

Навчальний посібник «CAD-системи та мультимедіа» є засобом методичного забезпечення відповідного кредитного модуля, що входить до комплексу навчальних дисциплін підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології» освітньої програми «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем». Посібник є методичним виданням, що розроблено на підставі законів України «Про освіту» та «Про вищу освіту», а також з урахуванням вимог «Положення про державну атестацію студентів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Посібник містить матеріали щодо структури, змісту, оформлення та організації виконання технічних проєктів в середовищі CAD-систем із застосуванням мультимедійних засобів. У додатках наведені рекомендації щодо оформлення документів, що входять до технічних проєктів і є їх обов'язковими складовими відповідно до Державних стандартів України у галузі автоматизованого проєктування. Видання розраховано на студентів та викладачів професійно-орієнтованих дисциплін для опанування теоретичних та інструментальних баз знань сучасних систем автоматизованого проєктування.

М.М. Поліщук, М.М. Ткач. CAD системи та мультимедіа

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

М.М. Поліщук, М.М. Ткач

CAD-системи та мультимедіа



Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

М.М. Поліщук, М.М. Ткач

CAD-системи та мультимедіа

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра,
за освітньою програмою «Інформаційне забезпечення робототехнічних
систем» спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології»

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2021

Рецензенти: *ТЕЛЕНИК С.Ф., д-р техн. наук професор,
декан факультету інформатики та обчислювальної техніки
НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського*

*ПАВЛОВ О.А., д-р техн. наук професор,
в.о. завідувача кафедри автоматизованих систем обробки
інформації та управління НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського*

Відповідальний
редактор *ПАРХОМЕЙ І.Р., д-р техн. наук, професор, завідувач
кафедри технічної кібернетики КПІ ім. Ігоря Сікорського*

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 7 від 13.05.2021 р.)
за поданням Вченої ради факультету інформатики та обчислювальної техніки
(протокол № 9 від 19.04.2021 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

*Поліщук Михайло Михайлович, кандидат техн. наук, доц., доцент
Ткач Михайло Мартинівич, кандидат техн. наук, доц., доцент*

CAD-системи та мультимедія

CAD-системи та мультимедія [Електронний ресурс]: навч. Посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / М. М. Поліщук, М.М. Ткач; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 9,2 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.

Посібник «CAD-системи та мультимедія» є засобом методичного забезпечення відповідного кредитного модуля, що входить до комплексу навчальних дисциплін підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології» освітньої програми «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем». Даний посібник спрямований на опанування методів постановки і формалізації задач автоматизованого проектування в галузі робототехнічних систем. Особливу увагу приділено опануванню таких засобів автоматизованого проектування як AutoCAD, Компас 3D, Spotlight та мультимедійний пакет Blender. Посібник містить матеріали щодо структури, змісту, оформлення та організації виконання технічних проектів в середовищі CAD-систем із застосуванням мультимедійних засобів. Посібник призначений для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології» всіх форм навчання.

© М.М. Поліщук, М.М. Ткач, 2021
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

Зміст	Стор.
Вступ	4
Терміни й визначення	6
Розділ 1. CAD системи	8
1.1. Історія CAD систем	8
1.2. Основні функції CAD/CAM/CAE-систем	10
1.3. Архітектура й принципи побудови САПР	12
1.3.1. Структурні підсистеми	15
1.3.2. Види забезпечення	17
1.3.3. Технічне забезпечення САПР	19
1.3.4. Пристрої введення графічної інформації	27
Контрольні запитання	32
Розділ 2. Методологічні основи проектування	33
2.1. Стадії проектування	33
2.2. Методологічні основи автоматизованого проектування	35
2.2.1. Показники якості ТС як об'єктів проектування	35
2.2.2. Основні етапи створення технічних систем	36
2.2.3. Рівні процесу проектування	37
2.2.4. Спадне й висхідне проектування	38
2.2.5. Аналіз і синтез технічних рішень	39
2.2.6. Класифікація методів прийняття рішень	41
Контрольні запитання	43
Розділ 3. Базові операції автоматизованого проектування	44
3.1. Комп'ютерна графіка як інструмент САПР	44
3.1.1. Класифікація програмних пакетів КГ	44
3.1.2. Типи об'єднань графічних об'єктів в проектах	46
3.1.3. Блоки графічних документів в CAD системах	49
3.2. Атрибути та специфікації CAD документів	55
3.2.1. Визначення, призначення й властивості атрибута	55
3.2.2. Робота з атрибутами в середовищі Компас 3D	57
3.2.3. Робота з атрибутами в середовищі AutoCAD	58
3.2.4. Специфікації CAD документів	60
3.2.5. Параметрична технологія в технічних проектах	61
Контрольні запитання	67
Розділ 4. Побудова 3D моделей	68
4.1. Системи координат в тривимірних моделях	68
4.2. Побудова креслень тривимірних моделей	69
4.2.1. Операції побудови 3D моделей	70
4.2.2. Параметричні властивості моделі	75
Контрольні запитання	76
Розділ 5. Растрова та векторна форми графічної інформації	77
5.1. Концепція векторної й растрової графіки	77
5.1.1. Векторна графіка	77
5.1.2. Растрова графіка	78
5.1.3. Співвідношення розміру та обсягу файлу графічного зображення	82
5.2. Векторизація растрових зображень	84
5.2.1. Векторизація в середовищі Spotlight	85
5.2.2. Автоматична конверсія графічного зображення	87
Розділ 6. Мультимедійні проекти	90
6.1. Визначення та призначення мультимедіа	90
6.2. Засоби перетворення аудіо та відео форматів	92
6.3. Анімація 3D проєктів	93
6.3.1. Анімація в середовищі Компас 3D	95
6.3.2. Мультимедійний пакет Blender	96
Контрольні запитання	101
Додатки	104

ВСТУП

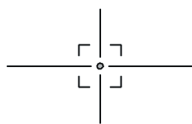
Посібник «CAD-системи та мультимедіа» є засобом методичного забезпечення відповідного кредитного модуля, що входить до комплексу навчальних дисциплін підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології» освітньої програми «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем». Посібник є методичним виданням, що розроблено на підставі законів України «Про освіту» та «Про вищу освіту», а також з урахуванням вимог «Положення про державну атестацію студентів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Курс «CAD-системи та мультимедіа» відноситься до професійно-орієнтованих дисциплін. В курсі вивчається теоретична та інструментальна база більшості сучасних систем автоматизованого проектування (САПР) інтегрованого комп'ютеризованого виробництва. Студенти вивчають та засвоюють методики роботи в сучасних системах автоматизованого проектування для різних галузей виробництва. Міждисциплінарні зв'язки курсу базуються на розділах дисциплін «Комп'ютерна графіка та мультимедіа», «Теорія систем і системний аналіз», «Системи баз даних і знань», «Гнучкі комп'ютеризовані системи та робототехніка», «Електроніка і мікросхеми техніка» тощо.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей до опанування методології творчої інженерно-технічної діяльності в сфері автоматизованого проектування, нових інформаційно-технологічних систем створення сучасних виробничих систем та їх компонентів, опанування методів постановки і формалізації задач автоматизованого проектування та набуття навичок з алгоритмізації основних проектних операцій і процедур, які використовуються при практичному створенні комплексів автоматизованого виробництва, взагалі, та робототехнічних систем, зокрема. Дисципліна характеризується спеціалізовано орієнтованою спрямованістю як лекційного матеріалу, так і комп'ютерного практикуму на вивчення та опанування основ комп'ютерного проектування та мультимедії. Останнє передбачає опанування графічних пакетів комп'ютерних програм на рівні спеціалізованого користувача з метою їх використання при вирішенні інженерних задач. Загальна мета вивчення курсу полягає в засвоєнні студентами знань, умінь та навичок використання програмних засобів комп'ютерної проектування із застосуванням CAD-систем та периферійного комп'ютерного обладнання у якості інструментального забез-

печення вирішення у подальшій діяльності науково-дослідницьких та інженерних задач, переважно орієнтованих на комп'ютеризовані інтегровані системи в різноманітних галузях промисловості.

Набуті студентами знання та навички повинні протягом повного курсу навчання стати основою інструментальних засобів виконання спочатку курсових, дипломних, а згодом і робочих інженерних проєктів з використанням засобів параметричної технології. Основні завдання навчальної дисципліни полягають у наступному. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни «CAD-системи та мультимедіа» мають продемонструвати наступні результати навчання, а саме: **знання** програм проєктно-конструкторських редакторів AutoCAD, Компас 3D, Spotlight Pro для автоматизованого проєктування та мультимедійного редактора Blender для виконання анімаційних проєктів; параметричних баз даних систем автоматизованого проєктування; програм моделювання технічних компонентів в галузі комп'ютеризованих систем; складу основного та периферійного обладнання автоматизованого робочого місця (АРМ) проєктувальника. Продемонструвати **вміння** виконувати налагодження графічного середовища вище зазначених комплексів, виконувати різноманітні схеми та креслення. Набутий **досвід** полягає у розробці параметричних фрагментів та робочих креслень функціональних модулів робототехнічних пристроїв, а також у налагоджуванні периферійного обладнання для вводу та виводу графічної інформації. Посібник містить матеріали щодо структури, змісту, оформлення та організації виконання технічних проєктів в середовищі CAD-систем. У відповідних додатках наведені форми документів, що входять до технічних проєктів і є їх обов'язковими складовими відповідно до Державних стандартів України у галузі автоматизованого проєктування. Видання розраховано на студентів та викладачів професійно-орієнтованих дисциплін для опанування теоретичних та інструментальних баз знань сучасних систем автоматизованого проєктування.



Терміни й визначення

AutoCAD — двох- і тривимірна система автоматизованого проєктування і креслення, розроблена компанією Autodesk. AutoCAD і спеціалізовані додатки на його основі знайшли широке застосування в машинобудуванні, будівництві, архітектурі й інших галузях промисловості.

Blender — професійне відкрите програмне забезпечення для створення трьохмірної комп'ютерної графіки, що включає в себе засоби 3D моделювання, анімації, симуляції, рендеринга, інтерактивних 3D — додатків.

CAD (Computer aided design) — системні комплекси для проєктування, за допомогою яких автоматизують завдання на різних стадіях виготовлення промислової продукції.

CAM (Computer aided manufacturing) — автоматизована система, або модуль, призначений для підготовки керуючих програм для верстатів зі числовим програмним керуванням. Під терміном розуміються як сам процес комп'ютеризованої підготовки виробництва, так і програмно-обчислювальні комплекси, використовувані інженерами-технологами.

CAE (Computer aided engineering) — загальна назва для програм і програмних пакетів, призначених для розв'язку інженерних завдань: розрахунків, аналізу й симуляції фізичних процесів. Розрахункова частина пакетів найчастіше заснована на чисельних методах розв'язку диференціальних рівнянь.

SolidWorks — (від англ. solid — тверде тіло й works — працювати) — програмний комплекс САПР для автоматизації робіт промислового підприємства на етапах конструкторської й технологічної підготовки виробництва. Забезпечує розробку виробів будь-якому ступеню складності й призначення. Розроблений компанією SolidWorks Corporation, з 1997 року є незалежним підрозділом компанії Dassault Systemes (Франція).

Spotlight — графічний редактор, що поєднує в собі функції растрового й векторного редактора, а також векторизатора, розроблений компанією Csoft Development. Призначений для роботи зі

сканованими документами (кресленнями, картами, схемами й ін.

Дігітайзер (від англ. graphics tablet) — периферійний пристрій для вводу планшетного типу, призначений для введення інформації у цифровій формі. Графічний планшет складається з електронного планшета, на якому може бути прямокутне меню та курсор. Він має власну систему координат, і при переміщенні курсору по планшету, координати руху по його поверхні передаються в комп'ютер. Дігітайзери застосовують для доточкового координатного введення графічних зображень (креслень) у системах автоматизованого проектування, а також зображень ілюстративної графіки та анімації.

Компас-3D — система двох- і тривимірного проектування, розроблена компанією Аскон. Призначена для проектування обладнання та виробів основного й допоміжного виробництва у різних галузях промисловості.

Мультимедіа (від лат. Multum + Medium) — комбінування різних форм представлення інформації на одному носіїві, наприклад текстової, звукової і графічної, або анімації і відео. Характерна особливість мультимедійних об'єктів та продуктів — наявність гіперпосилання. Поняття, що означає сполучення звукових, відео, графічних, текстових і цифрових сигналів, а також нерухомих і рухомих образів і конструкцій.

РТС — Робототехнічні системи: сукупність інформаційно-сенсорних, механічних виконавчих і керуючих пристроїв, що функціонують разом з метою виконання заданого технологічного процесу або операції. РТС реалізується у вигляді комплексу технологічного та транспортного обладнання в сукупності з промисловими роботами, що виконують основні або допоміжні технологічні операції в умовах автоматизованого виробництва.

Рендеринг (від англ. rendering — «візуалізація») — термін у комп'ютерній графіці, процес, що позначає одержання зображення по моделі за комп'ютерною програмою.

САПР — Система автоматизованого проектування, що реалізує інформаційну технологію виконання функцій проектування. САПР являє собою організаційно-технічну систему, призначену для автоматизації процесу проектування, що полягає з персоналу й комплексу технічних і програмних засобів.

Розділ 1. CAD-системи

1.1. Історія CAD-систем

Починаючи приблизно із середини 1960-х років, завдяки системі розробки документів IBM (англ. IBM Drafting System), системи автоматизованого проектування стали надавати більше можливостей, чим просто можливість відтворення креслень вручну за допомогою електронних креслень, що стало очевидною економічною вигодою для компаній, що переходять на CAD [2, 3]. Переваги CAD у порівнянні з ручним створенням креслень — автоматична генерація специфікацій, автоматична розмітка в інтегральних схемах, перевірка перешкод і багато чого іншого — це ті можливості, які сьогодні часто ухвалюються як має бути в комп'ютерних системах. В остаточному підсумку CAD надав проєктанту можливість виконувати інженерні розрахунки. Під час цього переходу обчислення усе ще виконувалися або вручну, або тими особами, які могли запускати комп'ютерні програми. CAD був революційною зміною в машинобудівній галузі, де починали з'єднуватися ролі креслярів, дизайнерів і інженерів. Це не скасовувало підрозділу й відділи, а поєднувало різні відділи. CAD — це приклад того, як комп'ютерні технології почали впливати на промисловість.

Сучасні пакети програмного забезпечення для автоматизованого проектування варіюються від 2D-Векторних систем креслення до 3D-Моделей твердого тіла й поверхні. CAD пакети також часто допускають обертання в трьох вимірах, дозволяючи переглядати проєктований об'єкт під будь-яким бажаним кутом, навіть зсередини назовні. Деякі програми CAD здатні до динамічного математичного моделювання. Технологія CAD використовується при проєктуванні інструментів і механізмів, а також при проєктуванні всіх типів будинків, від невеликих житлових будинків до найбільших комерційних і промислових споруджень. CAD в основному використовується для детального проєктування 3D-Моделей або 2D-Креслень фізичних компонентів, але також використовується протягом усього процесу проєктування — від концептуального проєктування й компоновання виробів до міцного й динамічного аналізу складань і визначення методів виготовлення компонентів. CAD також можна використовувати для проєктування таких об'єктів, як прикраси, меблі, побутова техніка і т.д. Крім того, багато додатків CAD тепер пропонують розширені можливості рендеринга й анімації, щоб інженери могли здійснити ві-

зуалізацію дизайну своїх продуктів. 4D BIM — це тип віртуального інженерного моделювання будівництва, що включає інформацію про час або розклад для керування проектом.

Розвиток додатків для проектування шаблонів друкованих плат і шарів мікросхем уможливила поява схем високого ступеня інтеграції, на базі яких і були створені сучасні високопродуктивні комп'ютерні системи. Протягом 80-х рр. був здійснений поступовий перехід CAD-систем з мейнфреймів на персональні комп'ютери (ПК). У той час ПК працювали швидше, чим багатозадачні системи, і були дешевше. Слід зауважити, що на початку 80-х рр. відбулося розшарування ринку CAD-систем на спеціалізовані сектори [1, 3]. Електричний і механічний сегменти CAD-систем розділилися на галузі ECAD і MCAD. Розійшлися по двом різним напрямкам і виробники робочих станцій для CAD-систем, створених на базі ПК: частина виробників зорієнтувалася на архітектуру IBM PC на базі мікропроцесорів Intel x86; інші виробники віддали перевагу орієнтації на архітектуру Motorola. ПК і їх виробництва працювали під керуванням ОС Unix від AT&T, ОС Macintosh від Apple і Domain OS від Apollo).

Продуктивність CAD-систем на ПК у той час була обмежена 16-розрядною адресацією мікропроцесорів Intel і MS DOS. Внаслідок цього, користувачі, що створюють складні твердо тілі моделі й конструкції, воліли використовувати графічні робочі станції під ОС Unix з 32-розрядною адресацією й віртуальною пам'яттю, що дозволяє запускати ресурсомісткі додатки. До середини 80-х рр. можливості архітектури Motorola були повністю вичерпані. На основі передової концепції архітектури мікропроцесорів з усеченим набором команд (Reduced Instruction Set Computing RISC) були розроблені нові чипи для робочих станцій під ОС Unix (наприклад, Sun SPARC). Архітектура RISC дозволила суттєво підвищити продуктивність CAD-систем.

Із середини 90-х рр. розвиток мікротехнологій дозволив компанії Intel здешевити виробництво своїх транзисторів, підвищивши їх продуктивність. Внаслідок цього з'явилася можливість для успішного змагання робочих станцій на базі ПК із RISC/Unix-Станціями. Системи RISC/Unix були широко поширені в 2-й половині 90-х рр., і їхні позиції усе ще залишалися сильними в сегменті проектування інтегральних схем. За останнє десятиліття ОС MS Windows NT і MS Windows практично повністю домінують в галузях проектування конструкцій і механічного інжинірингу, проектування друкованих плат і ін. По даним Dataquest і IDC, починаючи з 1997 р. робочі станції на платформі Windows NT/Intel (Wintel) почали обганяти Unix-Станції по обсягах продажів. За минулі роки з початку появи CAD/CAM/CAE — систем вартість ліцензії на них знизилася до декількох тисяч дола-

рів.

CAD-системи стали особливо важливим в області комп'ютерних технологій з такими перевагами, як більш низькі витрати на розробку продукту й значно скорочений цикл проектування. CAD дозволяє дизайнерам планувати й розробляти проекти на екрані, роздруковувати їх і зберігати для подальшого редагування, заощаджуючи час на своїх кресленнях.

CAD, як різновид засобів комп'ютерних технологій є одним з найефективніших інструментів автоматизованого проектування. Такий інструмент є інтегральним за своїм призначенням, оскільки надає можливість, що найменше на порядок, підвищити продуктивність праці проектувальників в будь якій сфері промисловості, будівництва, менеджменту та інших галузях людської діяльності.

1.2. Основні функції CAD/CAM/CAE-систем

Функції CAD-систем. CAD-системи в процесі розробки технічних проєктів застосовуються для виконання етапу конструкторського проєктування при виконанні процедур геометричного проєктування. Функції CAD-систем у промисловості підрозділяють на функції двовимірного (2D) і тривимірного (3D) проєктування [2]. До функцій 2D відносять креслення, оформлення конструкторської документації; до функцій 3D — одержання тривимірних геометричних моделей, метричні розрахунки, реалістичну візуалізацію, взаємне перетворення 2D і 3D моделей. Тривимірні моделі представляють у вигляді опису поверхонь, що обмежують деталь, або вказівкою елементів простору, займаних тілом деталі. Моделі поверхонь складної форми одержують за допомогою різновидів кінематичного методу, до яких відносять витягування заданого плоского контуру по нормалі до його площини, протягання контуру уздовж довільній просторовій кривій, обертання контуру навколо заданої осі, натягування поверхні між декількома заданими перетинами. У випадку побудови скульптурних поверхонь, що проходять через задані точки простору, застосовують моделі у формі Без'є, а при вимогах високої гладкості поверхні — моделі у формі сплайнів. Синтез моделей зборок виконують з застосуванням операцій позиціонування й теоретично-множинних операцій перетинання, об'єднання, вирахування бібліотечних елементів і інтеграції знову створених моделей комплектуючих деталей. У ряді систем передбачене також виконання операцій компонування й розміщення устаткування, виконання планів і т.п.

До важливих характеристик CAD-систем відносяться параметри-

зація й асоціативність. Параметризація має на увазі використання геометричних моделей у параметричній формі, тобто при поданні частини або всіх параметрів об'єкта не константами, а змінними. Параметрична модель, що перебуває в базі даних, легко адаптується до різних конкретних реалізацій і тому може використатися в багатьох конкретних проєктах. При цьому з'являється можливість включення параметричної моделі деталі в модель складального вузла з автоматичним визначенням розмірів деталі, що продиктовані просторовими обмеженнями. Ці обмеження у вигляді математичних залежностей між частиною параметрів зборки відбивають асоціативність моделей.

Параметризація й асоціативність відіграють важливу роль при проєктуванні конструкцій вузлів і блоків, що складаються з великої кількості деталей. Дійсно, зміна розмірів одних деталей впливає на розміри й розташування інших. Завдяки параметризації й асоціативності зміни, зроблені конструктором в одній частині зборки, автоматично переносяться в інші частини, викликаючи зміни відповідних геометричних параметрів у цих частинах. Ці властивості суттєво підвищують продуктивність праці конструктора.

Функції САЕ-систем досить різноманітні, тому що пов'язані із проєктними процедурами аналізу, моделювання, оптимізації проєктних рішень. До складу машинобудівних САЕ-систем насамперед включають програми для виконання наступних процедур:

- моделювання полів фізичних величин, у тому числі аналіз міцності, експлуатаційних напруг, надійності, циклів довговічності тощо.
- розрахунок станів моделюючих об'єктів і перехідних процесів у них засобами макрорівня;
- імітаційне моделювання складних виробничих систем на основі моделей масового обслуговування й мереж Петрі.

Основними частинами програм аналізу є бібліотеки скінченних елементів, препроцесор, вирішувач і постпроцесор. Бібліотеки скінченних елементів (СЕ) містять моделі СЕ та їхньої матриці жорсткості. Очевидно, що моделі СЕ будуть різними для різних задач (аналіз пружних або пластичних деформацій, моделювання полів температур, електричних потенціалів і т.п.), різних форм СЕ, різних наборів координатних функцій.

Вихідні дані для препроцесору – геометрична модель об'єкта, найчастіше одержувана з підсистеми конструювання. Основна функція препроцесору – вивід досліджуваного середовища (деталі) у сітковому виді, тобто у вигляді множини скінченних елементів. Вирішувач – програма, що збирає моделі окремих СЕ в загальну систему алгебраїчних рівнянь і вирішує цю систему одним з матричних методів. Постпроцесор служить для візуалізації результатів рішення в зручній для ко-

ристувача формі. У машинобудівних САПР це графічна форма. Користувач може бачити вихідну (до навантаження) і деформовану форми деталі, поля напруг, температур, потенціалів і т.п. у вигляді кольорових зображень, у яких палітра кольорів або інтенсивність світіння характеризують значення фазової змінної.

