутної і операційної технологій. При переході з вищого ієрархічного рівня на нижчий ступінь детальності опису об'єкту зростає. Для збереження прийнятної складності описів (прийнятної розмірності вирішуваних задач) при такому переході необхідно проводити *декомпозицію* описів на блоки з подальшим поблочним розглядом і перетворенням описів. В результаті з'являється можливість звести вирішення невеликої кількості надмірно складних завдань до вирішення великої кількості завдань прийнятної складності.

Якщо вирішення задач вищих ієрархічних рівнів передують рішенням задач нижчих ієрархічних рівнів, проектування називають *низхідним*, але коли спочатку здійснюються етапи, що пов'язані з нижчими ієрархічними рівнями, то проектування називають *висхідним*. У кожного з цих двох видів проектування є переваги і недоліки.

Низхідне проектування. При такому проектуванні спочатку створюються описи на вищих ієрархічних рівнях, а потім на нижчих (проектування зверху вниз).

Наприклад, послідовність проектування може бути такою: структурна схема технічного засобу автоматизації - моделі агрегатів і систем - розрахункові схеми вузлів і деталей. *Функціональне проектування* складних систем найчастіше буває низхідним аж до рівня, на якому елементи - уніфіковані об'єкти.

При низхідному проектуванні система розробляється в умовах, коли її елементи ще не визначені, а відомості про їх можливості і



властивості носять попередній характер.

Висхідне проектування. Проектування, при якому виконання процедур по отриманню описів низьких ієрархічних рівнів передє виконанням процедур по отриманню описів високих ієрархічних рівнів, називається висхідним (проектування від низу до верху). Наприклад, об'єкти можуть проектуватися в такій послідовності: деталі - збірні одиниці - агрегати. При висхідному проектуванні елементи проектуються раніше системи, тому попередній характер мають властивості і вимоги до елементів.

Оскільки припущення можуть не підтвердитись, часто потрібне повторне виконання проектних процедур попередніх етапів після виконання проектних процедур подальших етапів. Такі повторення забезпечують послідовне наближення до оптимальних результатів і обумовлюють ітераційний характер проектування. Отже, ітераційність відносять до важливих принципів проектування складних об'єктів.

На практиці зазвичай поєднують висхідне і низхідне проектування. Наприклад, висхідне проектування має місце на всіх ієрархічних рівнях, на яких використовуються уніфіковані елементи. Очевидно, що такі елементи орієнтовані на застосування в різних системах певного класу, що розробляються раніше ніж будь-яка конкретна система з цього класу. При розробці нових конструкцій зазвичай використовується евристичний прийом синтезу.

Евристичний прийом синтезу. Неформалізований прийом, який використовується при синтезі технічних об'єктів, що дає змогу визначити у якому напрямі шукати потрібне технічне рішення називається евристичним.

Евристичні прийоми зберігаються у спеціальних фондах *баз даних*, для подальшого використання інженерами в інтерактивних процедурах синтезу. Евристичні прийоми діляться на групи перетворень виду руху, матеріалу, геометричної форми в просторі, в часі, додаванням, виключенням, заміною, аналогічно і т.п. Прикладами евристичних прийомів можуть служити такі: «змінити напрям обертання», «перейти від однорідних матеріалів до композиційних», «ввернути форму навиворіт», «поміняти місцями протилежно розміщені елементи», «перетворити асинхронний процес на синхронний», «витрачені елементи відновити безпосередньо в процесі роботи», «виключити найбільш напружений елемент», «замінити меха-



нічну обробку обробкою без зняття стружки», «звернути увагу на спосіб рішення оберненої задачі» та ін.

4.2. Завдання синтезу і аналізу. Оптимальне проектування конструкцій

Проектування - складний і важко формалізований процес, який об'єднує такі важливі процедури, як синтез структури, вибір параметрів елементів, аналіз і ухвалення рішень. Особливо важлива початкова стадія проектування, коли вибираються ефективний фізичний принцип дії, раціональне технічне рішення і визначаються оптимальні значення параметрів.

Завдання синтезу і аналізу. Під *синтезом* розуміються проектні процедури, направлені на отримання нових описів проектного об'єкту відповідно до заданих показників його функціонування. *Аналіз* - це проектні процедури, що мають на меті отримання інформації про властивості проектного об'єкту по заданому опису.

Завдання синтезу пов'язані із створенням проектних документів і самого проекту, а завдання аналізу пов'язані з оцінкою проектних документів.

Процедури синтезу діляться на процедури структурного і параметричного синтезу.

Пошук раціонального технічного рішення при вибраному фізичному принципі дії здійснюється методами *структурного синтезу*. Визначення оптимальних значень параметрів елементів технічної системи відомої структури є завданням *параметричного синтезу*, або *параметричної оптимізації*.

Метою структурного синтезу є визначення структури об'єкту - переліку типів елементів, які складають об'єкт і способу зв'язку елементів між собою у складі об'єкту.

Параметричний синтез полягає у визначенні числових значень параметрів елементів при заданих структурі і умовах працездатності, що впливають на вихідні параметри об'єкту, тобто при параметричному синтезі потрібно знайти точку або область в просторі внутрішніх параметрів у яких будуть виконуватися певні умови (зазвичай умови працездатності).

Класифікація проектних процедур приведена на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Класифікація проектних процедур

Процедури аналізу діляться на процедури одно- і багатоваріантного аналізу. При *одноваріантному аналізі* задані значення внутрішніх і зовнішніх параметрів, потрібно визначити значення вихідних параметрів об'єкту. Зручно використовувати геометричну інтерпретацію цього завдання пов'язану з поняттям простору внутрішніх параметрів; це i -мірний простір, в якому для кожного з n внутрішніх параметрів виділена координатна вісь. При одноваріантному аналізі задається також деяка точка у просторі внутрішніх параметрів в якій потрібно визначити значення вихідних параметрів. Подібне завдання зазвичай зводиться до одноразового вирішення рівнянь, які є складовими математичної моделі, що обумовлює назву даного виду аналізу.

Багатоваріантний аналіз полягає у дослідженні властивостей



об'єкту в деякій області простору внутрішніх параметрів. Такий аналіз вимагає багатократного рішення систем рівнянь (багатократного виконання одноваріантного аналізу).

Синтез називається *оптимізацією*, якщо визначаються найкращі структура і значення параметрів. При розрахунках оптимальних значень параметрів із заданою структурою говорять про параметричну оптимізацію. Завдання вибору оптимальної структури називають *структурною оптимізацією*.

Постановка завдання оптимізації має змістовний сенс тільки у тому випадку, коли з'являється необхідність вибору одного з конкуруючих варіантів, одержаних при обмеженості ресурсів. Технічне проектування завжди ведеться в умовах жорстких обмежень на матеріальні, енергетичні, часові та інші види ресурсів. Разом з тим засоби САПР дозволяють виконати розробку декількох альтернативних варіантів, тому остаточний вибір технічного об'єкту (ухвалення рішення) необхідно проводити з урахуванням вироблених *правил переваг* на підставі встановлених критеріїв. Вибір критерію є одним з важливих етапів постановки завдання оптимізації, оскільки всі подальші дії направлені на пошук об'єкту, який буде найбільш близьким до оптимального за вибраним критерієм.

У основі побудови правил переваг лежить *цільова функція*, що кількісно виражає якість об'єкту і тому також називається *функцією якості*, або *критерієм оптимальності*. Формування цільової функції завжди виконується з урахуванням різних вихідних параметрів проектного пристрою. Залежно від змістовного сенсу цих параметрів і вибраного способу їх поєднання в цільовій функції якість об'єкту буде тим вище, чим більше її значення (максимізація) або чим менше її значення (мінімізація).

Вибір цільової функції носить суб'єктивний характер і тому об'єкт може бути оптимальний тільки в сенсі даного критерію.

У більшості підходів до оцінки технічного об'єкту прийнято орієнтуватися на еталонні зразки, на думку провідних фахівців галузі (експертні оцінки) або на техніко-економічні показники, які визначаються технічним завданням (ТЗ) на проектування. При підготовці ТЗ зазвичай враховуються досягнення, одержані в світовій практиці, а також в тій чи іншій мірі експертні оцінки, тому об'єктивнішою варто рахувати орієнтацію на ТЗ. Якнайповніша оцінка проектних рішень може бути виконана на основі аналізу те-



ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

Види та способи забезпечення процесу проектування

Тема 5. Програмне забезпечення САПР

5.1. Загальне програмне забезпечення

Програмне забезпечення САПР - це сукупність програм представлених в заданій формі, разом з необхідною програмною документацією призначеною для використання у САПР.

Програмне забезпечення ЕОМ являє собою складні програмні комплекси з різними наборами функціональних можливостей. Серед них найважливішу роль відіграють операційні системи, які орієнтовані на конкретну конфігурацію ЕОМ. По суті операційні системи є продовженням технічних (апаратних) засобів ЕОМ і забезпечують взаємодію користувача з обчислювальною системою.

Розробка програмного забезпечення для різних сфер використання обчислювальної техніки є трудомістким і дорогим процесом, тому значну частину вартості апаратно-програмного комплексу для використання у САПР складає програмне забезпечення, яке представляє собою документи з текстами програм, програми на машинних носіях і експлуатаційні документи.

Програмне забезпечення САПР поділяється на загальне (загальноносистемне) і прикладне (спеціальне).

Загальне програмне забезпечення використовується для будь-якого об'єкту проектування; його основу складають операційні системи, які використовуються у САПР і ЕОМ.

Спеціальне програмне забезпечення повністю визначається класом об'єктів, що проектуються з допомогою САПР, його основу складають програми, що реалізують алгоритми окремих проектних процедур.

Операційна система має модульну структуру, яка дозволяє пристосувати систему до конкретної конфігурації технічних засобів, оскільки окремі програмні компоненти можуть бути включені в операційну систему за бажанням користувача.



Процес настройки операційної системи на конкретну обчислювальну систему і режими її використання називаються генерацією операційної системи. Основні програми операційної системи (ядро) постійно знаходяться в оперативній пам'яті ЕОМ, а рідко використовувані програми операційної системи з метою її економії можуть зберігатися на магнітних дисках і викликатися у міру необхідності.

Операційні системи займають найважливіше місце в сукупності сучасних системних програмних засобів, які складають програмне забезпечення ЕОМ. Вони є основою організації обчислювального процесу в системі і визначають ефективність використання апаратних компонентів для вирішення поставлених завдань; від їх можливостей залежить ефективність праці персоналу, що використовує і обслуговує цю достатньо дорогу, техніку: інженерів, операторів, керівників і виконавців, які виконують за допомогою ЕОМ проекти, адміністрації обчислювальних центрів, тощо.

Найбільш поширеним є визначення операційної системи як набору програм (управляючих програм), призначених для управління ресурсами обчислювальної системи. Іноді під призначенням операційної системи розуміють розподіл і планування ресурсів (динамічний і статичний розподіл ресурсів).

Таким чином, на перший план висувається проблема розподілу ресурсів (рис. 5.1), причому під ресурсами розуміють не генерацією операційної системи.

Інше визначення операційної системи характеризується функціональним підходом. У цьому випадку операційна система описується переліком функцій, які вона повинна виконувати (рис. 5.2).

До функцій операційної системи відносять також забезпечення високих показників за двома найважливішими характеристиками обчислювальних систем: ефективності і надійності (рис. 5.3).

Існують функції операційних систем по забезпеченню різних режимів її використання - режим пакетної обробки, діалоговий, реального часу, розподілу часу, а також функції по забезпеченню різних категорій користувачів обчислювальних систем: інженерів, операторів, адміністративних працівників, програмістів і проєктувальників (рис. 5.4).

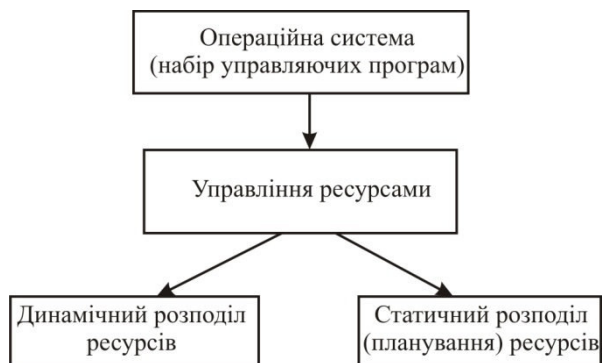


Рис. 5.1. Функції розподілу ресурсів у операційній системі

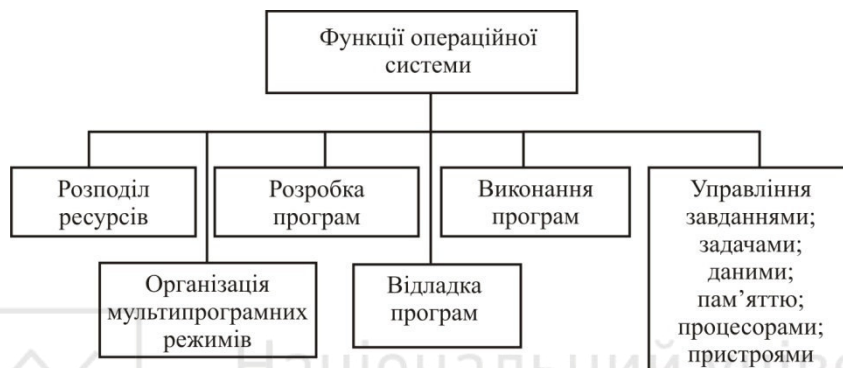


Рис. 5.2. Функції операційної системи



Рис. 5.3. Функції підвищення ефективності та надійності

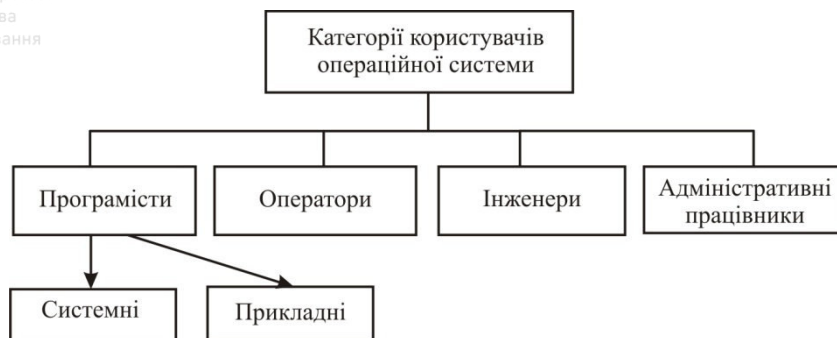


Рис. 5.4. Категорії користувачів операційних систем

Отже, *операційна система* - це складний багатоцільовий і багатофункціональний комплекс програм, що є складовою частиною практично всіх сучасних обчислювальних систем.

При розгляді операційних систем слід зауважити функцію посередника (сполучна ланка, інтерфейс) між ЕОМ і людиною (користувачем, програмістом, оператором, інженером і т.д.). Інакше кажучи, операційна система - це логічне розширення функцій апаратури. Вона дозволяє від "фізичного" рівня апаратури перейти до "логічного" рівня, який стає рівнем обчислювальної системи і зручний для людини.

5.2. Склад операційних систем

Компонентний склад операційної системи визначається набором функцій, для виконання яких вона призначена. Всі її програми можна розбити на дві групи: управляючі і системно-оброблювальні (рис. 5.5).

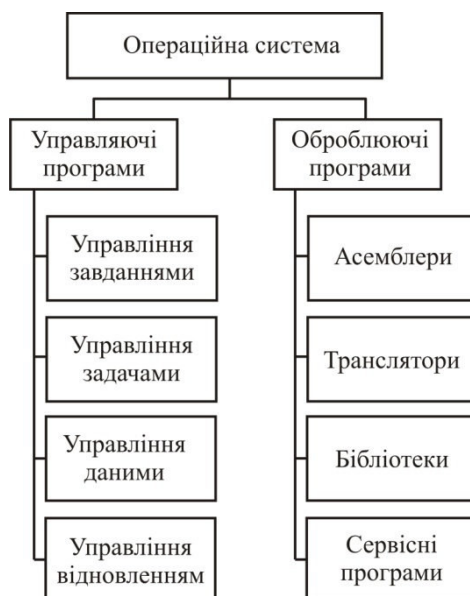


Рис. 5.5. Склад операційної системи

Блок управляючих програм - невід'ємний компонент будь-якої операційної системи, це основна її частина (ядро), без якого вона не може існувати. Їх функції - планування проходження безперервного потоку завдань, управління розподілом ресурсів, реалізація прийнятих методів організації даних, управління операціями вводу-виводу, організація мультипрограмної роботи, управління працездатністю системи після збоїв та інше.

Блок управляючих програм складається з чотирьох основних компонентів:

- управління статичними ресурсами (управління завданнями);
- управління динамічними ресурсами (управління задачами);
- управління даними;
- управління відновленням.

Програми управління завданнями здійснюють попереднє планування потоку завдань для виконання і статичного розподілу ресурсів між одночасно виконуваними завданнями у процесі підготовки до виконання (ініціалізації). До таких ресурсів зазвичай відносять розділи пам'яті (основна, віртуальна, зовнішня), доступні для вико-



ристання завданнями, пристроями, що допускають тільки монопольне використання, наборів даних і т.п. Ці ресурси закріплюються за завданням або його частиною з моменту його ініціалізації до моменту завершення і використовуються зазвичай у монопольному режимі.

Програми управління задачами здійснюють динамічний розподіл ресурсів системи між декількома задачами, що вирішуються одночасно в мультипрограму режимі для виконуваного потоку завдань.

Програми управління даними забезпечують всі операції вводу-виводу (обмін між оперативною пам'яттю і периферійними пристроями), які надходять як від програм користувача, так і від програм операційної системи та реалізують різні структури даних і можливість доступу до них. Управління даними призначене для виконання наступних функцій:

- централізоване здійснення операцій вводу-виводу (операцій обміну) з використанням зовнішніх (периферійних) пристроїв;
- забезпечення зберігання даних на пристроях зовнішньої пам'яті;
- забезпечення різних способів організації і ідентифікації даних;
- управління каталогом даних, що дозволяє здійснювати їх пошук, використовуючи символічне ім'я без вказівки місцезнаходження;
- автоматичний розподіл пам'яті на пристроях прямого доступу;
- автоматичний пошук даних по їх символічному імені;
- забезпечення незалежності програм від характеристик даних, які вони обробляють і типів використовуваних зовнішніх пристроїв;
- забезпечення різних методів доступу до даних у залежності від їх організації і логічного рівня способу доступу.

Всі функції управління даними, перераховані вище, можна розділити на два види:

- управління процесами вводу-виводу у обчислювальній системі;
- організація даних, що зберігаються в обчислювальній системі (ця функція має відношення тільки до даних, що зберігаються на зовнішніх запам'ятовуваних пристроях).

Програми управління відновленням реєструють машинні збої і відмови, а якщо це можливо, відновлюють працездатність системи.

Системні оброблювальні програми виконуються під управлінням



блоку управляючих програм так само як будь-яка оброблювальна програма, наприклад програма автоматизованого проектування. Це означає, що вони у повному об'ємі можуть користуватися послугами управляючих програм і не можуть самостійно виконувати системні функції. Так, оброблювальні програми не можуть самостійно здійснювати ввід-вивід. Операції вводу-виводу оброблювальні програми реалізують за допомогою запитів до управляючих програм. Централізоване виконання системних функцій управляючою програмою дозволяє виконувати їх ефективніше і забезпечує високий рівень послуг для користувача.

До системних оброблювальних програм відносяться програми, що входять до складу операційної системи: асемблери, транслятори, сервісні програми обслуговування і ряд інших.

Асемблери - машинно-орієнтовані мови низького рівня і програмні засоби для їх перетворення у мову машинних кодів.

Транслятори - програмні засоби, що служать для перетворення програми, написаної на одній з мов програмування високого рівня (Fortran, Pascal, PL/1, C, C++ та ін.) у мову машинних кодів.

До *сервісних програм* можна віднести компонувальник програм, завантажувач, програми виявлення несправностей і т.п.

5.3. Операційна система в процесі розробки програм

У процесі реалізації програмних проектів операційна система використовується на всіх етапах проектування програм, починаючи від формулювання алгоритмів і структурних схем і закінчуючи відладкою і виконанням програм.

Розглянемо функції операційної системи при розробці програм за допомогою систем програмування з використанням різних мов. У сучасних системах програмування широко застосовується модульний принцип, що дозволяє для однієї системи паралельно і незалежно розробляти велику кількість модулів, що належать як одному, так і декільком програмним проектам. При цьому операційна система підтримує бібліотеки модулів на різних стадіях розробки.

При розробці програм програміст користується послугами операційної системи. Система програмування дозволяє проводити програмування і відладку завдання по частинах з використанням різних мов програмування. До складу системи програмування входить на-



бір трансляторів, компоувальник програм (редактор зв'язків) і завантажувач.

Для підвищення ефективності програмування використовується сегментація великих програм на менш великі їх автономна розробка і об'єднання перед виконанням або у його процесі. Кожна програма є модулем. Декілька модулів можуть бути об'єднані в крупніший модуль, крім того, модулі можуть динамічно викликати один одного.

Програми написані на одній з мов програмування є початковими модулями, тексти яких поміщаються у набори даних операційної системи. Набір даних, що містить початковий модуль є вхідними даними для відповідного транслятора або асемблера. У результаті трансляції виходить об'єктний модуль на машинній мові, який поки що непридатний для завантаження в оперативну пам'ять і виконання. Специфіка початкової мови в об'єктному модулі буде втрачена. Об'єктні модулі складаються з тексту в машинному коді, що містить команди і константи програми і управляючих словників, інформації для об'єднання об'єктних модулів і подальшого завантаження та настройки програм в оперативній пам'яті і можуть зберігатися в зовнішній пам'яті ЕОМ.

Окремий програмний модуль може мати посилання на інші програмні модулі. На деякі величини даної програми можуть бути посилання з інших модулів. Величини програм, які здійснюють посилання поза модулем і на які проводиться посилання ззовні називаються зовнішніми символами. Інформація про зовнішні символи (адреси, тип і т.д.) поміщається в управляючому словнику зовнішніх символів, який використовується при об'єднанні декількох модулів в один для узгодження дозволу зовнішніх посилань, тобто посилань модулів між собою. Формат об'єктних модулів – стандартний для всіх трансляторів, використовуваних в даній операційній системі, що дозволяє однаково обробляти їх редактором зв'язків і об'єднувати модулі написані на різних мовах програмування.

Об'єктний модуль проходить подальшу обробку - компоновку (редагування зв'язків) і завантаження в оперативну пам'ять. Компоновка полягає в ув'язці окремих модулів в єдину програму шляхом настройки зв'язків між модулями і виконується обслуговуючою програмою, яка називається компоувальником (редактором зв'язків). Завдяки компоувальнику користувач може збирати про-



Граму з окремих модулів, написаних у різний час і на різних алгоритмічних мовах. У результаті ця програма буде завантажувальним модулем.

Завантажувальний модуль є переміщеною програмою і може бути поміщений у будь-яку область оперативної пам'яті. Розрізняють просту і оверлейну структуру завантажувальних модулів. Модуль має просту структуру, якщо всі підпрограми, що входять у нього завантажуються в оперативну пам'ять і постійно в ній знаходяться. Модуль називається оверлейним (з перекриттям), якщо в оперативній пам'яті постійно знаходяться лише деякі підпрограми.

Тема 6. Режими роботи обчислювальних систем. Спеціальне програмне забезпечення.

6.1. Режими роботи обчислювальних систем

Ідея розподілу ресурсів займає центральне місце при побудові операційних систем на основі різних принципів. У ідеалі будь-яка прикладна програма повинна мати можливість одержувати необхідні ресурси у будь-який час. Проте бувають ситуації, коли загальна потреба в ресурсах перевищує можливості системи. У цьому випадку операційна система повинна знайти компромісне рішення і задовольнити ті запити, які вона вважає найбільш важливими. З погляду користувача (наприклад, проектувальника САПР) можна виділити пакетний і діалоговий режими роботи обчислювальної системи.

Режим пакетної обробки завдань - режим виконання певної сукупності завдань, при якому ці завдання обробляються в основному автоматично без синхронізації з подіями, що відбуваються зовні обчислювальної системи, зокрема без зв'язку з особами, що представили завдання для виконання.

Пакет завдань утворює вхідний потік, який містить їх опис на мові управління завданнями; цей опис може містити вхідні набори даних. Операційна система автоматично виконує безперервний потік завдань, що зменшує необхідність ручного втручання оператора у процес обробки.

При пакетній обробці кожне завдання може використовувати всі ресурси системи, за винятком основної пам'яті, яка зайнята резидентною частиною управляючої програми операційної системи. У



Цьому режимі операційна система перевіряє правильність завдання, виділяє потрібні йому ресурси, визначає програму, яка повинна виконуватися у даному завданні, передає їй управління, стежить за ходом виконання програми до її завершення (нормального або аварійного). При цьому допускається суміщення виконання програми одного завдання з операціями вводу-виводу програми того ж або іншого завдання. У випадку, якщо пристрій виводу зайнятий результати розміщуються у системній бібліотеці, звідки вони виводяться управляючою програмою при звільненні пристрою виводу.

Одним з недоліків режиму пакетної обробки є простоювання ресурсів, що виникає через те, що завдання поступають на обробку у порядку їх проходження.

Діалоговий (інтерактивний) режим - режим взаємодії користувача з обчислювальною системою, при якому людина і обчислювальна система обмінюються даними в темпі, сумірному з темпом обробки даних людиною.