Основні функції САМ-систем: розробка технологічних процесів, синтез керуючих програм для технологічного встаткування із числовим програмним керуванням (ЧПК), моделювання процесів обробки, у тому числі побудова траєкторій відносного руху інструмента й заготовлі в процесі обробки, генерація постпроцесорів для конкретних типів устаткування із ЧПК, розрахунків норм часу обробки. Вихідними даними для складання програм для верстатів із ЧПК є результати конструкторського проектування, що надходять із САД. Але можливе програмування й при наявності в якості вихідних даних лише креслення деталі й параметрів технологічного процесу. При програмуванні визначають і кодують геометрію заготовки, траєкторії руху рухливих органів верстата й параметри обробки. Для цих цілей використовують спеціалізовані мови, прикладом яких може служити мова АРТ (Automatically Programmed Tools), що відноситься до мов високого рівня.

1.3. Архітектура й принципи побудови САПР

Система автоматизованого проектування (САПР) – організаційно-технічна система, що поєднує технічні засоби, математичне й програмне забезпечення, параметри й характеристики яких вибирають із максимальним обліком особливостей завдань інженерного проектування й конструювання. Накопичений досвід при створенні й об'єднанні САПР дозволяє виділити наступні загальносистемні принципи їх побудови [4]:

САПР – людино-машинна система. Колектив розроблювачів є складовою частиною системи проектування, виконуючи проектні роботи у взаємодії з ЕОМ. Про автоматичне проектування можна говорити лише у відношенні окремих нескладних виробів. Тісна взаємодія людини й ЕОМ у процесі проектування один із принципів побудови й експлуатації САПР.

САПР – ієрархічна система. Вона реалізує комплексний підхід до автоматизації всіх рівнів проектування. Блочно-ієрархічний підхід до проектування повинен бути збережений при застосуванні САПР. Ієрархія рівнів проектування відбивається в структурі спеціального програмного забезпечення САПР у вигляді ієрархії підсистем. Ієрархічна побудова відноситься не тільки до спеціального програмного забезпечення, але й до технічних засобів САПР, поділених на центральний

обчислювальний комплекс і автоматизовані робочі місця (АРМ) проєктувальників.

САПР – сукупність інформаційно-погоджених підсистем. Цей дуже важливий принцип повинен мати відношення не тільки до зв'язків між великими підсистемами, але й до зв'язків між більш дрібними частинами підсистем. Інформаційна погодженість означає, що більшість послідовностей завдань проєктування обслуговуються інформаційно-погодженими програмами. Дві програми називаються інформаційно-погодженими, якщо всі ті дані, які являють собою об'єкт обробки в обох програмах, входять у числові масиви, що не вимагають змін при переході від однієї програми до іншої. Так, інформаційні зв'язки можуть проявлятися в тому, що результати розв'язку одного завдання будуть вихідними даними для іншого завдання. Якщо для узгодження програм потрібна істотне пророблення загального масиву даних за участю людини, яка вручну перекомпоновує масив або змінює значення окремих параметрів, то це значить, що програми погано погоджені. Ручне перекомпоновування веде до підвищення числа помилок і тому знижує ефективність роботи САПР. Невдосконала інформаційна погодженість перетворює САПР у сукупність автономних програм, при цьому через наявність не облікованих у підсистемах багатьох факторів, знижує також якість проєктованих розв'язків.

Принцип інформаційної погодженості підсистем часто представляється близьким за змістом принципу оптимальності зв'язків людину з ЕОМ усередині САПР. При цьому підкреслюється ознака автоматизованого проєктування, що вимагає раціонального розподілу функцій між людиною й ЕОМ. Автоматичний зв'язок програм без ручного перекомпоновування масивів – елемент оптимальності зв'язків між людиною й ЕОМ. Технічне забезпечення оперативного зв'язку людини з ЕОМ за допомогою дисплея є іншим елементом такому зв'язку.

Ще одним близьким за змістом, але не повністю співпадаючим, є принцип оптимальності зв'язків між САПР і зовнішнім середовищем. Якщо щораз при проєктуванні чергового об'єкта заново вводять у систему не тільки дійсно специфічні нові дані, але й відомості довідкового характеру, наприклад параметри уніфікованих елементів, то тим самим одержують нераціональну організацію зв'язків САПР із навколишнім середовищем. Очевидно, що не всі дані, використовувані багаторазово при проєктуванні різних об'єктів, повинні зберігатися системою в банку даних – інформаційному забезпеченні САПР.

САПР – відкрита й розвинена система. Існує, принаймні, два істотні принципи, за якими САПР повинна бути мінливою в часі системою. По-перше, розробка настільки складного проєкту як САПР, забирає тривалий час і економічно вигідно вводити в експлуатацію

частини системи в міру їх готовності. Уведений в експлуатацію базовий варіант системи надалі розвивається й розширюється. По-друге, постійний попит і прогрес обчислювальної техніки й обчислювальної математики приводить до появи нових, більш досконалих математичних моделей і програм, які повинні замінити старі. Тому, САПР повинна бути відкритою системою, тобто мати властивість зручності включення нових методів і засобів.

САПР – спеціалізована система з максимальним використанням уніфікованих модулів. Вимоги високої ефективності й універсальності, як правило, суперечливі. Високої ефективності САПР, що виражається насамперед малими тимчасовими й матеріальними витратами при розв'язку проектних завдань, домагаються за рахунок спеціалізації систем. Але очевидно, що при цьому росте число різних САПР. Щоб знизити витрати на розробку багатьох спеціалізованих САПР, доцільно будувати їх на основі максимального використання уніфікованих складових частин. Необхідною умовою уніфікації є пошук загальних положень у моделюванні, аналізі й синтезі різномірних технічних об'єктів.

Розробка САПР починається із системного обстеження об'єкта орієнтування, і використовуваних відомих неавтоматизованих методів проектування. Процес обстеження здійснюється шляхом опитування досвідчених проектувальників. Ціль обстеження полягає в побудові описів об'єкта проектування й проектної документації. Ці описи й служать вихідними даними для розробки САПР. До розв'язку автоматизувати деяке проектне завдання приходять у результаті аналізу тих змін, які автоматизація може внести в показники ефективності процесу проектування, а саме: кількість розв'язків проектного завдання, витрати часу на проектування й витрати праці проектувальників на один проект.

Автоматизація розв'язків завдання може бути реалізована в різних формах (повністю автоматично або за участю проектувальника у формуванні вихідної моделі об'єкта, її аналізу) в універсальних або спеціалізованих САПР. Тобто для кожного автоматизованого завдання можна знайти доцільний рівень автоматизації, який визначається наявністю адекватності математичної моделі завдання. Далі складається алгоритм процесу проектування, потім позначаються етапи проектування й реалізації відповідного технічного, інформаційного й програмного забезпечення; комплексного налагодження й дослідно-промислової експлуатації САПР. Розробкою, впровадженням, експлуатацією й модернізацією підсистем і компонентів САПР займається спеціалізований підрозділ – служба САПР, створювана в проектних організаціях, що й включає групи фахівців відповідних спе-

ціальностей.

1.3.1. Структурні підсистеми САПР

У рамках життєвого циклу промислових виробів САПР вирішує завдання автоматизації робіт на стадіях проектування й підготовки виробництва. Основна мета створення САПР – підвищення ефективності праці інженерів, а саме:

- скорочення трудомісткості й термінів проектування;
 - скорочення собівартості проектування й виготовлення;
 - підвищення техніко-економічного рівня результатів проектування;
 - скорочення витрат на натурне моделювання й випробування.
- Досягнення цих цілей забезпечується шляхом:
- автоматизації оформлення документації;
 - інформаційної підтримки й автоматизації процесу прийняття рішень;
 - повторного використання проектних розв'язків, даних і наробітків;
 - заміни натурних випробувань і макетування математичним моделюванням;
 - застосування методів варіантного проектування й оптимізації.

Основними структурними ланками САПР є підсистеми. Підсистемою називають виділені за деякими ознаками частини САПР, що забезпечує виконання закінченої проектної процедури з одержанням відповідних проектних розв'язків і проектних документів. За призначенням підсистеми САПР розділяються на два види: проектуючі та обслуговуючі. До, підсистем, що проектують відносяться підсистеми, які виконують проектні процедури й операції:

- компоновання машин;
- проектування складальних одиниць;
- проектування деталей;
- проектування схеми керування;
- технологічного проектування та ін.

Підсистеми, що проектують поділяють на два типи:

- об'єктно-орієнтовані (об'єктні), що здійснюють проектування деякого об'єкта на певній стадії проектування, наприклад, проектування частин будинків і споруджень, технологічного проектування, конструювання деталей та ін.;

- об'єктно-незалежні (інваріантні), здійснюють функції керування й обробки інформації, що не залежать від особливостей проєктованого об'єкта (діалогових процедур; чисельного аналізу; оптимізації; інформаційно-пошукових процедур; введення та виводу графічної інформації).

До обслуговуючих підсистем відносяться підсистеми, призначені для підтримки працездатності підсистем, що проєктують:

- графічного відображення об'єктів проєктування;
- документування;
- ведення діалогу проєктувальник – ЕОМ;
- захисту від несанкціонованого доступу;
- інформаційного пошуку.

Розглянемо наступні приклади обслуговуючих підсистем.

Інформаційна підсистема. Основне завдання цієї підсистеми полягає в зборі, зберіганні, пошуку, упорядкування, поповненні, видачі всієї необхідної для забезпечення процесу проєктування інформації. Застосування ЕОМ дозволяє створити базу даних як сукупність упорядкованих комплексних відомостей про проєктований об'єкт, що включають:

- світовий науково-технічний рівень у вигляді публікацій, описів патентів і винаходів;
- фонд методів генерації варіантів розв'язку з урахуванням синтезу нових принципів дії з бібліотекою фізичних ефектів;
- методики проєктування, що представляють собою формалізований колективний досвід фахівців у даній області;
- опис параметрів і характеристик проєктованого об'єкта, його моделей для різних стадій проєктування;
- архів, сховище накопиченого в системі досвіду у вигляді вже наявних розв'язків як усього завдання в цілому, так і її окремих фрагментів; опис типових елементів комплектуючих виробів, матеріалів;
- керівні й довідкові дані, нормативи, стандарти, положення й інші дані, що регламентують процес проєктування.

Підсистема керування базою даних, що регулює механізм доступу до даних (запис, об'єднання, стирання або видачу інформації) залежно від запитів і їх пріоритетів, машинних ресурсів і т.д.

Підсистема пошуку розв'язків технічного завдання. Потреба в пошуку й розробці нових технічних ідей і розв'язків виникає на початкових стадіях проєктування при пошуку альтернативних варіантів майбутніх розв'язків для технічних об'єктів. Можна умовно виділити два класи завдань: 1) пошук нових принципів дії технічних об'єктів і 2) пошук варіантів розв'язку при відомих принципах дії. Перший клас відноситься до конструкторських робіт, а другий клас до типового проєктування. В інженерній практиці найчастіше доводиться вирішувати завдання другого класу. Конкретними представниками методів пошуку розв'язків можуть бути методи аналітичного типу (морфологічний, узагальнений евристичний, методи комбінаторної оптимізації).

Підсистема інженерного аналізу (моделювання об'єкта й оптиміза-

ції його характеристик). Основне призначення цієї підсистеми полягає у виконанні всіх обчислювальних робіт, пов'язаних з деталізацією обраного варіанта розв'язку проектного завдання. Важливість цієї базової підсистеми визначається загальною тенденцією використання складних моделей об'єкта й потужних обчислювальних методів, що дозволяють значно наблизити показники моделі до дійсних показників об'єкта. Розробку й експлуатацію підсистем інженерного аналізу виконують фахівці відповідних профілів, що входять в організаційну структуру САПР. Однак проектувальник-користувач САПР тісно взаємодіє із цією групою фахівців, тому що тільки він як фахівець у своїй галузі може уточнювати й формувати математичні моделі проектуваних об'єктів.

Підсистема ведення й виготовлення документації. Проектно-конструкторська документація, у якій відображений майбутній об'єкт, є основним результатом функціонування системи проектування. Призначення підсистеми ведення виготовлення документації полягає в забезпеченні одержання проектних документів (креслень, технічних описів, схем, графіків, таблиць і т.д.), необхідних для створення об'єкта проектування. Розробка й виготовлення документації на всіх етапах проектування становить звичайно від 45% до 60% усіх витрат. Причому це найбільш нетворча, одноманітна й досить стомлююча робота. Її автоматизація дозволяє, з одного боку, суттєво скоротити витрати праці й часу, а з іншого, порівняно легко забезпечити внесення змін в усі частини проектної документації.

1.3.2. Види забезпечення САПР

Під системою автоматизованого проектування (САПР) розуміють сукупність засобів і методів для здійснення автоматизованого проектування. Дана система поєднує технічні засоби, математичні, лінгвістичні, програмні, інформаційні, методичні й організаційного забезпечення, які вибираються з максимальним обліком особливостей завдань інженерного проектування й конструювання. У САПР забезпечується зручність використання програм за рахунок застосування засобів оперативному зв'язку з ЕОМ, спеціальних проблемно-орієнтованих мов інформаційна - довідкової бази. Інтегрована САПР здійснює проектування від введення первинного об'єкта (його опису) до видачі проекту з необхідним комплектом документації.

Технічне забезпечення містить у собі технічні засоби (ЕОМ, периферійне встаткування), за допомогою яких вирішуються завдання проектування. *Математичне забезпечення* представляється математичними моделями, методами й алгоритмами для розв'язку проектних завдань.

Програмне забезпечення (ПЗ) це сукупність програм для реалізації автоматизованого проектування. Програмне забезпечення може бути спеціальним і загальним. Спеціальне ПО містить у собі пакети прикладних програм, призначених для розв'язку конкретних проектних завдань. Загальне ПО призначене для керування обчислювальним процесом у САПР і підготовки програм до виконання на ЕОМ. У загальне програмне забезпечення входять операційні системи (ОС) ЕОМ, а також програми, що не входять до складу ОС, але виконують подібні функції (керування завданнями, даними, редагування, трансляції і т.д.) у конкретній САПР.

Лінгвістичне забезпечення виражається сукупністю мовних засобів програмування. У лінгвістичне забезпечення входять загальновідомі алгоритмічні мови, використовувані для запису програм САПР, і вхідні мови, що служать для опису об'єктів проектування й завдань на виконання проектних процедур. Вхідні мови представляють для користувача САПР найбільший інтерес, визначаючи зручність спілкування інженера з ЕОМ у процесі проектування.

Інформаційне забезпечення – сукупність відомостей, необхідних для виконання проектування. Основну частину інформаційного забезпечення становить база даних – інформаційні масиви, що використовуються більш ніж в одній програмі проектування. Іноді до бази даних відносять масиви тільки даних довідкового характеру, а також масиви результатів виконання етапів проектування. Такі бази даних називаються архівами. База даних у процесі проектування повинна поповнятися, у ній можливі коректування вмісту, стирання застарілих і непотрібних відомостей. Повинна бути також забезпечений захист даних від неправильних змін. Доступ до вмісту бази даних потрібно забезпечити тільки певному колу осіб. Усі перераховані функції по роботі з базою даних забезпечується системою управління баз даних (СУБД). База даних разом із СУБД називають банком даних.

Система автоматизованого проектування створюється й функціонує в предметній області проектної організації або на підприємстві як самостійна система. Однак вона може бути зведена з підсистемами й банками даних інших автоматизованих систем: з автоматизованою системою для одержання досліджень, що забезпечують одержання й обробку математичних моделей для різних об'єктів і процесів; з автоматизованою системою керування (АСК), що організує хід проектування й розподілу ресурсів на проектні роботи; з автоматизованою системою управління підприємством (АСУП), що виготовляють проєктований об'єкт. Науково-технічний рівень САПР багато в чому визначається цими зв'язками, їх повнотою й інтенсивністю. Систему автоматизованого проектування слід розглядати, що як постійно ево-

люційну систему, у якій досвід і інтуїція проєктувальника постійно передаються машинному середовищу. При цьому шляхом навчання в ЕОМ створюється певна модель процесу проєктування, а сама людина під впливом інформаційно-програмного середовища САПР інтенсифікує свою працю й піднімається на більш високий інтелектуальний рівень.

Структурна єдність підсистем САПР забезпечується регламентацією зв'язків між компонентами різних видів забезпечення, об'єднаних загальною для даної підсистеми цільовою функцією. Компонент являє собою елемент забезпечення, що виконує певну функцію в підсистемі: методичне забезпечення, лінгвістичне, математичне і т.д. Структурне об'єднання підсистем у систему забезпечується зв'язками між компонентами, що входять у підсистему.

1.3.3. Технічне забезпечення САПР

Основним компонентом технічного комплексу САПР є процесор. Він містить засоби для виконання арифметичних і логічних операцій, керування послідовністю виконання команд, організації обміну із пристроями введення та виводу інформації, а також засобами звертання до оперативної пам'яті. У число основних елементів технічного комплексу входять: зовнішня й внутрішня (оперативна) пам'ять; пристрої введення та виводу інформації; пристрої комутації й зв'язків. Технічний комплекс сучасних САПР створюється на базі засобів обчислюється техніки загального призначення, розроблювальних у рамках ПК ЕОМ. Єдина система ЕОМ має загальний для всіх моделей склад периферійних пристроїв, які забезпечують: введення та вивід на лазерних і магнітних дисках; вивід на принтер; зв'язок з абонентами по Інтернет мережам і відображенням на дисплеях. Приєднання периферійного встаткування проводиться за допомогою стандартного інтерфейсу, що забезпечує можливість поповнення й відновлення його складу. Кожну з моделей ПК може бути розширено декількома способами: збільшенням кількості й номенклатури периферійних пристроїв, збільшення ємності оперативної пам'яті, створенням мережних комплексів і заміна процесора на більш продуктивний.

Агрегування обчислювальних комплексів дозволяє споживачеві створити обчислювальні системи, що спеціалізуються за призначенням системи проєктування. При цьому ефективна взаємодія інженера з ЕОМ буде забезпечена тільки в тому випадку, якщо форма ведення або виведення інформації зручна для людини, тобто не приводить до необхідності вручну виконувати операції по кодуванню або розшифруванню повідомлень. Залежно від характеру розв'язуваного завдання

зручними формами представлення інформації можуть бути таблиці, креслення, графіки, текстові повідомлення і т.д. Комплект зовнішніх пристроїв, установлюваних у приміщення проектного підрозділу називають автоматизованим робочим місцем (АРМ) проектувальника. Склад АРМ визначається характером завдань, розв'язуваних у проектному підрозділі.

Технічне забезпечення САПР містить у собі різні технічні засоби, використовувані для виконання автоматизованого проектування, а саме:

1. ЕОМ (ПК)
2. Периферійні пристрої
3. Мережне встаткування з відповідними серверами
4. Устаткування допоміжних систем (наприклад, вимірювальних, відеоапаратури й т.п.), що підтримують проектування.

Використовувані технічні засоби виконують наступні функції:

1. Виконання проектних процедур, для яких є відповідне програмне забезпечення проектно-конструкторських програм (AutoCAD, SolidWorks, Компас-3D і ін.). Ця функція виконується при наявності в САПР обчислювальних машин з достатніми продуктивністю і ємністю пам'яті.

2. Взаємодія між проектувальниками й ЕОМ — підтримку інтерактивного режиму роботи. Функція відноситься до користувацького інтерфейсу. Виконується за рахунок включення в САПР засобів введення та виводу даних і насамперед пристроїв обміну графічною інформацією.

3. Взаємодія між членами колективу, що виконують роботу над загальним проектом. Дана функції обумовлює об'єднання апаратних засобів САПР в обчислювальну мережу.

У результаті загальна структура САПР являє собою мережу вузлів, зв'язаних між собою середовищем передачі даних (Рис. 1.1). Вузлами (станціями даних) є робочі місця проектувальників, тобто автоматизованими робочими місцями (АРМ) або робочими станціями (WS — Workstation), ними можуть бути ЕОМ чи ПК, окремі периферійні й вимірювальні пристрої. АРМ включає засоби для інтерфейсу проектувальника з ЕОМ.

Середовище передачі даних представлена каналами передачі даних, що полягають із ліній зв'язку й комутаційного встаткування. У кожному вузлі можна виділити кінцеве встаткування даних (КВД), що виконує певну роботу із проектування, і апаратуру каналу даних (АКД), призначену для зв'язку КВД із середовищем передачі даних. Наприклад, у якості КВД можна розглядати персональний комп'ютер, точніше мережну плату, що вставляється в комп'ютер.

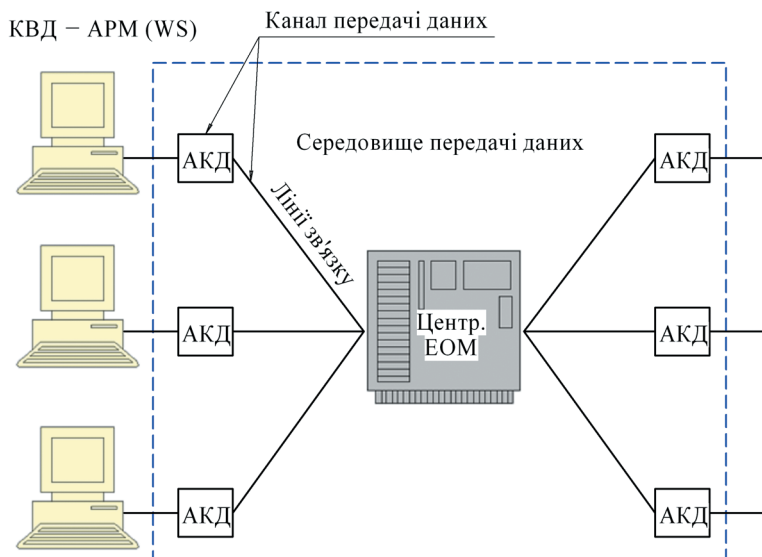


Рис. 1.1. Структура технічного забезпечення САПР

Канал передачі даних — засіб двостороннього обміну даними, що включає в себе АКД і лінію зв'язку. Лінією зв'язку називають частину фізичного середовища, використовувану для поширення сигналів у певному напрямку, прикладами фізичних ліній зв'язку можуть служити коаксіальний кабель, волоконно-оптична лінія зв'язку. Близьким є поняття каналу (тобто каналу зв'язку), під яким розуміють засіб односторонньої передачі даних. Прикладом каналу зв'язку може бути смуга частот, виділена одному передавачу при радіозв'язку. У деякій лінії можна утворювати кілька каналів зв'язку, по кожному з яких передається своя інформація. При цьому лінія розділяється між декількома каналами.

Типи мереж. Існують два методи поділу лінії передачі даних: тимчасове мультиплексування (інакше поділ за часом або TDM — Time Division Method), при якому кожному каналу виділяється деякий квант часу, і частотний поділ (FDM — Frequency Division Method), при якому каналу виділяється деяка смуга частот. У САПР невеликих проектних організацій, що нараховують не більш декількох десятків комп'ютерів, які розміщено на малих відстанях один від іншого (наприклад, в одній або декількох сусідніх кімнатах) об'єднуюча комп'ютери мережа є локальною. Локальна обчислювальна мережа (LAN — Local Area Network) має лінію зв'язку, до якого підключа-

ються всі вузли мережі. При цьому топологія з'єднань вузлів (Рис. 1.2) може бути шинною (bus), кільцевою (ring), зоряною (star). Довжина лінії й число вузлів, що підключаються, у LAN обмежені.

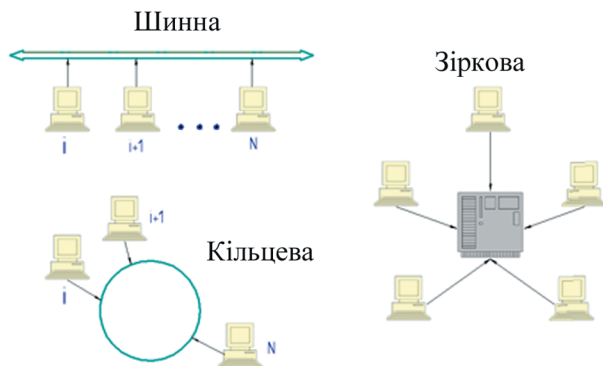


Рис. 1.2. Топологія з'єднань вузлів

У більших по масштабах проектних організаціях у мережу включені десятки-сотні й більш комп'ютерів, що ставляться до різних проектних і управлінських підрозділів і розміщених у приміщеннях одного або декількох будинків. Таку мережу називають корпоративною. У її структурі можна виділити ряд LAN, названих підмережами й засобу зв'язку LAN між собою. У ці засоби входять комутаційні сервери (блоки взаємодії). Якщо комутаційні сервери об'єднані відділеними від LAN підрозділів каналами передачі даних, то вони утворюють нову мережу, названу опорною, а вся мережа виявляється ієрархічною структурою. Якщо будинки проектної організації віддалені один від одного на значні відстані (аж до їхнього розташування в різних містах), то корпоративна мережа по своїх масштабах стає територіальною мережею (WAN — Wide Area Network). У територіальній мережі розрізняють магістральні канали передачі даних (магістральну мережу), що мають значну довжину, і канали передачі даних, що зв'язують LAN з магістральною мережею й називані абонентською лінією.

Звичайне створення виділеної магістральної мережі, тобто мережі, що обслуговує єдину організацію, обходиться для проектної організації занадто дорого. Тому частіше прибігають до послуг провайдера, тобто організації, що надає телекомунікаційні послуги багатьом користувачам. У цьому випадку усередині корпоративної мережі зв'язок на значних відстанях здійснюється через магістральну мережу загального користування. У якості такої мережі можна використовувати, наприк-

лад, міську або міжміську мережу або територіальні мережі передачі даних. Найпоширенішою формою доступу до цих мереж у цей час є звертання до глобальної обчислювальної мережі Internet. Для багатьох корпоративних мереж можливість виходу в Internet є бажаною не тільки для забезпечення взаємозв'язку окремих співробітників власної організації, але й для одержання інших інформаційних послуг.

Структура САПР для великої організації представлена на мал. 1.3. Тут показана типова структура великих корпоративних мереж САПР, називана архітектурою клієнт-сервер.

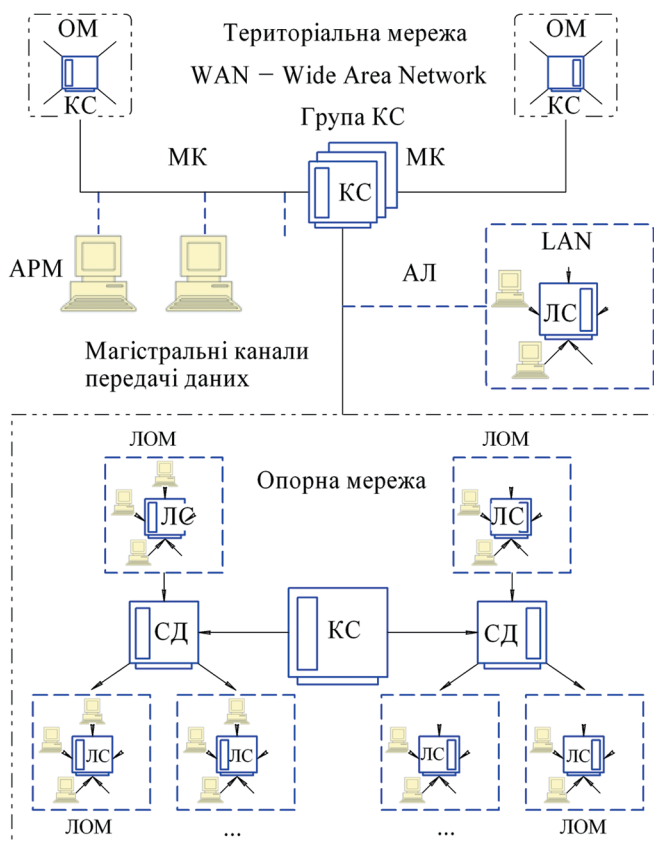


Рис. 1.3. Структура корпоративної мережі САПР типу клієнт-сервер: ЛОМ – локальна обчислювальна мережа; ЛС – локальний сервер; ЛАН – Local Area Network; КС – корпоративний сервер; СД – сервери доступу; ОМ – опорна мережа; АЛ – абонентська лінія; АРМ – автоматизоване робоче місце

У мережах клієнт-сервер виділяється один або кілька вузлів, названих серверами, які виконують у мережі керуючі або загальні для багатьох користувачів проєктні функції, а інші вузли (робочі місця) є термінальними, їх називають клієнтами, у них працюють користувачі. У загальному випадку сервером називають сукупність програмних засобів, орієнтованих на виконання певних функцій, але якщо ці засоби зосереджені на конкретному вузлі обчислювальної мережі, то тоді поняття сервер відноситься саме до вузла мережі.

Типи серверів. Мережі клієнт-сервер розрізняють по характеру розподілу функцій між серверами, інакше кажучи, їх класифікують по типах серверів. Розрізняють файл-сервери для зберігання файлів, поділюваних багатьма користувачами, сервери баз даних автоматизованої системи, сервери додатків для розв'язку конкретних прикладних завдань, комутаційні сервери (називані також блоками взаємодії мереж або серверами доступу) для взаємозв'язку мереж і підмереж. Спеціалізовані сервери для виконання певних телекомунікаційних послуг, наприклад, сервери електронної пошти.

Апаратура робочих місць САПР. Як відзначено вище, у якості засобів обробки даних у сучасних САПР широко використовують робочі станції, сервери, персональні комп'ютери. На базі робочих станцій або персональних комп'ютерів створюють автоматизовані робочі місця (АРМ). Типовий склад пристроїв АРМ: ЕОМ з одним або декількома мікропроцесорами, оперативною й кеш-пам'яттю й шинами, що служать для взаємного зв'язку пристроїв; пристрою введення-виводу, що включають у себе, як мінімум, клавіатуру, мишу (маніпулятор), дисплей; а також до складу АРМ входять для вводу графічної інформації: сканер, дигітайзер; а для виводу: принтер, плоттер (графобудівник), і деякі інші периферійні пристрої (Рис. 1.4), наприклад, відеоапаратура, проєкційні апарати і т.п.

Пам'ять ЕОМ звичайно має ієрархічну структуру. Оскільки в пам'яті великого обсягу важко досягти одночасно високої швидкості запису й зчитування даних, пам'ять ділять на надшвидкодіючу кеш-пам'ять малої ємності, основну оперативну пам'ять помірного обсягу й порівняно повільну зовнішню пам'ять великої ємності, причому, у свою чергу, кеш-пам'ять часто розділяють на кеш першого й другого рівнів. Кеш — це логічне сховище даних записів ресурсів для останніх імен вилучених вузлів. Кеш, як правило, створюється динамічно під час відправлення комп'ютером запитів і дозволу імен. Кеш-пам'ять відтворює процес тимчасового збереження останніх даних, що використовувалися, в особливому пулі пам'яті для швидкого доступу. Для зв'язку найбільш швидкодіючих пристроїв (процесора, оперативної й кеш-пам'яті, відео карти) використовується системна шина із пропус-

кною здатністю до кількох Гбайт/с. Крім системної шини на материнській платі комп'ютера є шина розширення для підключення мережного контролера й швидких зовнішніх пристроїв (наприклад, шина PCI із пропускною здатністю сотен Мбайт/с) і шина повільних зовнішніх пристроїв, таких як клавіатура, миша, принтер і т.п.

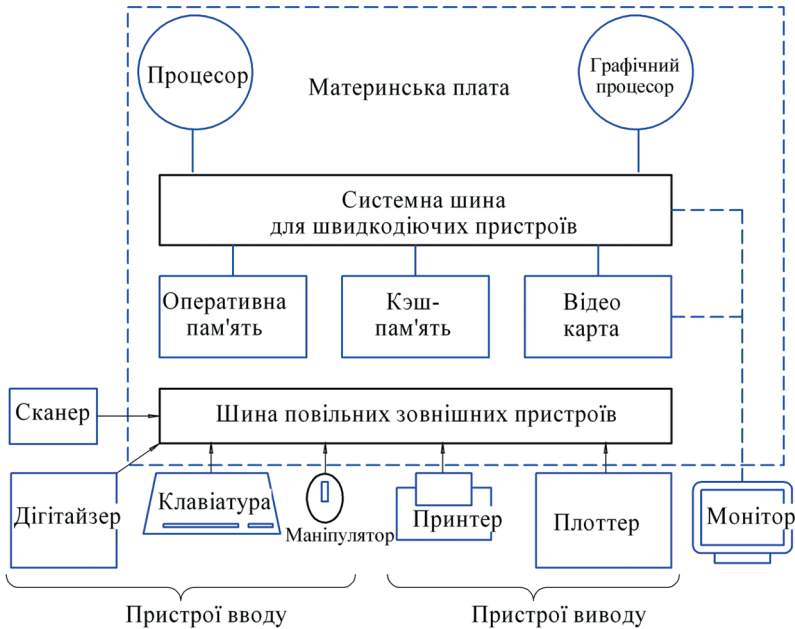


Рис. 1.4. Структура апаратного забезпечення АРМ

Робочі станції (workstation) у порівнянні з персональними комп'ютерами являють собою обчислювальну систему, спеціалізовану на виконання певних функцій. Спеціалізація забезпечується як набором програм, так і апаратно за рахунок використання додаткових спеціалізованих процесорів. Так, у САПР для машинобудування переважно застосовують графічні робочі станції для виконання процедур геометричного моделювання й машинної графіки. Ця спрямованість вимагає потужного процесора, високошвидкісної шини, пам'яті досить великої ємності. Висока продуктивність процесора необхідна з тієї причини, що графічні операції (наприклад, переміщення зображень, їх повороти, видалення схованих ліній і ін.) часто виконуються стосовно всіх елементів зображення. Такими елементами в тривимірній (3D) графіці при апроксимації поверхонь полігональними сітками є багатокутники, їх число може перевищувати сотню. Але оскільки

кожна така операція стосовно кожного багатокутника реалізується великим числом машинних команд, то необхідна швидкодія становить десятки мільйонів машинних операцій у секунду. Така швидкодія при прийнятній ціні досягається застосуванням поряд з основним універсальним процесором також спеціалізованих графічних процесорів, у яких певні графічні операції реалізуються апаратно. У найбільш потужних робочих станціях у якості основних звичайно використовують високопродуктивні мікропроцесори зі скороченою системою команд (із, так званою, RISC-архітектурою), що працюють під керуванням однієї з різновидів операційної системи Unix. У менш потужних станціях усе частіше використовують технологію Wintel (тобто мікропроцесори Intel і операційні системи Windows). Графічні процесори виконують такі операції, як, наприклад, растрезація — подання зображень в растровій формі для їх візуалізації, переміщення, обертання, масштабування, видалення схованих ліній і т.п.

Залежно від призначення існують АРМ конструктора, АРМ технолога, АРМ керівника проекту й т.п. Вони можуть різнитися складом периферійних пристроїв, характеристиками ЕОМ. В АРМ конструктора (графічних робочих станціях) використовуються растрові монітори. Типові значення характеристик моніторів перебувають у наступних межах: розмір екрана по діагоналі 19...24 дюйма; роздільна здатність монітора, тобто число помітних пікселів визначається кроком матриці пікселів. Цей крок перебуває в межах 0,21...0,28 мм, що відповідає кількості пікселів зображення від 1920×1200 і більш. Чим вище роздільна здатність, тем ширше повинна бути смуга пропускання електронних блоків відео системи при однаковій частоті кадрового розгорнення. Відзначимо, що чим нижче частота кадрового розгорнення, а це є частота регенерації зображення, тем помітніше мерехтіння екрана. Бажано, щоб ця частота була не нижче 75 Гц.

Периферійні пристрої. Для введення графічної інформації з наявних документів у САПР використовують дигітайзери й сканери. Дигітайзер застосовують для ручного введення графіки (креслень). Він має вигляд планшета, по його електронній дошці переміщається курсор, на якому розташований візир і кнопкова панель. Курсор має електромагнітний зв'язок із сіткою провідників в електронній дошці планшета. При натисканні кнопки в деякій позиції курсору відбувається занесення інформації про координати цієї позиції. Таким чином здійснюється ручне перетворення креслень на папері в електронну векторну форму певного формату (*.dxf, *.dwg, *.sdw).

Для автоматичного введення растрової графічної інформації з наявних текстових або графічних документів використовують сканери планшетного або протяжного типу. Спосіб зчитування — оптичний. У

скануючій головці розміщуються оптоволоконні само фокусні лінзи й фотоелементи. Роздільна здатність у різних моделях становить від 300 до 1200 точок на дюйм (dpi – точок на дюйм, або ppi – пікселів на дюйм). сканована інформація має растрову форму, програмне забезпечення сканера представляє її в одному зі стандартних форматів, наприклад TIFF, GIF, PCX, JPEG. Цю інформацію можна використовувати в інженерних проектах після векторизації – перетворення растрової графічної інформації у векторну форму, наприклад, у меж символний формат DXF.

Для виводу інформації застосовують принтери й плоттери. Перші з них орієнтовані на одержання документів малого формату (A4, A3), другі – для виводу графічної інформації на широкоформатні носії (A1, A0 і більше). Якщо застосовується струминний пристрій, то фізичний принцип друку може бути термічний або п'єзоелектричний. За першим принципом викидання крапель чорнила із сопла відбувається під дією його нагрівання, що викликає утворення пари й викидання крапельок під тиском. При п'єзоелектричному способі пропускання струму через п'єзоелемент приводить до зміни розміру сопла й викиданню краплі чорнила. Другий спосіб дорожче, але дозволяє одержати більш високоякісне зображення. Але в останній час більш застосовують лазерні плоттери. Типова роздільна здатність принтерів і плоттерів 300 dpi, у цей час вона підвищена до 1200 dpi. У сучасних пристроях виводу графіки керування здійснюється вбудованими мікропроцесорами. Типовий час виводу монохромного зображення великих форматів A1 чи A0 перебуває в межах від 1 до 3 (хв.), залежно від значення роздільної здатності, кольорового – у два рази більше. Дігітайзери, сканери, принтери, плоттери можуть входити до складу АРМ або розподілятися користувачами декількох робочих станцій у складі локальної обчислювальної мережі.

1.3.4. Пристрої введення графічної інформації

До пристроїв введення графічної інформації належать:

1. Графічні планшети (дігітайзери)
2. Пристрої введення сканувального типу
3. Маніпулятори
4. Пристрої введення клавіатурного типу
5. Пристрої тактильного введення інформації

На рис. 1.5 вказані основні види пристроїв введення інформації.

Графічні планшети (дігітайзери). Назва «дігітайзер» має походження від англійського слова “digit”, тобто «цифра». Таким чином

цей пристрій можна назвати оцифровувачем або аналогово-цифровим перетворювачем. Промислове виконання дигітайзерів у вигляді планшета призвело до іншої їх назви — графічні планшети. Дигітайзери застосовують для по точкового координатного введення графічних зображень (креслень) у системах автоматизованого проектування, а також зображень ілюстративної графіки та анімації.

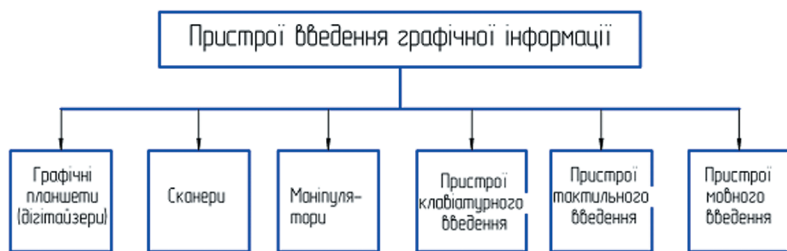


Рис. 1.5. Пристрої введення інформації

Недоліком графічного планшета є невисока продуктивність операції введення графіки, оскільки координатним пристроєм з прицілом або електронним пером — інструментами введення графіки, необхідно обходити вручну всі характерні точки графічних примітивів. Але дигітайзери одно-часно забезпечують перетворення растрової графіки у векторну при достатньо високій точності введення графічної інформації. Підключення графічного планшета до комп'ютера здійснюється через паралельний порт зв'язку, а опрацювання точок зображення — за допомогою спеціального драйвера. У сенсі інженерної комп'ютерної графіки планшет дигітайзера, насамперед є периферійний пристрій, який застосовується для трасіровки креслень з листа в файл CAD-програми. Використання дигітайзера особливо ефективно, коли оригінал креслення має незадовільну якість, тобто не дозволяє застосувати програми автоматичної векторизації, такі наприклад, як SpotLight Pro чи Vactory.

Дигітайзер також можна застосувати як вказівний пристрій. Так, наприклад, в середовищі AutoCAD драйвер Wintab надає можливість використання дигітайзера як системного вказівного пристрою (замість маніпулятора, тобто миші) для вибору елементів меню та об'єктів креслення, а також інтерактивної роботи з операційною системою. Вказівний пристрій планшета може бути виконаний у вигляді миші з прицілом або електронного пера. Для роботи дигітайзер повинен бути сконфігурований та відкалібрований: якщо планшет дигітайзера сконфігурований, то частина поверхні планшета є образом екрану дисплея, включаючи меню; якщо дигітайзер відкалібровано, тобто системи ко-

ординат та масштаб планшету та дисплея узгоджені, то він використовується для трасировки геометричних об'єктів з листа в файли креслення тої CAD-програми, в середовищі якої вводиться креслення. Калібровка полягає у встановці відповідності точок креслення на паперовому носіїві і координат точок електронного креслення, тобто здійснюється перетворення креслення на папері в електронне креслення та установка відповідності координат обох креслень: паперового та електронного. В процесі роботи можливо перемикатися між використанням дигітайзера у якості системного вказівного пристрою (режим «Планшет» вимкнено) і використанням відкаліброваного дигітайзера для оцифровки креслення (режим «Планшет» увімкнено).

П'єзоелектричні дигітайзери. Цей різновид графічних планшетів має поверхню з так-тильною чутливістю, утворену сіткою провідників. При натисканні на пластині п'єзоелектрика виникає різниця потенціалів, що фіксується програмою драйвера при сканування сітки провідників. Драйвер здійснює ідентифікацію координат точок з наступним відображенням їх на дисплеї. Дозволяє здатність цих планшетів досягає до 400 dpi. П'єзоелектричні дигітайзери дозволяють пропорційно натисканню на планшет пером змінювати товщини ліній зображень. В ілюстративній комп'ютерній графіці для введення кольорових малюнків, фотографій та слайдів використовуються відео дигітайзери, що уявляють собою цифрові відеокамери.

Пристрої введення сканувального типу. Принцип дії сканувальних пристроїв засновано на оптичному введенні графічної інформації з отриманням растрового (а не векторного) зображення з роздільною здатністю від 660x600 dpi до 2400x2400 dpi. Скановане з паперу растрове зображення, надалі для його редагування може бути перетворено в цифровий формат для креслень. В інженерній (проектно-конструкторській) графіці для перетворення використовують такі програми як SpotLight Pro чи Vactory, що здійснюють автоматичне трасування графічних примітивів креслень. Для розпізнавання тільки текстів та таблиць для перетворення сканованого растрового файлу в звичайний текстовий ASCII-файл використовують відому програму FineReader.

Математичне та алгоритмічне забезпечення вказаних програм принципово різне. Так у першому випадку здійснюється перерахування координат точок растрової сітки зображення на координати характерних точок кривих (ліній) креслення, в другому випадку — растрові зображення символів (букв, знаків та т.п.) порівнюються з образами символів, що знаходяться в базі даних FineReader та у разі їх співпадіння перетворюються в текстовий ASCII-файл. За конструктивним оформленням розділяють ручні, планшетні, барабанні та проекційні сканери. Різниця між ними полягає у виконанні оптоелектронних при-

строїв сканування та механічних пристроїв переміщення останніх.

В *планшетному сканері* оригінал, що сканується, розташовують на прозорому нерухомому склі. Вздовж останнього за допомогою механічного приводу (на відміну від ручного сканера) переміщується каретка сканера з джерелом світла. У разі сканування прозорого оригіналу (плівки, слайду) застосовують слайд-модуль, в кришці якого паралельно до каретки сканера переміщують додаткове джерело світла. Оптична система сканера, що складається з об'єктива та дзеркал (призм), проєктує світловий потік від оригіналу на приймальний елемент — три паралельні лінійки зі світлочутливими елементами. Останні ще називають CCD — матрицею чи ПЗЗ — матрицею — приладом із зарядовим зв'язком. Кожна з лінійок в режимі RGB (з англ.: червоний, зелений та блакитний колір) приймає інформації про відповідний колір. ПЗЗ — матриця перетворює рівень освітленості у рівень напруги — аналоговий сигнал. Останній надходить до аналогово-цифрового перетворювача (АЦП), з якого інформація виходить у двійковому коді і після обробки контролером сканера через інтерфейс с комп'ютером надходить до драйвера сканера, з яким уже взаємодіють відповідні прикладні програми.