Обмін інформацією у діалоговому режимі здійснюється за допомогою спеціальних діалогових мов. Розрізняють пасивний і активний діалог. При пасивному діалозі ініціатива належить обчислювальній системі, вона «веде» за собою користувача, вимагаючи від нього у точках розгалуження обчислювального процесу додаткової інформації, необхідної для ухвалення закладених в алгоритм рішень. У цьому режимі обчислювальна система забезпечує користувача інформаційними повідомленнями (зокрема результатами розрахунків) і підказками, що полегшують використання діалогової системи. Запити до користувача формуються або у вигляді меню, або у вигляді шаблонів. Меню є списком альтернативних можливостей, що виводиться на екран дисплея, для продовження рішення в поточній точці обчислювального процесу, користувач повинен вибрати одну з можливостей вказавши відповідний рядок меню, курсором або введенням з клавіатури номера цього рядка. Шаблоном називається форматований кадр зображення, що виводиться на екран дисплея, який містить тексти запитів до користувача і спеціальні поля призначені для занесення у них відповідей користувача у вигляді текстів або чисел. Активний діалог характеризується рівноправ'ям його учасників. Для організації такого діалогу зазвичай використовуються формальні директивні (командні) мови або мови близькі до природних.



Діалоговий режим роботи, що забезпечується сучасними обчислювальними системами, в даний час використовується у САПР частіше ніж режим пакетної обробки. Проте в деяких випадках, коли час реакції системи на запити користувача дуже великий, діалоговий режим стає менш ефективним, оскільки людина не автомат і для організації ланцюга перерваних тривалою бездіяльністю міркувань їй потрібен час. У цьому випадку доречний режим пакетної обробки. Пакетний режим застосовують також в простих випадках, коли існує можливість проектування об'єкту без участі проектувальника (САПР засновані на рішенні повністю формалізованих завдань - автоматичне проектування).

З погляду організації роботи обчислювальних систем можна відзначити однопрограмний і багатопрограмний (мультипрограмний) режими роботи.

Однопрограмний режим роботи - це режим, при якому ресурси обчислювальної системи одночасно використовуються тільки одним програмним процесом.

Мультипрограмний режим роботи - режим у якому виконується декілька програм одночасно. Сучасні обчислювальні системи як правило функціонують у цьому режимі. Для обчислювальних систем з декількома процесорами кількість одночасно виконуваних програм істотно перевершує кількість використовуваних процесорів.

У режимі мультипрограмування у основній пам'яті одночасно знаходиться декілька програм, завантажених для виконання. Число одночасно виконуваних програм визначає рівень мультипрограмування. Центральний процесор в кожен момент часу може виконувати лише одну програму. Таким чином, паралельно виконувани програми конкурують між собою за володіння ресурсами обчислювальної системи і за час центрального процесора. Кожна програма представляється в системі як завдання (процес). Таким чином прийнято говорити про одночасно виконувани завдання (або процеси), основою яких є відповідні програми, причому завдання є одиницею мультипрограмування.

Задача, яка у поточний момент часу володіє центральним процесором, називається активною. Вона виконується до тих пір, поки не перейде у стан очікування будь-якої події (наприклад, завершення операції вводу-виводу) або не буде перервана з будь-яких при-



чин операційною системою. Решта завдань (крім активного) знаходиться у стані готовності використання центрального процесора або очікування якої-небудь події (завершення операції вводу-виводу, закінчення заданого інтервалу часу, завершення виконання програми і т.д.). Після перекладу активного завдання в стан очікування вибирається одна з готових для виконання задач.

Програми, що одночасно претендують на використання центрального процесора, в мультипрограмному режимі упорядковуються по пріоритетах. У разі конфліктів управління одержує програма з найвищим пріоритетом. Вона переводиться в активний стан. Решта конкуруючих програм, що знаходяться у стані готовності отримує управління, якщо програми з вищими пріоритетами опиняться у стані очікування.

Основою мультипрограмування є поєднання операцій центрального процесора з операціями вводу-виводу. Таке поєднання можливе у зв'язку з тим, що центральний процесор не займається виконанням операцій вводу-виводу, а тільки ініціює їх. Після цього операції вводу-виводу виконуються каналами або процесорами вводу-виводу за самостійними програмами паралельно з іншими каналами і центральним процесором.

Режим розподілу часу – це режим при якому ресурси обчислювальної системи надаються кожному процесу з групи процесів обробки даних, що знаходяться в обчислювальній системі на інтервали часу тривалість і черговість, яких визначається управляючою програмою цієї системи з метою забезпечення одночасної роботи в інтерактивному режимі. Основним критерієм оптимального планування проходження потоку завдань є не ефективність використання обчислювальної техніки, а найменша тривалість обслуговування одного користувача при обмеженому терміні очікування.

Механізм розподілу часу дозволяє одночасно виконувати декілька завдань шляхом виділення для кожної з них певного кванта часу центрального процесора. Завдання різних користувачів утворюють чергу, яка розміщується в зовнішній пам'яті ЕОМ (наприклад, на магнітних дисках). У оперативній пам'яті для завдань виділяються спеціальні розділи. Завдання з черги послідовно вводяться в розділи оперативної пам'яті і обробляються протягом певного кванта часу, після закінчення якого завдання «згортаються» і поміщаються в зовнішню пам'ять. Завдяки процесам згортки і розгортки одночасно



можуть виконуватися завдання великої кількості користувачів. При оптимальному розмірі кванта часу у кожного користувача створюється враження безперервної роботи з ЕОМ.

Режим реального часу - режим обробки даних, при якому забезпечується взаємодія обчислювальної системи із зовнішніми по відношенню до неї процесами у темпі співмірному з швидкістю протікання цих процесів.

Режими розподілу часу і реального часу - найбільш важливі для САПР режими, використовуючи їх деяке число користувачів одночасно мають доступ до обчислювальної машини за допомогою віддалених терміналів.

Крім використання стандартних операційних систем ЕОМ можливо створення спеціалізованих операційних систем, орієнтованих тільки на автоматизоване проектування. Універсальні операційні системи мають ряд функцій, які не використовуються САПР, що веде до збільшення об'єму оперативної пам'яті, яка займає ядро операційної системи і час, який система витрачає на виконання цих не використовуваних функцій. Крім того, в спеціалізованій операційній системі можуть бути відсутні деякі системно обробляючі програми (наприклад транслятори) якщо її робота пов'язана тільки із забезпеченням процесу автоматизованого проектування і не пов'язана з розробкою програм. У зв'язку з цим застосування спеціалізованих операційних систем дозволяє підвищити продуктивність функціонування САПР і понизити рівень вимог до системного програмного забезпечення. Проте спеціалізована операційна система - дуже складний і дорогий програмний продукт, що обмежує можливості її широкого застосування.

6.2. Спеціальне програмне забезпечення

У системах автоматизованого проектування крім програмного забезпечення ЕОМ, може існувати системне програмне забезпечення, яке відіграє роль сполучної одиниці між операційною системою і програмами автоматизованого проектування.

Системне програмне забезпечення САПР може бути використане для різних САПР близьких по функціональному призначенню, що розроблені на основі загальних концепцій, наприклад для САПР різних технічних об'єктів. Системне програмне забезпечення САПР



розробляється з чіткою орієнтацією на конкретні ЕОМ і операційні системи. Воно є продовженням операційної системи і забезпечує:

- управління процесом обчислень;
- ввід, вивід, контроль і обробку інформації;
- оперативне коректування інформації;
- зберігання, пошук, аналіз і захист інформації;
- діалоговий зв'язок користувача з ЕОМ у процесі проектування;
- контроль і діагностику виконуваних проектних операцій.

Системне програмне забезпечення САПР відповідно до перерахованих функцій включає:

- управляючу програму;
- програму вводу і обробки вхідної інформації;
- транслятори проблемно-орієнтованих вхідних мов;
- системи або програми управління базами даних;
- програми обробки і видачі проектної документації включаючи креслення.

При створенні конкретних САПР може виникнути необхідність у інших програмах, що реалізують певні функції. Але у кожному випадку при розробці системного програмного забезпечення САПР враховується технологія проектування виробу або групи виробів, вимоги і склад спеціального програмного забезпечення, структура і об'єм переробки інформації і т.д.

До складу спеціального програмного забезпечення САПР включаються прикладні програми або пакети прикладних програм, орієнтовані на вирішення конкретних завдань і сервісні програми, що виконують в рамках САПР сервісні функції і забезпечують використання отриманих результатів.

Таким чином, спеціальне програмне забезпечення САПР направлено на вирішення певних проектних завдань. Саме це програмне забезпечення є предметом розробки системи. Від його характеристик і особливостей визначальним чином залежать функціональні можливості САПР.

Спеціальне програмне забезпечення не може функціонувати без загальносистемного програмного забезпечення, тому його можна розглядати як вузькоспеціалізоване продовження загальносистемного забезпечення ЕОМ і САПР.

Рішення завдань автоматизованого проектування складних об'єктів неможливо організувати в рамках одного програмного мо-



дуля. При створенні САПР складних об'єктів необхідно використовувати блочно-ієрархічний підхід, в основу якого покладена декомпозиція (розбиття) складної задачі на ряд простіших. Схожий принцип закладений у організацію спеціального програмного забезпечення САПР. Модульний принцип програмування припускає розбиття проекту на окремі програмні модулі в початковій стадії проектування і об'єднання незалежно розроблених програмних модулів на кінцевій стадії.

Програма поділяється на частини або модулі, виходячи із зручності розробки і використання програм. Кожна з них може розроблятися з використанням різних мов і засобів операційної системи. Після підготовки початкового тексту програми кожен модуль обробляється транслятором, який виробляє об'єктні модулі, а потім компонувальником, який з об'єктних модулів формує завантажувальні.

Зручність модульної побудови полягає у тому, що в даний час існує велика кількість стандартних програм, що реалізують різні математичні методи і типові проектні процедури. Такі програми, як правило існують у вигляді бібліотек об'єктних модулів і їх використання істотно скорочує час і зменшує вартість розробки програмного забезпечення.

Структура завантажувального модуля може бути простою і динамічною. У простих структурах один завантажувальний модуль містить всі коди необхідні для виконання завдання, тобто він не передає управління ніякому іншому модулю, а завантажується у пам'ять ЕОМ як єдине ціле. При цьому неважливо, чи був модуль єдиним чи він отриманий шляхом об'єднання декількох модулів. Завантажувальний модуль простої структури динамічно не використовує інші завантажувальні модулі. Проте програми простої структури можна динамічно викликати з інших (динамічних) завантажуваних модулів. Програми простої структури ефективні за швидкістю виконання, оскільки не вимагають додаткового завантаження інших програм. У разі, коли завдання дуже велике і всі її програми не можна завантажити у оперативну пам'ять ЕОМ одночасно, замість простої структури слід використовувати динамічну.

Динамічні структури не вимагають одночасної присутності в пам'яті усіх модулів програми при виконанні. Модулі динамічно завантажуються в пам'ять при потребі. Розрізняють динамічно пос-



лідовні і динамічно паралельні структури. У динамічно послідовних структурах модуль виконується послідовно; це означає, що викликаний модуль не виконується до завершення виконання попереднього модуля. У динамічно паралельних структурах модулі, що викликаються і вже викликані виконуються паралельно.

Створення і використання програмного забезпечення САПР вимагає дотримання певних основоположних принципів, одним з яких є принцип модульності системи.

Модуль спеціального програмного забезпечення САПР можна розглядати як сукупність певних програмних і операційних компонентів, якими є:

- операція ЕОМ;
- макрооперація, що представляє типову сукупність декількох операцій;
- стандартна програма;
- підпрограма рішення функціональної підзадачі;
- функціональна програма;
- набір функціональних програм.

Слід зазначити, що при модульній побудові комплексу програм тривалість їх виконання може зростати.

На рис. 6.1 представлена структура САПР об'єкту, що працює під управлінням базової операційної системи ЕОМ.

Програмне забезпечення у цьому випадку представлене у формі проблемно-орієнтованого пакету прикладних програм, що працює під управлінням базової операційної системи. Пакет програм складається з управляючої програми, лінгвістичного процесора, прикладних і обслуговуючих програм. У пам'яті ЕОМ постійно знаходиться основна частина управляючої програми - кореневий сегмент (монітор). Всі інші програми завантажуються у пам'ять і виконуються послідовно в міру необхідності.

Управляюча програма призначена для управління загальним виконанням роботи і після введення пароля виробляє повідомлення системи про допуск до роботи з тими чи іншими програмами. Кореневий сегмент управляючої програми формує дані, необхідні базовій операційній системі для виклику відповідної частини пакету і передачі їй управління.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

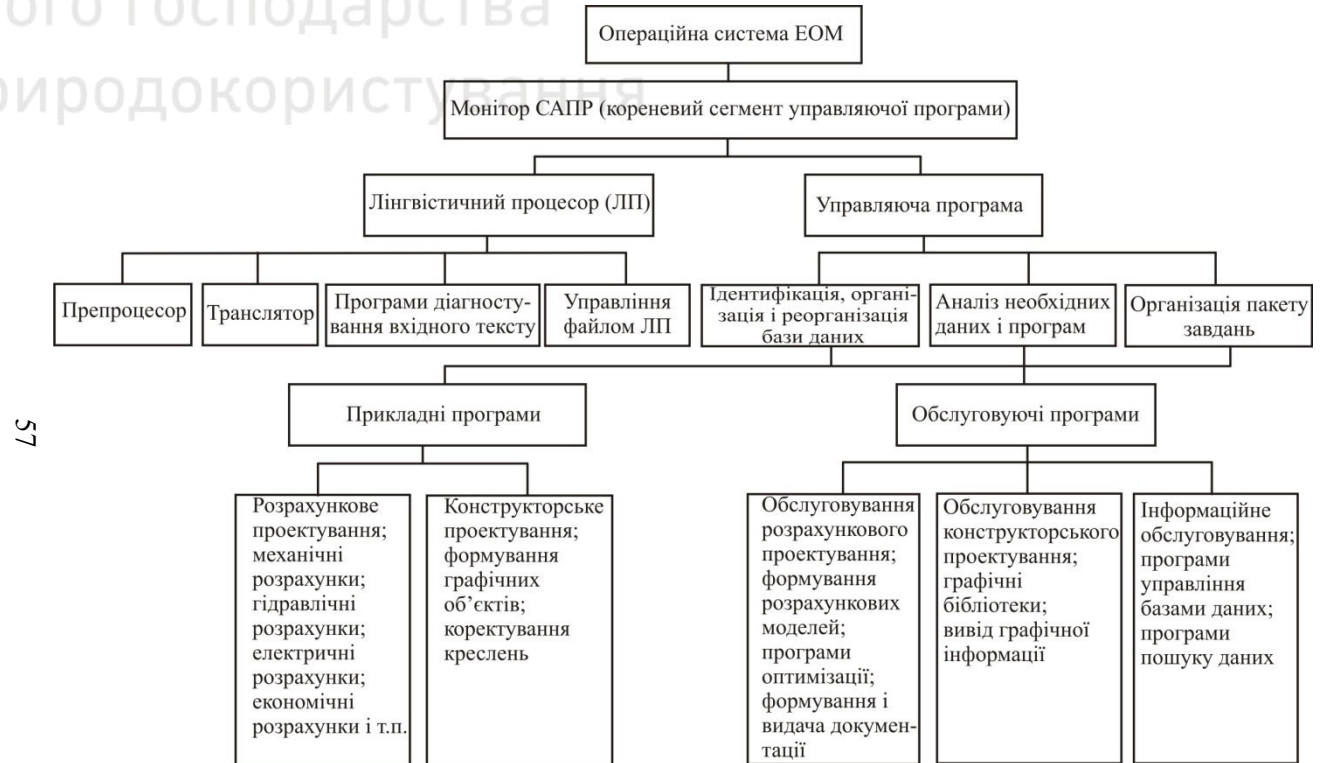


Рис. 6.1. Приклад структури програмного забезпечення САПР



Програмами організації баз даних може користуватися тільки служба адміністрування системи. Інформація користувача спочатку обробляється аналізатором програм, який виявляє наявність у базі даних програм довідкових або визначених раніше даних, які необхідні для подальшої роботи. Після цього формується пакет завдань, який через управляючу програму передається базовій операційній системі для виклику обслуговуючих або прикладних програм пакету.

Лінгвістичний процесор призначений для обробки повідомлень, написаних на зовнішніх мовах системи і складається з препроцесора, що здійснює синтаксичний і семантичний контроль вхідної інформації; транслятора (інтерпретатора) із зовнішніх мов системи; програм діагностики, що здійснюють логічний контроль вхідної інформації і видачу повідомлень про помилки; програм управління файлом лінгвістичного процесора, що забезпечують ввід-вивід повідомлень САПР, запитів користувача і зіставлення базової і вхідної інформації.

Розглянута САПР складається з комплексів програм і окремих модулів, призначених для виконання процедур розрахункового і конструкторського проектування, тобто окремі комплекси пакету самі можуть бути самостійними програмними продуктами.

У САПР комплекси програм міцністних, теплових, гідравлічних розрахунків є пакетами взаємозв'язаних програм простої структури з управляючими програмами; програми решти пакетів можуть викликатися незалежно один від одного. Управляючі програми можуть працювати по-різному залежно від значень управляючих параметрів заданих користувачем. Управляючі параметри визначають тип використовуваної математичної моделі, форму вхідної і вихідної інформації, ознаку режиму роботи (режим діалогового проектування, автоматичного проектування або тестування). Налаштування управляючих параметрів і організацію оптимізаційного процесу здійснюють обслуговуючі програми, які працюють під управлінням адміністратора САПР.

При створенні спеціального програмного забезпечення САПР великого значення набувають комплексні технології проектування, програмування, відладки і супроводу програм. Вони помітно відрізняються від традиційного програмування, що базується виключно на використанні властивостей і особливостей відповідної мови про-



грамування, але використовують модульний принцип побудови програмних систем. Кожна технологія обмежує поле діяльності програміста, дисциплінуючи його зусилля у напрямі створення найбільш ефективної і надійної програми.

Тема 7. Лінгвістичне забезпечення, мови програмування і проектування у САПР

7.1. Класифікація і використання мов у САПР

Лінгвістичне забезпечення конструкторського і технологічного проектування повинне враховувати крім загальних вимог, можливість комплексного використання конструкторської і технологічної інформації (текстової і графічної) для забезпечення діалогового режиму проектування і автоматизації оформлення проектної документації.

Відповідно до класифікації мов САПР, яка представлена на рис. 7.1, розрізняють мови програмування і проектування.

Мови програмування. Для написання програмного забезпечення призначені мови програмування; вони є засобом розробника САПР.

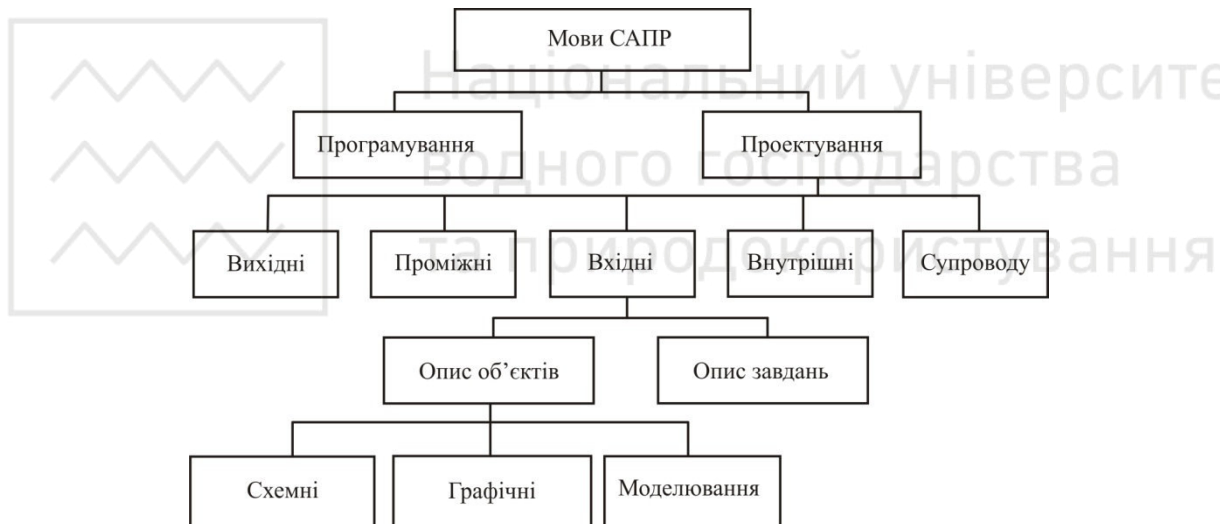


Рис. 7.1. Класифікація мов САПР



До мов програмування пред'являють вимоги зручності використання, універсальності і ефективності об'єктних програм (програм, одержаних після трансляції на машинну мову). Зручність використання виражається у витратах часу програміста на освоєння мови і головним чином на написання програм на цій мові. Універсальність визначається можливостями мови для опису різноманітних алгоритмів, характерних для програмного забезпечення САПР, а ефективність об'єктних програм - властивостями використовуваного транслятора, який залежать від властивостей мови. Ефективність оцінюється витратами машинного часу і пам'яті на виконання програм.

З позицій універсальності і ефективності об'єктних програм найкращими властивостями володіють машинно-орієнтовані мови, які називають мовами асемблера, або автокодами. Проте мови асемблера незручні для людини, оскільки їх використання знижує продуктивність праці програмістів. Вони застосовуються для розробки лише тих модулів програмного забезпечення САПР, які вимагають для свого виконання великих обчислювальних ресурсів, що істотно впливають на загальні витрати машинного часу і пам'яті.

Серед алгоритмічних мов високого рівня, створених на ранніх етапах розвитку обчислювальної техніки, найбільшого поширення набула мова Fortran. Її порівняльна простота обумовлює легкість освоєння і достатньо високу ефективність об'єктних програм при рішенні задач чисельного аналізу. Програмне забезпечення багатьох раніше розроблених та існуючих САПР створено в основному з використанням цієї мови програмування.

Проте мова Fortran має обмежені можливості для сучасних складних алгоритмів логічного характеру, тому при створенні таких програм, як монітори або мовні процесори, використовують або мови асемблера, або мови високого рівня з розвиненими можливостями опису різних процедур (Pascal, PL, ADA, C, C++).

Мови проектування. Для опису інформації про об'єкти і завдання проектування призначені мови проектування. Більшість з них відноситься до засобів користувача САПР. Серед мов проектування виділяють мови вхідні, вихідні, супроводу, проміжні і внутрішні.

Вхідні мови служать для завдання початкової інформації про об'єкти і постановки завдання на проектування, вони включають мови опису об'єктів і мови опису завдань. Перші призначені для



опису властивостей проєктованих об'єктів, другі - для опису завдань на виконання проєктних операцій і процедур.

З рис. 7.1 видно, що мови опису об'єктів поділяються на схемні, графічні і моделювання. Усунення вказаних вище недоліків виконується в програмних системах, структура яких пояснюється на рис. 7.2. При цьому вводиться універсальна проміжна мова, що відображає особливості широкого класу проєктованих об'єктів і вузькоспеціалізовані вхідні мови, орієнтовані на розробників об'єктів, які складаються з деяких підкласів.

Користувач складає опис на вхідній мові - це опис за допомогою спеціальної транслючої програми – конвертора і перекладається проміжною мовою. Далі працює основний транслятор, що переводить опис завдання з проміжної мови в об'єктну робочу програму. Перевага дворівневого лінгвістичного забезпечення, яке показано на цій схемі полягає в тому, що програмна система порівняно легко настраюється на нові підкласи об'єктів. Для включення в систему нової вхідної мови досить розробити тільки конвертор з цієї мови на проміжну, а найбільш складна частина системи, основний мовний процесор, залишається без змін.

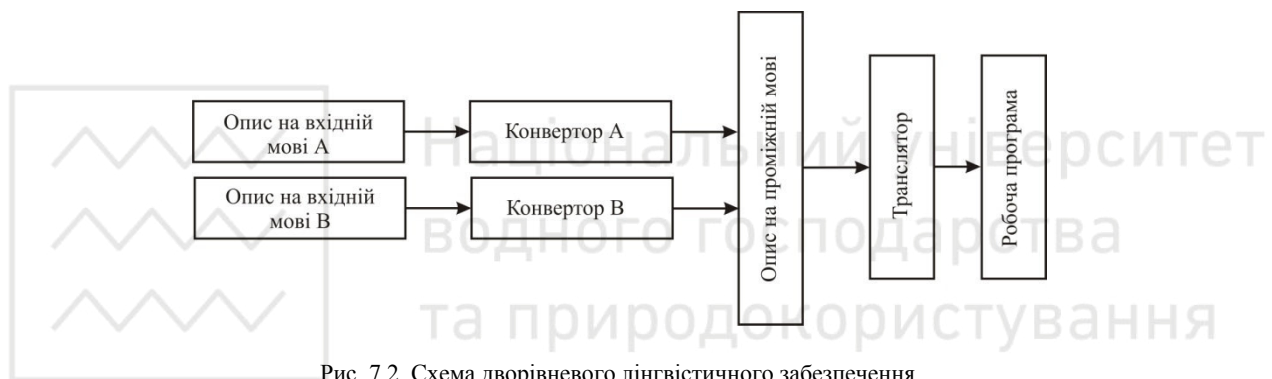


Рис. 7.2. Схема дворівневого лінгвістичного забезпечення

Внутрішні мови з'являються в результаті прагнення уніфікувати форми представлення інформації усередині ЕОМ, що полегшує вирішення проблем інформаційного узгодження різних програм у САПР.

Мови процедурні і не процедурні. Мови проєктування призначені для опису процесів, що розвиваються у часі, зазвичай виявля-



ються близькими до мов опису алгоритмів і називаються *процедурними* мовами. Мови проектування призначені для опису структур проєктованих об'єктів, називаються *не процедурними* мовами. Як правило, для користувача САПР не процедурні мови зручніші. З їх допомогою безпосередньо описується початкова схема або креслення, користувачеві потрібно лише дотримуватись правил мови не піклуючись про розробку моделюючого алгоритму. Формальний характер перекладу початкового рисунка схеми у текст на не процедурній мові полегшує розробку програмного забезпечення інтерактивних графічних систем у яких початкова інформація про об'єкт формується користувачем безпосередньо у вигляді рисунка на екрані дисплея. Кодування зображення відповідно до правил не процедурної мови здійснюється автоматично.

Діалогові мови. Важливе значення для САПР мають діалогові режими роботи користувача з ЕОМ. Лінгвістичне забезпечення діалогових режимів представляється діалоговими мовами. Фактично діалогова мова об'єднує в собі засоби мов вхідного і вихідного супроводу та служить для оперативного обміну інформацією між людиною і ЕОМ. Розрізняють пасивний і активний діалогові режими і відповідно активні і пасивні діалогові мови.

У пасивному діалоговому режимі ініціатива діалогу належить ЕОМ. Переривання обчислювального процесу в потрібних місцях виконання процесу проектування і звернення до користувача здійснюються за допомогою діалогових програмних засобів, втілених у моніторній системі САПР. Звернення ЕОМ до користувача можуть бути наступних типів: запит, інформаційне повідомлення, підказка.

Запити передбачаються в тих випадках, коли від людини потрібне або завдання початкових даних, або вибір між обмеженими багатьма можливими продовженнями проектування. При запиті початкових даних ЕОМ висвічує на екрані дисплея шаблон, що складається з питання і порожніх позицій у які користувач повинен помістити відповідні числа або фрази. При запиті варіанту подальшого проектування на екрані висвічується меню - питання і декілька поіменних варіантів відповіді. Користувачеві досить вказати ім'я вибраної з меню відповіді.

Інформаційні повідомлення використовуються для передачі користувачеві проміжних і остаточних результатів вирішення, відомостей про стан його завдання. На ці повідомлення не потрібна реак-



ція користувача.

Підказки застосовуються в тих випадках, коли дії користувача помилкові, наприклад порушуються формальні правила мови.

У активному діалоговому режимі ініціатива початку діалогу може бути двосторонньою - можливі переривань обчислювального процесу є і у ЕОМ, і у користувача. Активні діалогові мови можуть бути близькими до природної мови людини, але з обмеженим набором можливих слів і фраз. Для активного діалогу потрібне істотно складніше програмне забезпечення, ніж для пасивного.

7.2. Мовні засоби машинної графіки

Лінгвістичне забезпечення процесу геометричного проектування призначене для надання проектувальнику потужних і зручних засобів формування, зберігання, перетворення і вводу-виводу графічної інформації.

Комплекс програм відображення геометричної інформації включає програми перетворення вхідної інформації у команди управління пристроями відображення.

У нього входять:

- програми-транслятори, що перетворюють початкову інформацію у форму, зручну для машинної обробки;

- програми графічних операцій, до яких звертаються відтрансльовані проблемні програми (прикладом графічних операцій є переклад креслення або його частини в інший масштаб, нанесення штрихування у розрізі або перетині, формування розміру з нанесенням виносних і розмірних ліній, стрілок і т.д.);

- програми створення архіву графічних документів, які дозволяють використовувати типові графічні фрагменти у процесі роботи проблемних програм з метою включення їх у зображення об'єкту; одержане повне креслення об'єкту може бути поміщене у графічний архів для подальшого неодноразового використання;

- проблемні програми, що забезпечують відтворення креслення або його фрагмента;

- управляючі програми, які здійснюють зв'язок між програмами і управління креслярсько-графічною підсистемою.

Сформована проблемними програмами інформація містить всі необхідні для автоматичного відображення дані, які можна безпосе-



редньо перетворити в програми управління пристроями відображення, але робити це недоцільно з наступних причин:

- у рішенні різних задач одні і ті ж програми графічних операцій реалізуються в різній послідовності і лише після виконання останньої програми інформацію необхідно перетворити в команди графічного пристрою або дисплея;
- результат може відображатися на декількох графічних пристроях, що мають різні системи команд управління, наприклад, сформоване креслення можна спочатку відобразити на екрані дисплея, візуально перевірити, а потім дати вказівку викреслити робоче креслення на графічному пристрої;
- відображення може проводитися по частинах або повністю, безпосередньо після формування графічного елемента або з будь-якою затримкою у часі;
- набір програм графічних операцій і системи команд пристроїв відображення можуть з часом змінюватися, при цьому комплекс проблемних програм машинної графіки не повинен піддаватися докорінним змінам;
- взаємодія ЕОМ з різними графічними пристроями є складним процесом у якому разом зі специфічними для кожного пристрою діями є багато загальних рис.

У зв'язку з цим результати роботи проблемних програм записуються на деякій проміжній мові, яка не є мовою команд пристроїв відображення, але дозволяє при необхідності швидко перетворити дані в команди управління графічного пристрою або дисплея. Таке перетворення здійснюється програмним блоком постпроцесорів.

Окрім програми постпроцесора існує програмний блок зв'язку ЕОМ з пристроями відображення. Саме ці програми необхідно певним чином допрацьовувати при включенні в підсистему графічних пристроїв нових засобів відображення. Решта всіх програмних засобів є інваріантними по відношенню до комплексу технічних засобів машинної графіки. Така структура програмного забезпечення робить її гнучкою і швидко пристосовуваною до складу конкретної САПР.

Слід зазначити, що загальносистемне програмне забезпечення машинної графіки базується на загальносистемному програмному забезпеченні САПР і повинно включати або спеціальні пакети програм, або спеціалізовані мови для опису і введення графічної інфо-



рмачії з відповідними трансляторами.

Перші спроби створення і використання програмного забезпечення для формування і вводу-виводу графічної інформації відносяться до періоду виникнення пристроїв відображення графічної інформації, у цей же час були створені програмні засоби машинної графіки першого покоління. Вони являються пакетами підпрограм, що викликаються з основної програми, написаної на одній з алгоритмічних мов високого рівня і призначених для формування графічного зображення будь-якого елемента (графічного примітиву) або виконання заданого графічного перетворення. Об'єктні модулі цих підпрограм зведені в спеціальний бібліотечний файл звідки можуть бути викликані при компоновці основної програми. Елементами мови в цьому випадку є найменування вказаних підпрограм. Мовні засоби машинної графіки першого покоління реалізують двовимірну (плоску) графіку.

Найбільшу популярність серед програмних засобів першого покоління здобув пакет ГРАФОР. Він дозволяє викреслювати графічні примітиви (вектор, дуга, текст різного вигляду, маркери).

До мовних (програмних) засобів машинної графіки другого покоління відносяться також пакети підпрограм, що реалізують формування графічних зображень. Принципова різниця в порівнянні з програмними засобами машинної графіки першого покоління полягає у тому, що основою для пакетів програм другого покоління є просторова (тривимірна) графіка. У іншому мовні засоби цих поколінь схожі. У даний час мовні засоби машинної графіки першого і другого поколінь з метою автоматизації проектування не застосовуються.

До сучасних засобів машинної графіки, які складають основу більшості САПР відносяться мовні засоби третього покоління, що реалізують інтерактивну машинну графіку. Процес формування і перетворень графічного зображення ведеться на екрані графічного дисплея у режимі діалогу проектувальника з графічною системою. При цьому формуються графічні зображення об'єктів будь-якої складності в тривимірному просторі. Елементами мови у цьому випадку є проблемно-орієнтовані меню, які керуються переміщенням курсору.



Тема 8. Інформаційне забезпечення САПР

8.1. Загальні поняття про інформаційне забезпечення

Одним з умов успішного функціонування САПР є наявність необхідної інформації. Під *інформаційним забезпеченням САПР* розуміється документи, що містять описи стандартних проектних процедур, типових проектних рішень, типових елементів комплектуючих виробів, матеріалів і інші дані, а також файли і блоки даних на машинних носіях із записом вказаних документів.

Основним завданням інформаційного забезпечення процесів проектування є своєчасна видача на запит повної і достовірної інформації, що приводить до виконання певної частини процесу проектування.

Виходячи з цього до інформаційного забезпечення САПР пред'являються наступні вимоги:

- забезпечення інформацією як автоматизованих так і ручних процесів проектування;
- зберігання і пошук інформації яка представляє результат ручних і автоматизованих процесів проектування.
- забезпечення достатнього об'єму сховищ інформації, при цьому структура системи повинна допускати можливість нарощування місткості пам'яті разом із зростанням об'єму інформації, яка підлягає зберіганню одночасно повинні забезпечуватися компактність інформації, що зберігається і мінімальне зношення носіїв інформації;
- швидкодія системи інформаційного забезпечення завдяки якій час отримання інформації проектувальниками значно менший часу необхідного для отримання цієї ж інформації традиційними засобами;
- можливість швидкого внесення змін і коректування інформації, доведення цих змін до споживача і отримання твердої копії документа.

При створенні інформаційного забезпечення основна проблема полягає у перетворенні інформації необхідної для виконання проектно-конструкторських робіт над даним класом об'єктів в прийнятну і раціональну для машинної обробки форму.

Основа інформаційного забезпечення САПР складає сукупність



різноманітних даних, які використовуються у процесі проектування. При проектуванні складного об'єкту у якому бере участь більш ніж один проектувальник дані, які необхідні кожному з них повинні бути легко доступні одночасно всім.

Дані - це відомості про деякі факти, що дозволяють робити певні висновки. Взаємозв'язані дані часто називають системою даних, а дані, що зберігаються - інформаційним фондом. Основне призначення інформаційного забезпечення - надавати користувачам САПР достовірну інформацію у необхідному їм вигляді.

На початку розвитку обчислювальної техніки дані зберігалися на перфострічках або перфокартах, які могли прочитуватися електронним устаткуванням. Для обробки даних існували спеціальні прикладні програми, що були незалежними програмними одиницями.

З часом устаткування і використовувані для експлуатації систем електронної обробки даних та процедури істотно ускладнилися. Як інформаційні носії у даний час переважно використовуються магнітні і оптичні носії, що відрізняються більшою на декілька порядків щільністю запису. Стало можливим використовувати як незалежні інформаційні системи так підсистеми складніших систем.

Головна мета інформаційного забезпечення - надання по запити зацікавленого користувача достовірної інформації у відповідний час.

Щоб зрозуміти процес електронної обробки даних необхідно знати ряд термінів, які застосовуються при їх описі і представленні.

Предметна область може відноситися до будь-якого типу організації (банк, університет, лікарня, завод) або автоматизованої системи. Для предметної області САПР потребуватиметься інформація характерна для даної області проектування.

Об'єктом може бути будь-який предмет, подія, поняття тощо, про який наводяться дані.

Кожен об'єкт характеризується певною кількістю основних *атрибутів*. Наприклад, конструкційний матеріал характеризується щільністю, міцністними параметрами, тепло- і електропровідністю і ін. Атрибут називають також елементом даних, полем даних або просто полем. Відомості, що містяться в кожному атрибуті, називають значеннями даних.

Значення даних представляють дійсні дані, що містяться в кожному елементі даних ними можуть бути конкретні величини згада-



них вище характеристик конструкційного матеріалу.

Серед атрибутів є такі за значеннями яких можлива ідентифікація об'єкту. Атрибути за значеннями яких визначають значення інших атрибутів, називають ідентифікаторами об'єкту, або *ключовими елементами даних*. Причому, один і той же об'єкт можуть ідентифікувати декілька елементів даних. Їх тоді вважають кандидатами в ідентифікатори. Проблему вибору ідентифікатора з декількох кандидатів вирішує користувач САПР. Наприклад, знаючи яку-небудь з характеристик конструкційного матеріалу можна визначити вид цього матеріалу і його властивості.

Сукупність значень зв'язаних елементів даних утворює *запис даних*. У приведеному вище прикладі з конструкційним матеріалом такими елементами даних є позначення і чисельні значення його властивостей. Впорядковану сукупність записів даних називають *файлом даних*, або *набором даних*.

8.2. Банки даних

Найбільш високою формою організації інформаційного забезпечення для великих систем є банки даних, що являють собою сукупністю засобів для централізованого накопичення і колективного використання даних у САПР. *Банк даних* є проблемно-орієнтованою інформаційно-довідковою системою, яка забезпечує введення необхідної інформації, автономно від завдань ведення і збереження інформаційних масивів та видачу необхідної інформації за запитом користувача або програми. Банк даних може бути визначений як система програмних, мовних, організаційних і технічних засобів призначених для зберігання і багатоцільового використання інформації.

Банки даних повинні забезпечувати:

- скорочення часу пошуку даних;
- багатократність використання даних;
- простоту і зручність звернення до даних користувачів;
- достовірність зберігання даних.

Основними частинами банку даних є база даних (БД), що являє собою систематизовані взаємозв'язані сукупності даних і систему управління базами даних (СУБД), що забезпечує необхідні маніпуляції з інформаційними масивами. Дані, які можуть використовувати



тися при функціонуванні САПР або є результатом її роботи утворюють БД системи.

База даних – це самі дані, що знаходяться у запам'ятовуючих пристроях ЕОМ і структуровані відповідно до прийнятих у даному банку даних правил.

Система управління базами даних - сукупність програмних засобів, що забезпечують функціонування банку даних. За допомогою СУБД проводиться запис даних в БД, їх вибірка по запитах користувачів і прикладних програм, забезпечується захист даних від спотворень і несанкціонованого доступу і т.п. Файли даних найчастіше спеціально створюються для використання конкретними програмами (підпрограмами), які реалізують введення даних з файлу у певній послідовності.

До недоліків розміщення даних певних предметних САПР у файлах даних можна віднести наступні.

Надмірність даних. Деякі елементи даних, що необхідні для САПР використовуються в багатьох прикладних програмах. Оскільки дані потрібні декільком прикладним програмам вони часто записуються в декілька файлів, при цьому одні і ті ж дані зберігаються в різних місцях. Таке положення називають надмірністю даних. Воно робить проблематичним забезпечення несуперечності даних і обумовлює недолік - складність в управлінні.

Проблеми несуперечності даних. Однією з причин порушення несуперечності даних є їх надмірність, що пов'язана зі зберіганням однієї і тієї ж інформації в декількох місцях. При необхідності оновлення інформації її потрібно змінити у всіх файлах. У результаті про один і той же об'єкт наочної області в різних місцях зберігається різна інформація.

Обмеження по доступності даних. У сучасних умовах особа з відповідними правами доступу повинна мати можливість одержати дані за прийнятний відрізок часу. Якщо ж дані містяться в різних файлах доступність даних, що утворені з цих файлів обмежена.

Для вирішення вищезгаданих проблем були розроблені системи з базами даних, що є сукупністю спеціально організованих даних розрахованих на застосування у великій кількості прикладних програм конкретної наочної області робота з якими забезпечується спеціальним пакетом прикладних програм - системою управління базами даних з метою створення масивів даних, їх оновлення і



отримання довідок.

Основна відмінність БД від файлу даних полягає в тому, що файл даних може мати декілька призначень, але відповідає одному уявленню про збережені дані, БД також має декілька призначень, але відповідає різним уявленням про збережені дані.

Програмний модуль, що входить в склад САПР при своїй роботі звертається за необхідною інформацією не до якогось масиву інформації, як це мало місце в автономних програмах, а до СУБД. Остання організує пошук необхідної інформації в складній інформаційній структурі - БД, а впорядкування і представлення цієї інформації в необхідному об'ємі представляється відповідному модулю.

Відмінність у методах використання файлів даних і БД проілюстрована на рис. 8.1 і 8.2.

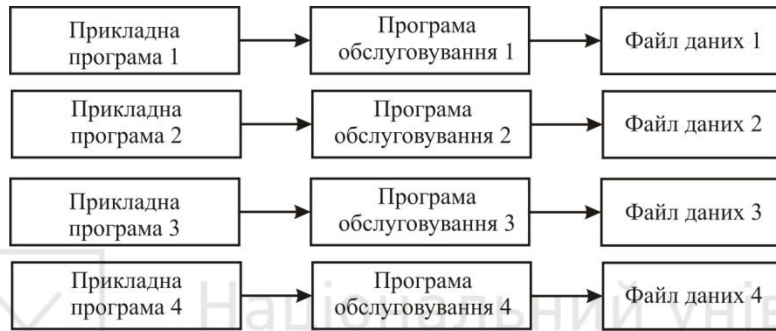


Рис. 8.1. Відповідність між прикладними програмами і файлами даних



Рис. 8.2. Використання універсальних методів доступу



Основні вимоги до БД наступні:

- цілісність даних - їх несуперечність і достовірність;
- універсальність, тобто наявність у БД всіх необхідних даних і можливості доступу до них в процесі вирішення проектної задачі;
- відкритість БД для внесення до неї нової інформації;
- наявність мов високого рівня взаємодії користувачів з БД;
- секретність, тобто неможливість несанкціонованого доступу до інформації і її змін;
- оптимізація організації БД - мінімізація надмірності даних.

Одним з принципів побудови САПР є інформаційна узгодженість частин її програмного забезпечення, тобто придатність результатів виконання однієї проектної процедури для використання іншою проектною процедурою без їх трудомісткого ручного перетворення користувачем. Звідси витікають наступні умови інформаційної узгодженості:

- використання програмами однієї і тієї ж підсистеми САПР єдиної БД;
- використання єдиної внутрішньої мови для представлення даних.

Комплексна автоматизація процесу проектування об'єкту передбачає інформаційну узгодженість не тільки окремих програм підсистем САПР, але і самих підсистем між собою. Способом досягнення цієї узгодженості є єдність інформаційного забезпечення.

Основні способи інформаційного узгодження підсистем САПР досягаються або створенням єдиної БД, або сполученням декількох БД за допомогою спеціальних програм, які перекодовують інформацію приводячи її до необхідного вигляду.

Складність розробки БД визначається тим, що формування структури БД можливе тільки після розробки алгоритмів, що реалізуються при проектуванні. При цьому необхідно, щоб ступінь розробки алгоритмів був доведений до машинної реалізації, оскільки структура БД повинна зважати на специфіку автоматизованого перетворення інформації при вирішенні проектних задач, з метою ефективного використання обчислювальної техніки. Проте для розробки програм необхідні відомості про структуру БД. Отже, інформаційне забезпечення САПР і спеціальне програмне забезпечення повинні створюватися паралельно.

Інформація, яка використовується при проектуванні може бути



розділена на статичну і динамічну (рис 8.3). Статична інформація характеризується порівняно рідкісними змінами і використовується тільки в режимі читання. До цієї інформації слід віднести дані технічного завдання на проектування і довідкові дані, які характеризуються великим об'ємом. Формування, завантаження і коректування довідкових даних здійснюються виключно адміністратором бази даних, тобто програмістом системного профілю, що формує БД. Об'єм даних технічного завдання на проєктований об'єкт значно менший об'єму довідкових даних. Коло осіб, які мають право вносити зміни в дані технічного завдання більш обмежено ніж коло осіб, які мають право проводити коректування довідкових даних.

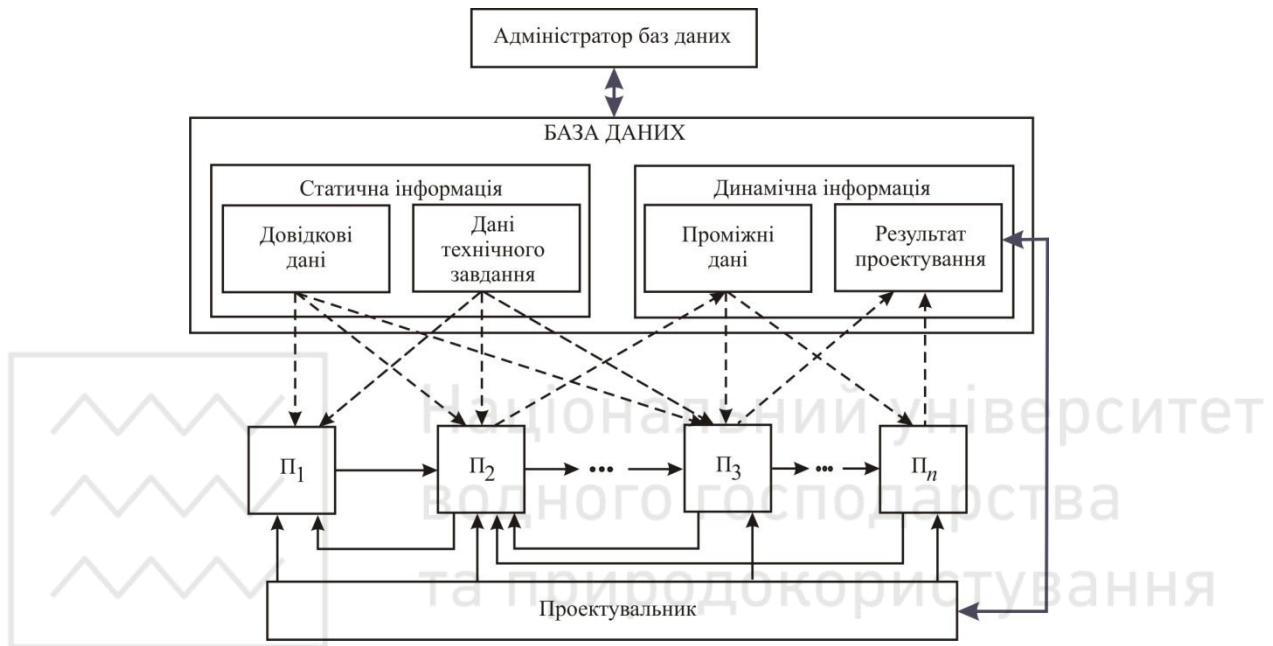


Рис. 8.3. Інформаційна схема проєктування:
 Π_n – елементарний процес проєктування; $\leftarrow \dots \rightarrow$ - інформаційні зв'язки;
 \longrightarrow - керуючі зв'язки; \longleftrightarrow - аналіз результатів

Динамічна інформація складається з даних, які накопичені для виконання певних процесів проєктування (проміжні дані) і даних, що є результатом проєктування при виконанні цих процесів. Про-



Міжні дані змінюються при функціонуванні САПР. Вносити корективи до проектних результатів має право тільки головний конструктор проекту при відповідному обґрунтуванні.

Широко використовується у САПР фактографічна інформація, яка складає основу БД. Ця інформація є числовими і літерними довідковими даними про матеріали, ціни, комплектуючі вироби спроектовані у САПР, їх зарубіжні і вітчизняні аналоги і т.п. Сюди ж відносяться дані, необхідні для виконання розрахунків: коефіцієнти, таблиці, апроксимовані графічні залежності і т.д.

При формуванні БД в першу чергу належить дослідити інформацію, яка використовуватиметься для вирішення проектно-конструкторських завдань. До цього слід підходити з двох позицій: з погляду корисності інформації, з позиції ефективності обробки інформації і пропускнуєї спроможності обчислювальної техніки та людини.

СУБД виступає як сукупність програмних засобів, призначених для створення, ведення і сумісного використання БД багатьма користувачами, вона повинна забезпечувати:

- ефективне виконання різних функцій наочної області;
- простоту фізичної реалізації БД;
- можливість централізованого і децентралізованого управління БД;

- мінімізацію надмірності зберезуваних даних;
- надання користувачеві за його запитом несуперечливої інформації;
- простоту розробки, ведення і вдосконалення прикладних програм.

СУБД реалізує два інтерфейси:

- між логічними структурами даних у програмах і БД;
- між логічною і фізичною структурами БД.

Структурна схема СУБД приведена на рис. 8.4. Маніпулятор є ядром СУБД. У його функції входить управління компонентами системи, організація їх взаємодії, здійснення зв'язку з операційною системою ЕОМ і адміністратором банку даних, виконання основних операцій над БД, контроль і захист цілісності та секретності даних, редагування виводу, кодування (декодування) і стиснення (розширення) даних, збір статистики і ведення протоколу.



Рис. 8.4. Структурна схема СУБД

Адміністратор банку даних здійснює зовнішню координацію всієї роботи банку і виконує дії, які не піддаються формалізації. Перш за все він відповідає за розробку концептуальної моделі наочної області. Концептуальна модель повинна бути трансформована в модель даних, що підтримується конкретною СУБД. Отже, адміністраторові необхідно спроектувати логічну модель. Виходячи з логічної моделі він повинен спроектувати фізичну (внутрішню) модель, яка забезпечуватиме необхідні операційні характеристики. Таким чином, у його фікції входить створення БД, узгодження їх вимозі користувачів, управління завантаженням баз, розподіл паролів та інше.

Запит який надійшов у банк даних проходить етап попередньої обробки, на якому здійснюється синтаксичний і логічний контроль, що включає перевірку пароля абонентів, неприпустимих поєднань ознак і т.д. При виявленні помилок запит до подальшої обробки не приймається, а на друк видається інформація про помилки.

Наступний етап - інтерпретація запиту - полягає в розпізнаванні виду запиту: на видачу показника і документів, на формування робочих масивів, на зміну або поповнення БД. На цьому етапі запит з мови запитів перекладається на мову маніпулювання даними.

Відповідно до пошукового розпорядження відбуваються звернення до робочої області пам'яті і вибірка шуканих даних або коректування даних в базі. Знайдені в БД дані ретельно контролюються і аналізуються, потім редагуються, а на друк видається інформація про помилки.