Проекційні сканери використовують для сканування слайдів з високим дозволом та невисокого формату (приблизно 4 x 5 дюймів). Цей сканер має дві модифікації: з вертикальним та горизонтальним розташування оптичної осі зчитування. Взагалі механізми зчитування зображень у сканерах базуються на фото примножувачі або на ПЗЗ — приладах з зарядним зв'язком. Фото примножувач конвертує світло на електричний сигнал. Зчитувану інформацію подають до фото примножувача в режимі точка за точкою за допомогою променя. На фото примножувачах засновані барабанні сканери. ПЗЗ також конвертує світлову енергію на електричний сигнал, але освітленим стає цілий рядок оригіналу, тому що набір елементарних ПЗЗ — елементів розташовано в одну лінію, так що утворюється лінійка для зчитування цілого рядка оригіналу. Якщо сканер оснащено трьома паралельними лінійками, то він зчитує відразу три кольори RGB, тобто кожна з лінійок сприймає свій колір.

Маніпулятори — «миша», «трекбол», «джойстик». Маніпулятор типу «миша» (mouse) найбільш поширений засіб ціле вказування в екранному багатому віконному діалозі. Його функція полягає в керуванні інформацією. Для формування сигналу миші при пересуванні її по поверхні використовують електромеханічні, тензометричні та оптичні датчики. Сигнал, що виробляють датчики перетворюється у сигнал керування розташування курсору на моніторі. Невідповідність масштабу пересування «миші» на поверхні та курсору у просторі ек-

рана потребує певного тренінгу користувача. Маніпулятор типу трекбол, на відміну від «миші» має нерухомий корпус та рухому кульку на його поверхні, яка і взаємодіє з датчиками. «Миші» і трекболи є координатними пристроями введення інформації до комп'ютера. *Джойстик* є аналоговим координатним пристроєм введення інформації.

Пристрої введення *клавіатурного типу*. Клавіатура виконує дві основні функції — введення і управління інформацією. Основні типи клавіатур:

1. Клавіатури, що складені з окремих клавіш, які оснащені кнопковими перемикачами. Останні можуть мати різне конструктивне виконання: з металевим контактом; мембранним контактом, змонтованим на панелі; контакт із тактильним зворотнім зв'язком;

2. Клавіатури з інтегральним виконанням контактного поля поділяються на ємнісні, індуктивні та оптичні інтегральні клавіатури.

У *ємнісній клавіатурі* замикання та розмикання контакту здійснюється за рахунок змінювання електростатичної ємності конденсатора, що утворений двома електродами, при маніпулюванні клавішним перемикачем. В *індуктивній інтегральній клавіатурі* перемикач здійснюється за допомогою феритового стержня, що пересувається в отворі друкованої плати. Коли стержень входить до отвору, обмотка трансформатора, що нанесена на плату навколо отвору, через виникаючу при цьому індукцію, формує відповідний електричний сигнал. В оптичній клавіатурі у процесі пересування клавіші переривається світловий промінь і відповідний фотодетектор виробляє сигнал. Зв'язок усіх типів клавіатур з системним блоком сьогодні найчастіше здійснюється послідовним інтерфейсом, з передаванням коду клавіші чи її порядкового номеру. Сканування клавішного поля організоване за матричним принципом.

Пристрої тактильного введення інформації. Являють собою різноманітні сенсорні екрани, за допомогою яких можна тільки керувати інформацією, що подана користувачем на екран дисплея, тобто ці пристрої реалізують піктограмний діалог некваліфікованого користувача. Основні типи сенсорних екранів:

1. Сенсорний екран резистивного типу у вигляді двох прозорих майларових плівок, на кожній з яких нанесені провідники зі своєю координатою та які розташовані на поверхні монітора. Утворене таким чином резистивне матричне поле реагує на зовнішній дотик, в результаті чого, координати відповідної комірки поля ідентифікуються та перетворюються контролером персональної ЕОМ у цифрову форму.

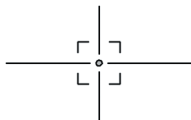
2. Сенсорні екрани з ємнісними датчиками. На фронтальне скло монітора нанесено відповідно до заданої топології тонкі прозорі шари

провідного матеріалу. При дотику до однієї з ділянок екрану, змінюється її ємність. Координату дотику ідентифікує контролер ЕОМ.

3. Сенсорний екран з *оптичними* датчиками за периметром екрану. Вздовж периметру екрану розташовуються світлочутливі діоди та фотоприймачі. Таким чином утворюється ортогональна сітка світлових променів інфрачервоного випромінювання. У разі доторкання екрану перетинаються відповідні горизонтальні та вертикальні світлові промені, що й ідентифікується контролером як координати вказівника.

Контрольні запитання

1. В чому полягають основні функції CAD/CAM/CAE-систем.
2. Викладете основні принципи побудови САПР технічних систем.
3. Укажіть склад і призначення структурних підсистем САПР.
4. Розкрийте склад проєктуючих та обслуговуючих підсистем.
5. Назвіть види засобів інформаційного забезпечення САПР.
6. Опишіть основні типи мереж.
7. Назвіть основні типи серверів.
8. Наведіть структуру апаратного забезпечення АРМ.
9. Назвіть склад комплексу засобів технічного забезпечення САПР.
10. Укажіть засоби апаратної підтримки САПР та надайте їм характеристику.
11. Назвіть та надайте характеристику графічним планшетам (діджитайзера).
12. Які пристрої тактильного введення інформації вам відомі. Назвіть типи сенсорних екранів.



Розділ 2. Методологічні основи проєктування

2.1. Стадії проєктування

Стандарт ЄСКД відносно конструкторської документації (КД) і стандарт ЄСПД [6, 7] відносно програмної документації (ПД) для технічних комплексів і систем незалежно від їхнього призначення й області застосування установлює 5 стадій розробки (Рис. 2.1):

1. Технічне завдання
2. Ескізний проєкт
3. Технічний проєкт
4. Робочий проєкт
5. Впровадження

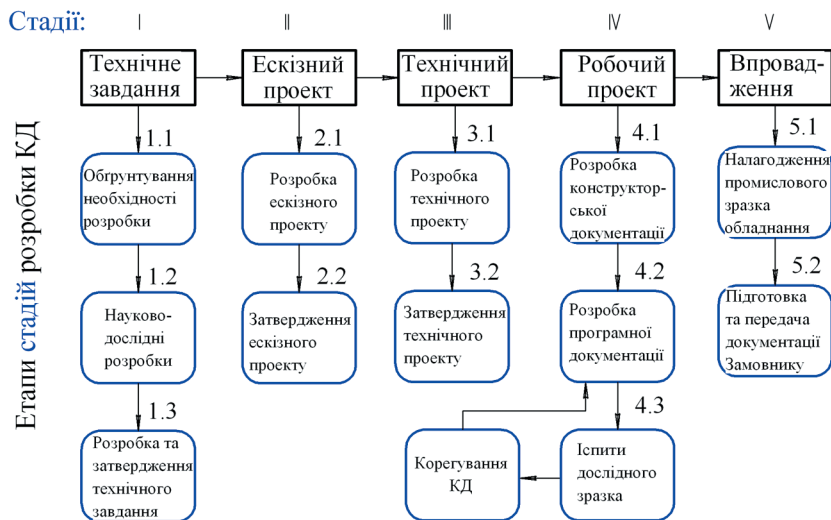


Рис. 2.1. Стадії розробки за єдиною системою конструкторської документації (ЕСКД)

Нижче по кожній із зазначених стадій розкриті етапи й зміст робіт кожного етапу розробки проєктної документації. 1. *Технічне завдання*

1.1. Обґрунтування необхідності розробки КД: постановка завдання; збір вихідних матеріалів; вибір і обґрунтування критеріїв ефективності і якості розроблювальної технічної системи; обґрунтування необхідності проведення науково-дослідних робіт. 1.2. Науково-дослідні роботи: визначення структури вхідних і вихідних даних; попередній

вибір методів розв'язку завдань; обґрунтування доцільності застосування раніше розроблених проєктів; визначення вимог до технічних засобів; обґрунтування принципової можливості розв'язку поставленого завдання. 1.3. Розробка й затвердження технічного завдання: визначення вимог до проєкту; розробка техніко-економічного обґрунтування розробки проєкту; визначення стадій, етапів і термінів розробки документації; у разі розробки програмного забезпечення – вибір мов програмування; визначення необхідності проведення науково-дослідних робіт на наступних стадіях; узгодження й затвердження технічного завдання.

2. *Ескізний проєкт*. 2.1. Розробка ескізного проєкту: попередня розробка структури вхідних і вихідних даних; уточнення методів розв'язку завдання; розробка загального опису алгоритму розв'язку завдання; розробка техніко-економічного обґрунтування.

2.2. Затвердження ескізного проєкту: розробка пояснювальної записки; узгодження й затвердження ескізного проєкту.

3. *Технічний проєкт*. 3.1. Розробка технічного проєкту: уточнення структури вхідних і вихідних даних; розробка алгоритму розв'язку завдання; визначення форми представлення вхідних і вихідних даних; у разі розробки програмного забезпечення – визначення семантики й синтаксису програмної мови, розробка структури програми; остаточне визначення конфігурації технічних засобів.

3.2. Затвердження технічного проєкту: розробка плану заходів щодо розробки й впровадженню проєкту; розробка пояснювальної записки; узгодження й затвердження технічного проєкту.

4. *Робочий проєкт*. 4.1. Розробка комплексу конструкторської документації (КД): технологічний контроль та нормо контроль КД на відповідність ДСТУ. 4.2. Розробка програмної документації. 4.3. Испити дослідних зразків об'єкту проєкту: розробка, узгодження й затвердження програми й методики випробувань; проведення попередніх державних, міжвідомчих або інших видів випробувань; коректування КД і програмного забезпечення документації за результатами випробувань.

5. *Впровадження*. 5.1. Налагодження промислового зразка обладнання на проєктні показники функціонування; дослідна промислова експлуатація обладнання. 5.2. Підготовка й передача КД і програмної документації для виготовлення промислового зразка технічної системи (агрегату, машини, пристрою та ін.): передача КД і програм до державного чи корпоративного фонду.

2.2. Методологічні основи автоматизованого проектування

В даному розділі викладені основні поняття автоматизованого проектування, а саме: показники якості технічних систем як об'єктів проектування; основні етапи створення технічних систем; етапи проектування Т-Систем; рівні процесу проектування; поняття спадного й висхідного проектування; завдання проектування й схеми його організації; класифікація методів прийняття рішень і методів проектування.

2.2.1. Показники якості технічних систем як об'єктів проектування

Завдання сучасного інженера полягає в створенні технічних систем (Т-Систем), що найбільше повно відповідають споживачам ринку, що дають найбільший економічний ефект і володіють високими технічними показниками. Використовують 8 показників якості Т-Систем (Норенков И.П. [4]):

Функціонування, показник, що характеризують корисний ефект від використання Т-Систем по призначенню й області їх застосування.

Надійність, властивість, що надає Т-Системі зберігати свою працездатність у часі.

Технологічність характеризує ефективність конструкторсько-технологічних розв'язків для забезпечення високої продуктивності праці при виготовленні й ремонті Т-Систем.

Ергономічність, показник, що характеризує систему «людина – виріб – середовище» і враховує комплекс гігієнічних, антропологічних, фізіологічних, психофізіологічних і психічних властивостей людини, що проявляються у виробничих і побутових умовах.

Естетичність, зовнішня властивість, що характеризує у Т-Систем: виразність, оригінальність, гармонійність, цілісність, відповідні до середовища й стилю.

Стандартизація й уніфікація використання, ознаки, що характеризують ступінь використання в Т-Системах стандартизованих виробів і рівень уніфікації їх складових частин.

Правові ознаки, відображають ступінь патентного захисту конструкторських розв'язків у Т-Системах в країні й за рубежом, а також їх патентну частоту.

Економічність, показник, що характеризує витрати на розробку, виготовлення й ефективність експлуатації Т-Системи.

Показники якості служать комплексом критеріїв, що використовуються для оцінки прийнятих розв'язків на різних етапах створення Т-Систем. Через специфіку умов експлуатації й виробництва критерії можуть змінюватися, що призводить до багато варіантності проектних розв'язків.

2.2.2. Основні етапи створення технічних систем

Процес створення нових Т-Систем складається з п'яти етапів, на яких застосовують різноманітні засоби САД-систем:

- 1) Пошукове проектування, а саме: обґрунтування необхідності створення нової Т-Системи (чи потрібна нова Т-Система?); науково-технічні дослідження (якою принципово вона повинна бути?); розробка технічного завдання (ТЗ).
- 2) Конструювання (якою система повинна бути?).
- 3) Технологічна підготовка виробництва (як виготовити нову Т-Систему в умовах конкретного виробництва?).
- 4) Виготовлення дослідних зразків (перевірка правильності основних проектних розв'язків і відпрацювання технологічної документації).
- 5) Освоєння серійного виробництва нових Т-Систем включає наступні завдання: досягнення обсягу випуску відповідно до проектної потужності підприємства; стабільне забезпечення необхідної якості; досягнення проектної трудомісткості виготовлення на всіх стадіях виробництва.

Етапи проектування Т-Систем. Етапом проектування називають складову частину кожної зі стадій проектування, що зводяться до виконання проектних операцій і процедур, що ставляться до даного аспекту або ієрархічного рівня. Проектування складних систем починається з розробки технічного завдання (ТЗ) і містить у собі наступні стадії: попереднього, ескізного, технічного та робочого проектування.

Стадія попереднього проектування, або стадія науково-дослідних робіт (НДР), пов'язана з пошуком принципових можливостей побудови системи (агрегату, машини, пристрою, технології тощо) дослідженням нових принципів, структур, технічних засобів; результатом цієї стадії є *технічна пропозиція*. Стадія попереднього проектування – це творчий процес, що протікає значною мірою за евристичними методами. Тут широко застосовується обчислювальна техніка, але застосування ЕОМ на цій стадії за своїм характером більше нагадує область розв'язку наукових завдань.

Стадія штучного проектування, або стадія дослідно-конструкторських робіт (ДКР), де проводиться детальне пророблення можливості

побудови системи; результатом цієї стадії є ескізний проект.

Стадії *технічного* й *робочого* проектування передбачають розробку конструкторської й технологічної документація, необхідної для виготовлення досвідної партії об'єктів у заводських умовах; результатом є технічний і робочий проекти відповідно.

2.2.3. Рівні процесу проектування

Застосування систем автоматизованого проектування (САПР), зберігає доцільність використання ієрархічного підходу до проектування. Такий підхід представлення проектованої системи розчленовує її на ієрархічні рівні. На вищому рівні використовується найменш деталізоване представлення технічної системи, що відображає тільки самі загальні риси й особливості проектованої системи. На наступних рівнях ступінь подробиці (деталізації) розгляду зростає. При цьому система розглядається не в цілому, а окремими блоками. Такий підхід дозволяє на кожному рівні формулювати й вирішувати завдання припустимої складності, що піддаються розумінню людиною й розв'язку за допомогою наявних засобів проектування.

Переваги блочно-ієрархічного підходу полягають в тому, що складне завдання великої розмірності розбивається на послідовні групи завдань малої розмірності, причому усередині груп різні завдання можуть вирішуватися паралельно. Розглянемо приклади ієрархічних рівнів складних систем у різних областях техніки.

Приклад 1. Проектування виробничих процесів у машинобудуванні. Тут розрізняють наступні основні ієрархічні рівні: 1) визначення принципової схеми технологічного процесу, тобто складу й послідовності етапів обробки деталей (точніше, видів обробки, відповідних до виду виробництв, через які пройде виріб); 2) розробка маршруту технологічного процесу, тобто визначення складу й послідовності операцій, вибір технологічного оснащення й моделей технологічного встаткування; 3) проектування технологічних операцій, тобто розробка операційних карт із розрахунками режимів операцій і їх нормуванням за часом виконання.

Приклад 2. За правилами ЄСКД установлена ієрархія виробів машинобудування, що включає рівні: 1) деталі; 2) складальні одиниці; 3) комплекси; 4) комплекти (наприклад, зубчасте колесо, вал, деталі, що входять у редуктор; редуктор – складальна одиниця, яка є елементом верстата; верстат – складальна одиниця більш високого ієрархічного рівня, верстат може виявитися елементом комплексу верстатів – потокової лінії).

Приклад 3. При проектуванні оптичних систем можна виділити

принаймні три ієрархічні рівні: 1) рівень структурних схем, пов'язаний з визначенням кількості вузлів системи, їх взаємного розташування, орієнтовних розмірів і фокус відстаней; 2) рівень вузлів; 3) рівень елементів – лінз, дзеркал і т.п.

Таким чином, ієрархічні рівні являють собою рівні описів об'єктів, різняться ступенем подробиці відображення властивостей об'єкта. Скупність описів деякого рівня разом з постановками завдань і методів одержання цих описів називають ієрархічним рівнем проектування. Ці групи завдань разом з використовуваними для їхнього розв'язку моделями, методами, формами документації називаються вертикальними рівнями проектування. Розрізняють такі аспекти, як функціональне, конструкторське й технологічне проектування. Наприклад, при проектуванні ЕОМ важливим аспектом є алгоритмічне та програмне проектування.

2.2.4. Спадне й висхідне проектування

Кожна САПР створюється для потреб конкретного підприємства або галузі промисловості, і повинна обслуговувати кілька рівнів і етапів проектування, зокрема кілька ієрархічних рівнів. Завдання різних рівнів можуть вирішуватися у висхідній або спадній послідовності.

Спадне проектування це проектування «зверху вниз». Тут розв'язок завдань більш високих ієрархічних рівнів передуює розв'язку завдань більш низьких рівнів. При цьому вихідні дані для проектування представляються у вигляді технічного завдання (ТЗ) для вищого ієрархічного рівня. зазвичай це завдання формується групою експертів, виходячи з наявного досвіду й призначення проектованої системи, і корегується в процесі попереднього проектування.

Висхідне проектування це проектування «знизу нагору». Тут на початку розробляються елементи, а потім система із цих елементів. Об'єкти, що проектуються на кожному рівні висхідного проектування, повинні стати типовими, призначеними для багатьох застосувань.

На кожному рівні спадного проектування вихідними даними є дані ТЗ, а результатом технічна документація на блоки даного рівня й ТЗ на проектування елементів.

При висхідному проектуванні до вихідних даних додатково ставляться відомості про уніфіковані елементи, тому природно, що серед результатів відсутні ТЗ на проектування елементів. Проектування зводиться до розв'язку групи завдань аналізу або до завдань синтезу. Поняття «синтез» технічного об'єкта близько по змісту до поняття «проектування». Різниця полягає в тому, що проектування означає весь процес розробки об'єкта, а синтез характеризує частина цього

процесу, коли створюється якийсь варіант, не обов'язково остаточний, тобто синтез як завдання може виконуватися при проектуванні багато разів, перетинаючись із розв'язком завдань аналізу.

2.2.5. Аналіз і синтез технічних рішень

Аналіз технічних об'єктів – вивчення властивостей: при аналізі не створюються нові об'єкти, а досліджуються задані.

Синтез технічних об'єктів націлений на створення нових варіантів, а аналіз використовується для оцінки цих варіантів, тобто синтез і аналіз виступають у процесі проектування в діалектичній єдності. Варіанти, що створилися при синтезі, повинні бути представлені прийнятною мовою оформлення проектної документації, наприклад у вигляді креслень, схем і пояснювального тексту. У спільному завданні синтезу можна виділити на дві складові: 1) власне синтез, результати якого повністю визначають зміст і вигляд проектованого виробу, але представлені на деякій проміжній мові; 2) оформлення технічної документації (синтез документів), при якому результати проектування перетворюються із проміжних форм у прийняті форми проектних документів.

Існують завдання визначення структури й визначення значень внутрішніх параметрів, тобто структурний синтез і параметричний синтез. Якщо серед варіантів структури шукається не будь-який прийнятний варіант, а найкращий у відомому сенсі, то таке завдання синтезу називають структурною оптимізацією. Розрахунки внутрішніх параметрів, оптимальних з деякого критерію при заданій структурі об'єкта, називають параметричною оптимізацією, яка має кілька різновидів: 1) оптимізація декількох значень параметрів, частина називана оптимізацією параметрів; 2) оптимізація технічних вимог, пропонованих до параметрів; 3) оптимізація допусків.

Відмінністю завдань оптимізації технічних вимог і допусків від завдання оптимізації параметрів є визначення не окремої оптимальної точки, а деякої оптимальної області в просторі керованих параметрів. Ця область характеризує діапазони припустимих значень параметрів, при яких забезпечується правильне функціонування проектованого об'єкта й досягається екстремальне значення обраної цільової функції. Прикладами цільових функцій можуть бути надійність, продуктивність, матеріальні витрати при виробництві й т.п.

Завдання аналізу діляться на завдання одно варіантного й багато-варіантного аналізу. Розв'язок завдань одно варіантного аналізу дозволяє одержати інформацію про вихідні параметри об'єкта безпосередньо в заданій відображуваній точці, причому найчастіше

розв'язок зводиться до однократного розв'язку системи рівнянь або до однократного випробування макета об'єкту. Прикладами одно варіантного аналізу можуть бути: аналіз статистичного стану; аналіз переходного процесу; аналіз технологічних характеристик і т.д.

Завдання багатоваріантного аналізу полягають у дослідженні поведінки об'єкта в деякій околиці заданої точки оптимуму. Звичайно багатоваріантний аналіз вимагає багаторазового виконання одно варіантного аналізу. До завдань багатоваріантного аналізу відносять, насамперед: статистичний аналіз; аналіз чутливості. На кожному рівні процес проектування представляється як розв'язок сукупності завдань (Рис. 1).

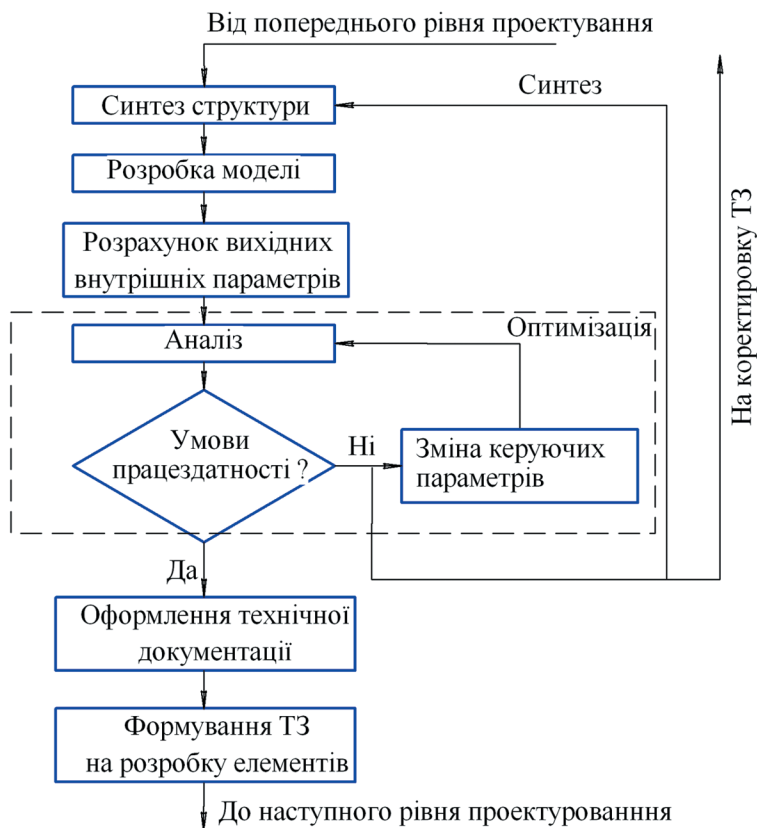


Рис. 2.2. Алгоритм проектування на черговому ієрархічному рівні

Спочатку генерується вихідний варіант структури технічної системи, а потім оцінюється з точки зору задоволення умов працездат-

ності. Для кожного варіанта структури передбачається оптимізація параметрів, оскільки оцінка повинна виконуватися при оптимальних або близьких до оптимальних (квазіоптимальних) значеннях внутрішніх параметрів. У свою чергу оптимізація здійснюється шляхом багатоваріантного аналізу. Якщо для деякого варіанта структури досягнуте виконання умов працездатності із заздалегідь застереженим запасом, то завдання синтезу вважається вирішеною. Результати проектування оформляються у вигляді необхідної технічної документації й ТЗ по розробці елементів блоку технічної системи.

Для кожного варіанта структури складається модель об'єкта. Ця модель може бути математичною при автоматизованому проектуванні або фізичною при експериментальному відпрацюванні виробу. Математична модель – сукупність математичних об'єктів (чисел, змінних, векторів, множин і т.п.) і відносин між ними, яка адекватно відображає деякі властивості проектованого технічного об'єкта. Числові значення параметрів елементів моделі встановлюється або на основі простих ручних розрахунків, або беруться суцього орієнтовними на основі досвіду й інтуїції інженера. Далі за аналізом моделі, перевіркою виконання працездатності й ухваленням рішення за результатами перевірки проводиться параметрична оптимізація. Якщо умови працездатності в процесі оптимізації не виконуються то змінюються параметри елементів і модель аналізується при цих нових параметрах. При успішному розв'язку завдання оптимізації переходять до завершення процедур, а якщо ні, то – до генерації нового варіанта структури. Якщо перебір багатьох варіантів не дає позитивного результату, то необхідно переглянути ТЗ на розробку блоку технічної системи, тобто необхідно повернутися до попереднього рівня блочно-ієрархічного проектування.

2.2.6. Класифікація методів прийняття рішень

Проектування – процес, що полягає в перетворенні вихідного опису об'єкта в опис на основі виконання комплексу робіт дослідницького, розрахункового й конструкторського характеру. Таким чином, розрізняємо: Вихідний опис – технічне завдання (ТЗ). Остаточний опис – комплект конструкторської документації. Перетворення вихідного опису в остаточне породжує проміжні стани. Ці стани є предметом розгляду з метою визначення остаточного проектування або вибору шляхів його продовження. Такі описи називають проектними розв'язками. Для опису об'єктів в автоматизованому проектуванні найбільше часто застосовуються математичні моделі.

Математична модель – сукупність математичних об'єктів (чисел,

символів, множин і т.д.) і зв'язків між ними, що відображають найважливіші для проєктувальника властивості проєктованого технічного об'єкта. Таким чином, математичне моделювання — процес створення моделі й оперування нею з метою одержання відомостей про реальний об'єкт. Проєктні розв'язки (проміжні описи) ухвалюються на основі типових процедур (завдань) проєктування. Можна виділити дві основні групи процедур: аналіз і синтез. Для синтезу характерне використання структурних моделей, для аналізу — використання функціональних моделей.

Аналіз ділиться на одно варіантний і багатоваріантний. При одно *варіантному аналізі* коли задані значення внутрішніх і зовнішніх параметрів, потрібно визначити значення вихідних параметрів об'єкта. Процедурами одно варіантного аналізу є: аналіз статистики, аналіз динаміки, аналіз у частотній області, аналіз стійкості й т.п. *Багатоваріантний аналіз* полягає в дослідженні властивостей об'єкта в деякій області простору внутрішніх параметрів. Такий аналіз вимагає багаторазового виконання однократного аналізу, прикладами процедур багатоваріантного аналізу можуть бути аналіз чутливості, розрахунки залежностей вихідних параметрів.

Процедури синтезу діляться на процедури структурного й параметричного синтезу. *Структурний синтез* має на меті визначення структури об'єкта, а саме переліку типу елементів, що складають об'єкт, і способу зв'язків елементів між собою в складі об'єкта. Прикладами процедури структурного синтезу є: вибір принципів функціонування, вибір технічного розв'язку, оформлення документації.

Параметричний синтез полягає у визначенні числових значень параметрів елементів при заданих структурах й умовах працездатності на вихідні параметри об'єкта, тобто при параметричному синтезі потрібно знайти точку оптимуму або область у просторі внутрішніх параметрів, у яких виконуються ті або інші умови (зазвичай умови працездатності). Процедури параметричного синтезу це: призначення технічних вимог, розрахунки параметрів елементів, ідентифікація математичних моделей.

Проєктування системи починається із синтезу вихідного варіанта її структури. Після вибору вихідних значень параметрів елементів виконується аналіз варіанта, за результатами якого стає можливою оцінка. Звичайно оцінка полягає в перевірці виконання умов працездатності, сформульованих у ТЗ. Якщо умови працездатності виконуються, отриманий розв'язок ухвалюється й формулюється ТЗ на проєктування елементів даного рівня (тобто систем наступного рівня). Якщо ж отриманий розв'язок незадовільний, вибирається один з можливих шляхів поліпшення проєкту. Звичайно найпростіше здійснити

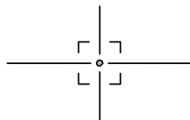
зміну числових значень параметрів елементів.

Сукупність процедур модифікації значень параметрів, аналізу й оцінки результатів аналізу являє собою процедуру параметричного синтезу. Якщо модифікації параметрів цілеспрямовані й підлеглі стратегії пошуку найкращого значення деякого показника якості, то процедура параметричного синтезу є процедурою оптимізації. Якщо шляхом параметричного синтезу не вдається досягнути прийнятного ступеня умови працездатності, то використовується інший шлях, пов'язаний з модифікаціями структури. Тоді синтезується новий варіант структури, і для нього повторюються процедури формування моделі й параметричного синтезу. Якщо і в цьому випадку не вдається отримати прийнятний проектний розв'язок, то ставиться завдання коректування ТЗ.

Таким чином, якщо розв'язок завдань високих ієрархічних рівнів передуює розв'язку завдань більш низьких ієрархічних рівнів, то проектування називають спадним. Якщо раніше виконуються етапи, пов'язані з нижчими ієрархічними рівнями, то проектування називають висхідним.

Контрольні запитання

1. Назвіть показники якості технічних систем як об'єктів проектування.
2. Дайте характеристику основних етапів створення Т-Систем.
3. Викладете зміст основних етапів проектування.
4. Приведіть приклади рівнів процесу проектування.
5. Що таке спадне й висхідне проектування?
6. Приведіть схему процесу проектування на черговому ієрархічному рівні.
7. Які методи прийняття розв'язків і методів проектування Вам відомі?



Розділ 3. Базові операції автоматизованого проектування

Базові операції опрацювання графічних об'єктів в різноманітних проектно-конструкторських програмах ідентичні. Відмінність їх в таких найбільш застосованих програмах як AutoCAD, ArchiCAD, SolidWork, Компас 3D та інших не суттєва і полягає тільки в назвах команд та способах введення. Але єдиною основою їх реалізації є технологія комп'ютерної графіки (КГ) як одного з домінуючих інструментів САПР. Тому спочатку стисло розглянемо визначення комп'ютерної графіки, класифікацію програмних пакетів КГ та види програмно-апаратного забезпечення КГ.

3.1. Комп'ютерна графіка як інструмент САПР

Комп'ютерна графіка — прикладний розділ інформатики, що містить різноманітне програмно-апаратне забезпечення для створення та редагування графічних зображень із застосуванням електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) та їх периферійних технічних пристроїв. До складу периферійних технічних пристроїв входять: пристрої вводу, технологічної обробки, зберігання, виводу та передачі графічної інформації.

Призначення комп'ютерної графіки полягає в обробці інформаційних об'єктів у вигляді двох початкових форм: графоаналітичної або безпосередньо графічної. До першої належать моделі природних або штучних явищ, виробничих процесів тощо, у вигляді математичних моделей, діаграм, графіків. До другої форми належать проектно-конструкторські документи у вигляді ескізів, креслень, технічних проєктів. Обробка об'єктів комп'ютерної графіки здійснюється людиною (науковцем, інженером-проектувальником, технологом та оператором іншого фаху) за допомогою ЕОМ в інтерактивному режимі. *Інтерактивний режим* то є формалізований діалог людини з ЕОМ на підставі програмного забезпечення, відповідного до вказаних вище об'єктів комп'ютерної графіки.

3.1.1. Класифікація програмних пакетів КГ

Програмний пакет являє собою сукупність графічного редактора та відповідної до нього спеціалізованої бази даних, точніше параметричних бібліотек, що містять базу стандартизованих елементів графіч-

них зображень функціональних пристроїв, їх параметрів і конструктивних елементів. Вибір тої чи іншої параметричної бібліотеки визначається галузью застосування графічного пакета та фахом проєктувальника.

Вибір програмного пакету визначається одним з чотирьох видів комп'ютерної графіки, а саме: ділової, наукової, інженерної та ілюстративної (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Види комп'ютерної графіки

№	Види комп'ютерної графіки	Призначення	Програмні пакети
1	Ділова	Сфери маркетингу, управління підприємством (менеджмент), економічне моделювання та розрахунки	Microsoft Access, Excel, Lotus, PowerPoint, Word, OpenOffice та
2	Наукова	Моделювання та відображення результатів наукових досліджень у вигляді графоаналітичних зображень	MathLab, MathCAD, MathType, Statistica, Mathematica, StatGraphics, Super Graph
3	Інженерна	САПР – об'єктів промисловості та будівництва, а саме розробка проектно-конструкторської документації для виготовлення та експлуатації обладнання, пристроїв, машин, будівель	AutoCAD, VariCAD, Компас 3D, Electronics Workbench, SolidWork, ArchiCAD, та інші
4	Ілюстративна	Розробка ілюстративних матеріалів дизайнерських, рекламних, видавничих, мистецьких проєктів, тобто мультимедійних матеріалів, фотоілюстрацій, малюнків	Adobe Illustrator, 3D Studio Max, FreeHand, PageMaker, QuarkXPress, Ventura, CorelDraw, Maya, PhotoShop та інші

Залежно від типу програмного забезпечення, а саме апаратно-залежного чи апаратно-незалежного, використовується відповідно для обробки растрових або векторних зображень. Наприклад, введення, перетворення графічного зображення (з растрового в векторне зображення), редагування, друк та передача графоаналітичної інформації. Також тип програмного забезпечення визначає графоаналітичні моделі, бази даних графічних примітивів, алгоритми їх функціонування та обробки, об'єднаних в ієрархічні структури у вигляді списків, дерев, черг, мереж та математичних операторів обробки даних (табл.3.2).

Таблиця 3.2. Види програмно-апаратного забезпечення

№	Види забезпечення	Зміст, склад	Призначення
1	Математичне та алгоритмічне забезпечення	Графоаналітичні моделі, бази даних графічних примітивів, алгоритми їх функціонування та обробки, об'єднаних в ієрархічні структури у вигляді списків, дерев, черг, мереж та математичних операторів обробки даних	Побудування та перетворення графічних примітивів, а саме різноманітних кривих, геометричних фігур, елементарних операцій креслення та їх редагування
2	Програмне забезпечення	Стандартні графічні пакети — редактори та спеціалізовані бази даних (дивись вище табл. 3.1)	Залежно від типу програмного забезпечення, а саме апаратно-залежного чи апаратно-незалежного, використовується відповідно для обробки растрових або векторних зображень
3	Апаратне забезпечення	Обчислювальні засоби а також засоби периферійного обладнання введення, зберігання, виведення чи передачі графічної інформації, а саме: процесори, накопичувачі, сканери, дигітайзери, принтери і плоттери, модеми та інше	Введення, перетворення (наприклад з растрового в векторне зображення), редагування, друк та передача графоаналітичної інформації

3.1.2. Типи об'єднань графічних об'єктів в проєктах

У всіх проєктно-конструкторських програмах САПР існують різноманатні типи обєднань графічних обєктів для їх оперативного пошуку та редагування, а саме: виділення обєктів за типом графічних примитивів, видами, шарами, атрибутами та іншими властивостями. Надалі розглянемо найважливіші типи обєднань графічних обєктів технічних проєктів.

Поняття шару графічного зображення. Шари — це рівні, на яких розміщені різноманітні графічні об'єкти: геометричні об'єкти (відтинки, полілінії, геометричні фігури і т.п.); об'єкти креслення (штампи, експлікація) й його оформлення (розміри, текст), а також блоки (фрагменти) параметричних бібліотек й їх атрибути. Шари по-

дібні розташованим один на одному прозорим листам кальки; на різноманітних шарах групуються різноманітні типи даних креслення. Розташування об'єктів на різноманітних шарах дозволяє спростити операції по керуванню даними креслення, тобто істотно підвищити ефективність процесу редагування проекту взагалі. Побудовані об'єкти завжди розміщуються на визначеному шару. Ним може бути як шар по умовчанню, так і шар, визначений і іменований самим користувачем. У роботі в просторі листа або з плаваючими видовими екранами можна установити видимість шару індивідуально для кожного видового екрана. Для всіх шарів справедливі ті самі установки лімітів малюнка, системи координат і коефіцієнта екранного збільшення. Якщо якась сукупність шарів використовується часто, то ці шари, разом з стилями ліній рекомендується задати в малюнку-прототипі або в шаблоні (Template).

Конструктор розміщує різноманітні блоки графічної інформації, так би мовити, на різних логічних (у сенсі виділення цього блока як окремої одиниці) й фізичних (у сенсі розміщення блока на окремому паперовому носії) рівнях. У разі використання такого розбиття значно прискорюється редагування окремих елементів зображення, і, у кінцевому рахунку, зменшується вірогідність помилок й зростає продуктивність праці конструктора. На кожному етапі розбиття документа на шари використовуються тільки ті блоки інформації, що необхідні для редагування.

Шари використовуються для ефективної розробки складних креслень із значною щільністю інформації (наприклад складальні креслення, що включають велику кількість деталей і вузлів, креслення друкарських плат, електричні схеми, будівельні креслення і схеми, планування, і т.п.). Як правило, любий графічний редактор надає можливість використовувати в роботі до 255 шарів, що більш ніж достатньо для роботи з кресленням практично будь-якої насиченості і складності. З кожним шаром пов'язані свої колір і стиль лінії. Наприклад, можна створити окремий шар для розміщення ліній (осьових, пунктирних і т.п.) і призначити йому довільний колір і тип лінії, привласнивши відповідне ім'я.

Згодом, якщо буде потрібно побудувати лінію того або іншого типу, потрібно переключитися на цей шар і почати креслення. Таким чином, перед кожною побудовою ліній не потрібно знову установлювати колір і тип лінії. Крім того, при необхідності не виводити якісь об'єкти або лінії на екран або на плоттер видимість шару можна відключити. Можливість використання шарів – одне з найголовніших переваг графічних середовищ як векторного, так і растрового типу. У той же час явна розбивка на шари усіх видів зображення не є обов'яз-

ковим. Найкраще розміщувати в різних шарах різноманітні блоки чи фрагменти креслення.

Стани шарів. Шари мають чотири наступних стана:

- поточний;
- активний;
- фоновий;
- погашений (невидимий).

Поточний шар завжди один і тільки один – це шар в якому в даний момент працює користувач. У ньому можна виконувати будь-які операції по запровадженню, редагуванню і видаленню елементів. Елементи поточного шару відображаються на екрані монітора реальними стилями ліній, точок і штрихувань, котрі визначені в діалогах настроювання системи. У цьому сенсі зображення поточного шару співпадає із зображенням виду або фрагмента, у якому присутній тільки один шар. За аналогією з паперовими носіями можна сказати, що поточний шар – це та калька, котра знаходиться поверх решти прозорих кальок і на которой у даний момент креслить конструктор.

Активними можуть бути сразу декілька шарів. Елементи таких шарів доступні для виконання операцій редагування й удалення. Всі об'єкти, що належать до активного шару, відображаються на екрані одним кольором, установленим для данного шару в діалозі настроювання його параметрів. Виразно кажучи, активні шари можна порівняти із кальками, в котрі не вноситься нічого нового, а виконується лише правка раніш введених елементів або переміщення самих калек на кульмані.

Фоновий шар – це базовий шар, що не підлягає редагуванню й використовується для розміщення на ньому інших шарів. Елементи фоновому шару доступні тільки для виконання операцій прив'язки об'єктів. У тому випадку, якщо формування об'єктів шару завершено, і він потрібний лише в у якості основи для розміщення зображення інших шарів, можна оголосити його фоновим. Елементи фонових шарів доступні тільки для виконання операцій прив'язки до точок або до елементів. Фонові шари не можна переміщувати, а його об'єкти недосяжні для редагування. Всі елементи фонових шарів відображаються на екрані однаковим стилем, котрий налагоджено. Фонові шари подібні калькам, закріпленим для базування по ним нових елементів креслення.

Погашеними (невидимими) шарами називаються шари, невидимі на екрані. Якщо склад якого-небудь шару не повинен відобразитися на екрані, варто оголосити його погашеним. Елементи таких шарів не будуть відображатися на дисплеї і стануть цілком недоступними для будь-яких операцій.

Керування шарами зображення. Для того, щоб створити новий шар у поточному виді креслення або у фрагменті, необхідно викликати відповідні до редактора вікна діалогу. Так в середовищі Компас-Графік необхідно у меню Сервіс задіяти команду Шари – на екрані з'явиться діалог роботи з шарами (Рис. 3.1). Далі у діалозі, що з'явився на екрані, уведіть номер нового шару і його ім'я. Запровадження імені є необов'язковим, проте наявність пояснень до шарів, особливо якщо їх достатньо багато, значно полегшує роботу з документом.

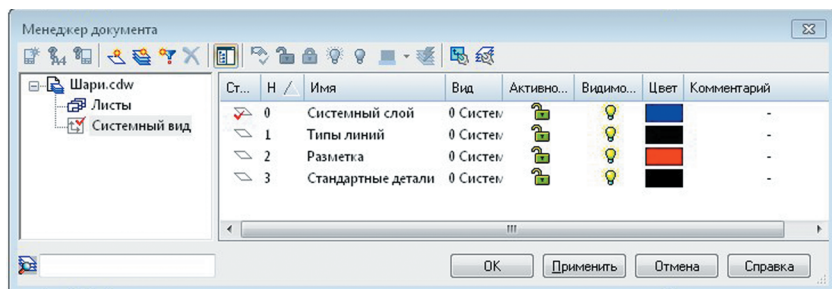


Рис. 3.1. Вікно стану шарів в середовищі Компас 3D

Працюючи в середовищі AutoCAD, аналогічно задаються параметри шарів у вікні діалогу «Керування параметрами шарів», що викликається з меню «Формат» командою «Шари», або запроваджуючи цю команду в командному рядку інтерфейсу AutoCAD.

3.1.3. Блоки графічних документів в CAD системах

Ці два поняття ідентичні і являють собою ще один засіб об'єднання графічних об'єктів при автоматизованому проектуванні. В цьому розділі розглянемо наступні операції:

1. Визначення й призначення блока
2. Створення й вставка блоків у креслення
3. Керування параметрами блоків
4. Стандарти й системи збереження блоків

Визначення й призначення блока. Блок – це набір згрупованих об'єктів креслення, що зберігаються у вигляді таблиці символів блоку, що знаходиться в базі даних креслення або окремого файлу під визначеним ім'ям. У середовищі Компас 3D блоком служить фрагмент креслення. Властивості блока AutoCAD і фрагмента Компас 3D із погляду використання цілком ідентичні. Відмінність складається в командах керування їхніми властивостями. Блоки автоматизують і прискорюють виготовлення креслення. Їхнє використання також іс-

тотно скорочує розмір файлів. Конструктори, архітектори й інші користувачі створюють символічні бібліотеки блоків, що складаються з об'єктів існуючих креслень таким чином, що блоки можуть використовуватися багаторазово. Це заощаджує час, що у протилежному випадку був би витрачений на нове креслення головних символів, деталей креслень і агрегатів. Існують також складні бібліотеки типових блоків – основа для спеціальних додатків креслярсько-графічних редакторів.

Застосування блоків дають наступні переваги:

- зменшується розмір креслення (файлу). Примірники блока не дублюються, а зберігаються у виді посилання до одного об'єкта бази даних проекту;
- скорочується час створення креслення;
- з'являється можливість роботи з простими символічними бібліотеками. Останні містять найбільш поширені блоки і дозволяють забезпечити стандартизацію креслень або проекту;
- спрощується переозначення компонентів, що входять у ряд креслень;
- з'являється можливість приєднання атрибутів до блока. Атрибути дозволяють зв'язувати текст із частинами й компонентами креслення.

Створення й вставка блоків у креслення. Блок є окремим самостійним об'єктом. При цьому не важливо, скільки об'єктів об'єднане у ньому при формуванні. Блок можна розчленувати на складові або створити блок з інших блоків. У середовищі AutoCAD процес створення й вставки блока складається з трьох послідовних операцій:

- накреслити об'єкт, що буде являти собою блок;
- за допомогою команди “Блок” створити визначення блока;
- використовуючи команди “Встав”, помістити блок у креслення.

При завданні команди “Блок” у командному рядку слідують запити, що пропонують вибрати об'єкти і потім задати базову точку вставки. Остання є точкою блока, відносно якої при вставці поруч із курсором з'явиться весь блок.

Вкладені блоки створюються з інших блоків. Для рівня вкладеності блоків обмежень не існує. Не можна створити вкладений блок, що включає блок із тим же ім'ям. Вкладені блоки можна редагувати, розчленовуючи їхній рівень за рівнем, використовуючи при цьому команду “Розчленуй”.

Створення й вставки блоків у середовищі AutoCAD. При кожній уставці деякого блока у креслення йому можуть бути задані власний масштаб або кут повороту. Блок можна також певним чином трансформувати, змінивши значення масштабу в напрямку осей X, Y і Z.