Розробка банків даних і їх основних інваріантних компонентів, тобто СУБД, є складним завданням, що вимагає значних витрат часу і високої кваліфікації розробників у області системного програмування. У зв'язку з цим при побудові інформаційного забезпечення САПР конкретних технічних об'єктів на основі банків даних необхідно зробити аналіз існуючих банків даних і застосовувати у САПР розроблені раніше. Слід мати на увазі, що інформаційне забезпечення САПР може бути організоване і на основі більш простої, але спеціально розробленої інформаційної структури. Подібні орієнтовані інформаційні структури при відносній простоті і невисоких вимогах до конфігурації технічних засобів можуть реалізувати набір необхідних функцій по обробці даних для чого повинне бути розроблене необхідне програмне забезпечення.

Така альтернатива до використання банків даних пояснюється тим, що універсальні інформаційні системи у вигляді банків даних розраховані на рішення задач з великою номенклатурою різних параметрів і характеристик об'єктів тому застосування їх при створенні САПР з відносно невеликою номенклатурою даних виявляється недоцільним або неможливим.

Однією з найважливіших характеристик СУБД є модель даних, яка нею підтримується. Існують три моделі даних: ієрархічна, мережева і реляційна. Вибір тієї або іншої моделі даних для побудови інформаційного забезпечення САПР залежить від вимог, які пред'являються до інформаційної бази створюваною САПР.

Велике значення при виборі СУБД мають засоби взаємодії користувачів з БД. Непрограмісти якими є більшість користувачів САПР взаємодіють з БД за допомогою мов маніпулювання даними з використанням засобів телеобробки. При цьому, СУБД САПР повинна включати мову маніпулювання даними, що доступні непрограмістові і засоби доступу до даних через термінал.

При виборі для САПР відповідної СУБД слід враховувати наступні вимоги:

- можливість забезпечення мультипрограмного режиму;
- незалежність даних від конкретних пакетів програм;
- наявність засобів, що дозволяють скоротити дублювання даних в інформаційній базі;
- можливість відновлення БД;
- сумісність СУБД з операційною системою ЕОМ і т.д.



Бази даних організуються на основі принципів системного підходу, що передбачає:

- не надмірність даних;
- незалежність даних від програм рішення задач;
- вибір структур даних, орієнтованих на всі вирішувані системою завдання;
- можливість доповнення, розвитку і оновлення даних;
- типізація алгоритмів обробки даних.

Організація, структура і склад БД залежать від інформаційних моделей проєктованих об'єктів від методів отримання проєктних рішень і від використовуваних у САПР технічних та програмних засобів. З іншого боку, всі перераховані чинники залежать від структури БД. Основною особливістю БД в порівнянні з масивами записів є наявність зв'язків між структурними одиницями даних.

Бази даних іноді визначають як не надлишкову сукупність елементів даних. Деякі записи повторюються для того щоб забезпечити можливість відновлення даних при їх випадковій втраті. У цьому випадку має місце мінімальна надмірність БД.

Бази даних є об'єктом, що постійно розвивається (до них додаються нові записи, а у існуючі включаються нові елементи даних). З метою підвищення ефективності функціонування БД змінюється їх структура. Використовувані на практиці способи побудови БД реалізуються у вигляді ієрархічних (деревовидних), мережових або реляційних моделей (моделей відносин) даних.

Тема 9. Технічне і організаційно-методичне забезпечення

9.1. Технічні засоби САПР

Сукупність всіх технічних засобів, що використовуються при експлуатації САПР утворюють *технічне забезпечення*. Компонентами технічного забезпечення є пристрої обчислювальної і організаційної техніки, засоби передачі даних, вимірювальні та інші пристрої або їх поєднання, що забезпечують функціонування САПР. Ці компоненти повинні створюватися на базі серійних засобів обчислювальної техніки загального призначення та інших сучасних технічних засобів.

Основою технічного забезпечення більшості сучасних САПР є



універсальні або спеціалізовані персональні комп'ютери. Спектр персональних комп'ютерів, які використовуються у САПР по конфігурації, технічних можливостях, виконанню та функціях дуже широкий.

Основною сучасною формою організації роботи САПР є мережева форма. При цьому, персональний комп'ютер утворює основу технічного забезпечення відповідного автоматизованого робочого місця (АРМ).

АРМ користувача САПР найчастіше створюють на базі універсальних персональних комп'ютерів достатньої потужності, конфігурація яких може бути орієнтована на рішення відповідного кола технологічних задач. Як правило, такі комп'ютери є стаціонарними і включають процесорний блок, монітор для відображення графічної і текстової інформації, клавіатуру і мишу.

Адміністративні працівники і керівники технологічних підрозділів підприємств часто використовують на своїх робочих місцях високопродуктивні мобільні комп'ютери (ноутбуки) у яких процесорний блок, монітор і клавіатура виконані в єдиному зручному для переміщення корпусі. Такі комп'ютери можуть експлуатуватися і в мережі системи і автономно як на стаціонарному так і у будь-якому іншому місці.

Сервером називають комп'ютер, який має можливість обслуговувати комп'ютери, що приєднані до нього. Функції сервера різноманітні, проте найважливішою з них для САПР є функція файл-сервера.

Файл-сервер має постійну пам'ять великої місткості до якої можуть мати доступ всі комп'ютери мережі. Переваги такої схеми полягають у тому, що інформація зберігається централізовано, а не розподілена по комп'ютерах різних співробітників, при цьому, вона доступна з будь-якого комп'ютера, підключеного до сервера (а це можуть бути і віддалені комп'ютери, які під'єднуються до сервера по захищеній телефонній лінії). Ще однією особливістю сервера є висока надійність зберігання інформації, оскільки сервери захищені від збоїв та інших неполадок. Навіть у разі повного виходу з ладу будь-якого з жорстких дисків сервера існують методи повного відновлення інформації.

Для виконання завдань технологічного проектування, підтримки СУБД, управління виробничими ресурсами застосовують потужні



багатопроцесорні сервери.

Для тривимірного моделювання складних об'єктів застосовують потужні багатопроцесорні графічні станції, що є спеціалізованими комп'ютерними системами, що включаються до складу технічного забезпечення САПР.

Основним елементом персонального комп'ютера є процесор. Найважливішими характеристиками сучасних процесорів персональних комп'ютерів є платформа, розрядність, частота, об'єм пам'яті процесора (кеш), шина, енергоспоживання і ціна.

На сучасному ринку процесорів домінують два основні виробники процесорів для персональних комп'ютерів - фірми Intel і AMD. Науково-технічний прогрес викликає безперервну зміну як сімейств процесорів, так і їх характеристик.

Для виводу готових проектних рішень на друк використовують друкуючі пристрої серед яких найбільш поширені плотери. *Плотерами* називають широкоформатні друкуючі пристрої, призначені для виведення на друк графічних зображень або креслень. У САПР застосовують струменеві (CalComp, Encad, Hewlett Packard, Summagraphics, Mutoh), електростатичні (Xerox, CalComp) і твердовоскові плотери (Laser Master). Найбільший інтерес для використання у САПР представляє струменеві плотери. Електростатичні плотери швидші за струменеві, на них можна отримувати вологостійкі зображення, проте вони на порядок дорожче струменевих. Плотери на твердовоскових чорнилах дають дуже високу якість зображення, але воскове чорнило не витримує навіть слабких механічних впливів (подряпини) і не виносить температурних навантажень - обтікають на сонці і не витримують гарячого ламінування.

Існують три різновиди струменевих плотерів - монохромні, кольорові (повнокольорові) та з можливістю кольорового друку, найбільш відповідні для отримання креслень з кольоровими лініями і технологічних ескізів.

Струменеві плотери (рис. 9.1) не зовсім влаштовують користувачів при великих об'ємах виведеної графічної інформації. Продуктивнішими є плотери прямого виводу або лазерні. У плотерах прямого виводу зображення створюється довгою (на всю ширину плотера) «гребінкою» мініатюрних нагрівачів. Кожен нагрівач має самостійне управління. Коли термопапір рухається уздовж «гребінки», вона міняє колір в місцях нагріву. Сучасний термопапір дає природний



чорний колір, а зображення виходить монохромним. Простота механізму друку гарантує швидкість і надійність у роботі. Використання плотерів прямого виведення зображення дозволяє досягти продуктивності 50 листів формату А0 у день.



Рис. 9.1. Широкоформатний струменевий плотер

Лазерні плотери базуються на електрографічній технології в основу якої покладені фізичні процеси внутрішнього фотоефекту в світлочувливих напівпровідникових шарах селеномістких матеріалів і силової дії електричного поля. Селен в темноті може бути заряджений до потенціалу в сотні вольт. Промінь світла знімає цей заряд створюючи електростатичне зображення, яке візуалізується намагніченим дрібнодисперсним тонером, а потім переноситься на папір.

Як проміжний носій в лазерних принтерах і плотерах використовують барабан, що обертається. Заряджені області барабана притягають сухий тонер, який потім переноситься на папір, що проходить під барабаном. Після чого частинки тонера запікаються створюючи зображення.

9.2. Технічні компоненти САПР

Для реалізації комп'ютерно-орієнтованого підходу до проекту-



вання і виробництва, описаного вище, потрібне спеціальне апаратне і програмне забезпечення.

Апаратне забезпечення. Графічні пристрої складаються з дисплейного процесора, пристрою відображення або дисплейного пристрою (монітор) і одного або декількох пристроїв введення. Дисплей (монітор) є екраном, на який виводиться графічне зображення проте виведення конкретного зображення на екран виконується дисплейним процесором. Іншими словами, дисплейний процесор одержує сигнали, якими кодує графічні команди і генерує електронні пучки направляючи їх у потрібне місце монітора утворюючи необхідне зображення.

До складу графічних пристроїв зазвичай входить один або декілька пристроїв введення. Крім клавіатури до них відносяться миша, спейсбол, цифровий планшет, 3D-маніпулятори та інші пристрої (рис. 9.2). Вони покликані забезпечувати інтерактивному маніпулюванню формами, даючи користувачеві можливість вводити графічні дані в комп'ютер безпосередньо.

Векторні графічні пристрої з'явилися у середині 60-х рр. XX ст., складаються з дисплейного процесора, дисплейного буфера пам'яті і електронно-променевої трубки. Основні принципи їх функціонування коротко можна описати таким чином.

Дисплейний процесор зчитує дисплейний файл (display list), який є послідовністю кодів, що відповідають графічним командам. Дисплейний файл зберігається в розділі пам'яті, який називається дисплейним буфером (display buffer). Дисплейний процесор здійснює також завантаження дисплейного файлу в дисплейний буфер.

Растрові графічні пристрої з'явилися у середині 70-х рр. XX ст. у результаті широкого розповсюдження телевізійних технологій. З тих пір вони стали основним видом графічних пристроїв завдяки високому співвідношенню «якість - ціна». Основні принципи їх функціонування коротко можна описати таким чином.

Дисплейний процесор приймає графічні команди від додатку, перетворює їх у точкове зображення, або растр, після чого зберігає растр в розділі пам'яті, який називається буфером кадру (frame buffer). Зрозуміти принцип утворення растрового зображення можна якщо подивитись на зображення з телевізійного екрану зблизька. Розміри точок визначається встановленою роздільною здатністю. Растрові графічні пристрої повинні зберігати в своїй пам'яті зобра-



ження у вигляді растру, на відміну від векторних, які зберігають лише дисплейні файли. Тому вимоги до пам'яті у цих двох видів пристроїв відрізняються, як і методи оновлення зображення на екрані.



Рис. 9.2. Пристрої введення графічної інформації:
a – цифровий планшет (диджитайзер) з маніпулятором миша;
б – спейсбол; *в* – 3D-маніпулятор; *г* – маніпулятор типу CadMan



9.3. Конфігурація апаратних засобів

Графічні пристрої описані вище найчастіше об'єднуються в кластер, розрахований на обслуговування багатьох користувачів. Існує три основні варіанти конфігурації такого кластера.

Перша конфігурація складається з мейнфрейма (mainframe) і багатьох графічних пристроїв (рис. 9.3). Графічні пристрої підключаються до мейн-фрейма так, як і алфавітно-цифрові термінали в звичайних обчислювальних центрах. До нього ж підключаються і пристрої виводу, такі як принтери і плотери. Оскільки така конфігурація може розглядатися як природне розширення існуючого обчислювального середовища вона найширше застосовується у великих компаніях в яких вже були мейнфрейми. Цей підхід використовується виробниками автомобілів, крупногабаритних машин, залізничного, авіаційного і морського транспорту та ін., які мають великі бази дані, що обробляються централізовано. До недоліків цієї конфігурації слід віднести: потребу у великих початкових капіталовкладеннях у апаратне і програмне забезпечення та обслуговування експлуатованої системи.

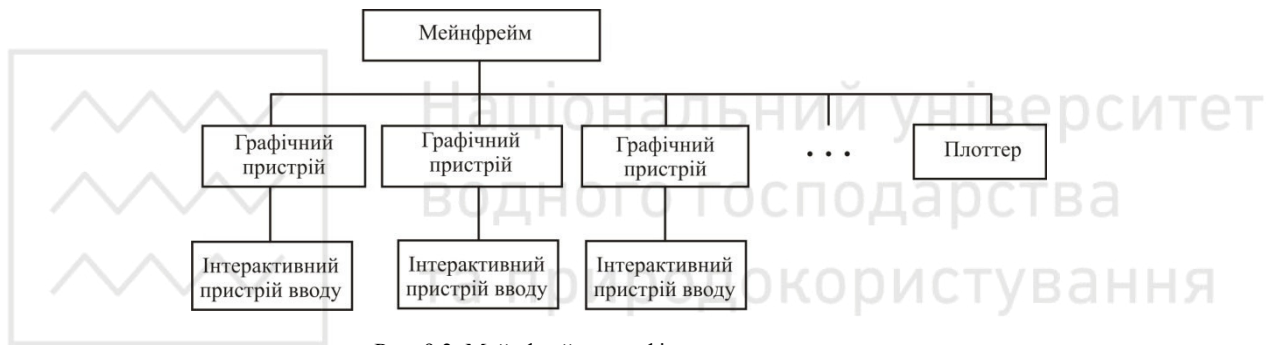


Рис. 9.3. Мейнфрейм з графічними пристроями

Обслуговування мейнфрейма завжди включає розширення системної пам'яті і жорсткого диска, що для мейнфрейма коштує набагато дорожче ніж для невеликих комп'ютерів. Більш того, оновлення операційної системи теж потребує значних затрат. Програми CAD/CAM/CAE вимагають досить часті заміни у зв'язку з виходом нових набагато потужніших версій і альтернатив, а також через



помилки при первинному виборі програмного забезпечення. Програми CAD/CAM/CAE для мейнфреймів коштують набагато дорожче, ніж аналогічні програми для менших комп'ютерів. Ще одним серйозним недоліком централізованих обчислень є нестабільність часу відгуку системи. У конфігурації з мейнфреймом додатки користувачів, що відносяться до різних графічних пристроїв, конкурують один з одним за обчислювальні ресурси мейнфрейма. Тому час відгуку для будь-якого конкретного графічного пристрою залежить від того, які завдання були запущені з іншого пристрою. Іноді час відгуку може бути дуже великим для інтерактивної роботи з графікою, особливо коли інші користувачі вирішують складні обчислювальні задачі.

Друга конфігурація складається з автоматизованих робочих місць проектувальника (робочих станцій - workstations), об'єднаних у мережу (рис. 9.4). До тієї ж мережі підключаються пристрої виводу - плотери і принтери. Робоча станція - це графічний пристрій з власними обчислювальними ресурсами. Такий підхід в даний час використовується дуже широко, тому що у області технологій виготовлення робочих станцій досягнуто значного прогресу, крім того, з'явилась тенденція до розподілу обчислень. Продуктивність робочих станцій подвоюється щороку при збереженні їх ціни. Такий підхід має і інші переваги, зокрема користувач може працювати з будь-якою станцією мережі вибираючи її відповідно до свого завдання, причому системні ресурси не залежатимуть від завдань інших користувачів. Ще одна перевага - відсутність необхідності в крупних первинних капіталовкладеннях. Кількість робочих станцій і програмних пакетів може збільшуватися поступово у міру зростання потреби в ресурсах CAD/CAM/CAE. Це є вигідно, тому що вартість устаткування постійно падає.

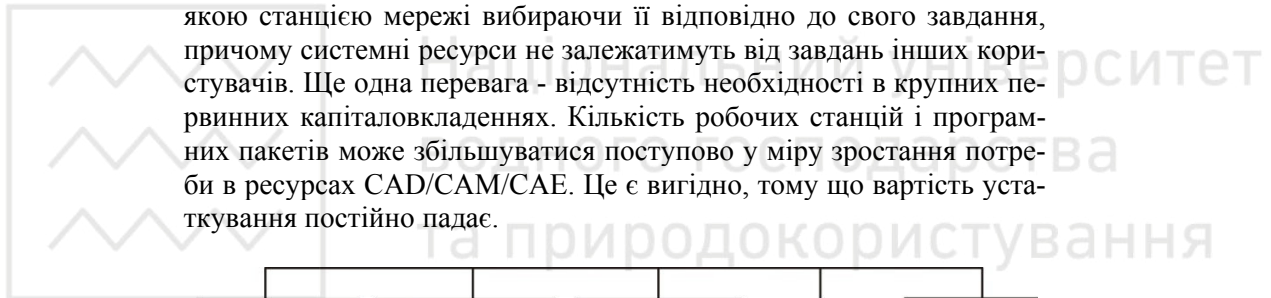


Рис. 9.4. Робочі станції об'єднані у мережу



Третя конфігурація аналогічна до другої за виключенням, що замість робочих станцій використовуються персональні комп'ютери з операційними системами Windows. Конфігурації на базі персональних комп'ютерів популярні в невеликих компаніях особливо якщо продукція, що випускається ними складаються з невеликої кількості деталей обмеженої складності, а також в компаніях, що використовують системи CAD/CAM/CAE головним чином для розробки креслень. У міру того як відмінність між персональними комп'ютерами і робочими станціями згладжується стирається і відмінність між другим і третім типом конфігурації.

9.4. Організаційне забезпечення САПР

Організаційне забезпечення САПР включає в себе комплект документів (наказів, положень, штатних розкладів, інструкцій, графіків робіт та ін.), що встановлюють правила виконання автоматизованого проектування. Прикладами таких документів є інструкція користувача САПР, інструкція з експлуатації технічних засобів, посадова інструкція системного адміністратора і т.д.

Організаційне забезпечення регламентує взаємодію технологічних (проектованих) і обслуговуючих САПР підрозділів; відповідальність фахівців різного профілю і рівня за певні види робіт, правила випуску, використання і коректування вихідних документів САПР, правила доступу до баз даних і знань, пріоритети користування засобами САПР.

Компоненти організаційного забезпечення повинні встановлювати організаційну структуру систем і підсистем включаючи взаємозв'язки її елементів; завдання і функції служби САПР та пов'язаних з нею підрозділів підприємства або проектною організацією; права і обов'язки посадовців по забезпеченню створення і функціонування САПР, порядок підготовки і перепідготовки користувачів САПР.

Документи, що входять до складу методичного забезпечення САПР, регламентують порядок (технологію) її експлуатації. У них викладені теорія, методи, способи, математичні моделі, алгоритми, алгоритмічні і спеціальні мови для опису об'єктів, термінологія, нормативи та інші дані, що розкривають методологію (ідеологію) фу-



нкціонування системи.

Документи (методики, організаційні і директивні документи), що відносяться до процесу створення САПР, які не входять до складу методичного забезпечення.

Окремі документи випущені при створенні або для створення САПР можуть увійти у склад САПР, як програмно-методичні комплекси і використовуватися при її експлуатації, наприклад, при створенні САПР розробляють структури і опис баз даних, інструкції по їх заповненню.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 **Програмні комплекси САПР**

Тема 10. Пакети спеціальних програм для САПР

10.1. САПР візуального проектування і моделювання алгоритмів та систем цифрової обробки сигналів Hypersignal

Засоби "візуального" проектування і моделювання алгоритмів і систем цифрової обробки сигналів (ЦОС) займають особливе місце серед інструментальних засобів розробників телекомунікаційного і іншого електронного устаткування на базі процесорів ЦОС. Дані засоби не тільки автоматизують процес проектування, позбавляючи розробника рутинної праці і скорочуючи терміни проектування, але і дозволяють фахівцям прикладних областей науки і техніки, які не знайомі з процесорами ЦОС і не володіють програмуванням, застосовувати для вирішення своїх завдань досягнення технологій цифрової обробки сигналів.

У даний час існує декілька пакетів "візуального" проектування і моделювання алгоритмів та систем ЦОС, які функціонують на різних апаратних платформах і відрізняються між собою функціональними можливостями, швидкістю і вартістю. Зокрема засоби "візуального" проектування і моделювання алгоритмів ЦОС Hypersignal RIDE і Hypersignal Block Diagram.

Програма HyperSignal Block Diagram/RIDE (Real-time Integrated Development - можливість підключення апаратури для опрацювання сигналів у реальному часі) призначена для моделювання аналогових і цифрових пристроїв, заданих функціональними схемами.



До складу Hypersignal входить декілька сотень тематично згрупованих функцій-блоків. Серед них: блоки генераторів сигналів, блоки арифметичних функцій, блоки матричних і векторних операцій, блоки функцій ЦОС, блоки файлових операцій, блоки візуалізації сигналів та інші. У склад САПР Hypersignal також входять блоки управління: клавіатури, перемикачі, лінійні і стрілкові індикатори, тощо. Наявність цих функціональних блоків дозволяє створювати інтуїтивний для користувача інтерфейс системи, що розробляється, спільно з розробкою алгоритму її функціонування. Крім того разом із САПР Hypersignal поставляються спеціалізовані бібліотеки функцій для обробки мови (Advanced Speech Library), бібліотека комунікаційних функцій (Advanced Transmission Library) і бібліотека функцій для обробки зображень (Image Processing Library).

У разі відсутності необхідних функцій, користувач може створити їх самостійно за допомогою конструктора блоків (Block Wizard), що входить в склад САПР Hypersignal. Все, що при цьому необхідно зробити - написати функцію блоку на мові С, використовуючи стандартні засоби, і в інтерактивному режимі описати новий блок, задаючи його конфігурацію і описуючи його параметри.

САПР Hypersignal підтримує ієрархічне проектування, при якому блоки можуть об'єднуватися і входити у вигляді одного блоку в блок-схему більш високого рівня ієрархії, що дозволяє не тільки структурувати складний проект, але і розбивати його на частини для реалізації різними виконавцями.

У середовищі Hypersignal алгоритм створюється у вигляді блок-схеми на екрані ПК в інтерактивному режимі із стандартних блоків, при цьому встановлювані міжблочні зв'язки відобразатимуть потоки даних і шляхи проходження сигналів. Налаштування параметрів алгоритму здійснюється шляхом вибору відповідних блоків і установкою потрібних параметрів за допомогою системи меню, а модифікація алгоритму здійснюється шляхом зміни його блок-схеми і параметрів блоків.

При запуску введеного алгоритму Hypersignal RIDE створює виконавчий код відповідного алгоритму. Далі цей код автоматично завантажується в середовище процесора ЦОС апаратних засобів і передається виконання. При необхідності (особливо на етапі відладки алгоритму) відображення результатів обробки сигналів може здійснюватися на екрані ПК в режимі реального часу. На Рис. 10.1 пред-



ставлений приклад інтерфейсу системи Hypersignal Block Diagram/RIDE.

У САПР Hypersignal Block Diagram існує велика різноманітність готових прикладів, вивчення яких дозволяє швидко освоїти систему і навчитися максимально повно використовувати її можливості. Як показано вище, процес моделювання в середовищі САПР Hypersignal інтуїтивно зрозумілий і не є трудомістким навіть для дуже складних пристроїв і систем. Застосування САПР Block Diagram дозволило відмовитися від безпосереднього програмування, що скоротило час створення моделей у десятки разів і дозволило легко імплементувати даний алгоритм в системі ЦОС на цифровому сигнальному процесорі.

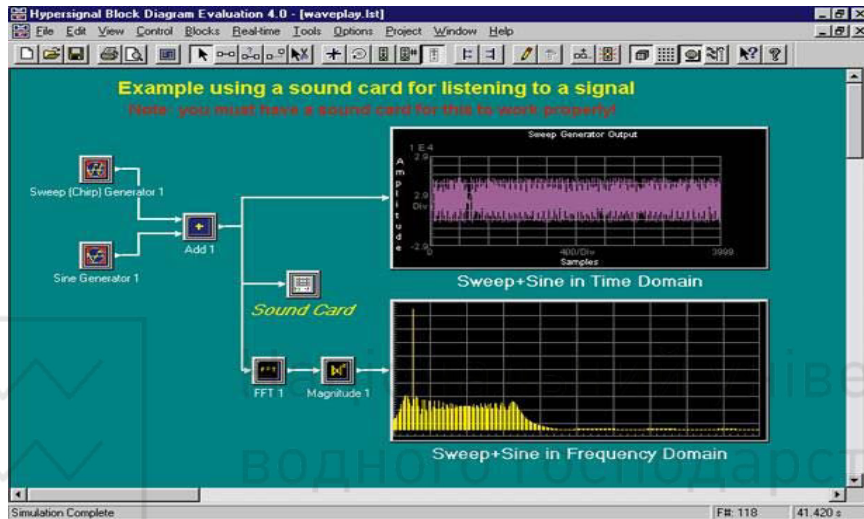


Рис. 10.1. Інтерфейс система Hypersignal Block Diagram/ride

10.2. Пакет розробки принципових електричних схем ORCAD Capture

Програма ORCAD Capture призначена для створення проекту, частина якого може бути задана у вигляді принципової електричної схеми, а інша частина може бути описана на мові високого рівня VHDL. Крім того, з оболонки ORCAD Capture запускаються про-



Програми моделювання аналогових, цифрових і змішаних аналого-цифрових пристроїв Pspice і параметричній оптимізації Pspice Optimizer. У програмі ORCAD Capture проекти поділяються на декілька типів.

Перелік програмних модулів, що входять до складу ORCAD 9.2:

ORCAD Capture - графічний редактор схем;

ORCAD Capture CIS (Component Information System) - графічний редактор схем, доповнений засобом ведення баз даних компонентів; при цьому зареєстровані користувачі отримують через інтернет доступ до каталогу компонентів, що містить більше 200 тис. найменувань;

Pspice Schematics - графічний редактор схем, запозичений з пакету Designlab;

ORCAD Pspice A/d - програма моделювання аналогових і змішаних аналого-цифрових пристроїв, дані в яку передаються як з Pspice Schematics, так і з ORCAD Capture;

ORCAD Pspice Optimizer - програма параметричної оптимізації;

ORCAD Layout - графічний редактор друкованих плат (ДП);

ORCAD Layout Plus - програма ORCAD Layout, доповнена безсітковим автотрасувальником Smartroute, що використовує методи оптимізації нейронних мереж (використовується також в системах Protel 99 SE і P-CAD 2000);

ORCAD Layout Engineer's Edition - програма перегляду друкованих плат, створених за допомогою Layout або Layout Plus, засіб загальної розстановки компонентів на платі і прокладки найбільш критичних ланцюгів, що виконуються інженером-схемотехником перед видачею завдання на проектування друкованої плати конструктору;

ORCAD Gerbtool - програма створення і доопрацювання управляючих файлів для фотоплотерів (розробка фірми WISE Software Solutions спеціально для ORCAD, аналог програми Cam350);

Visual CADD - графічний редактор фірми Numera Software (спрощений аналог AUTOCAD).

При створенні проекту відповідно до його типу автоматично завантажуються необхідні бібліотеки компонентів, при цьому для всіх спеціалізованих проектів можлива передача інформації в програму ORCAD Layout для створення друкованих плат. На рис. 10.2 показаний взаємозв'язок ORCAD Capture з іншими програмами. При



створенні принципів схем проекту необхідна інформація відшукується у вбудованій базі даних, яка поставляється разом з системою і поповнюється користувачами. Причому за наявності опції Component Information Systems (CIS) офіційні користувачі дістають отримують через інтернет до розширеної бази даних, що містить зведення приблизно об 200 тис. компонентів різних фірм (приведені їх символи і корпуси). На рис. 10.3 зображений екран програми ORCAD Capture 9.2. У його верхній частині розташовано меню команд, а нижче - панель інструментів.

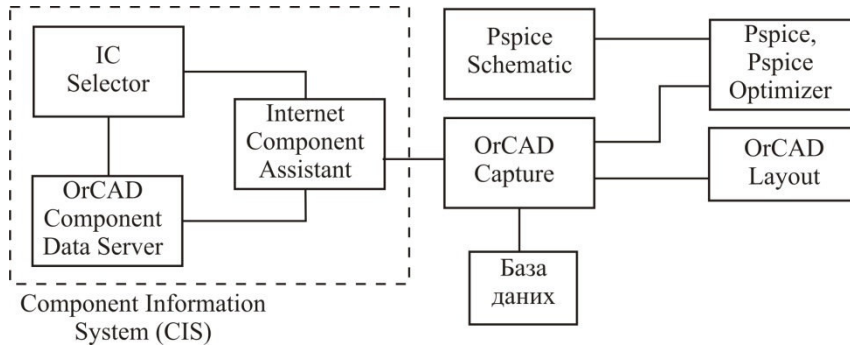


Рис. 10.2. Взаємозв'язок ORCAD Capture з іншими програмами



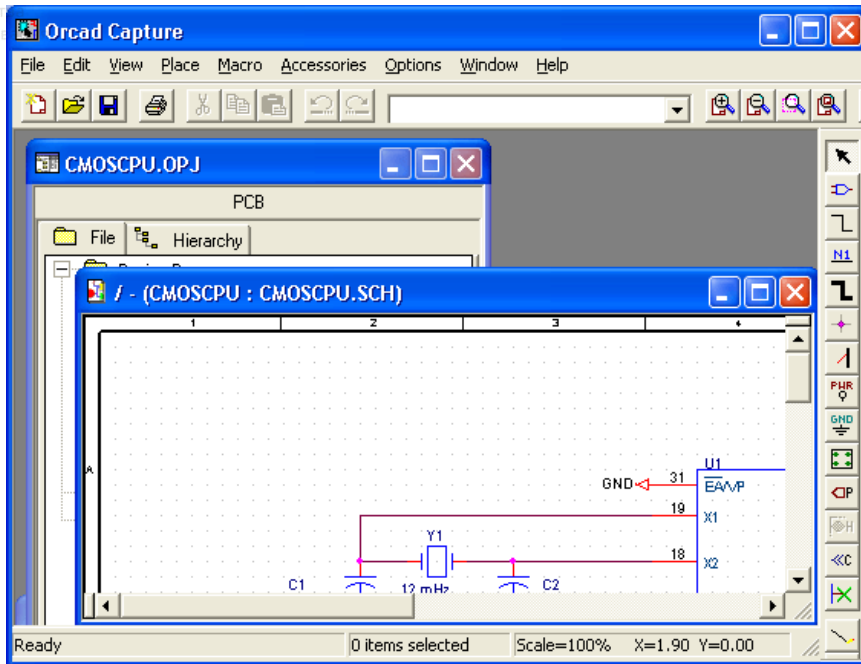


Рис. 10.3. Екран програми ORCAD Capture

Меню команд і панель інструментів ORCAD Capture залежить від вибраного режиму роботи та типу поточного проекту. Менеджер проектів розташований в лівій частині екрану програми Capture. У режимі File розгортається плоска файлова структура проекту, в режимі Hierarchy - його ієрархічна структура. Файлова структура проекту містить ряд розділів:

Design Resource - опис проекту (файл проекту *.dsn, окремі сторінки схеми, перелік компонентів Design Cache, VHDL-файли, перелік використовуваних бібліотек компонентів *.olb);

Outputs - результати проектування;

Pspice Resource - інформація для моделювання за допомогою Pspice (Include Files, Model Library, Simulation Profiles, Stimulus Files) і ін.

На рис. 10.4 показано вікно редактора сторінки принципової схеми, на якій розташовані додаткові панелі інструментів.

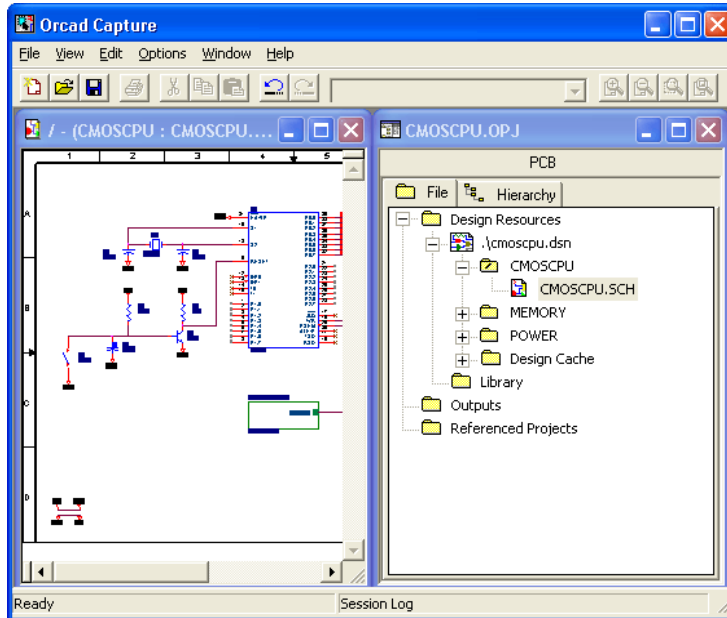


Рис. 10.4. Вікно редактора сторінки схеми

Текстовий редактор дозволяє створювати і переглядати VHDL-файли і будь-які інші текстові файли. На рис. 10.5. показаний фрагмент VHDL-файла, ключові слова в якому і коментарі для наочності виділяються різними кольорами, що задаються в розділі Preferences меню Options. Завантаження в редактор VHDL-файла виконується після подвійного клацання лівої клавіші миші при розташуванні курсору на імені файлу у менеджері проектів, текстові файли інших типів відкриваються звичайним способом по команді File>open>text File.

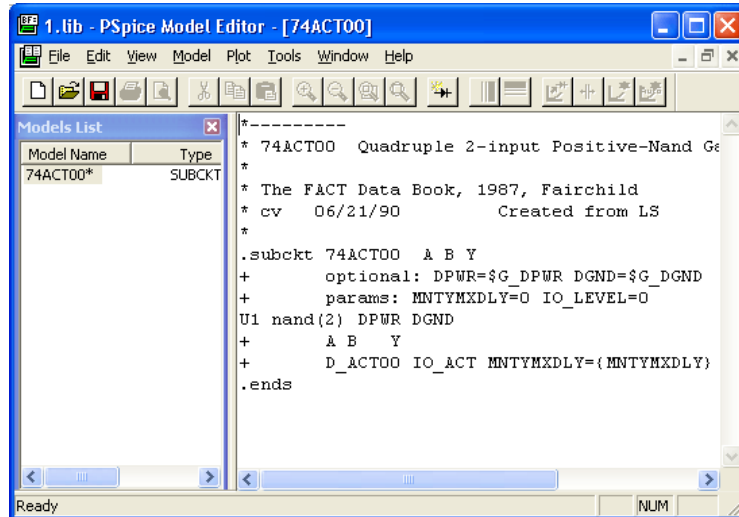


Рис. 10.5. Панель інструментів редактора символів

У нижній частині екрану ORCAD Capture розташований *рядок станів*, на якому відображається ім'я вибраного інструменту або меню, ім'я поточного стану програми (у лівому полі), кількість вибраних об'єктів (у середньому полі), масштаб зображення і поточні координати курсору (у правому полі). Кожен об'єкт принципової схеми має набір властивостей (Properties), що повністю визначають його характеристики.

10.3. Пакет авторозміщення й автотрасування SPECCTRA

Програми SPECCTRA призначена для Windows XP і Windows NT і використовується для авторозведення та автотрасування друкованих плат. Крім основних функцій програма SPECCTRA має можливість перестановки логічно еквівалентних вентилів і виводів, розширені можливості трасування високочастотних схем і схем із планарними виводами, авторозміщення великих компонентів і зв'язаних із ними компонентів малого розміру, редагування полігонів, використання майстрів створення файлів стратегій авторозміщення й автотрасування, діагональне трасування, додавання/видалення



компонентів і електричних зв'язків, ручне трасування шин і багато іншого.

Особливістю системи SPECCTRA є необхідність складання завдання на автоматичне розміщення і трасування за допомогою спеціального управляючого Do- файлу. Написання Do- файлу складний і трудомісткий процес. Для його полегшення у багатьох програмах, що взаємодіють зі SPECCTRA у меню Route/autorouters (наприклад P-CAD PCB) існує майстер створення управляючого файлу Do wizard. Хоча можливості даного редактора обмежені (підтримуються тільки стандартні клавіатурні команди Windows), а ручне редагування, особливо на етапі освоєння системи веде до появи багатьох помилок, тому набагато зручніше і доцільніше використовувати саме цей інструмент для створення файлу Do Wizard.

Розміщення компонентів в системі SPECCTRA. При виконанні розміщення компонентів необхідно виконати наступні дії:

- встановити правила розміщення;
- розмістити критичні компоненти, прив'язані до конкретного місця плати;
- розмістити великі компоненти (Large);
- розмістити маленькі компоненти (Small).

На рис. 10.6. приведений екран системи SPECCTRA в режимі розміщення компонентів.

Автоматичне трасування плат в системі SPECCTRA Екран системи SPECCTRA в режимі автоматичного трасування компонентів приведений на рис. 10.7. Автотрасувальник SPECCTRA використовує адаптивні алгоритми, що реалізуються за декілька проходів трасування. На першому проході виконується з'єднання абсолютно всіх провідників без звернення уваги на можливі конфлікти, що полягають у перетині провідників на одному шарі і порушенні зазорів. На кожному подальшому проході автотрасувальник намагається зменшити кількість конфліктів, розриваючи і знов прокладаючи зв'язки (метод гір-up-and-retry) і проштовхуючи провідники, розсовуючи сусідні (метод push-and-shove). Інформація про конфлікти на поточному проході трасування використовується для "навчання" - зміни вагових коефіцієнтів (штрафів) так, щоб шляхом зміни стратегії зменшити кількість конфліктів на наступному проході.

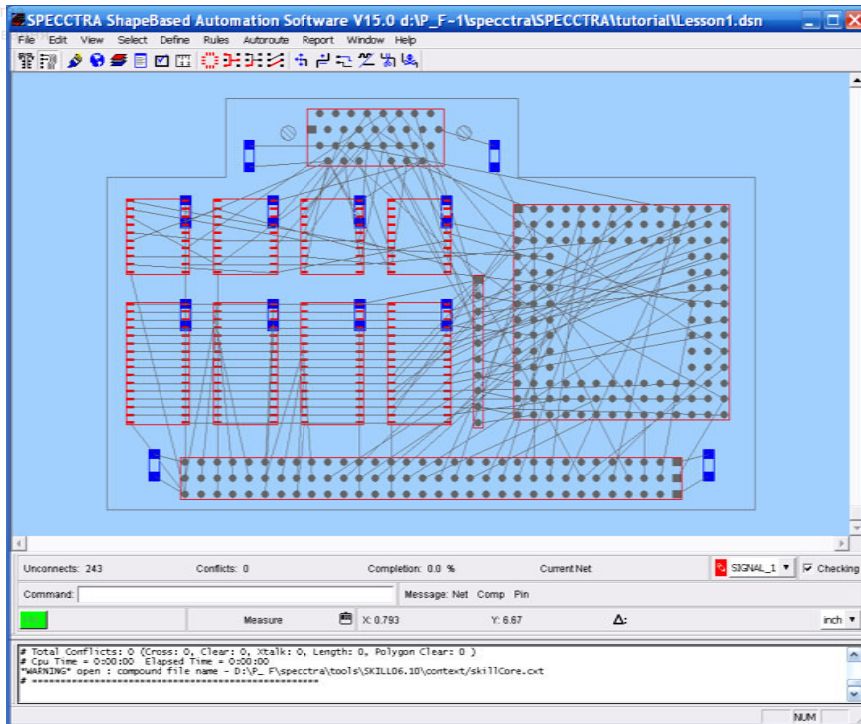


Рис. 10.6. Екран системи SPECCTRA в режимі розміщення компонентів

Можливості безсіткової технології трасування дозволяють задати детальні правила для трасування практично всіх типів компонентів з урахуванням великої кількості обмежень. Оскільки всі об'єкти на платі мають певний рівень ієрархії, то можливе задання роздільних правил трасування одного і того ж ланцюга для різних об'єктів, тим самим є можливість трасування одного ланцюга сегментами різної ширини. Правила трасування можуть задаватися за допомогою мови опису завдань, або з використанням інтерактивних діалогових команд меню Rules.

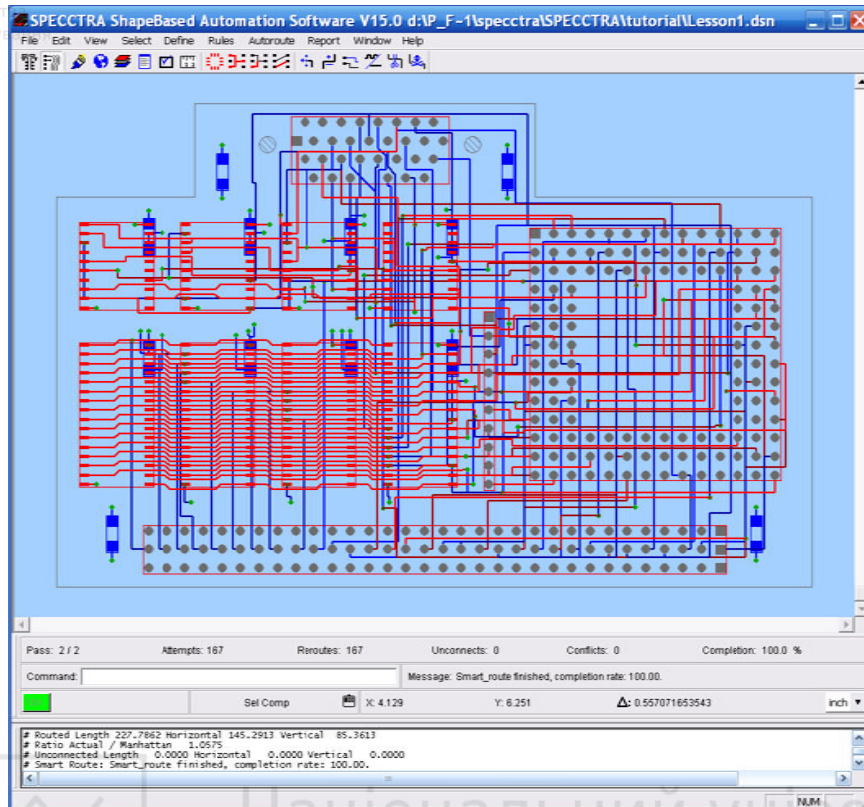


Рис. 10.7. Екран системи SPECCTRA в режимі автотрасування компонентів

Тема 11. САПР для моделювання та проектування електричних схем

11.1. Програма P-CAD 2001

Система P-CAD 2001 призначена для виконання повного циклу проектування друкованих плат, зокрема: графічне введення електричних схем; упакування схеми плати; інтерактивне розміщення



компонентів вручну і/або автоматичне трасування провідників; контроль помилок у схемі і друкованій платі та випуск документації; аналіз цілісності сигналів. Вона складається з чотирьох основних модулів: P-CAD Schematic, P-CAD PCB, Library Executive, Shape-Based Autorouter і декількох допоміжних програм (рис. 11.1).

Основні функціональні можливості P-CAD 2001:

1. Виведення переліків компонентів та інших звітів (PCB, Schematic), при цьому задається перелік полів звіту і порядок їхнього проходження.

2. Встановлення кількості секцій у компоненті до 5 000, а кількість виводів до 10000.

3. Використання опції вимірювання (*Miter Tool*), що дає змогу виконувати будь-які лінійні та кутові вимірювання.

4. Спрощений доступ до інформації про компоненти (PCB, Schematic). Введено папку зі списками URL's (адрес у Internet) усіх головних фірм, виробників напівпровідникових компонентів.

5. Використання механізму перенесення змін друкованої плати на схему і навпаки (Engineering Change Order, ECO).

6. Підтримання англійської і метричної системи одиниць із забезпеченням дискретності вимірювань лінійних розмірів 0,1 миль в англійській системі і 0,001 мм у метричній системі, кутових величин 0,1 град. з можливістю зміни системи одиниць на будь-якій стадії роботи з проектом без втрати точності.

7. Підтримка текстових форматів опису баз даних DXF і PDIF та обмін інформацією з такими поширеними пакетами, як AutoCAD, OrCAD, Viewlogic, P-CAD для DOS і ін.

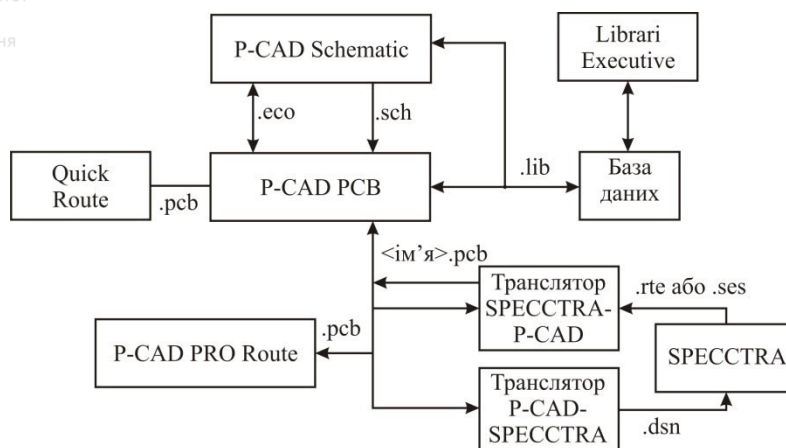


Рис. 11.1. Структура системи P-CAD 2001

8. Багатокроковий “відкат” вперед і назад (*Undo i Redo*).
9. Автоматичне розміщення компонентів на платі й ефективне автоматичне трасування провідників.
10. Випуск керуючих файлів для фотоплотерів з урахуванням особливостей технології конкретного устаткування.
11. Використання великої кількості бібліотек сучасних імпортованих елементів, що можна поповнити бібліотеками вітчизняної елементної бази, зокрема, імпортованими з P-CAD для DOS.

11.2. Модулі системи P-CAD 2001

P-CAD Schematic i P-CAD PCB - графічний редактор принципових схем і друкованих плат (рис. 11.2, 11.3). На відміну від радніших версій робота цих модулів організована у середовищі Windows, що прискорює освоєння P-CAD 2001 і робить їх легкодоступним. Копіювання об'єктів у буфер обміну Windows дозволяє не тільки переносити їх з однієї бази даних в іншу, але і поміщати в інші програми Windows, наприклад у MS Word для випуску технічної документації.

При розміщенні на схемі символу компонента у вікні виводиться його зображення. При цьому для цифрових інтегральних схем передбачено три варіанти графіки: Normal - нормальне (у стандарті США), DeMorgan - позначення логічних функцій, IEEE - у стандарті інституту інженерів по електротехніці й електроніці (найбільше



близьке до вітчизняних стандартів). Засобами Windows реалізований багатовіконний інтерфейс, що дає змогу на одному екрані переглянути креслення схем і плат і провести ідентифікацію на платі кіл, виділених на схемі. Застосування шрифтів True Type дозволяє наносити на схемах і друкованих платах написи на російській (українській) мові.

У P-CAD 2001 є можливість доступу до всіх елементів на більш низьких рівнях ієрархії, наприклад, при роботі з друкованою платою можна змінити розташування виводів і графіку контактних площадок корпусів компонентів. У редакторі P-CAD PCB існують режими ручного і інтерактивного (напівавтоматичного) трасування провідників. У інтерактивному режимі курсором відзначають початок і кінець сегмента провідника, що трасується програмою, огинаючи перешкоди і витримуючи допустимі зазори.

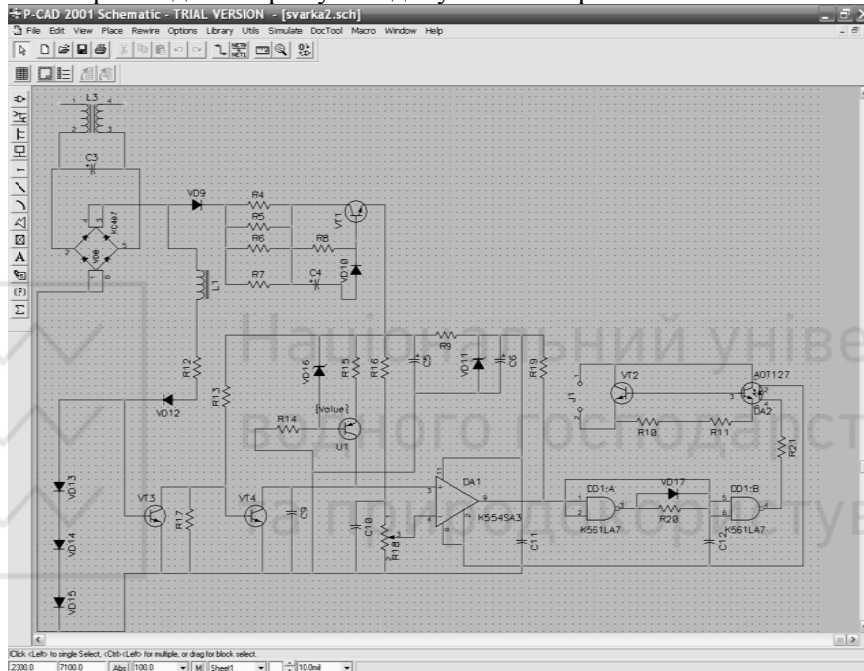


Рис. 11.2. Інтерфейс системи P-CAD Schematic

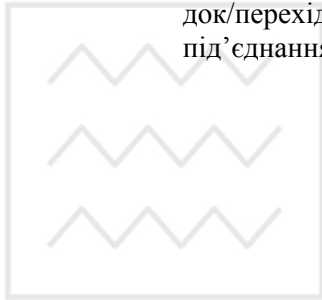
У P-CAD 2001 є функція поліпшення якості розробки ДП, а саме засоби виявлення і видалення ізольованих острівців міді, можли-



Візьмемо завдання різних зазорів для різних провідників, класів провідників і провідників, що знаходяться на різних шарах, розщеплення металізованих шарів на декілька областей для підключення різних джерел живлення й окремо аналогової і цифрової "землі".

Бази даних схем і ДП усіх попередніх версій P-CAD через текстовий формат PDF переносяться в P-CAD 2001.

Проектувальник має можливість задавати специфічні дані, привласнювати їм імена, заносити чисельні або текстові значення і розміщати їх у довільних місцях на кресленні схеми або друкованої плати. На основний напис креслення наноситься інформація про ім'я розроблювача і керівника, найменуванні компанії, дати створення і внесення виправлень і т.п. Передбачено можливість попереднього перегляду однієї або декількох сторінок документів перед їхнім виводом на друк. Розходження отворів в шарах металізації і звичайних контактних площадок використовується при проставленні символів отворів і створенні керуючих файлів для свердлильних верстатів, фотоплотерів у форматі DXF і упорядкованих звітів. Команда DRC виконує оперативний контроль за дотриманнями зазорів до краю плати, коректно обробляє підключення до металізуючих полігонів декількох кіл, а також коректно вибирає відстані між заштрихованими полігонами та іншими об'єктами. Для кожного шару ДП індивідуально визначаються форми контактних площадок/перехідних отворів і окремо визначаються способи їхнього під'єднання до шарів або областей металізації.