Щоб пояснити, як використання блоків впливає на зменшення розміру креслення, насамперед роздивимося, чому у процесі визначення блоки зникають. Справа в тому, що при цьому блок, так би мовити, "переміщується" – перетворюється в таблицю символів блока, що знаходиться в базі даних креслення. Ця процедура називається *визначенням блока*. При вставці блока до бази даних креслення добавляються ім'я блока, точка вставки, масштаб і ріг повороту. Цей процес називається вставкою блока. Ця додаткова інформація лише незначно збільшує розмір файлу креслення.

Використання команди Пблок (Wblock) для створення блоків. Команда Пблок записує об'єкти з обраного набору або існуючий блок на дискету або жорсткий диск. Об'єкти, що записуються на диск за допомогою команди Пблок (Wblock), зберігаються у файлі із заданими ім'ям і розширенням *. dwg. Ці файли не відрізняються від стандартних файлів креслень AutoCAD. Для створення блока в середовищі AutoCAD необхідно ввести в командний рядок команду Пблок (Wblock) і далі відповісти на запити діалогового вікна «Записати блок».

Використання команд Встав (Insert) для вставки блоків. Якщо заздалегідь відомо, що після вставки блока прийдеться редагувати його компоненти, можна розчленувати блок ще при вставці. Використовуючи команду Встав (Insert), випередите ім'я блока зірочкою (*), як показано нижче:

- Команда: Insert
- Ім'я блока: *block2
- Точка вставки: Виберіть точку на екрані або введіть її координати
- Масштаб<1>:
- Кут повороту<0>:

Примітка: Розчленовуючи блок на окремі елементи при вставці, можна встановлювати тільки однакові значення масштабів у напрямку осей X, Y і Z.

Керування параметрами блоків. При роботі з блоками можуть виникнути складності, особливо тоді, коли блоки створюються з інших об'єктів, що використовують різноманітні кольори й типи ліній. Необхідно розрізняти дві головних властивості блока: за шаром і за блоком. *За шаром* – це властивість об'єкта, при якому останній одержує колір або тип ліній відповідного шару, на якому він розміщується. Якщо креслярський об'єкт має властивість за блоком, то він одержує колір і тип ліній тих блоків, що до нього входять як складові.

Існує чотири засоби керування кольором, типом ліній і шаром, на якому запам'ятовується блок. Використання різноманітних засобів роз-

міщення шарів спрощує стандартизацію блоків.

Засіб 1. Якщо графічні об'єкти, що складають блок, були створені, наприклад, на поточному шару 0, і команди колір і тип лінії настроєні за шаром, то блоки одержують властивості шару, на який він буде вставлятися у креслення.

Засіб 2. Якщо блоки не створюються на поточному прошарку "0", а блок, що вставляється містить шари, не існуючі в поточному кресленні, то такі шари будуть створені додатково після вставки блока.

Засіб 3. При необхідності збігу кольору й типу ліній блока з властивостями шару, потрібно створити всі елементи блока з кольором і типом ліній, встановивши для них режим за блоком.

Засіб 4. Для надання блоку заданого кольору й типу ліній створіть усі елементи блока з кольором і типом ліній за допомогою командами «колір» і «типліп». По завершенню створення блока обов'язково переконайтеся в тому, що ці команди використовувалися з установленим режимом за шаром.

Розчленовування блоків за допомогою команди Розчленуй (Explode). Для поділу блоків, поліліній і розмірів на складові частини використовують команду «Розчленуй». Якщо ця команда застосовується до простого блоку, то в результаті утворюються елементарні об'єкти (примітиви), що використовувалися для створення блока. При розчленовуванні блоків, що містять вкладені блоки, ця команда розбиває блок тільки на складові блоки, а не на окремі об'єкти креслення. При розчленовуванні блока складові його об'єкти одержують свої початкові властивості.

Перевизначення блоків. В середовищі AutoCAD для редагування одного попередньо вставленого блока можна спочатку розчленувати його, а потім відредагувати. Якщо необхідно одною операцією відредагувати всі примірники визначеного блока у кресленні, то блок перевизначається. Блоки з іменами, що збігаються з ім'ям перевизначеного блока, відбивають внесені зміни.

Послідовність операцій у разі перевизначення блоків в середовищі AutoCAD наступна:

1. Повторіть вставку блока.
2. Розчленуйте блок за допомогою команди Розчленуй (Explode).
3. Внесіть у блок зміни, що ви збиралися зробити у всіх блоках із таким же ім'ям у цьому кресленні.
4. Ініціюйте виконання команди Блок. У відповідь на запит імені блока введіть це ж ім'я. На повідомлення Блок уже існує. Перевизначає його, тобто на команду по умовчанняу <N> (Ні) уведіть Y (Да).
5. По завершенні виконання команди всі примірники блока з таким ім'ям будуть перевизначені з урахуванням внесених змін. Слід

пам'ятати, що редагування блока в однім кресленні не вплине на вставку такого ж блока в іншому кресленні.

Послідовність операцій перевизначення блоків в середовищі Компас 3D складається з наступних операцій (Рис. 3.2):

1. З меню «Редактор» застосувати команду «Менеджер вставок видів і фрагментів».

2. В діалоговому вікні «Менеджер вставок видів і фрагментів» вибрати закладку «Локальні» у разі редагування локальних фрагментів або закладку «Взяті із файлів», якщо редагуємо зовнішній фрагмент.

3. Далі командою «Редагування» (див. відповідну закладку) відкрити локальний чи зовнішній фрагмент виконати його редагування.

4. Якщо необхідно повернутися до попереднього стану зовнішнього фрагменту, то слід задіяти команду «Перерисувати».

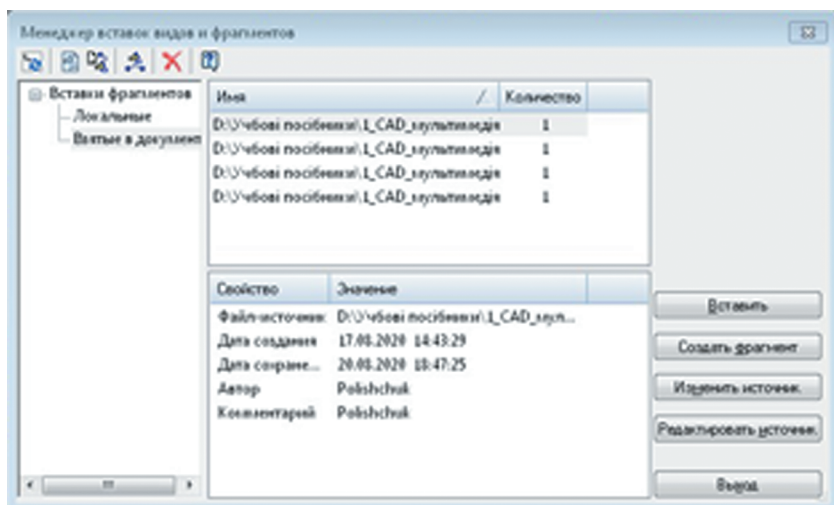


Рис. 3.2. Вікно «Менеджер вставок видів і фрагментів» в середовищі Компас 3D

Стандарти й системи збереження блоків. Необхідний контроль за використанням однакових імен файлів для різноманітних блоків із різних креслень. Якщо деякі блоки використовуються для ряду креслень або окремих проектів у рамках усієї організації, то при керуванні блоками варто дотримуватися наступних правил.

Угоди про імена файлів. Ім'я блока повинно складатися не більш ніж із 31 символу. Якщо блок передбачається використовувати в інших додатках або операційних системах, то притримуйтеся обмежень на імена файлів для оболонок Dos і Windows (тобто ім'я файлу не по-

винно перевищувати 8-ми символів). Необхідно встановити угоди таким чином, щоб усі співробітники могли розпізнавати блоки по іменах файлів цих блоків.

Стандарти оформлення блоків. Необхідно притримуватися деякої послідовності в завданні кольору й типу лінії, створювати або розміщати блоки у всіх кресленнях на тих самих шарах, що вже використовувалися до початку вашої роботи. Наприклад, створювати всі блоки в шарі 0 із властивостями для кольору і типу ліній у режимі за шаром в середовищі AutoCAD. Тоді блоки будуть набувати властивості шару, на який вони встановлюються. Необхідно також бути послідовним у виборі точок вставки блоків. Таким точками є базові точки блоків, тобто ті характерні точки, якими блок приєднується до курсору, а значить в кінцевому випадку до точки вставки у загальне креслення (проект).

Збереження блоків. Існує три варіанти збереження й застосування блоків у множині креслень.

- бібліотека типових блоків;
- окремі файли;
- одиничні блоки.

Бібліотека *типових блоків* – це окремий креслярський файл, що містить множину блоків; можна об'єднати однотипні по застосуванню блоки в одну бібліотеку. Для використання бібліотеки устатуйте весь файл із бібліотекою у своє креслення на новий шар. При вставці розчленуйте бібліотеку блоків і користуйтеся необхідними вам блоками. По завершенні редагування креслення знищить невикористані блоки. Бібліотеки типових блоків є більш ефективним засобом збереження визначень блоків і займають менший простір на диску, ніж окремі файли, але для використання потребують додаткових дій (Розчленуй і Віддали). У більшості випадків старанно структуровані набори окремих креслень можуть бути більш зручні для опрацювання й керування блоками. Окремі файли блоків можна створювати щодо невеличкого обсягу використовуваних блоків. Одиничний блок – це блок об'єкта з розмірами по осях X та Y в одну одиницю виміру. Це спосіб зменшення розміру файлу доцільний тоді, коли відомо, що блок підлягає масштабуванню при вставці. Такі блоки можна вставляти з різноманітними значеннями масштабів.

Блокування файлів у мережі. Блоки у мережі повинні бути захищені від редагування іншими користувачами. Бібліотеки блоків можна захистити, установив для файлів, що містять ці блоки, атрибут "тільки для читання" (read-only).

3.2. Атрибути та специфікації CAD документів

Атрибути і специфікації є невід'ємною частиною будь якого технічного проекту. У разі автоматизованого проектування атрибути, що відображають характеристики комплектуючих елементів проекту, розміщуються в специфікації або безпосередньо на аркуші креслення, якщо останнє являє собою принципову чи монтажну схему. У складних кресленнях механічних систем бажано застосовувати напівавтоматичний ввід атрибутів в специфікацію виробу. В цьому розділі розглянемо визначення, призначення й властивості атрибутів; роботу з атрибутами в графічному середовищі на прикладах AutoCAD і Компас 3D, а також специфікації CAD документів.

3.2.1. Визначення, призначення й властивості атрибута

Атрибут – це додаткова неграфічна інформація, пов'язана з об'єктом або декількома об'єктами креслення. Така інформація може бути подана у вигляді числа, рядка тексту, а також таблиці з фіксованим або перемінним числом рядків.

Значення атрибута – це інформація, що зберігається в атрибуті. Цей текст може бути незмінним і містити інформацію про креслення або бути витягнутий для виводу інформації у зовнішній файл. В останньому випадку текст надає інформацію про кожний блок креслення. Надалі значення атрибутів можуть використовуватися для пошуку об'єктів, а також опрацьовуватися різноманітними додатками, наприклад, системою проектування специфікацій (див. нижче), різноманітними розрахунковими програмами і т.п. Якщо вже існує складний додаток (наприклад, бібліотеки типових елементів) і інформація про об'єкти вже знаходиться в зовнішній базі даних, для керування текстовою інформацією можна скористатися існуючою базою даних (тобто бібліотекою) AutoCAD або безпосередньо використовувати атрибут із бібліотеки при роботі в редакторі Компас 3D.

Тип атрибута – це фактично опис того, як інформація буде зберігатися в атрибутах такого типу: число, текстовий рядок, таблиця. У типі атрибута описана структура даних цього атрибута. Кожний створений тип атрибута має власну назву. Типи (описи структури) атрибутів можуть зберігатися як безпосередньо в документі, так і у спеціальних системних файлах (бібліотеках типів атрибутів).

Призначення атрибута. Одне з головних призначень атрибутів – створення баз даних інформації про об'єкти креслення, що можна експортувати в інший додаток або документ (наприклад, специфікацію, експлікацію і т.п.). Атрибут призначений для збереження тексту й

зв'язування текстової інформації з графічними об'єктами в базі даних креслення. Атрибути помічають блоки і можуть використовуватися тільки разом із блоками. Атрибути являються мітками або іменами, приєднаними до об'єкта, що дозволяє використовувати їх для автоматизації маркірування блоків. Вони можуть містити усі види інформації про об'єкт, до якого відносяться, наприклад: номер моделі, ідентифікатор елемента, матеріал та інші технічні характеристики т.д.

Якщо атрибут являється таблицею, то в типі атрибута записана кількість стовпчиків таблиці, а для кожного стовпчика – заголовок і коментар, тип даних, діапазон значень даних (якщо він призначений) або список дозволених значень. Таблиця атрибута організована таким чином, що в кожному її стовпчику всі комірки містять дані одного типу і мають однакові обмеження на діапазон значень. Таким чином, таблиця атрибута має регулярну структуру. Дані в кожній комірці таблиці атрибута можуть бути подані у вигляді цілих або дійсних чисел, рядків тексту або запису.

Запис являє собою рядок іншої таблиці, на якому посилається стовпчик таблиці, що містить дану комірку. Наприклад, якщо стовпчик має заголовок «Параметри устрою» і містить комірки із записами, то при перегляді якого небудь із записів цього стовпчика на екрані з'явиться рядок вкладеної таблиці. У ній можуть міститися різні характеристики: маса, потужність і габаритні розміри устрою.

Припускається тільки один рівень вкладеності запису, тобто запис у записі створюватися не може. Коли якому-небудь креслярському об'єкту призначається атрибут, то спочатку вибирається або створюється потрібний тип, а вже потім вводиться безпосередньо значення атрибута (тобто та інформація, що буде у ньому зберігатися).

Властивості атрибутів. Інформація атрибута може бути виведена як частина креслення або бути схованою (невидимою), але в обох випадках вона завжди зберігається у кресленні. Можна визначити атрибути, що будуть мати постійне значення (постійні атрибути) або атрибути, для котрих потрібно вводити значення щораз при вставці блока (перемінні атрибути). Атрибути можна витягти з бази даних креслення і використовувати як вхідну інформацію для електронної таблиці або бази даних для виготовлення таких документів як “Список комплектующих” або “Відомость матеріалів”. Атрибути можуть бути використані як частина головного напису для фіксації непостійних елементів креслення (наприклад, ім'я, виготовлювач, дата і т.д.).

Технологія роботи з атрибутами залежить від програмно-графічного середовища, у якому працює проектувальник. Розглянемо процес роботи з атрибутами для найбільше відомих проектних редакторів Компас 3D і AutoCAD.

3.2.2. Робота з атрибутами в середовищі Компас 3D

Для роботи із самими атрибутами призначений діалог (Рис. 3.3), у рамках якого створюються новий атрибут і новий тип атрибута, причому тип атрибута може зберігатися як у кресленні, так і у спеціальних бібліотеках на диску. У діалозі також можна переглянути, відредагувати, видалити атрибути об'єкта креслення, скопіювати або перенести їх у буфер для створення аналогічних атрибутів інших об'єктів, а також додати виділеному об'єкту атрибут із буфера.

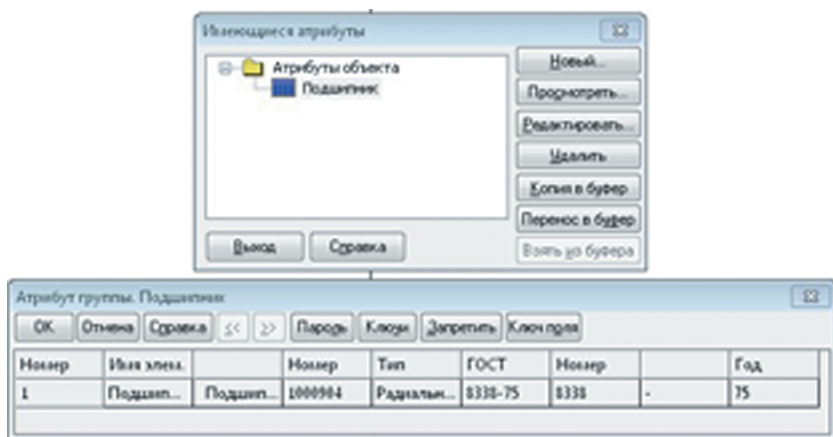


Рис. 3.3. Вікна діалогу “Редагування атрибута” в Компас 3D

Для роботи з типами атрибутів призначається інший діалог, у рамках якого у кресленні або бібліотеці можна створити новий тип атрибута, відредагувати або видалити існуючий, відновити або знищити віддалений тип, копіювати й переносити типи з креслення в бібліотеки і між бібліотеками, а також створювати нові бібліотеки на диску. Для селекції на кресленні об'єктів з однаковими типами або значеннями атрибутів передбачений діалог, у якому можливо сформулювати набір необхідних типів із документа і різноманітних бібліотек, по котрому і буде проведений пошук.

Створення нових типів атрибутів. Процес створення нового атрибута складається з двох операцій, а саме: 1) створення типу атрибута і 2) присвоєння атрибута об'єкту. Для того, щоб привласнити значення атрибута креслярському об'єкту або групі об'єктів, необхідно спочатку описати тип цього атрибута. Припустимо, виконується розробка плану цеху, і необхідно зв'язати графічні зображення верстатів із додатковою

інформацією (назва моделі верстата). Створення опису типу атрибута, у якому можна буде заносити аналогічну інформацію, здійснюється в діалоговому вікні «Типи атрибутів» (див. Рис. 3.3), що визивається через меню «Сервіс» командою «Типи атрибутів». Аналогічним образом створюється новий числовий або табличний тип атрибута. Для таблиці виконується опис даних, що будуть зберігатися у стовпчиках цієї таблиці.

Присвоєння атрибута об'єкту. Після того, як створений тип атрибута, можна привласнювати цей атрибут об'єктам документа.

1. Щоб привласнити атрибут, необхідно виділити будь-якими зручними способами об'єкт (або декілька об'єктів), котрому потрібно привласнити атрибут і викликати вікно діалогу командою «Атрибути» із меню «Сервіс».

2. Натисніть закладку „Новий” для виклику діалогу, в якому можна вибрати тип нового атрибута.

3. Виберіть потрібний тип атрибута у списку та натисніть закладку „Вибрати”.

4. На екрані з'явиться вікно діалогу, в котрому потрібно ввести значення атрибута. Після вводу натисніть кнопку ОК.

5. Далі „Вихід”.

3.2.3. Робота з атрибутами в середовищі AutoCAD

У середовищі AutoCAD атрибути можна використовувати в додатках Facilities Management (Керування засобами) для створення списку місця збереження, вартості й описування креслень AutoCAD в організації. Такі додатки, як Geographical Information System (Географічна й інформаційна система), Symbol Libraries (Символічні бібліотеки) і Material Estimates (Оцінки матеріалів), у яких витяг атрибутів сполучиться з використанням програм ADS або AutoLISP, можуть служити прикладами ефективного застосування атрибутів. Послідовність створення атрибутів і їхньої вставки у блок у середовищі AutoCAD наступна:

1. Створіть об'єкти, що передбачається включити у блок. При цьому не використовуйте команду Block, а тільки накреслите композицію (або використайте існуючу).

2. Уведіть команду Attdef. Ця команда викликає вікно діалогу «Значення атрибута».

3. Створіть і розташуйте текст, пов'язаний із конфігурацією майбутнього блока.

4. Виконаєте команду Block і перетворіть композицію креслення (об'єктів) разом із їхніми атрибутами (текстом) в іменований блок.

У відповідь на підказування «Select objects:» вибирайте й об'єкти креслення, і текст (атрибути). Блок зникне разом з атрибутами, але буде визначений у таблиці визначень блоків креслення.

5. Вставте в креслення блок, постачаний атрибутами, командою Insert. Якщо при створенні атрибутів були задані відповідні параметри, то у процесі вставки їх можна редагувати.

Команда Attdef в середовищі AutoCAD дозволяє визначити атрибути майбутнього блока. При необхідності зв'язати текстові атрибути з об'єктами креслення (відтинками, дугами, полігонами і т.д.), що будуть входити у блок, рекомендується спочатку накреслити об'єкти, а потім застосовувати команду Attdef. Таким чином, розташування тексту буде узгоджено з об'єктами креслення. Команда Attdef дозволяє створювати текст подібно команді Dtext, керуючи опціями вирівнювання, висоти й кута повороту тексту. Можна задавати і додаткові параметри, що називаються режимами атрибута: Invisible, Constant, Verify і Preset (відповідно: Невидимий, Постійний, Перевірка, Попередній) і визначають спосіб вставки тексту. Реалізація команди Attdef залежить від способу її виклику. Якщо вибрати її з меню, натиснути на ярлик або набрати Attdef, то з'явиться діалогове вікно Attribute Definition (Значення атрибута). Якщо набрати – Attdef (із префіксом у вигляді знаку переносу), то використовується формат командного рядка.

Вставка блоків з атрибутами. Системні перемінні ATTDIA і ATTREQ визначають, яким образом будуть вводитися значення атрибутів при вставці блока. Перемінна ATTDIA визначає, чи буде з'являтися діалогове вікно при вставці блока з перемінними атрибутами: якщо ATTDIA встановлена в “0” (вимкнута), то текст потрібно вводити з командного рядка. Перемінна ATTREQ визначає, чи буде AutoCAD запитувати в користувача запровадження значень атрибутів. Якщо ATTREQ встановлена в “0”, то атрибутам будуть привласнені їхні значення по умовчання, і запит на запровадження тексту не з'явиться, якщо встановити значення “1” – то навпаки. При вставці блока з атрибутами вставка блока опрацьовується раніш атрибутів. Якщо є декілька перемінних атрибута, то запит кожного значення з'явиться в діалоговому вікні. Якщо після запровадження інформації для атрибутів ви не побачили очікуваних даних, перевірте установлення системних перемінних і переконайтеся, що відповідні шари зображення були включені та розблоковані.

Керування атрибутами в середовищі AutoCAD. Вивід атрибутів здійснюється за допомогою команди АТЭКР або системної перемінної ATTMODE. Редагування імен атрибутів варто здійснювати до моменту їхнього включення до складу блока.

Витяг інформації атрибутів. Використовуючи атрибути й блоки, можна створити креслення, що містить графічну інформацію, яка супроводжується текстом. Витяг атрибутів дозволяє одержувати текстову інформацію з файла креслення AutoCAD. Витягнуті дані, що подані у форматі ASCII, цілком придатні для подальшого опрацювання за допомогою текстових редакторів, систем керування базами даних, електронних таблиць або іншого програмного забезпечення. Дані про відомості матеріалів, закупівлі комплектуючих і т.п., що витягаються з креслення, є більш точними й опрацьовуються швидше, ніж при завданні в ручному режимі. У разі зміни креслення можна обновити ці дані, повторно виконав процедуру витягу інформації атрибутів.