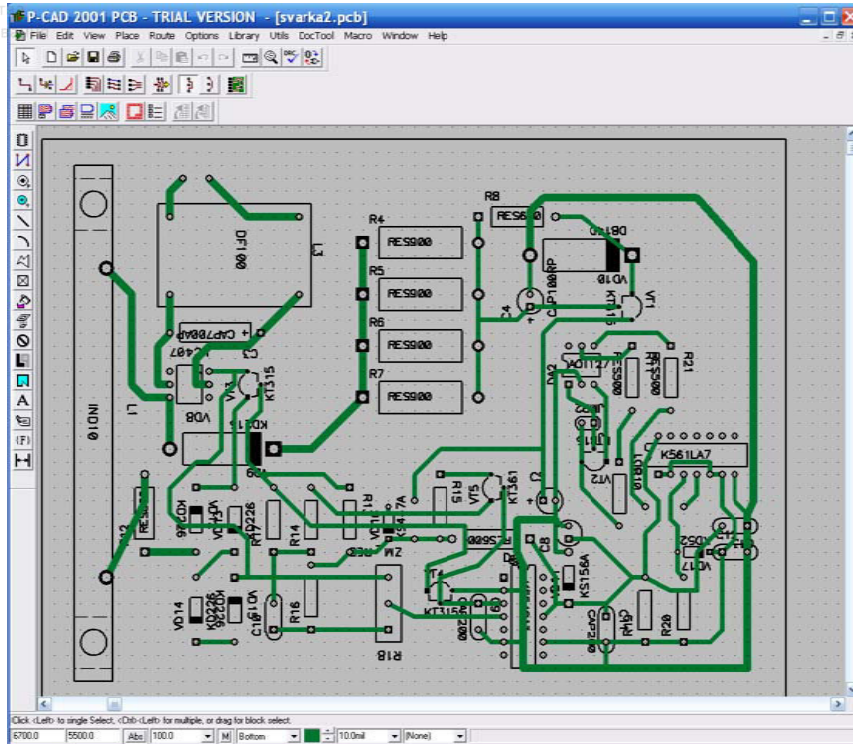


Рис. 11.3. Інтерфейс системи P-CAD PCB

Опція DRC (контроль за дотриманням технологічних обмежень) задіюється при виконанні будь-яких команд редагування, що змінюють форму або розташування ліній, дуг, параметрів компонентів, виводів компонентів, перехідних отворів або тексту. Передбачено можливість контролю за дотриманням технологічних обмежень визначених областей ДП. Лінії електричного зв'язку між виводами компонентів і перехідних отворів можуть динамічно оновлюватися при переміщенні компонентів і завантаженню списку з'єднань.

Складаються звіти про розташування компонентів із вказівкою координат точок приклеювання (Glue Dot) і опорних точок для автоматичного встановлення (Pick and Place) з обліком зсуву початку координат друкованої плати (coordinate offset). Забезпечено можливість видалення порожніх сторінок схеми, за винятком поточної сторінки. Додатково в списку сторінок можна змінювати їхній по-



рядок проходження.

У P-CAD 2001 є широкі можливості щодо перевірки правильності принципів електричних схем. Помилки різного характеру можуть за бажанням користувача інтерпретуватися як власне помилки або як попередження, що не перешкоджають подальшій роботі з проектом. У звітах про перевірку помилки можуть сортуватися на основі імен правил перевірок, категорій або за рівнем значимості. Додатково можна вибрати індивідуальні форми маркерів для помилок різного роду.

Трасувальники викликаються з керуючої оболонки P-CAD PCB і тут же робиться налаштування стратегії трасування. Інформацію про особливості трасування окремих ланцюгів за допомогою стандартних атрибутів, можна ввести на етапах створення принципової схеми або ДП. До них відносяться атрибути ширини траси, типу асоціюючих із нею перехідних отворів і їх максимально допустима кількість, мітка заборони розриву ланцюга в процесі автотрасування, мітка попередньо розведеного і зафіксованого ланцюга.

Library Executive - менеджер бібліотек Library Manager із розширеними можливостями (рис. 11.4). Має інтегровані бібліотеки, що містять графічну інформацію про символи, типові корпуси компонентів і текстову інформацію. У цьому принципова відмінність від інших програм, що мають окремі бібліотеки символів і корпусів, які містять як графічну так і текстову інформацію.

У інтегрованій бібліотеці кожному символу можуть бути з'явлені декілька варіантів корпусів. Бібліотеки легко поповнюються за допомогою графічних редакторів, а пакувальна інформація про координати компонентів, логічної еквівалентності виводів і т.п. координується адміністратором бібліотек.

Вся текстова інформація про пакування компонентів і про їх атрибути заноситься в таблиці, зручні для перегляду і редагування. Тим самим виключаються помилки неузгодженого введення цієї інформації. Бібліотеки всіх попередніх версій P-CAD через текстовий формат PDIF переносяться в P-CAD 2001 і потім об'єднуються в інтегровані бібліотеки.

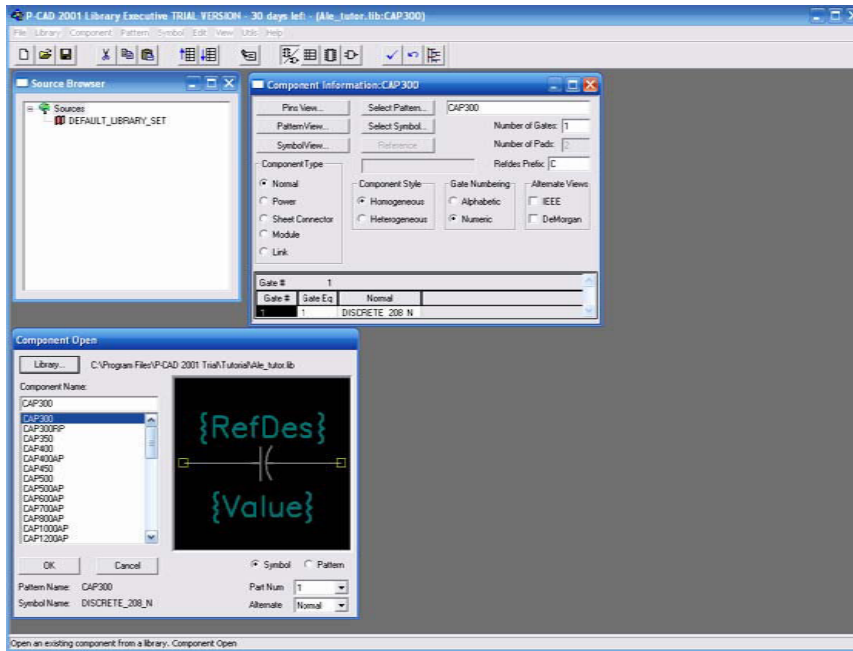


Рис. 11.4. Робоче вікно менеджера бібліотек Library Executive

Розширений менеджер (адміністратор) бібліотек Library Executive крім звичайних функцій властивих Library Manager, має додаткові. До їхнього числа відносяться засоби пошуку, імпорту атрибутів компонентів, верифікація бібліотек і проектів. Він дозволяє складати списки відповідностей виводів символів і корпусів компонентів і має засоби перегляду параметрів компонентів. У електронних таблицях параметрів забезпечена можливість одночасної зміни змісту декількох обраних комірок. У всі електронні таблиці параметрів (Pins, Pattern and Symbol) включені стовпці номерів виводів (Pad Number). Має засоби перегляду всіх бібліотечних файлів і по-



шуку компонентів із майстрами створення символів і корпусів компонентів про всі можливі атрибути.

Основне нововведення - взаємодія з майстрами створення символів і корпусів компонентів Symbol Editor і Pattern Editor.

Shape-Based Autorouter - безсіткова програма автотрасування ДП. Цей модуль призначений для автоматичного розведення багатшарових друкованих плат із високою щільністю розміщення елементів, особливо з застосуванням технології поверхневого монтажу для корпусів елементів, виконаних у різних системах координат. У ньому є можливість розміщення провідників під різними кутами на різних шарах плати, оптимізація їхньої довжини і числа перехідних отворів. Сучасні безсіткові алгоритми трасування дозволяють аналізувати корисну площу друкованої плати, багаторазово виконувати процедури розштовхування, розриву і перерисовування провідників з метою їх найбільш ефективного розташування. Модуль запускається безпосередньо з редактора P-CAD PCB у вигляді окремого додатка, що дозволяє робити розведення друкованої плати як в автоматичному, так і інтерактивному режимі. Є можливість блокування попередньо розміщених провідників. Стратегія трасування задається за допомогою вмикання відповідних опцій і прапорців у керуючих діалогових вікнах.

Relay - спрощений графічний редактор ДП, призначений для колективної роботи над проектом. По закінченні розробки ДП її можна переглянути і проконтролювати дотримання технологічних норм. З його допомогою розроблювач схем може виконати попереднє розміщення компонентів, задати інформацію про ширину ряду кіл і допустимих зазорів і передати ці дані конструкторам. Цей додаток є аналогом графічного редактора P-CAD PCB з обмеженими можливостями. Друковані плати можна переглядати, вручну редагувати і виконувати вивід на принтери і плотери. Ним можна створювати керуючі файли фотоплотерів і верстатів із ЧПУ, трасувати провідники у інтерактивному і автоматичному режимах, створювати шари металізації, виконувати коректування проекту ECO і ряд інших операцій. З його допомогою розробник схем може виконати розстановку компонентів на ДП, задати найбільш істотні атрибути,



які будуть використані при автотрасуванні (наприклад, допустимі зазори), і прокласти найбільш критичні траси. Потім ці результати передаються конструктору для завершення розробки друкованої плати за допомогою PCB. Крім того, за допомогою *Relay* виконується контроль технологічних норм DRC і запускаються утиліти DBX.

Interroute Gold - утиліта, що дозволяє в інтерактивному режимі прокладати провідники, автоматично розсуваючи ті, що заважають. Вона являє собою розширення графічного редактора друкованих плат P-CAD PCB з опціями для автоматичного розсуву заважаючих трас при прокладанні провідників вручну.

InterPlace DBX утиліта *InterPlace* - це інтерактивний засіб розміщення компонентів (базова програма P-CAD PCB дозволяє виконати розміщення компонентів вручну, для автоматичного розміщення використовується окрема програма SPECCTRA). Розміщення компонентів виконується з обліком наявних технологічних вимог (або Constraints). Компоненти можуть бути об'єднані у фізичні або логічні групи і розміщені на платі, вирівняні, переміщені або повернені.

PCS (Parametric Constraint Solver) Ця утиліта дозволяє задати набір правил проектування (ширина провідника окремого ланцюга, значення зазорів, типи перехідних отворів і т.п.) для передачі їх програмам авторозміщення компонентів, автотрасування провідників, контролю за дотриманням технологічних обмежень DRC і виготовлення друкованих плат на етапах створення принципової схеми і початкових етапах роботи з друкованими платами. Правила проектування задаються у вигляді констант або математичних виразів.

Document Toolbox - додаткова опція P-CAD PCB і Schematic для розміщення на кресленнях схем або друкованих плат різних діаграм і таблиць, упорядкування різних списків і звітів, що динамічно оновлюються, таблиць свердління, даних про структуру плати, технологічної й облікової інформації, розміщення на кресленнях схем списків з'єднань, виводів підключення живлення та іншої текстової інформації. Програма призначена для розширення можливостей випуску технічної документації без використання креслярських про-



грам. Document Toolbox дозволяє автоматизувати створення конструкторської документації, необхідної для виробництва проєктованих друкованих плат.

Препроцесори Для виготовлення фотошаблонів на вітчизняному устаткуванні необхідно перекодувати у їхній формат керуючі файли у форматі *Gerber*. З цією метою використовуються препроцесори, створені у свій час для P-CAD 4.5. Препроцесори використовуються для перекодування керуючих файлів у форматі Gerber у формати фото Плотерів ADMAR-5, ARISTOMAT, Quest EMMA-30/80, МІНСЬК 2005, КПА-1200, ЭМ-5039 та свердлильних верстатів Exellon, ADMAR-5, Alpha-Z, Micronic-5, А.Р.Б. М, ВП-910, КІМ-3, МА115, ОФ-72Б, СМ600, СФ-4.

Інші утиліти Ці утиліти дають змогу отримати дані з відкритих файлів схем і друкованих плат, обробляють їх, складають звіти, передають дані третім програмам і вносять корективи в поточну базу даних. Зокрема, з їхньою допомогою перенумеровуються компоненти, створюються звіти в заданому користувачем форматі, автоматично створюються конструктиви компонентів, виводи яких розташовані на колі або утворюють масив, розраховуються паразитні параметри друкованих плат для розрахунків цілісності сигналів за допомогою системи моделювання DesignLab і т.п.

Тема 12. Сучасні САПР та тенденції їх розвитку

12.1. Огляд сучасних САПР

До початку 90-х рр. ХХ ст. у промисловості в основному застосовувалися САПР вітчизняної розробки. Багато підприємств створювали, експлуатували і тиражували власні системи. Разом з ефективно працюючими САПР існувало багато розробок, що не відповідали вимогам, які пред'являлися до подібних систем. Вони мали обмежені області застосування, невелику надійність і т.д. Необхідність роботи з такими системами часто викликала у проєктувальників негативне відношення до самої ідеї автоматизації проєктування.

В кінці ХХ ст. політика підприємств в області САПР серйозно змінилася. Підприємства перестали розробляти власні системи і по-



чали купувати ліцензійні САПР необхідної конфігурації і функціонального призначення. Кількість вітчизняних розробників САПР різко скоротилося. На ринок стали поступати зарубіжні системи. При цьому, адаптація САПР зарубіжної розробки до вітчизняних умов застосування і їх “русифікація” проходять порівняно просто, але цей процес має деякі труднощі, перш за все позначаються відмінності в нормативних базах (вітчизняні стандарти не співпадають із зарубіжними). Не відповідають марки використовуваних матеріалів, різняться методики визначення їх характеристик, загальна методологія проектування, підходи до визначення режимів обробки, оцінки можливих сил різання і т.д. Все це накладає серйозні обмеження на конкурентоспроможність САПР зарубіжної розробки на вітчизняному ринку. Враховуючи вище вказані обмеження останнім часом на ринку виробників САПР домінуюче положення почали займати розробки російської компанії АСКОН.

Рішення компанії АСКОН - це значне скорочення термінів і витрат на конструкторсько-технологічну підготовку виробництва за рахунок створення єдиного інформаційного простору підприємства.

Пропоновані рішення мають модульну структуру, що дозволяє оснащувати кожне робоче місце найбільш оптимальним складом програмних засобів воно збалансоване за вартістю і функціональністю.

Серед розробок компанії АСКОН найбільшого розповсюдження здобули:

- система управління інженерними даними і життєвим циклом виробу корпоративного рівня ЛОЦМАН:PLM;
- система управління проектом і електронними документами КОМПАС-Менеджер, інтегрована з САПР КОМПАС і SolidWorks;
- системи для автоматизації конструкторської підготовки виробництва КОМПАС-3D і КОМПАС-График з безліччю додаткових спеціалізованих САПР і стандартних бібліотек;
- система автоматизації технологічної підготовки виробництва КОМПАС-Автопроект, що включає додаткові модулі технологічних розрахунків, формування звітів і т.д.;
- система підготовки управляючих програм для 2-5 координатних верстатів з ЧПУ ГеММа-3D;
- інтегровані рішення у області дизайну, проектування, аналізу і пі-



- дготовки виробництва на базі системи Unigraphics/NX2 для підприємств з складною наукоємною продукцією;
- система SolidWorks і широкий набір повністю інтегрованих в SolidWorks додатків - COSMOS/Works, SURFCAM та ін.;
 - серія програм Raster Arts для ефективного використання паперових креслень, планів, схем в електронному інженерному документообігу, при розробці нових проектів в САПР і швидкого перекладу паперових архівів в електронний вигляд;
 - спеціалізоване програмне забезпечення - MSC.Nastran, ANSYS та ін.

12.2. Система автоматизованого проектування КОМПАС-3D

Система КОМПАС-3D призначена для створення тривимірних асоціативних моделей окремих деталей і складальних одиниць, що містять як оригінальні, так і стандартизовані конструктивні елементи (рис. 12.1). Параметрична технологія дозволяє швидко одержувати моделі типових виробів на основі одноразово спроектованого прототипу. Численні сервісні функції полегшують рішення допоміжних задач проектування і обслуговування виробництва.



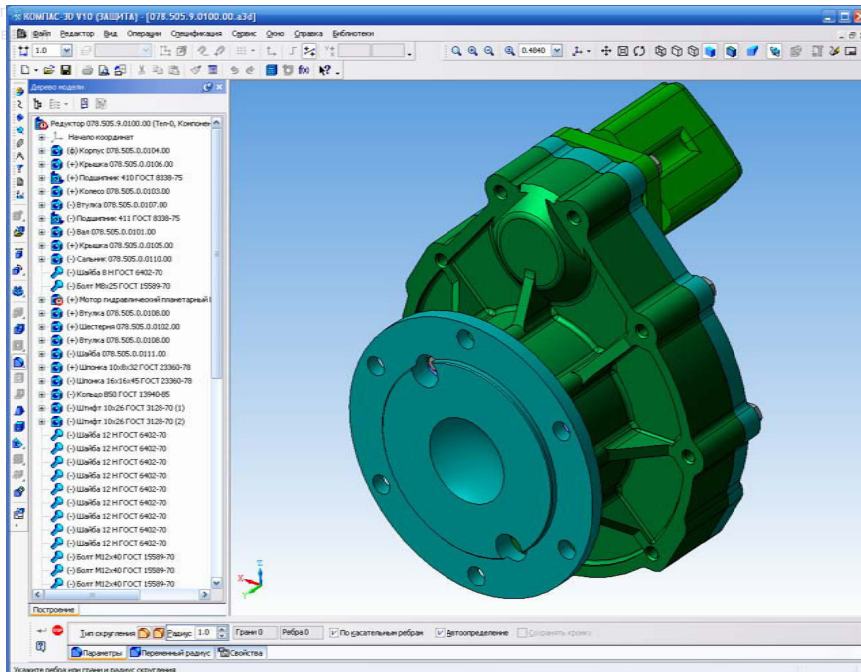


Рис. 12.1. Интерфейс программы КОМПАС-3D

Ключовою особливістю КОМПАС-3D є використання власного математичного ядра і параметричних технологій АСКОН.

Основне завдання, що вирішується системою це - моделювання виробів з метою істотного скорочення періоду проектування і швидкого їх запуску у виробництво це досягається завдяки таким можливостям:

- швидкого отримання конструкторської і технологічної документації, необхідної для випуску виробів (складальних креслень, специфікацій, деталювань і т.д.);
- передачі геометрії виробів в розрахункові пакети;
- передачі геометрії в пакети розробки управляючих програм для устаткування з ЧПУ;
- створення додаткових зображень виробів (наприклад, для складання каталогів, створення ілюстрацій до технічної документації і т.д.).

Засоби імпорту/експорту моделей (КОМПАС-3D підтримує фо-



формати IGES, SAT, XT, STEP, VRML) забезпечують функціонування комплексів, що містять різні CAD/CAM/CAE системи.

Моделювання виробів в КОМПАС-3D можна вести різними способами: знизу вгору (використовуючи готові компоненти), зверху вниз (проектуючи компоненти в контексті конструкції), спираючись на компоновальний ескіз (наприклад, кінематичну схему) або змішаним способом. Така ідеологія забезпечує отримання асоціативних моделей, що легко модифікуються.

Система володіє потужними функціональними можливостями для роботи над проектами, що включають декілька тисяч підборок, деталей і стандартних виробів. Вона підтримує всі можливості тривимірного твердотільного моделювання, що стали стандартом для САПР середнього рівня:

- булеві операції над типовими формоутворювальними елементами;
- створення поверхонь;
- асоціативне завдання параметрів елементів;
- побудова допоміжних прямих і площин, ескізів, просторових кривих (ламаних, сплайнів, різних спіралей);
- створення конструктивних елементів - фасок, скруглень, отворів, ребер жорсткості, тонкостінних оболонок;
- спеціальні можливості, що полегшують побудову форм для ливарень, - ливарні ухили, лінії роз'єднань, порожнини за формою деталі (зокрема із завданням усадки);
- створення будь-яких масивів формоутворювальних елементів і компонентів складок;
- вставка в модель стандартних виробів з бібліотеки, формування призначених для користувача бібліотек моделей;
- моделювання компонентів в контексті збірки, взаємне визначення деталей у складі збірки;
- накладення з'єднань на компоненти збірки (при цьому можливість автоматичного накладення з'єднань істотно підвищує швидкість створення збірки);
- виявлення взаємопроникнення деталей;
- можливість гнучкого редагування деталей і складок;
- перевизначення параметрів будь-якого елемента на будь-якому етапі проектування, що викликає перебудову всієї моделі.

Новизна останніх версій КОМПАС-3D Vx це – функціональне покращення моделювання деталей з листового матеріалу,



набір команд для створення листового тіла, згинів, отворів і вирізів в листовому тілі, замикання кутів, а також виконання розгортки одержаного листового тіла (зокрема формування асоціативного креслення розгортки).

Нові можливості КОМПАС-3D Vx не обмежуються тільки функціями гнучкості вони мають можливості щодо закладки документів, колірні схеми, збереження профілів користувачів, удосконалення в роботі з параметричними змінними, масивами елементів, растровими об'єктами - ці і десятки інших функцій роблять роботу проектувальника ще зручнішою і ефективнішою, чим раніше.

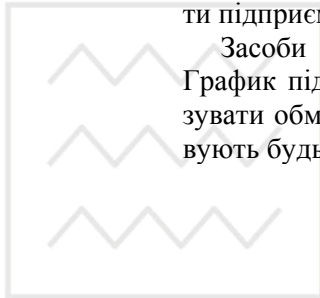
Випуск конструкторської документації в КОМПАС-График.

Креслярський редактор КОМПАС-График надає найширші можливості автоматизації проектно-конструкторських робіт у різних галузях промисловості. Він успішно використовується в машинобудівному проектуванні, при проектно-будівельних роботах, складанні різних планів і схем (рис. 12.2).

КОМПАС-График може використовуватися як повністю інтегрований в КОМПАС-3D модуль роботи з кресленнями і ескізами, так і як самостійний продукт, що повністю вирішує завдання 2D проектування і випуску документації.

Система орієнтована на повну підтримку стандартів ЕСКД. При цьому вона володіє можливістю гнучкого налаштування на стандарти підприємства.

Засоби імпорту/експорту графічних документів (КОМПАС-График підтримує формати DXF, DWG, IGES) дозволяють організувати обмін даними з суміжниками і замовниками, що використовують будь-які креслярський-графічні системи.



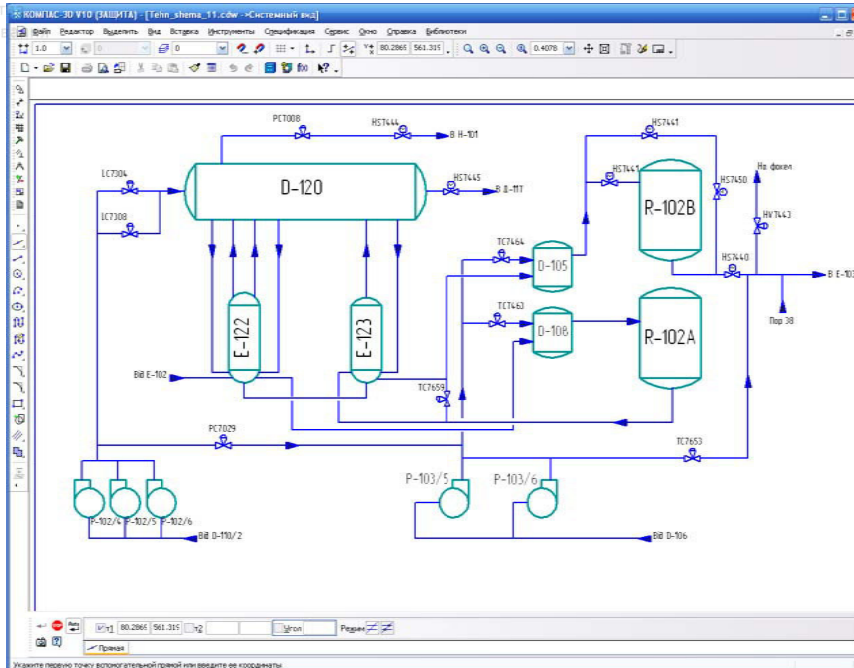


Рис. 12.2. Інтерфейс модуля КОМПАС-График

Весь функціонал КОМПАС-График підпорядкований цілям швидкісного створення високоякісних креслень, схем, розрахунково-пояснювальних записок, технічних умов, інструкцій і інших документів.

КОМПАС-График має такі переваги:

- продуманий і зручний призначений для користувача інтерфейс, що робить роботу конструктора швидкою і такою, що приносить задоволення;
- багатодокументний режим роботи з кресленнями;
- різноманітні способи і режими побудови графічних примітивів (зокрема ортогональне креслення, прив'язка до сітки і т.д.);
- потужні засоби створення параметричних моделей для часто вживаних типових деталей або складальних одиниць;
- створення бібліотек типових фрагментів без будь-якого програмування;
- використання будь-яких стилів ліній, штрихувань, текстів;



- численні способи проставляння розмірів і технологічних позначень;
- автопідбір допусків і відхилень;
- швидкий доступ до типових текстів і позначень;
- вбудований текстовий редактор;
- вбудований табличний редактор.

КОМПАС-График автоматично генерує асоціативні види тривимірних моделей (зокрема розрізи, перетини, місцеві види, види по стрілці). Всі вони асоційовані з моделлю: зміни в моделі приводять до зміни зображення на кресленні.

Стандартні види автоматично будуються в проекційному зв'язку. Дані в основному написі креслення (позначення, найменування, маса) синхронізуються з даними з тривимірної моделі.

Формування специфікацій. Система проектування специфікацій дозволяє випускати різноманітні специфікації, відомості і інші табличні документи.

Специфікація може бути асоціативно пов'язана з складальним кресленням (одним або декількома його листами) і тривимірною моделлю збірки.

Можлива автоматична передача даних з креслення або моделі в специфікацію або із специфікації в підключені до неї документи. Із специфікації в креслення передаються номери позицій компонентів збірки (стандартних виробів, деталей і т.д.). З складального креслення в специфікацію передаються номери зон, в яких розташовано зображення відповідних компонентів збірки. З моделей деталей і складальних одиниць у специфікацію передаються найменування, позначення, маса і інші дані.

Якщо в складальне креслення вставлені зображення стандартних елементів з прикладних бібліотек то інформація про них передається в специфікацію.

Система проектування специфікацій підтримує заповнення розділів і підрозділів і стандартне сортування рядків усередині них. Правила сортування рядків за умовчанням відповідають стандарту і при необхідності вони можуть бути змінені користувачем.

Різнорозмірність параметрів і настройок, особливо застосування призначених для користувача бланків, дозволяє створювати не тільки специфікації ГОСТ. Механізми модуля розробки специфікацій



Відмінно підходять для роботи з різними відомостями, переліками, каталогами і списками: їх рядки можна нумерувати, сортувати, пов'язувати з документами і графічними об'єктами і т.д. Комбінуючи різні настройки специфікації, можна створювати відомості специфікацій, відомості посилальних документів, відомості закупівлі виробів, таблиці з'єднань, листи реєстрації змін і інші документи.

Спільна робота КОМПАС з іншими системами CAD/CAM/CAE. АСКОН приділяє велику увагу забезпеченню зручного і швидкого обміну інформацією з іншим ПЗ САПР. КОМПАС VX Plus містить різні конвертори для обміну даними з іншими системами проектування, інженерних розрахунків, підготовки управляючих програм і т.д. Функції імпорту даних з більшості форматів, а також деякі функції експорту надаються користувачам КОМПАС VX Plus безкоштовно. До них відносяться:

- читання графічних файлів форматів DXF, DWG і IGES;
- читання файлів тривимірних моделей форматів IGES, SAT, XT, STEP;
- запис файлів тривимірних моделей форматів IGES, SAT, XT, STEP, VRML і STL;
- запис даних специфікації у формати DBF і Microsoft Excel;
- запис документів КОМПАС в різні растрові формати (TIFF, GIF, JPEG, BMP, PNG, TGA);
- читання і запис текстових файлів форматів ASCII (DOS), ANSI (Windows); читання текстових файлів формату RTF.

Деякі конвертори для експорту і імпорту даних є окремими компонентами системи. Використовуючи їх, можна виконати:

- запис графічних файлів форматів DXF, DWG і IGES;
- читання файлів формату PDIF (P-CAD);
- читання файлів *.model системи CATIA 4 в КОМПАС-Графік.

Інтеграція з САПР SolidWorks, Unigraphics, SolidEdge забезпечується за рахунок підтримки в КОМПАС VX Plus читання і записи даних Parasolid.

АСКОН випустив утиліти призначені для замовників приладобудівного профілю. *Конвертер 3D моделей друкованих плат* дозволяє читати в КОМПАС стандартизований формат обміну даними IDF. 3D-Конвертер працює з IDF-файлами, які експортуються з системою P-CAD версій 2000..2002 і ORCAD версій 9.x.

Конвертер текстових конструкторських документів призначе-



ний для отримання у форматах КОМПАС Переліку елементів і Специфікації на виробу, розроблені в системах P-CAD і ORCAD. Одержані документи можуть бути при необхідності допрацьовані стандартними засобами КОМПАС. Конвертор працює з BOM-файлами систем P-CAD версій 2000...2002 і ORCAD версій 9.x.

Тема 13. САПР автоматизації технологічної підготовки виробництва та моделювання

13.1. КОМПАС-АВТОПРОЕКТ

Цей програмний комплекс автоматизації технологічної підготовки виробництва призначений для вирішення широкого спектру завдань: автоматизованого проектування технологічних процесів, розрахунку оптимальної кількості матеріалів для виробництва виробу, розрахунку режимів обробки для різних видів виробництв, розрахунку оптимальних витрат праці, формування необхідного комплексу технологічних документів (рис. 13.1). Технологічна інформація з програмного комплексу передається в різні системи класів PDM/MRP/ERP для виробничого планування і управління.

При створенні на підприємстві єдиного комплексу автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки, зберігання технологічної інформації створеної в КОМПАС-Автопроект виконує система управління даними про виріб ЛОЦМАН:PLM (або інша PDM/PLM система).

При автономному використанні програмний комплекс складається з двох підсистем: АВТОПРОЕКТ-технологія і АВТОПРОЕКТ-специфікація.

Підсистема *АВТОПРОЕКТ-технологія* забезпечує:

- автоматизоване проектування технологічних процесів для різних видів виробництв (механічної обробки, збірки, зварки, термообробки, штампувального виробництва, литва, гальванічних покриттів і т.д.) або “крізних” техпроцесів, що включають операції різних виробництв:
- розрахунок режимів різання для механічної обробки;
- розрахунок режимів зварювання;
- розрахунок норм часу на виконання операцій (трудове нормування);



- формування необхідного комплексу технологічної документації;
- переклад технологічного процесу іноземною мовою.

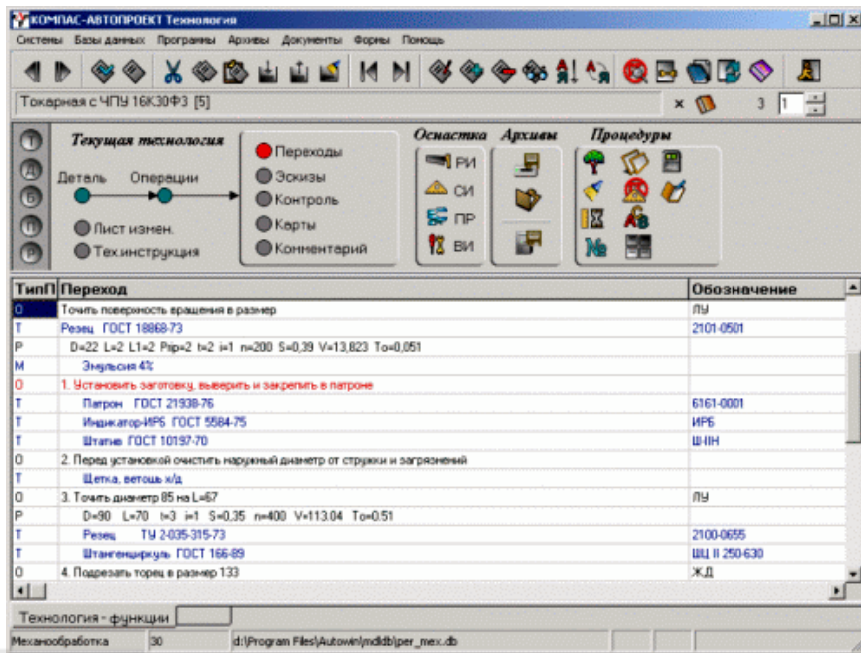


Рис. 13.1. Интерфейс программы КОМПАС-АВТОПРОЕКТ

Автоматизоване проектування технологічних процесів здійснюється у таких режимах:

- використання техпроцесу-аналогу з автоматичним вибором відповідної технології з архіву за різними критеріями, у тому числі і за конструкторсько-технологічним кодом деталі, що забезпечує найбільш точний підбір;
- використання типового техпроцесу;
- використання бібліотеки типових технологічних операцій і переходів;
- автоматичного доопрацювання типової технології на основі даних, переданих з праметричного креслення або ескіза КОМПАС-График;
- автоматичного доопрацювання типової технології на основі роз-



рахункових даних або таблиці типорозмірів виготовлюваних деталей.

Формування комплексу технологічної документації здійснюється в середовищі MS Excel. Забезпечується автоматична вставка операційних ескізів, різна нумерація технологічних карт у складі комплексу. У базове постачання входять бланки карт за ЕСКД (маршрутні і маршрутно-операційні карти, карти ескізів, контролю, карти технологічного процесу, відомості оснащення, карти комплектувань). При необхідності користувач за допомогою відповідного майстра має можливість самостійного створення нових форм технологічних документів, у тому числі і на вимогу стандарту підприємства.

У автоматизованому режимі розраховуються норми допоміжного часу на установку заготовки, на виконання переходу, на контрольні вимірювання після обробки деталей, підготовчо-завершальний і штучний час.

При необхідності всі розрахункові залежності і методики можуть бути відкоректовані користувачем або додані алгоритми розрахунків, що вже застосовуються на підприємстві.

Підсистема *АВТОПРОЕКТ-технологія* дозволяє істотно розширювати без участі розробників можливості підсистеми, налаштувати автоматизовану розробку техпроцесів для нового вигляду виробництв.

Підсистема *АВТОПРОЕКТ-специфікація* забезпечує:

- введення і управління інформацією про склад виробу;
- централізоване ведення архіву конструкторсько-технологічної документації;
- пошук об'єктів складу виробу і документації, що відноситься до них, по різних критеріях;
- розмежування прав доступу до технологічних документів;
- створення багатоваріантних міжцехових маршрутів виготовлення виробу;
- контроль вхідної і використовуваної номенклатури виробів, що випускаються;
- матеріальне нормування по налаштовувальним алгоритмам;
- автоматичну заміну даних в архіві технологічних процесів при зміні нормативної документації з автоматичним формуванням сповіщення про зміну;
- формування зведених відомостей (подетально-специфікованих і



зведених норм витрати матеріалів, відомостей трудомісткості виготовлення виробу, завантаження устаткування, відомості технологічних маршрутів).

Для роботи з складом виробу передбачена можливість імпорту конструкторської специфікації з КОМПАС-3D і з інших джерел.

Унікальною особливістю системи КОМПАС-АВТОПРОЕКТ є можливість роботи з базами даних, що вже є на підприємстві без їх конвертації. Забезпечується підключення баз різних СУБД, зокрема Access, Paradox, Foxpro і т.д.

Для інтеграції з іншими додатками використовується API КОМПАС-АВТОПРОЕКТ, що розроблений на основі COM-технології і включає близько 300 функцій.

13.2. КОМПАС-Електрик

САПР КОМПАС-Електрик Std призначена для автоматизації проектування і випуску комплекту документів (схем і звітів до них) на електроустаткування об'єктів виробництва (рис. 13.2). Як об'єкти виробництва можуть виступати будь-які об'єкти, в яких для виконання електричних зв'язків використовується проводовий монтаж (низьковольтні комплектні пристрої (НКП), системи релейного захисту і автоматики (РЗА), АСК технологічних процесів і т.д.). Систему можна застосовувати в інститутах, конструкторських бюро і відділах, які проектують електроприводи, нестандартне устаткування, розробляють проекти електропостачання в промисловому і цивільному будівництві.

Використання КОМПАС-Електрик Std дає змогу досягти:

- підвищення швидкості створення і оформлення документів проекту: система володіє функціями автоматичного формування більшої частини документів;
- зменшення рутинних операцій: кожна комплектуюча одиниця проекту вводиться тільки один раз, а при формуванні різних документів проекту подальше використання її даних відбувається автоматично;
- підвищення якості виробів: система володіє рядом контрольних функцій, які відсутні при ручному проектуванні;
- підвищення якості оформлення документів: всі графічні позначення електроапаратів у всіх документах проекту приведені до



єдиного представлення, елементи оформлення креслень повністю відповідають вимогам ЕСКД.

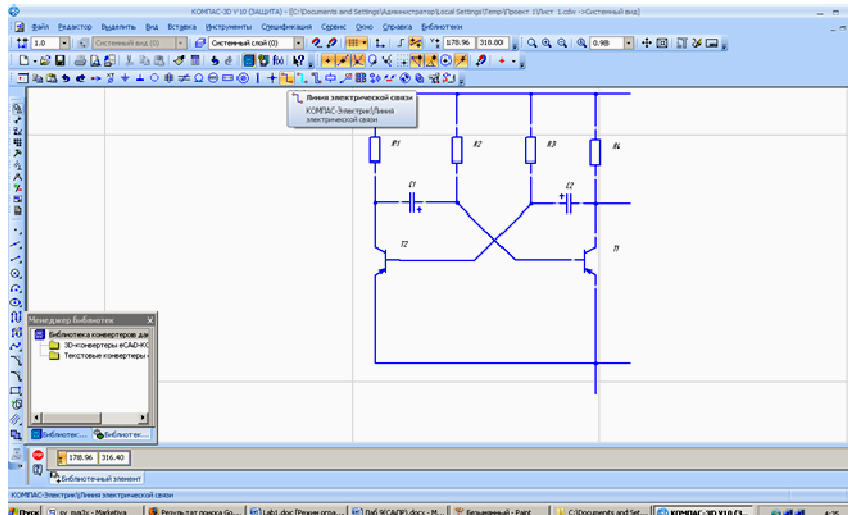


Рис. 13.2. Інтерфейс програми КОМПАС-Електрик Std

Система складається з двох основних модулів: Бази даних і Редактора схем і звітів.

База даних системи містить комплектуючі вироби вживані в проєктах, а також умовні графічні позначення (УГП), використовувані при створенні схем електричного вигляду. База даних вже має первинне наповнення - близько 5700 типових виробів і близько 300 графічних позначень. У будь-який момент часу у неї можна додавати нові комплектуючі вироби і УГП.

База може працювати на платформі СУБД Microsoft з SQL Server; Microsoft з Access; Borland з InterBase.

У Редакторові схем і звітів створюються, редагуються, оформляються і виведення на друк документів проєкту. Для управління файлами проєктів і їх документами у Редакторі передбачений Менеджер проєктів. Редактор схем і звітів функціонує в середовищі системи КОМПАС-График.

КОМПАС-Електрик Std має такі основні функції:

– додавання і редагування комплектуючих елементів у базу даних;



- додавання нових УГП в бібліотеку і настройка її структури;
- вставка УГП з бібліотеки в схему, його обробка і виконання контрольних операцій;
- побудова і редагування ліній електричного зв'язку, електричних шин, групових ліній зв'язку;
- ручна і автоматична розстановка маркувань проводів;
- вставка спецсимволів ліній зв'язку (екран, кабель, коаксіальний провідник, скручування і т.п.);
- функція централізованого коректування електричних зв'язків у виробі (Зведена таблиця, Діалог зміни зовнішніх трас);
- автоматичне формування клемників по ходу роботи над проектом.

13.3. Графічний редактор Spotlight/Spotlight Pro

Spotlight/Spotlight Pro це - професійний гібридний графічний редактор, що працює в середовищі Windows і дозволяє здійснити повний комплекс робіт з растровими монохромними, напівтоновими і кольоровими зображеннями, відсканованими кресленнями, картами, схемами і іншими графічними матеріалами.

За допомогою Spotlight можна:

- сканувати документи, значно підвищувати їх якість і коректувати спотворення;
- швидко вносити необхідні зміни до сканованого документа;
- одночасно працювати як з растровою так і з векторною графікою, використовуючи технологію, звичну для користувачів САПР;
- векторизувати весь документ або необхідні фрагменти за допомогою автоматичної або напівавтоматичної векторизації.

13.4. Система геометричного моделювання ГеММа-3D

ГеММа-3D являється самостійною CAD/CAM-системою, яка дає змогу побудувати математичну модель і отримати керуючі програми обробки деталей будь-якої ступені складності на всіх типах металоріжучого обладнання з числовим програмним управлінням (ЧПУ).

Велика гнучкість системи та функціональний інтерфейс (рис. 13.3) сприяють швидкому її переоснащенню під нове обладнання та виробу, що є дуже актуально в умовах інструментального виробни-



цтва. Крім того, система ГеММа-3D може ефективно функціонувати у цехових умовах де іноді необхідно вносити зміни у текст управляючої програми безпосередньо оператором не вимагаючи при цьому втручання технолога-програміста. Для цього у системі ГеММа-3D передбачено редактор управляючих програм, за допомогою якого можливо здійснювати асоціативний зв'язок кадру у тексті програми з графічним зображенням елемента траєкторії. У системі передбачена можливість експорту та імпорту даних у вигляді як 3D-моделей, так і креслень із усіх відомих САD-систем, тому її інтеграція у будь-яку САПР підприємства не складає особливих труднощів.

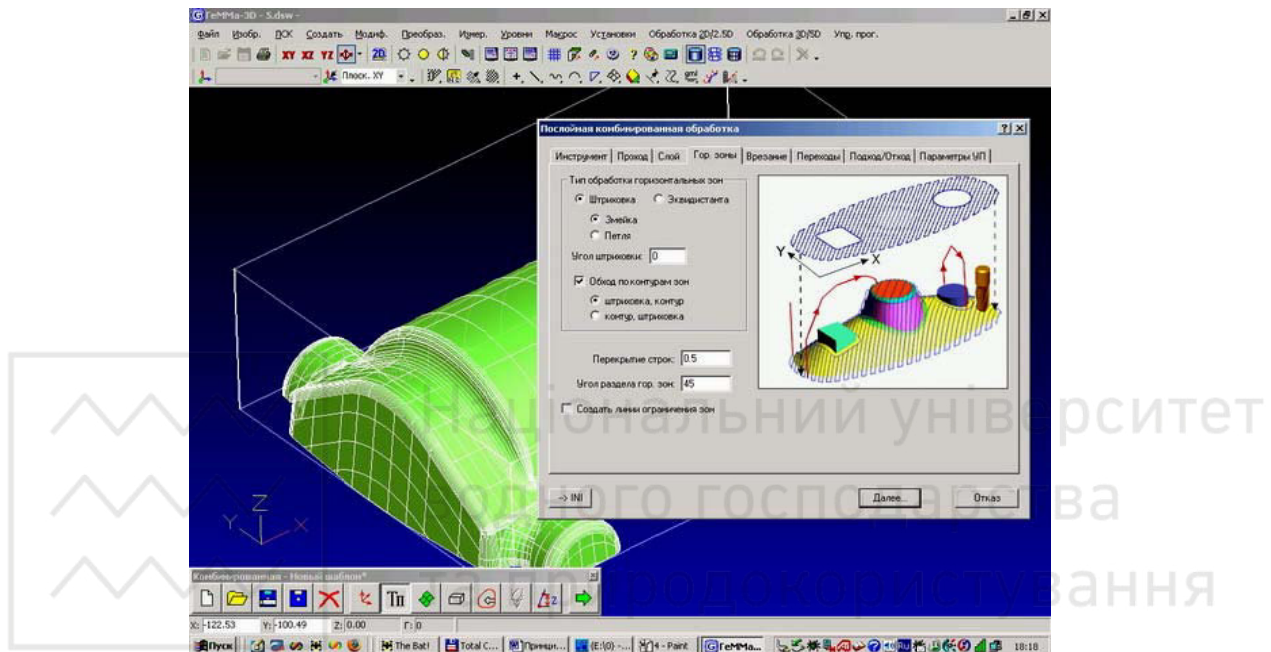


Рис. 13.3. Интерфейс программы ГеММа-3D

Основні функції системи ГеММа-3D такі:

- побудова математичних моделей деталей і агрегатів;
- доопрацювання математичних моделей відповідно до вимог технологічного процесу обробки конкретним інструментом на певно-



му устаткуванні з ЧПУ;

- підготовка управляючих програм для верстатів з ЧПУ: фрезерних (2-х, 3-х, 4-х, 5-и координатних), електроерозійних (2-х, 3-х, 4-х координатних), свердлильних, токарних та гравіювальних;
- підготовка технологічних ескізів і технологічних карт;
- обробка результатів вимірювань виробів для оцінки точності виготовлення.

При виконанні моделювання за допомогою GeMMa-3D можливо здійснювати:

- побудову кривих: відрізки, дуги кіл, сплайни, криві 2-го порядку, еволюти і евольвенти, табличні криві, криві по довільній формулі;

- створення поверхонь деталей і агрегатів будь-якого ступеня складності: лінійні, витискування, обертання, Безье, NURBS, по одній і двох сімействах каркасних кривих, сполучення для поверхонь і оболонок (з постійним і змінним радіусом), сполучення поверхні з кривою (підсічка), кінематичні, еквідистантні, ливарні ухили;

- обрізання поверхонь: створення складних композицій поверхонь, з вирізами і обмеженнями і виконання всіх геометричних і технологічних операцій;

- робота з довільними конструкційними площинами.

- геометричні операції: проектування кривих на поверхню, наведення кривих на поверхню, розгортка кривих лежачих на поверхні на площину, побудова еквідистантних кривих на площині і поверхні, перетин поверхонь довільними площинами, обрізання поверхонь за заданими межами, побудова оболонок, побудова ліній на поверхнях, межі поверхонь та ін.

Обмінні формати IGES, DXF, STEP забезпечують введення математичних моделей, підготовлених в будь-яких відомих САПР, включаючи твердотільні, а імпорт формату EPS дозволяє сприймати графічну інформацію з художніх програм для програмування гравіювання.

3. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ



3.1. Перелік тестових завдань для проміжного модульного контролю №1

1. Яке призначення САПР.

- А. Для виконання проектних операцій (процедур) в автоматизованому режимі.
- Б. Для підвищення якості і техніко-економічного рівня проектованої і випускаючої продукції.
- В. Для скорочення термінів, зменшення трудомісткості проектування і підвищення якості проектної документації.
- Г. Для підвищення ефективності об'єктів проектування, зменшення витрат на їхнє створення й експлуатацію.

2. В яких відділах створюється САПР.

- А. Проектних, конструкторських, технологічних організаціях і на підприємствах.
- Б. Комп'ютерних фірмах.
- В. У спеціальних відділах автоматизації.
- Г. У відділі автоматизації підприємства.

3. Мета створення САПР.

- А. Підвищення якості і техніко-економічного рівня проектованої і випускаючої продукції.
- Б. Скорочення термінів, зменшення трудомісткості проектування і підвищення якості проектної документації.
- В. Комплексної автоматизації проектних робіт у проектній організації.
- Г. Зменшення навантаження на проектувальників.

4. Що таке опис об'єкта.

- А. Якщо об'єктом є матеріал, предмет або система - опис заданих властивостей і характеристик об'єкта.
- Б. Якщо об'єктом є процес - опис результату процесу і заданих характеристик його виконання в часу і просторі.
- В. Якщо об'єктом є матеріал або предмет - його виготовлення.
- Г. Якщо об'єктом є процес - його виконання відповідно до заданого алгоритму.

5. Що таке автоматизоване проектування.

- А. Проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта, також представлення описів на різних мовах здійснюється за допо-



могою взаємодії людини й ЕОМ.

Б. Проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта, також представлення описів на різних мовах здійснюється без участі людини.

В. Проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта, також представлення описів на різних мовах здійснюється людиною.

Г. Проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта, також представлення описів на різних мовах здійснюється ЕОМ.

6. Що таке автоматичне проектування.

А. Проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта, також представлення описів на різних мовах здійснюється за допомогою взаємодії людини й ЕОМ.

Б. Проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта, також представлення описів на різних мовах здійснюється без участі людини.

В. Проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта здійснюється без участі людини.

Г. Проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта здійснюється без участі ЕОМ.

7. Що таке проектне рішення.

А. Проміжний або кінцевий опис об'єкта проектування, необхідний і достатній для розгляду й визначення подальшого напрямку або закінчення проектування.

Б. Існуюче проектне рішення, яке використовується при проектуванні.

В. Проектне рішення (сукупність проектних рішень), що задовольняє заданим вимогам.

Г. Сукупність розпоряджень, необхідних для виконання проектування.

8. Що таке результат проектування.

А. Проектне рішення (сукупність проектних рішень), що задовольняє заданим вимогам, необхідне для створення об'єкта проектування.

Б. Сукупність розпоряджень, необхідних для виконання проектування.

В. Існуюче проектне рішення, яке використовується при проектуванні.



Г. Проміжний або кінцевий опис об'єкта проектування.

9. Що таке алгоритм проектування.

А. Сукупність розпоряджень, необхідних для виконання проектування.

Б. Сукупність розпоряджень, необхідне для створення об'єкта проектування.

В. Існуюче проектне рішення, яке використовується при проектуванні.

Г. Проміжний або кінцевий опис об'єкта проектування, необхідний і достатній для розгляду й визначення подальшого напрямку або закінчення проектування.

10. Що таке проектний документ.

А. Документ, виконаний по заданій формі, у якому подане певне проектне рішення, отримане при проектуванні

Б. Сукупність проектних документів відповідно до встановленого переліку, у яких поданий результат проектування.

В. Дія або формалізована сукупність дій, що складають частину проектної процедури.

Г. Формалізована сукупність дій, виконання яких закінчується проектним рішенням.

11. Що таке проект.

А. Сукупність проектних документів відповідно до встановленого переліку, у яких поданий результат проектування.

Б. Документ, виконаний по заданій формі, у якому подане певне проектне рішення, отримане при проектуванні.

В. Формалізована сукупність дій, виконання яких закінчується проектним рішенням.

Г. Неформалізована сукупність дій, виконання яких закінчується проектом.

12. Що таке технічне забезпечення САПР.

А. Сукупність взаємозалежних і взаємодіючих технічних засобів, призначених для виконання автоматизованого (автоматичного) проектування.