3.2.4. Специфікації CAD документів

Специфікація – це тип проектно-конструкторсько документа, який містить перелік елементів, що входять до складальної одиниці проекту. Наприклад, в середовищі AutoCAD файл специфікації має розширення таке ж, як основний документ креслення *.dwg , а в середовищі Компас 3D – відмінне від головного документу, а саме має формат *.spw.

Майже в усіх CAD-редакторах передбачено ручний та напівавтоматичний режимі заповнення специфікацій. В ручному режимі усі графи специфікації заповнюються з клавіатури, що не продуктивно. В напівавтоматичному режимі деякі графи заповнюються вказівкою джерела даних – креслення чи моделі. Наприклад, середовищі Компас 3D користувач може вказати, що в колонку „Позначення” специфікації вводиться текст з графи „Позначення” штампу креслення відповідної деталі (елементу) складального креслення. При наявності бази даних стандартних елементів, тобто параметричних бібліотек, як додатка до графічного редактора, атрибути цих елементів можуть вноситися до специфікації автоматично з можливістю їх подальшого редагування. Як правило, здійснюється спрямований асоціативний зв'язок між специфікацією та відповідними їй документами. Завдяки наявності такого зв'язку усі зміни, що відбуваються в кресленні автоматично відображаються в специфікації і навпаки.

Стиль специфікації – це сукупність параметрів та налагоджень специфікації, що впливають на її заповнення та відображення. Параметри та настройки специфікації можливо поділити на наступні групи.

1. Оформлення специфікації:

- формат листа;
- оформлення основного надпису першого та наступних листів;

2. Загальні настройки:

- наявність чи відсутність зв'язку складального креслення із специфікацією;
- автоматичний розрахунок позицій;
- розрахунок зон креслення;
- віддалення геометрії при видаленні об'єкту специфікації;
- початковий номер позиції на кресленні;
- побудова знизу вгору (чи навпаки) рядків специфікації.

Таким чином, запровадження блоків, атрибутів складових елементів проекту та їх специфікацій в разі збільшує продуктивність праці проєктувальника завдяки введенню, редагуванню та видаленню інформації в напівавтоматичному режиму. Викладені базові операції притаманні будь якому проєктно-конструкторському редактору CAD-систем.

3.2.5. Параметрична технологія в технічних проєктах

Застосування параметризації креслень надає можливість проєктувальнику здійснювати редагування типових проєктів, застосовуючи зміну чисельних параметрів об'єктів та їх співвідношення, виключаючи при цьому необхідність в новому кресленні. Параметризація розмірів та розташування елементів креслення шляхом застосування функціонального зв'язку між їх параметрами є одною з найважливіших базових операцій автоматизованого проектування. В цьому розділі розглянемо наступні операції:

1. Параметричний режим креслення.
2. Пов'язані перемінні.
3. Властивості параметричної технології.
4. Рекомендації що до параметризації креслень.
5. Управління об'єктними прив'язками.

Параметрична технологія виконання різноманітних проєктів дозволяю здійснювати спрямоване їх редагування, що значно підвищує продуктивність праці проєктувальника. Відмінність параметричної графічної моделі від звичайної складається в тому, що в ній передбачені зв'язки між об'єктами. Частина зв'язків формується автоматично при запровадженні (співпадиння точок, положення точки на геометричній кривій, паралельність, перпендикулярність, симетрія, дотична), якщо така можливість не відключена. Співпадиння точок і положення точки на кривій параметризуються через прив'язку (глобальну або локальну, див. нижче), а умови паралельності, перпендикулярності і дотику – задаються при запровадженні об'єктів або

автоматично при роботі в параметричному режимі.

Параметричний режим креслення. Параметричним режимом зветься такий режим створення й редагування геометричних об'єктів і об'єктів оформлення, у якому параметричні зв'язки й обмеження накладаються автоматично. При цьому тип зв'язків і обмежень визначається у процесі побудови завдяки послідовності виконання команди побудови об'єкта або здійсненню відповідної прив'язки до характерних точок графічного примитиву.

Параметричний режим можна включити або виключити в будь-який момент роботи з кресленням або фрагментом. При настроюванні параметричного режиму можна вибрати типи зв'язків і обмежень, що необхідно формувати автоматично, і відмовитися від автоматичного створення зв'язків і обмежень інших типів. Зазначене настроювання здійснюється за допомогою меню «Сервіс» викликом команд «Настроювання нових документів» або «Параметри поточного листа», далі відкриваємо вікно «Параметризація» (Рис. 3.4). При цьому можна включити параметричний режим або для всіх файлів, що відкриті або нових документів, або для кожного конкретного документа.

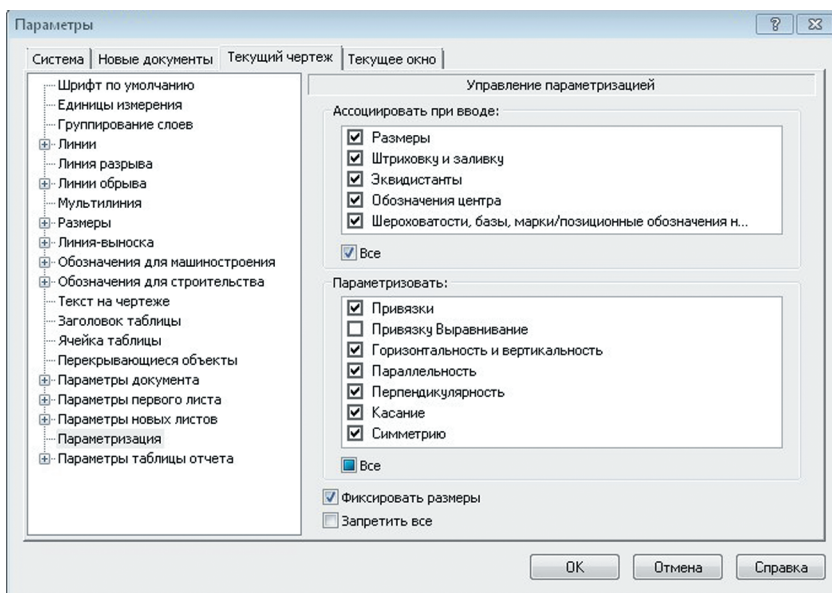


Рис. 3.4. Вікно діалогу “Керування параметризацією” в Компас 3D

Працюючи в параметричному режимі можливо накладати розмірні (лінійні, кутові, радіальні та діаметральні) і геометричні (паралельність, перпендикулярність, дотик, надання належності точкам до кривої, фіксація точки і т.п.) обмеження на об'єкти моделі, а також запроваджувати рівняння та нерівності, що визначатимуть чисельні параметри графічної моделі. Створювати параметричні моделі можливо або шляхом програмування, або шляхом інтерактивного формування моделі безпосередньо у кресленні. В більшості CAD-системах можливо креслити, водночас задаючи закон побудови кривої. Але потім або не можна змінити результат побудови у разі похибки (прийдеться знищити креслення й почати знову), або така зміна сильно утруднена.

Існує й інший підхід, коли можна накладати обмеження (зв'язки) на об'єкти вже накресленого раніш зображення вузла або окремої деталі, причому у будь-якому порядку, не притримуючись жорсткої послідовності. У цьому разі можливе будь-яка зміна моделі, що не приводить до необхідності повторних побудов із самого початку креслення. Ряд обмежень може бути визначено без явного вводу чисельних значень (наприклад, умова дотику двох кривих або умова рівності радіусів). Навпаки, таке обмеження, як фіксований радіус кола або величина розміру визначається саме числовими значеннями. Додаткові взаємозв'язки й обмеження можна призначити об'єктам креслення в будь-який момент роботи над документом. Команди для призначення подібних зв'язків і обмежень знаходяться на окремій інструментальній панелі робочого поля програми. Відповідно, у будь-який момент можна і скасувати обмеження для одного або декількох обраних об'єктів.

Пов'язані перемінні. При необхідності аналітичних зв'язків у проєкті (кресленні) можна привласнити будь-якому асоціативному розміру ім'я перемінної, тобто створити пов'язану перемінну. Це ім'я використовується для того, щоб в аналітичній формі задати залежність значення розміру від інших параметрів, також поданих іменами перемінних. Для присвоєння асоціативному розміру імені перемінної, необхідно викликати діалог (активізувавши текст розмірного напису) запровадження значення розміру й імені перемінної. Іншим способом є виклик команди «Змінити значення розміру» на Інструментальній панелі параметризації й вказівка того розміру, якому потрібно привласнити ім'я перемінної. Після виходу з діалогу введене ім'я перемінної відображається у скобках під відповідним їй розмірним написом.

Розмір, якому привласнене ім'я перемінної, може бути тільки нефіксованим. Для того, щоб зробити постійним значення розміру,

якому привласнене ім'я перемінної, необхідно викликати команду «Рівняння й нерівності» в меню програми і ввести залежність, що однозначно визначає значення перемінної. У вікні діалогу перегляду перемінних показані всі перемінні поточного фрагмента. У відповідних стовпчиках вікна перераховані ім'я перемінних, їх значення й коментар проектувальника і, якщо поточний документ – фрагмент, позначені перемінні є зовнішніми.

Зовнішньою перемінною називається перемінна в параметричному фрагменті, значення якої можна змінювати при вставці цього фрагмента в інший фрагмент або креслення. Будь які перемінні (розміри) фрагмента можуть бути зовнішніми. Головне призначення зовнішніх перемінних – керування параметрами вставленого в інший документ параметричного фрагмента без редагування цього фрагмента безпосередньо в його файлі. Для того, щоб зробити виділену у вікні перегляду перемінну зовнішньою, достатньо включити опцію «Зовнішня перемінна». Виключена опція означає, що перемінна не є зовнішньою.

Властивості параметричної технології. При роботі з параметричними кресленнями й фрагментами необхідно враховувати такі властивості параметричних моделей:

1. Чим більше обмежень накладено на об'єкти моделі, тим менше можливість сильних розходжень при перерахунках. У якості допоміжних обмежень можна застосовувати фіксацію точок, призначення горизонтальності або вертикальності відрізків, запровадження додаткових розмірів.

2. Якщо при редагуванні параметричної моделі накладені зв'язки й обмеження припускають декілька варіантів перебудування, буде реалізований той з них, що забезпечує мінімальну зміну параметрів. Для одержання передбачених результатів при редагуванні рекомендується при створенні параметричної моделі накладати зв'язки й обмеження, що однозначно визначають топологію графічної моделі.

3. Зіставити параметр об'єкта (наприклад, довжину відрізка) із перемінною можна тільки через упровадження асоціативного розміру, що характеризує цей параметр, і присвоєння йому (розміру) імені перемінної.

4. При накладенні зв'язків і обмежень параметричні рівняння автоматично не виникають – їх необхідно вводити у вікні діалогу.

5. Час опрацювання параметричної моделі істотно залежить від насиченості креслення або фрагмента складовими параметризаціями.

Рекомендації що до параметризації креслень.

1. Параметризувати слід тільки креслення деталей, при модифікаціях яких змінюються тільки розміри і не змінюється топологія зображення. Таким чином, створена параметрична модель деталі може

бути швидко перебудована простою зміною значень розмірів.

2. Параметризація креслення має сенс, коли нова деталь буде часто використовуватися як стандартний прототип. У протилежному випадку параметризація креслення може не виконуватися, тому що відповідає необхідність у наступній швидкій її модифікації.

3. Як правило, не виправдана повна параметризація складних складальних креслень, тому що в завдяки великому обсягу роботи по запровадженню обмежень і керуючих розмірів моделі, що утворилася в результаті, буде складно управляти. Останнє пояснюється тим, що для перерахунку великої кількості зв'язків і обмежень потрібно багато часу.

4. Рекомендується поступова (за декілька ітерацій, приблизно по 20-30% значення номіналу) зміна чисельних параметрів як самих розмірів, так і координат переміщення об'єктів або точок, що підлягали параметризації. Це зауваження не стосується непараметризованих об'єктів.

Управління об'єктними прив'язками. В процесі роботи з кресленням постійно виникає необхідність точно встановити курсор у різноманітні характерні точки елементів, іншими словами, виконати прив'язку до точок або об'єктів. Розрізняють два типи прив'язок: локальні й глобальні прив'язки. Кожна з цих прив'язок може бути двох видів: до характерних точок (перетинання, граничні точки, центр і т.д.) і до графічних об'єктів (по нормалі, по дотичній, по напрямках осей координат).

Локальні прив'язки – це прив'язки, що задаються перед виконанням кожної окремої операції. Усі варіанти прив'язок об'єднані в меню, що можна викликати при створенні, редагуванні або виділенні об'єктів по натисканню правої кнопки миші і виводу контекстного меню в будь-якому редакторі. Локальні прив'язки встановлюються також за допомогою відповідної панелі інструментів. У залежності від обраного варіанту прив'язки змінюється зовнішній вигляд курсору. Форма й розмір курсору можуть бути налаштовані користувачем у відповідному діалозі. Це меню виводиться на екран при виклику контекстного меню правою кнопкою миші під час виконання різноманітних команд (створення об'єктів, редагування, виділення і т.д.). За допомогою команд меню можна виконати прив'язку курсору до об'єктів різноманітними засобами: найближча точка; перетинання; середина; центр; по сітці – до найближчої точки допоміжної сітки. При цьому зображення самої сітки на екрані може бути виключено. Ортогональність – це прив'язка курсору, коли він буде переміщатися тільки ортогонально (у напрямках осей X і Y системи координат) стосовно попередньої зафіксованої точки. Вирівнювання – прив'язка буде виконувати вирівнювання вве-

деного об'єкта за найближчою до нього характерною точкою іншого об'єкта (відрізка, кола, дуги). По нормалі на об'єкт – найближча точка буде визначатися як перетинання об'єкта з нормаллю до нього, проведеної із зафіксованої точки. Для прив'язки потрібно встановити курсор так, щоб його перехрестя захоплювало потрібний об'єкт. Після цього зафіксуйте курсор натисканням лівої кнопки миші або клавіші <ENTER>. Прив'язка по Y на об'єкт – дозволяє виконати прив'язку до найближчої точки показаного об'єкта в позитивному напрямку осі Y поточної системи координат (проти Y – по «-»); по X на об'єкт – аналогічно.

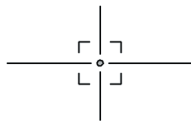
Глобальні прив'язки – це прив'язки, що діють постійно (по умовчання) у процесі креслення. В усіх редакторах після того, як був обраний варіант локальної прив'язки з меню, система не запам'ятовує, який саме це був варіант. Коли потрібно зробити точно таку ж прив'язку до іншої точки, прийдеться знову викликати відповідну команду прив'язки. Це незручно в тому випадку, якщо потрібно виконати декілька однотипних прив'язок підряд. На відміну від локальної, глобальна прив'язка (якщо вона встановлена) завжди діє по умовчання при виконанні операцій запровадження й редагування. Наприклад, в середовищі Компас 3D настроювання глобальних прив'язок здійснюється через вікно діалогу «Настроювання параметрів системи» у вікні «Параметри глобальних прив'язок». У середовищі AutoCAD глобальні прив'язки встановлюються в діалоговому вікні «Параметри об'єктних прив'язок», що викликається командою «Параметри креслення».

Наприклад, якщо обрано варіант глобальної прив'язки «пересічення», то при запровадженні точки система автоматично буде виконувати пошук найближчого перетинання в межах пастки курсору. У тому випадку, якщо пересічення буде знайдено, точка буде зафіксована саме у цьому місці, а на екрані дисплея відображається фантом, що відповідає цій точці, і текст з ім'ям чинної у даний момент прив'язки. Колір відображення фантома й тексту відповідає кольору, встановленому для збільшеного курсору.

Примітка. Локальна прив'язка є пріоритетною у відношенні до глобальної, тобто при виклику будь-якої команди локальної прив'язки вона виключає встановлену глобальну прив'язку на час своєї дії (до запровадження точки або відмови).

Контрольні запитання

1. Дайте визначення поняття шару графічного зображення.
2. Які існують стани шарів і в чому полягає призначення кожного з них?
3. Назвіть основні параметри шарів в середовищі Компас 3D та AutoCAD.
4. Надайте визначення і поясніть призначення блока.
5. Викладіть послідовність процесу створення й вставки блоків у креслення.
6. Назвіть засоби керування параметрами блоків.
7. Як здійснюються операція перевизначення блока?
8. Наведіть рекомендації щодо збереження блоків графічних документів.
9. Дайте визначення та вкажіть призначення атрибутів в CAD системних документах.
10. Наведіть порядок роботи з атрибутами в середовищі Компас 3D та AutoCAD.
11. Дайте означення та викладіть призначення і склад розділів документу „Специфікація”.
12. Що таке стиль специфікації та які параметри і налагодження до нього відносяться?
13. Дайте визначення поняттю «Параметричний режим креслення». В чому полягає відмінність параметричної графічної моделі від звичайної?
14. Викладіть два шляхи побудови параметричних моделей.
15. Назвіть основні властивості параметричної моделі креслення.
17. Локальні й глобальні прив'язки – поясніть їх відмінність.



Розділ 4. Побудова 3D моделей

В цьому розділі розглянемо системи координат в тривимірних моделях; призначення й визначення типів 3D моделей; операції побудови 3D моделей у середовищах AutoCAD і Компас 3D; параметричні властивості моделей.

4.1. Системи координат у тривимірних моделях

Всі засоби вводу двовірних координат мають аналоги, що працюють в трьохмірному просторі креслення. Якщо раніш відрізок задавався парою координат початкової (x_1, y_1) та кінцевої (x_2, y_2) точки, то в трьохмірному кресленні відрізок визначається трійкою координат початкової та кінцевої точки відповідно (x_1, y_1, z_1) та (x_2, y_2, z_2) . Абсолютні і відносні координати в 3D просторі визначаються так само, як і в 2D просторі, тільки додається координата „z”. Більшість команд, що використовуються в двовірній графіці, сприймають трьохмірні координати тільки для першої точки, а для решти третя координата сприймається постійною.

Наприклад, в середовищі AutoCAD при побудові прямокутника координати першого кута можна визначити як x_1, y_1, z_1 , а вже друга кутова точка буде визначатися без координати z_1 . Виключенням вказаного є команда „відрізок” (Line), для якої завжди потрібно вказувати всі три координати x_i, y_i, z_i для всіх вузлових точок. Відносними координатами в 3D просторі можливо користуватися так само, як і в 2D просторі, тобто значення кожної наступної точки є відносна різниця між абсолютними координатами (x_1, y_1, z_1) та (x_2, y_2, z_2) . Однак в трьохмірному зображенні можливо використовувати два нових типа координат — циліндричні та сферичні, які є трьохмірними аналогами полярних координат.

Циліндричні координати мають формат: відстань< кут, відстань (для абсолютних координат) або @ відстань < кут, відстань (для відносних координат). Причому, перша відстань — довжина проекції на площину XY вектора, що починається на початку координат (для абсолютних координат) або починається в останній введеній точці (для відносних координат); кут відрховується від осі X в площині XY; друга відстань — кількість одиниць вздовж осі Y. При кресленні відрізка в циліндричних координатах його довжина не задається, а визначаються сторони трикутника, за якими будується гіпотенуза. Тобто формат точки такий: 100<300,70.

Сферичні координати мають формат: відстань< кут, кут (для абсолютних координат) або @ відстань < кут, кут (для відносних координат); перша відстань — довжина вектора, що починається на початку координат (для абсолютних координат) або починається в останній введеній точці (для відносних координат); перший кут відраховується від осі X в площині XY; другий кут відраховується від площини XY в напрямку осі Z. Сферичні координати можуть бути абсолютними і відносними з додатком знаку @ перед значенням координат, наприклад: @ x_i, y_i, z_i . Формат точки: 100<150<300.

Поняття *рівня та висоти моделі*. При створенні поверхонь в 3-х мірних моделях AutoCAD використовують такі опції, як завдання висоти об'єкту та рівня об'єкту. Для завдання висоти потрібно, користуючись піктограмою Properties (Властивості), викликати відповідне діалогове вікно і в останньому в рядку Thickness (Висота) змінити вказаний параметр. Тобто Properties (Властивості) — Thickness (Висота). Для завдання рівня об'єкту потрібно ввести команду Elev та ввести відповідне числове значення. Тоді всі нові об'єкти будуть побудовані на вказаній висоті відносно горизонтальної площини.

4.2. Побудова креслень тривимірних моделей

Призначення й визначення типів 3D моделей. 3D моделювання призначене для здійснення наступних операцій робочого проектування:

1. Перегляду моделі з будь-якої точки простору.
 2. Виконання автоматичної генерації основних і додаткових 2D видів.
 3. Автоматичного створення перетинів в 2D кресленнях із 3D об'єктів.
 4. Перевірки взаємодії елементів моделі (деталей і вузлів), наприклад, при моделюванні їх складання у виробництві.
 5. Виконання інженерного аналізу, а саме: визначення характеристик (наприклад, таких як маса, обсяг, центр ваги й моменти інерції об'єкта проектування), необхідних як для виконання інженерних розрахунків, так і безпосередньо для виробництва виробів.
 6. Виконання дизайн проектів, у тому числі: створення реалістичної візуалізації, шляхом додавання джерел висвітлення, створення візуальних стилів і т.п.
 7. Використання моделей для створення анімації процесів функціонування об'єкта проектування (приладу, машини, агрегату й т.п.).
- Залежно від застосовуваних програмно-апаратних засобів САД-систем можна здійснювати 3D моделювання, використовуючи 4 типа мо-

делей: 1) тверді тіла; 2) політіла; 3) каркасні моделі; 4) мережі. Твердотіла модель є 3D представлення об'єкта проектування, у якому використовуються такі властивості, як маса, обсяг, центр ваги й моменти інерції. Перевага твердотілих моделей полягає в тому, що вони містять найбільший обсяг інформації й відрізняються найменшим ступенем неоднозначності із усіх типів 3D моделей. У ході аналізу тіл можна обчислювати їхню масу й експортувати дані в додатки для виконання технологічних операцій на верстатах зі ЧПК або для виконання аналізу методом кінцевих елементів.

4.2.1. Операції побудови 3D моделей

3D моделювання в середовищі AutoCAD. Твердотілі моделі зручно використовувати як окремі блоки, з яких будується 3D модель. При цьому, можна використовувати прості тіла, тобто тривимірні графічні примітиви (конус, ящик, циліндр, піраміда і т.п.). Для побудови твердотілих моделей в усіх креслярських CAD-програмах використовують операції видавлювання поверхонь, зрушення для створення форм тіл, відповідних до зазначеної траєкторії (так зване, видавлювання по кінематичній траєкторії), обертання контуру деталі навколо її осі (для тіл обертання). Потім об'єкти можна редагувати або перекомпоновувати, створюючи тим самим тіла нових форм. Визначимо основні операції побудови тривимірних моделей:

Зрушення — подовження 2D об'єкта уздовж певної траєкторії.