Б. Проектна процедура, алгоритм якої залишається незмінним для різних об'єктів проектування.

В. Сукупність математичних методів, математичних моделей і алгоритмів проектування.



Г. Сукупність машинних програм, необхідних для виконання автоматизованого (автоматичного) проектування.

13. Що таке математичне забезпечення САПР.

А. Сукупність математичних методів, математичних моделей і алгоритмів проектування, необхідних для виконання автоматизованого (автоматичного) проектування.

Б. Сукупність машинних програм, необхідних для виконання автоматизованого (автоматичного) проектування.

В. Сукупність взаємозалежних і взаємодіючих технічних засобів, призначених для виконання автоматизованого (автоматичного) проектування.

Г. Сукупність методичних рекомендацій, необхідних для виконання автоматизованого проектування.

14. Що таке програмне забезпечення САПР.

А. Сукупність машинних програм, необхідних для виконання автоматизованого (автоматичного) проектування.

Б. Сукупність взаємозалежних і взаємодіючих технічних засобів, призначених для виконання автоматизованого (автоматичного) проектування.

В. Проектна процедура, алгоритм якої залишається незмінним для різних об'єктів проектування або різних стадій проектування того самого об'єкта.

Г. Сукупність динамічно під'єднуваних бібліотек С++.

15. Що таке пакет прикладних програм проектування.

А. Сукупність машинних програм, необхідних для виконання певної проектної процедури, поданих у заданій формі.

Б. Сукупність документів, що встановлюють склад і правила добору й експлуатації засобів забезпечення автоматизованого (автоматичного) проектування.

В. Сукупність документів, що встановлюють склад проектної організації і її підрозділів.

Г. Сукупність мов проектування.

16. Що таке інформаційне забезпечення автоматизованого (автоматичного) проектування.

А. Сукупність зведень, необхідних для виконання автоматизованого (автоматичного) проектування, поданих у заданій формі.

Б. Сукупність документів, що встановлюють склад і правила добору й експлуатації засобів забезпечення.



В. Сукупність машинних програм, необхідних для виконання певної проектної процедури.

Г. Сукупність документів, що встановлюють склад проектної організації і її підрозділів.

17. Що таке лінгвістичне забезпечення автоматизованого (автоматичного) проектування.

А. Сукупність мов проектування правила формалізації природної мови і методи стиску і розгортання тексту необхідних для виконання автоматизованого проектування, поданих у заданій формі.

Б. Сукупність документів, що встановлюють склад і правила добору й експлуатації засобів забезпечення.

В. Сукупність машинних програм, необхідних для виконання певної проектної процедури.

Г. Сукупність документів, що встановлюють склад проектної організації і її підрозділів.

18. Що таке система автоматизованого проектування.

А. Комплекс засобів автоматизації проектування, взаємозалежних з відповідними підрозділами проектної організації або колективом фахівців, що виконує автоматизоване проектування.

Б. Сукупність документів, що встановлюють склад проектної організації і її підрозділів, зв'язку між ними.

В. Частина програмного забезпечення автоматизованого (автоматичного) проектування призначена для керування проектуванням.

Г. Сукупність різних видів забезпечення автоматизованого (автоматичного) проектування необхідних для виконання автоматизованого (автоматичного) проектування.

19. Які існують технології проектування.

А. Висхідне проектування.

Б. Спадаюче проектування.

В. Низхідне проектування.

Г. Прямолінійне проектування.

20. Що таке маршрут проектування.

А. Послідовність етапів і процедур для проектування об'єкта.

Б. Пакет документації, необхідної для виготовлення виробу.

В. Формалізована сукупність дій, виконання яких закінчується проектним рішенням.

Г. Проектне рішення (сукупність проектних рішень), що задовольняє заданим вимогам.



21. Що таке принцип ієрархічності.

- А. Розбиття представлень кожного рівня на ряд складових частин.
- Б. Структуризація уявлень про об'єкти проектування по ступеню детальності опису.
- В. Структуризація об'єктів проектування по глибині деталізації.
- Г. Визначення залежності рівнів проектування.

22. Що таке принцип декомпозиції (блоковості).

- А. Розбиття представлень кожного рівня на ряд складових частин (блоків) з можливостями роздільного проектування об'єктів на кожному рівні.
- Б. Структуризація об'єктів проектування по глибині декомпозиції.
- В. Розділення кожного рівня на підрівні.
- Г. Створення складних об'єктів шляхом злиття простих.

23. Які пристрої відносяться до периферійних у САПР.

- А. Маніпулятор миша.
- Б. Диджитайзер.
- В. Монітор.
- Г. Світлоскоп.

24. Що входить до складу інформаційного забезпечення САПР.

- А. Ідентифікатори.
- Б. Бази даних і інформаційних масивів.
- В. Тезаурус.
- Г. Класифікатори.

25. Які вимоги пред'являються до інформації у САПР.

- А. Повнота.
- Б. Достовірність.
- В. Актуальність.
- Г. Правдивість.

26. Які процеси входять до життєвого циклу виробу.

- А. Процес розробки.
- Б. Процес виробництва.
- В. Процес погодження.
- Г. Процес моделювання.

27. Що таке синтез.

- А. Це проектні процедури, направлені на отримання нових описів проектованого об'єкту відповідно до заданих показників його функціонування.
- Б. Це перед проектні процедури, направлені на отримання нових



описів проектного об'єкту.

В. Це процес системної підтримки прийняття рішень.

Г. Це процес побудови тривимірних зображень з двовимірних.

28. Що таке аналіз.

А. Це проектні процедури, направлені на отримання нових описів проектного об'єкту відповідно до заданих показників його функціонування.

Б. Це проектні процедури, направлені на збереження нових описів проектного об'єкту.

В. Це проектні процедури, що мають на меті отримання інформації про властивості проектного об'єкту по заданому опису.

Г. Це процес аналізу правильності побудови тривимірних зображень.

29. Що таке спеціальне програмне забезпечення САПР.

А. Це програмне забезпечення, що визначається класом об'єктів, що проектуються з допомогою САПР.

Б. Це набір прикладних програм що взаємодіють з операційною системою.

В. Це комп'ютерні програми для забезпечення процесу проектування.

Г. Це засоби, що допомагають виводити графічну інформацію на друк.

30. Які є режими роботи обчислювальних систем.

А. Режим пакетної обробки завдань.

Б. Діалоговий (інтерактивний) режим.

В. Мультипрограмний режим

Г. Багатоступеневий режим.

31. Класифікація САПР за функціональним призначенням.

А. Розрахунково-оптимізаційні.

Б. Розрахунково-аналітичні.

В. Графоаналітичні.

Г. Інформаційні.

32. Які способи представлення графічної інформації в ЕОМ.

А. Координатний спосіб.

Б. Рецепторний спосіб. структурно-символьний спосіб.

В. Структурно-символьний спосіб.

Г. Векторний спосіб.



3.2. Перелік тестових завдань для проміжного модульного контролю №2

1. Які типи з'єднань доступні в системі КОМПАС-3D (зборка).

- А. Збіг, концентричність, дотикання.
- Б. Паралельність або перпендикулярність граней і ребер.
- В. Прямокутне та кутове з'єднання.
- Г. Розташування об'єктів на відстані або під кутом один відносно одного.

2. Які операції з компонентами зборки можна виконувати у системі КОМПАС-3D (зборка).

- А. Об'єднання двох деталей.
- Б. Виділення однієї деталі з іншої.
- В. Деталь розділити на n різних частин.
- Г. Додати одну деталь до двох деталей.

3. В якому вигляді може відобразитися деталь у системі КОМПАС-3D (зборка).

- А. Розібраному.
- Б. Складному.
- В. Розгорнутому.
- Г. Сумісному.

4. Як формується специфікація розробленої деталі у системі КОМПАС-3D.

- А. Автоматично.
- Б. Експортуванням з інших програм АСКОН.
- В. За допомогою іншого програмного забезпечення.
- Г. За допомогою інформаційного забезпечення.

5. Яке призначення системи КОМПАС-3D.

- А. Створення тривимірних параметричних моделей окремих деталей і складальних одиниць.
- Б. Розробки растрової графіки.
- В. Моделювання технологічних процесів.
- Г. Розробки програмного забезпечення САПР.

6. Які елементи включає в себе організаційне забезпечення САПР.

- А. Інструкція користувача САПР.
- Б. Інструкція з експлуатації технічних засобів.
- В. Посадова інструкція системного адміністратора.
- Г. Інструкція з експлуатації комп'ютерної техніки.



7. Які операції дозволяє здійснювати система КОМПАС-ГРАФИК.

- А. Обертання.
- Б. Переріз.
- В. Витискання.
- Г. Прив'язки.

8. Які модулі містить система КОМПАС-3D.

- А. Твердотільного тривимірного моделювання.
- Б. Креслярсько-конструкторський редактор.
- В. Моделювання роботи асинхронних двигунів.
- Г. Моделювання роботи верстатів з ЧПУ.

9. Яке призначення вбудованого модуля розрахунку масово-інерційних характеристик системи КОМПАС-3D.

- А. Оперативно обчислити параметри спроектованої деталі або зборки.
- Б. Полегшити пошук найбільш оптимального варіанту конструкції.
- В. Оптимально розмістити деталі на кресленні.
- Г. Розробити математичну модель об'єкта.

10. Які системи координат використовується у КОМПАС-3D.

- А. Декартові системи координат.
- Б. Полярна система координат.
- В. Локальна система координат.
- Г. Тривимірна система координат.

11. Що таке прив'язки у КОМПАС-3D.

- А. Механізм, що дозволяє точно задати положення курсору вибравши умову його позиціонування.
- Б. Механізм, що дозволяє приблизно задати положення курсору вибравши умову його позиціонування.
- В. Даний механізм відсутній в КОМПАС-3D.
- Г. Механізм, що дозволяє задати умову позиціонування.

12. Яке призначення програми ORCAD Capture.

- А. Для створення проекту у вигляді принципової електричної схеми та описів на мові високого рівня VHDL.
- Б. Для створення проекту у вигляді принципової схеми з'єднань і її опису на мові високого рівня VHDL.
- В. Для створення проекту у вигляді принципової електричної схеми і її опису на мові C++.
- Г. Для створення проектів у вигляді друкованих плат.



13. Яке призначення текстового редактора програми ORCAD Capture.

- А. Створювати і переглядати VHDL-файли і будь-які інші текстові файли.
- Б. Створювати і переглядати текстові файли.
- В. Виконувати проектування на основі VHDL-файлів.
- Г. Здійснювати редагування рядка станів.

14. Що таке P-CAD PCB.

- А. Редактор друкованих плат.
- Б. Схемний редактор.
- В. Пакет авторозміщення й автотрасування.
- Г. Програма моделювання пристроїв опрацювання сигналів.

15. Що таке P-CAD Schematic.

- А. Схемний редактор.
- Б. Пакет авторозміщення й автотрасування.
- В. Програма моделювання пристроїв опрацювання сигналів.
- Г. Система проектування друкованих плат.

16. Що таке SPECSTRA.

- А. Пакет авторозміщення й автотрасування.
- Б. Програма моделювання пристроїв опрацювання сигналів.
- В. Система проектування друкованих плат.
- Г. Схемний редактор.

17. Що таке HyperSignal Block Diagram.

- А. Програма моделювання пристроїв опрацювання сигналів.
- Б. Схемний редактор.
- В. Система проектування друкованих плат.
- Г. Програми схемотехнічного моделювання.

18. Яке призначення системи ЛОЦМАН: PLM.

- А. Зберігання технічної документації на виріб.
- Б. Керування процесом розробки виробів.
- В. Розробка моделей та пристроїв.
- Г. Розробка програм функціонування моделей.

19. З якими системами може взаємодіяти система ЛОЦМАН: PLM.

- А. КОМПАС 3D.
- Б. AUTOCAD
- В. 1С-ПРЕДПРИЯТИЕ 7.7.
- Г. P-CAD.



20. Яке призначення САПР КОМПАС-Електрик Std.

- А. Для автоматизації проектування і випуску комплекту документів на електроустаткування об'єктів виробництва.
- Б. Захист від несанкціонованого доступу до електронних документів розроблених у КОМПАС-Графік.
- В. Розробка баз даних.
- Г. Розробка та моделювання математичного забезпечення для КОМПАС-Електрик.

21. Що таке засоби розробки додатків КОМПАС-МАСТЕР.

- А. Набір динамічно під'єднаних бібліотек написаних на мові С.
- Б. Набір динамічно під'єднаних бібліотек написаних на мові С++.
- В. Набір динамічно під'єднаних бібліотек написаних на мові Basic.
- Г. Система параметричного моделювання.

22. Що таке КОМПАС-АВТОПРОЕКТ.

- А. Програмний комплекс автоматизації технологічної підготовки виробництва.
- Б. Програмний комплекс автоматизації проектування.
- В. Система розробки моделей та деталей.
- Г. Програмний модуль автотрасування.

23. Яке призначення графічного редактора Spotlight / Spotlight Pro.

- А. Виконання повного комплексу робіт з растровими монохромними, напівтоновими і кольоровими зображеннями.
- Б. Здійснювати коректування спотворення у відсканованих кресленнях, картах, схемах та інших графічних матеріалах.
- В. Підвищення якості відсканованих креслень, карт, схем та інших графічних матеріалів.
- Г. Перетворення зображень з растрової у цифрову форму.

24. Яке призначення системи ГеММа-3D.

- А. Побудова математичних моделей і отримання керуючих програм обробки деталей для всіх типів металоріжучого обладнання з числовим програмним управлінням.
- Б. Побудова математичних моделей і отримання керуючих програм обробки деталей для фотоплотерів.
- В. Здійснення математичного моделювання процесу проектування.
- Г. Виконання твердотільного моделювання.



4. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

4.1. Вивчення основних правил роботи з системою автоматизованого проектування КОМПАС-3D Vx

Мета: Ознайомитися з правилами виконання лабораторних робіт і вивчити основні правила роботи з системою автоматизованого проектування КОМПАС-3D Vx. Провести інструктаж з техніки безпеки.

Програма роботи

1. Вивчення основних елементів інтерфейсу системи КОМПАС-3D.
2. Загальні принципи моделювання та створення об'ємних моделей.
3. Ознайомлення з ескізом, операцією та контуром у системі КОМПАС-3D.
4. Вивчення основних термінів, що використовуються при описі тривимірних моделей.

4.2. Створення робочих креслень у системі КОМПАС-3D Vx

Мета: Навчитися проектувати елементи автоматичних систем у системі КОМПАС-3D.

Програма роботи

1. Здійснити вибір головного виду та створити і настроїти креслення елементів.
2. Розробити креслення зі стандартних видів.
3. Створення загального і місцевого розрізів та виносного елемента.
4. Вивчення правил оформлення креслень.

4.3. Створення збірних виробів у системі КОМПАС-3D Vx

Мета: Навчитись проектувати збірні вироби у системі КОМПАС-3D Vx.

Програма роботи

1. Створити файл зборки шляхом додавання компонентів: із файлів, обертання і руху та їх спряження.
2. Додаткові можливості спряження компонентів зборки та створення об'єктів специфікації.



4.4. Створення компонентів та додавання стандартних виробів у системі КОМПАС-3D Vx

Мета: Ознайомитись із можливістю створення компонентів та додавання стандартних виробів у системі КОМПАС-3D Vx.

Програма роботи

1. Навчитись створювати та редагувати компоненти на місці і у вікні (проекції об'єктів, ребра жорсткості та ін.).
2. Побудова отворів.
3. Додавання у зборку окремих кріпильних елементів.
4. Створення масивів по сітці та по зразку.

4.5. Створення збірних креслень у системі КОМПАС-3D Vx

Мета: Навчитись створювати збірні креслення та креслення окремих виробів у системі КОМПАС-3D Vx.

Програма роботи

1. Ознайомлення з можливістю створення та редагування видів.
2. Постановка виносок, розмірів, відхилень та використання інформаційних довідників.
3. Робота з Деревом креслень та місцевими видами.

4.6. Розробка специфікацій у системі КОМПАС-3D Vx

Мета: Навчитись створювати специфікації у системі КОМПАС-3D Vx, підключати до них збірні креслення та формувати документацію.

Програма роботи

1. Навчитись створювати файли специфікації та під'єднувати до них робочі і збірні креслення.
2. Навчитись підключати до специфікацій та редагувати документи.
3. Навчитись створювати розділ Документація.

4.7. Робота з динамічними елементами у системі КОМПАС-3D Vx

Мета: Навчитись створювати елементи на основі тіл обертання та просторових кривих. Розглянути можливість КОМПАС-3D Vx



при формуванні кінематичних елементів.

Програма роботи

1. Створення тіл обертання.
2. Побудова просторових кривих.
3. Створення кінематичних елементів.

4.8. Побудова елементів по розрізах і моделювання листових деталей у системі КОМПАС-3D Vx

Мета: Навчитись проектувати деталі по розрізах і моделювати листові деталі у системі КОМПАС-3D Vx.

Програма роботи

1. Навчитись будувати деталі за січеннями.
2. Навчитись створювати листове тіло.
3. Побудова вигинів та вирізів у листовому тілі.
4. Створення креслень розгорток.

4.9. Вивчення основних правил роботи з системою КОМПАС-Електрик

Мета: Ознайомитись з основними принципами роботи в КОМПАС - Електрик і закріпити основні прийоми роботи на основі розробки елементарної принципової схеми.

Програма роботи

1. Ознайомитись з *менеджером проектів* і *інструментальною панеллю* КОМПАС - Електрик.
2. Ознайомитись з принципом роботи менеджера проектів.
3. Побудувати у КОМПАС - Електрик принципову електричну схему згідно варіанту.

4.10. Розробка принципових схем засобами КОМПАС-Електрик

Мета: Навчитися розробляти принципові схеми використовуючи програму КОМПАС-Електрик.

Програма роботи

1. Використовуючи програму КОМПАС-Електрик розробити принципову електричну схему.



2. Оформити розроблену схему у відповідності до діючих стандартів.
3. Підготувати необхідну супровідну документацію для подальшого виготовлення друкованих плат.

4.11. Розробка структурних та функціональних схем з використанням стандартних бібліотек у КОМПАС-Електрик

Мета: Навчитися розробляти структурні та функціональні схеми з використанням стандартних бібліотек у КОМПАС-Електрик.

Програма роботи

1. Використовуючи стандартні бібліотеки програми КОМПАС-Електрик розробити структурну або функціональну схеми.
2. На основі розробленої схеми запроєктувати схему з'єднань і підключень з використанням КОМПАС-Електрик.
3. Підготувати необхідну супровідну документацію для виконання монтажних робіт.

4.12. Вивчення основних правил роботи системи P-CAD

Мета: Ознайомитись з основними принципами роботи у системі P-CAD і навчитись основних прийомів роботи при створенні елементарної принципової схеми та друкованої плати.

Програма роботи

1. Ознайомитися з принципом роботи підпрограми P-CAD Schematic.
2. Ознайомитися з принципом роботи підпрограми P-CAD PCB.
3. Розробити друковану плату використовуючи стандартні бібліотеки з підпрограми Library Executive.



5. ІНДИВІДУАЛЬНЕ НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНЕ ЗАВДАННЯ

5.1. Теми до виконання індивідуального навчально-дослідного завдання

1. Застосування ЕОМ для автоматизації проектування і технологічної підготовки виробництва.
2. Методи вирішення задач оптимізації у САПР.
3. Математичне моделювання об'єктів проектування у САПР.
4. Структура об'єкту проектування на макрорівні.
5. Складання еквівалентних схем технічних об'єктів.
6. Моделювання роботи технічних об'єктів.
7. Моделі представлення даних у САПР.
8. Периферійні пристрої ЕОМ у САПР.
9. Автоматизація підтримки життєвого циклу виробу.
10. Основні принципи побудови САПР технологічних процесів.
11. Структура систем автоматизованого синтезу пристроїв та систем.
12. Види інформації у САПР.
13. Методичне забезпечення САПР.
14. Організаційне забезпечення САПР.
15. Основні тенденції розвитку сучасних САПР.
16. Особливості використання САПР ГеММа-3D.
17. Можливості системи ЛОЦМАН: PLM.
18. Особливості використання САПР SolidWorks.
19. Особливості використання САПР P-CAD.
20. Особливості використання системи AutoCAD та її відмінність від КОМПАС.
21. Апаратне забезпечення САПР для виводу інформації на друк.
22. Розробка додатків та динамічно під'єднаних бібліотек для різних видів САПР.
23. Використання САПР для управління верстатами з числовим програмним управлінням.
24. Особливості розробки САПР технологічних процесів.
25. Особливості розробки САПР технологічних процесів.
26. Банки даних у САПР.
27. Моделі представлення даних у САПР.
28. Периферійні пристрої ЕОМ у САПР.



29. Застосування електронно-обчислювальних машин у САПР.
30. Пристрої введення та виведення графічної інформації.
31. Технологічний процес як об'єкт проектування САПР.
32. Сучасний стан автоматизації проектування у галузі технологічних процесів машинобудування.
33. Автоматизація підтримки життєвого циклу виробів.
34. Оптимізація проектних технологічних рішень.
35. Огляд сучасних САПР, що застосовуються у машинобудуванні.
36. Огляд сучасних САПР, що застосовуються у будівництві.
37. Огляд сучасних САПР, що застосовуються для проектування електричного обладнання.
38. Застосування електронно-обчислювальних машин у САПР.
39. Периферійні пристрої, що застосовуються у САПР.
40. Мовні засоби машинної графіки.
41. Методи вирішення оптимізаційних задач у проектуванні.
42. Формальне представлення структури об'єктів проектування.
43. Створення еквівалентних схем технічних об'єктів.
44. Засоби накопичення та колективного використання інформаційного забезпечення САПР.
45. Пристрої та системи вводу графічної інформації.
46. Пристрої та системи вводу просторової інформації.
47. Огляд найбільш розповсюджені САПР іноземного виробництва.
48. Основи програмування тривимірної графіки з використанням OpenGL.
49. Генерація рухомих зображень з використанням OpenGL.
50. Створення растрових об'єктів у OpenGL.
51. Об'єктно-орієнтоване проектування.
52. Застосування об'єктно-орієнтованого програмування на мові Сі++ у САПР.
53. Інструментальні засоби розробки прикладних програм у КОМПАС-МАСТЕР.
54. Створення графічних примітивів і математичних функцій у КОМПАС-МАСТЕР.
55. Створення моделі графічного документа у КОМПАС-МАСТЕР.
56. Динамічні масиви і відображення текстів у КОМПАС-МАСТЕР.
57. Інтерактивна взаємодія користувачів з прикладною бібліотекою КОМПАС-3D.
58. Зберігання даних прикладних бібліотек у КОМПАС-МАСТЕР.



59. Робота з атрибутами елементів креслень з використанням КОМПАС-МАСТЕР.
60. Загальні принципи моделювання деталей у КОМПАС-3D.
61. Загальні принципи створення робочих креслень у КОМПАС-3D.
62. Функціональні можливості системи проектування друкованих плат P-CAD 200x.
63. Програма автоматичного трасування QuickRoute.
64. Програма трасування PRO Route.
65. Система розташування компонентів і трасування провідників SPECCTRA.
66. Засоби підготовки друкованих плат до виробництва САМ350.
67. Загальні принципи моделювання деталей у системі AutoCAD.
68. Загальні принципи створення робочих креслень у системі AutoCAD.
69. Огляд найбільш розповсюджені САПР для розробки електричних схем і друкованих плат.
70. Огляд найбільш розповсюджені САПР для використання у будівництві та архітектурі.

5.2. Вимоги та рекомендації до виконання індивідуального навчально-дослідного завдання

Обов'язкове індивідуальне навчально-дослідне завдання з дисципліни “Основи систем автоматизованого проектування” студент виконує самостійно і подає у формі реферату.

Тему реферату студент обирає із запропонованого переліку або визначає самостійно, попередньо погодивши її з викладачем.

Реферат повинен складатися з 20...25 сторінок основного тексту (головні елементи – вступ, основна частина, висновки), переліку літератури, в який повинні входити сучасні інформаційні джерела та при потребі додатки, що доповнюють матеріал основної частини. Реферат може бути представлений у рукописному або друкованому вигляді на листах формату А4: шрифт – Times New Roman 14 пт, інтервал 1,5, поля: ліве – 2,5 см, праве, верхнє і нижнє – 1,5 см.

При підготовці реферату доречним є використання Інтернет ресурсів та наведення ілюстративного матеріалу (схеми, рисунки, фото та ін.).



РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кондаков А.И. САПР технологических процессов: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: "Академия", 2007. – 272 с.
2. Дементьев Ю.В. и др. САПР в автомобиле- и тракторостроении: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: "Академия", 2004. – 224 с.
3. Грувер М., Зиммерс Э. САПР и автоматизация производства: Пер. с англ. – М.: Мир 1987. – 528 с.
4. Петренко А.И. Основы автоматизации проектирования – К.: Техніка 1982. – 295 с.
5. Хокс Б. Автоматизированное проектирование и производство: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 296 с.
6. Дорошенко М.М. Сучасні інструментальні засоби САПР. Консп. лекцій
7. Н. Ганин. КОМПАС-3D V8 на 100% (+CD). – 2007.
8. Разевиг В.Д. Система проектирования печатных плат ACCEL EDA 15 (P-CAD 2000), 2000. – 416 с.
9. Система проектирования КОМПАС-5х. Руководство пользователя – С. Петербург: АСКОН 2000.
10. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие.- М.: Энергоиздат. 1990.
11. Богуславский А. Си++ и компьютерная графика. Лекции и практикум по программированию на Си++. – М.: КомпьютерПресс, 2003. – 352 с.
12. Потемкин А. Трёхмерное твердотельное моделирование. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – 296 с.