Видавлювання — подовження форми 2D об'єкта в напрямку нормалі в 3D-простір.

Обертання — зрушення 2D об'єкта навколо зазначеної осі на певний кут.

Побудова по перетинах — подовження контурів форми до одного або декількох замкнених або розімкнутих об'єктів між різними перетинами.

Розріз — поділ трьох мірного об'єкта на два окремі 3D об'єкта.

Перетворення — перетворення об'єктів-мереж і плоских об'єктів, що володіють товщиною, у тіла й поверхні.

Політіло є широка полілінія, до якої застосована операція видавлювання. Побудова політіл виконується тим же способом, що й побудова поліліній. При цьому використовуються як прямі, так і вигнуті сегменти. На відміну від поліліній, до яких застосована операція видавлювання і які після цієї операції втрачають властивості ширини, політіла зберігають ширину складових їхніх лінійних сегментів. У політіло можуть бути перетворені такі об'єкти, як відрізок, 2D полілінія, дуга або коло.

Каркасна модель являє собою кістяковий опис 3D об'єкта, що полягає з відрізків і кривих. Щоб бачити структуру 3D об'єктів (тіл, поверхонь і мереж), можна використовувати візуальний стиль "Каркас". Каркасні моделі полягають тільки із точок, відрізків і кривих, що описують крайки об'єкта. Побудова каркасних моделей досить трудомістка, тому що кожна зі складових такої моделі об'єктів повинна окреслитись незалежно від інших. Використання каркасних моделей дозволяє:

1. Розглядати моделі з будь-якої точки.
2. Автоматично генерувати ортогональні й додаткові види.
3. Легко генерувати розчленовані й перспективні види.
4. Розглядати взаємне розташування елементів у просторі, оцінювати найкоротші відстані між вершинами й ребрами і т.д.
5. Скоротити число необхідних вихідних елементів моделі.

Мережі 3D об'єктів. Для створення мережі використовуються наступні способи: 1. Створення мережних примітивів. Створення стандартних форм, таких як ящики, конуси, циліндри, піраміди, кулі, клини й тори. 2. Створення мережі на основі інших об'єктів. Створення об'єктів-мереж з'єднання, зрушення, обертання або мереж, обумовлених крайкою, контури яких визначаються іншими об'єктами або крапками. 3. Перетворення з об'єктів інших типів. Перетворення існуючих моделей тіла або поверхні, включаючи складові моделі, в об'єкти-мережі. Для створення полігональних мереж, які звичайно описуються програмами Autolisp, використовується команда 3D-мережа. Можливе створення мережі з декількома вершинами, обумовленими заданими користувачем координатами. Рекомендується виконувати перетворення в об'єкт-мережу поліпшеного типу, що надає більш широкі можливості редагування.

Розглянемо два важливі поняття для створення мереж 3D об'єктів у середовищі AutoCAD, а саме: Тесселяція й Згладжування. *Тесселяція* – це набір пласких фігур, що утворюють об'єкт-мережу. Тесселяційні секції, які видні на невибраних об'єктах-мережах, позначають ребра доступних для редагування граней мережі. Щоб ці секції відображалися у візуальному стилі "3D схований" або "Концептуальний", системній змінній Vsedges необхідно привласнити значення «1». Коли виконуються згладжування й уточнення об'єктів-мереж, підвищується щільність тесселяції, тобто кількість секцій тіла.

Згладжування – це підвищення ступеня наближення поверхні мережі до округлої форми. Ступені згладжування обраних об'єктів можна підвищувати шляхом зміни ступеня згладжування в палітрі властивостей. Ступінь згладжування «0» є найнижчим рівнем згладжу-

вання об'єкти-мережі. Ступінь згладжування «4» відповідає найвищому рівню згладжування.

3D моделювання в середовищі Компас 3D. У кожній моделі існує абсолютна система координат і їх площини й осі. Назви координатних осей і площин з'являються в Дереві моделі відразу після створення нового файлу моделі. Зображення *абсолютної* системи координат моделі показується посередені вікна у вигляді трьох ортогональних відрізків. Загальний початок відрізків — це початок абсолютної системи координат моделі, тобто точка з координатами 0, 0, 0. За замовчуванням прямокутники координатних площин розташовані так, що їх центри сполучені з початком координат. Таке відображення дозволяє користувачеві побачити розміщення площин у просторі. Іноді для розуміння розташування площини потрібно, щоб її прямокутник, що символізує, був більше (менше) або перебував в іншому місці площини. Тоді можна змінити розмір і положення цього прямокутника, перетаскуючи мишею його характерні точки, що з'являються, коли площа виділена. Координатні осі й площини абсолютної системи координат неможливо вилучити з файлу моделі. Їх можна перейменувати, а також включити/виключити їхній показ у вікні моделі. У лівому нижньому куті вікна моделі відображається ще один символ системи координат. Він складається із трьох об'ємних стрілок червоного, зеленого й синього кольорів, що показують позитивні напрямки осей X, Y, Z абсолютної системи координат. При повороті моделі осі повертаються так само, як і значок, розташований на початку абсолютної системи координат, але не зрушуються при переміщенні моделі й не можуть бути відключені.

Основні поняття об'єктів у середовищі Компас 3D.

Тіло — частина простору, обмежена замкненою поверхнею. Уважається, що ця область заповнена однорідним матеріалом. Тіло складається з елементів.

Грань — гладка (необов'язково пласка) частина поверхні тіла.

Гладка поверхня може складатися з декількох сполучених граней у випадку, коли вона утворена операцією над декількома сполученими графічними об'єктами.

Ребро — крива, що розділяє дві грані.

Вершина — точка на кінці ребра.

Елемент — об'єкт, створення якого в моделі приведе до додавання або видалення матеріалу тіла. Елементи бувають формотворні й додаткові.

Компонент — деталь або стандартний виріб, що входить до складу складання.

Сполучення — параметричний зв'язок між компонентами складання, формована завданням взаємного положення їх елементів (наприклад, паралельності граней або збігу вершин і т.п.).

Принципи моделювання в середовищі Компас 3D. Загальноприйнятим порядком моделювання твердого тіла є послідовне виконання булевих операцій (об'єднання, вирахування й перетинання) над об'ємними елементами (сферами, призмами, циліндрами, конусами, пірамідами і т.д.).

У середовищі Компас 3D для завдання форми об'ємних елементів виконується таке переміщення пласкої фігури в просторі, слід від якого визначає форму елемента. Наприклад, поворот дуги окружності навколо осі утворює сферу або тор, зсув багатокутника — призму, і т.д. Пласка фігура, на основі якої утворюється тіло, називається *ескізом*, а переміщення ескізу — операцією, що утворює 3D тіло. Ескіз може розташовуватися в одній з ортогональних площин координат, на пласкій грані існуючого тіла або в допоміжній площині, положення якої задано користувачем. Ескіз зображується на площині стандартними засобами креслярсько-графічного редактора Компас 3D в режимі 2D. При цьому доступні всі команди побудови й редагування зображення, команди параметризації й сервісні можливості. В ескіз можна перенести зображення з раніше підготовленого креслення або фрагмента. Це дозволяє при створенні тривимірної моделі опиратися на існуючу креслярсько-конструкторську документацію, створену в середовищі 2D.

Розрізняють наступні види операцій над ескізами (рис. 4.1):

- 1) видавлювання ескізу в напрямку, перпендикулярному його площини;
- 2) обертання ескізу навколо осі, що лежить у його площині;
- 3) кінематична операція — переміщення ескізу уздовж зазначеної напрямної;
- 4) операція по перетинах — побудова основи шляхом об'єднання поперечних перерізів майбутнього тіла.

У випадку побудови тіла по перетинах створюються кілька ескізів-перетинів майбутнього 3D тіла під певними кутами один до одного. Після активації команди «Операція по перетинах» зазначені перетини поєднуються в одне тіло. В одному з ескізів, використовуваних при формуванні елемента, може бути зображена напрямна, задає профіль елемента по перетинах. Використання напрямної при побудові елемента по перетинах необов'язково.

Вкрай важливо пам'ятати, що залежно від виконуваної операції визначаються й вимоги до ескізів, а саме:

- 1) для операції *видавлювання*:

в ескізі може бути один або кілька контурів. Якщо контурів кілька, вони повинні бути або все замкнені, або всі розімкнуті. Якщо контури замкнені, вони можуть бути вкладеними один в одний. Рівень вкладеності не обмежується.

2) для операції *обертання*:

вісь обертання повинна бути зображена в ескізі відрізком зі стилем лінії Осьова або об'єктом типу “Осьова лінія”. Вісь обертання повинна бути одна. В ескізі може бути один або кілька контурів. Якщо контурів кілька, вони повинні бути або всі замкнені, або всі розімкнуті. Якщо контури замкнені, вони можуть бути вкладеними друг у друга. Рівень вкладеності не обмежується. Жоден з контурів не повинен перетинати вісь обертання або її продовження.

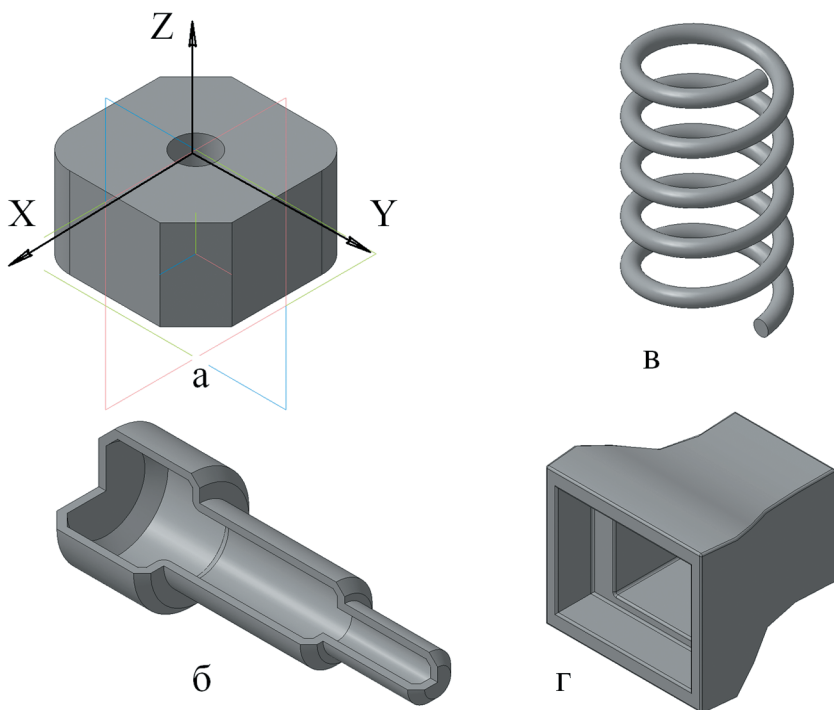


Рис. 4.1. Операції над ескізами: а) видавлювання; б) обертання; г) операція по кінематичній кривій; д) операція по перетинам

3) для *кінематичного* елемента:

коли формується кінематичний елемент, то використовуються перетин і траєкторія. Перетин завжди лежить в одному ескізі. Траєкторія може лежати в одному або декількох ескізах або складатися з ескізів, ребер і просторових кривих.

4) вимоги до ескізу *перетину*:

як сказано вище, при формуванні елемента по перетинах використовуються перетини й іноді осьова лінія. Перетини завжди розташовані в ескізах. Ескізи можуть бути розташовані в довільно орієнтованих площинах. У кожному ескізі може бути тільки один контур. Контури в ескізах повинні бути або всі замкнені, або всі розімкнуті. Якщо контури перетинів замкнені, то осьова лінія повинна перетинати площини ескізів перетинів усередині контурів перетинів або в точках, що належать цьому контуру. Якщо контури перетинів розімкнуті, то осьова лінія повинна перетинати контури ескізів перетинів. Якщо осьова лінія плоска крива, то її площина повинна бути не паралельна площинам ескізів перетинів.

4.2.2. Параметричні властивості моделі

Параметри будь-якої моделі можна змінювати без зміни її топології. Для цього використовується два види параметризації — *варіаційна* й *ієрархічна*. Варіаційна параметризація може здійснюватися двома способами:

- параметризація графічних об'єктів в ескізі;
- сполучення між собою компонентів складання.

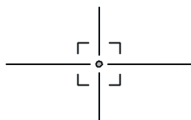
Ієрархічна параметризація — це зв'язок між об'єктами. Точніше кажучи, ієрархічна параметризація — це параметризація, при якій (на відміну від варіаційної параметризації) визначальне значення має порядок створення об'єктів, точніше, порядок їх підпорядкування один одному — ієрархія. Для створення будь якого об'єкту моделі використовуються вже існуючі об'єкти (наприклад, для створення ескізу потрібна площина або грань, для створення фаски чи галтелі (округлення) — ребро. Об'єкт, для створення якого використовувалися будь які частини або характеристики іншого об'єкта, вважається підлеглим цим об'єктам.

Приклади: 1) ескіз побудований на грані основи — ескіз підкоряється основі; 2) в ескізі є проекції ребер приклеєного формотворного елемента — ескіз підкоряється цьому елементу — площина підкоряється осі й формотворному елементу й т.д. Крім того, у тривимірній моделі можуть існувати змінні, від значень яких залежать її розміри й топологія.

Розміри моделі визначаються розмірами ескізів її елементів і їх параметрами (наприклад, глибиною видавлювання, кутом ухилу й ін.). Змінні, відповідні до параметрів елементів і розмірам в ескізі, створюються автоматично. Топологію моделі можуть визначати, наприклад, такі параметри, як кількість і крок копій елемента й інші. Усім цим величинам автоматично ставляться у відповідність змінні, змінюючи значення яких, користувач може управляти топологією моделі. Можливо, так само, як і середовищу 2D завдання рівнянь, що зв'язують змінні в моделі.

Контрольні запитання

1. Назвіть головні типи систем координат для побудови тримірних моделей.
2. Запишіть формати завдання координат для кожної з основних систем координат та надайте відповідні до цих форматів ескізи відтинку в 3-х системах координат.
3. Чим відрізняються поняття рівня та висоти об'єкта в середовищі AutoCAD?
4. Викладіть призначення 3D моделювання в різних операціях робочого проектування й дайте визначення типів 3D моделей.
5. Основні види операцій при створенні 3D моделей.
6. Назвіть види й викладіть сутність двох видів параметризації 3D моделей.



Розділ 5. Растрова та векторна форми графічної інформації

В процесі підготовки технічних проєктів із застосуванням засобів CAD-систем використовуються дві форми графічних зображень — растрова та векторна. Першу форму слід застосовувати для відображення фото, діаграм, кольорових і напівтонових малюнків та інших ілюстрацій. Другу форму — векторну, необхідно використовувати для виконання принципів та монтажних схем, креслень та побудови графоаналітичних залежностей. Це пояснюється тим, що растрова графіка надає повноту кольорового чи напівтонового зображення, але є апаратно залежною формою, що потребує певного (див. нижче) узгодження роздільної здатності сканованого та друківаного зображень при необхідності їх масштабування. На відміну від растрової векторна форма є апаратно незалежною і з точки зору можливостей редагування найкращим чином підходить до виконання креслярсько-конструкторських робіт технічних проєктів [5].

5.1. Концепція векторної й растрової графіки

Існує два головних способи візуалізації: растровий та векторний. *Растровий* спосіб використовується в таких пристроях, як дисплей, принтер і т.п. *Векторний* спосіб застосовується у векторних дисплеях, плоттерах та дигітазерах — планшетних пристроях для введення графічної інформації. Умовою економного здійснення візуалізації є співпадання опису зберігання зображення та способу його візуалізації: відображення або виведення (тобто друку). У разі неспівпадання вказаних форм виникає потреба в конвертації зображення, а саме: якщо зображення зберігається у растровому вигляді, тобто має растровий опис, а його необхідно відобразити (або надрукувати) на векторному пристрої, то для цього необхідна попередня векторізація — перетворення з растрового у векторний опис. Або навпаки, опис зображення має векторний опис, а необхідна візуалізація на растровому пристрої — тоді виконується операція, яка має назву растерізація.

5.1.1. Векторна графіка

Векторні зображення складаються з математично заданих ліній і кривих, що іменуються у графічному середовищі векторами. Векторні програми є найкращим засобом для створення шрифтових і високо-

точних графічних об'єктів, наприклад, креслень, логотипів, для котрих принципово важливе значення має зберігання чітких, ясних контурів незалежно від розміру зображення та масштабу відображення об'єкта. Векторна графіка будується на основі математичних описів графічних об'єктів. Векторний файл креслення являє собою базу даних, у котрій кожному примітиву (відрізку, точці, дузі, колу) відповідає запис у базі даних. Поля кожного запису містять значення координат характерних точок, які визначають і локалізують об'єкт, що описується у просторі чи на площині. Зображення, подані у форматі векторної графіки, можна відображати з будь-яким збільшенням без утрати деталей або даних, отже, вони апаратно незалежні. Зокрема, це означає, що при будь-якому коефіцієнті масштабу, якість векторного зображення не змінюється (на відміну від растрового).

Технічна документація проєкту, а саме креслярсько-конструкторські документи, виконані засобами комп'ютерної графіки, як правило, являють собою векторні зображення. Хоча останні можуть створюватися не тільки як документи векторного редактора (наприклад, документи Solid Works, AutoCAD, Компас 3D, DelCAM та їм подібних), але й можуть бути отримані шляхом векторизації (так званої «оцифровки») після сканування растрових зображень. Перед виконанням указаної операції растрове зображення потребує певної підготовки до процесу векторизації (див. нижче). Слід також зауважити, що проєктні документи можуть являти собою сукупність растрово-векторної графіки, залежно від технології та стадії їх обробки.

5.1.2. Растрова графіка

Растр (інакше растрова площина або дискретна площина) є множина точок картинної площини, що мають цілочисельні координати. З фізичної точки зору растр — це матриця комірок, які звуть пікселями (pixel — Picture Element). Сукупність пікселів різного кольору утворюють зображення. Розрізняють наступні типи растра: квадратний, прямокутний, гексагональний — в залежності від розташування пікселів у просторі. Координати пікселів утворюють дискретний ряд значень. Найчастіше, що є найбільш зручним, використовують систему цілих координат — номерів пікселів із координатами $X = 0$, $Y = 0$ у лівому верхньому кутку. Растрове зображення засновано на регулярній (матричній) розбивці поля зображення на множину елементів — пікселів. Для візуального виводу растрової графіки повинні використовуватися устрої елементного відтворення — піксельні (матричні) пристрої. Саме за таким принципом будується зображення на екрані монітора комп'ютера або друкується на принтері.

У зв'язку з тим, що растрове зображення являє собою сітку, або растр, комірки якої (як вказано вище, називають пікселями) відповідна програма інтерпретує будь-який об'єкт як набір пофарбованих пікселів. При опрацюванні растрових зображень редагуються не конкретні об'єкти й контури, а складові їх групи пікселів. Якщо розглядати сукупність суміжних пікселів з деякої відстані, вона буде виглядати як безупинне зображення. При ближчому розгляді таке зображення розпадається на окремі точки.

Якість растрових зображень суттєво залежить від технологічних спроможностей устаткування, що використовується для їхнього створення та редагування. Наприклад, якщо при скануванні або створенні зображення задається низька дозвільна здатність (наприклад, 72 пікселя на дюйм), а при друку – висока (більш 300 dpi), то на відтиску дрібні деталі будуть згублені, а межі об'єктів утворяться нерівними. Тому процеси введення й виводу зображення повинні супроводжуватися попереднім узгодженням роздільної здатності зображень. Приклад такого узгодження наведено нижче.

Характеристики растра. До характеристик *растра* належать: його розмір та форма пікселів, роздільна здатність, кількість кольорів. Розмір растра то є кількість пікселів по горизонталі та вертикалі поля зображення. Форма пікселів растра визначається конструкцією пристрою для графічного виводу, а саме: пікселі можуть мати форму прямокутника або квадрата, що за своїми розмірами дорівнюють кроку растра, наприклад, в дисплеях на рідинних кристалах. Пікселі можуть мати круглу форму і не дорівнювати за розмірами кроку растра, наприклад, в таких пристроях, як принтери.

Роздільна здатність (resolution) вимірюється кількістю пікселів на одиницю довжини. Слід відокремлювати такі поняття, як крок і розмір пікселів: розмір пікселів може дорівнювати кроку, а може бути як меншим, так і більшим за крок. Для зручності побудування алгоритмів виведення графічного зображення бажано мати в його опису однаковий крок по осям растрової сітки. Існують наступні види роздільної здатності:

- графічна роздільна здатність;
- бітова роздільна здатність;
- роздільна здатність монітора;
- частота растра;
- роздільна здатність друку.

Графічна роздільна здатність визначає щільність пікселів у зображенні і вимірюється в пікселях на дюйм (ppi). Чим вище роздільна здатність, тим більше пікселів містить зображення, і тем менше розмір цих пікселів. Наприклад, зображення розміром 1 x 1 дюйм із розділь-

ною здатністю 72 ppi буде містити 5184 пікселя (72 пікселя в ширину x 72 пікселя у висоту = 5184). Те ж саме зображення, але з роздільною здатністю 300 ppi, буде містити 90000 значно більш пікселів. Графічна роздільна здатність, визначає роздільну здатність зображень при імпорті у програми верстки, такі як PageMaker і Quark XPress та характеризує обсяг збереженої інформації про зображення і вимірюється в пікселях на дюйм (ppi). Цей вид роздільної здатності разом з розмірами зображення визначають обсяг файлу документа в мегабайтах (Мб). Роздільна здатність зображення є ключовим чинником, що визначає якість відбитка. Сканування зображень для їхнього наступного опрацювання повинно виконуватися з максимальною роздільною здатністю, доступною для друкуючого пристрою. При цьому необхідно враховувати *частоту растра*, що буде використана для виводу зображення. Якщо роздільна здатність виявиться занадто низькою, то інтерпретатор PostScript буде використовувати колірний розмір одного пікселя для створення декількох напівтонових точок, що неминуче призведе до значного перекручування друкарського відбитка. У свою чергу, файл із занадто високою роздільною здатністю містить більше інформації, чим потрібно принтеру, що призводить до збільшення часу друку.

Бітова роздільна здатність або глибина пікселя — це розмір, що визначає кількість бітів інформації на один піксель. Бітова роздільна здатність характеризує обсяг колірної інформації, використовуваний для опису кожного пікселя файлу. Чим більше глибина пікселя, тим ширше діапазон доступних кольорів.

Роздільна здатність монітора визначається числом точок (пікселів) на одиницю довжини. Як правило, вона вимірюється в точках на дюйм (dpi) або пікселях на дюйм (ppi). IBM-сумісні монітори можуть мати різну роздільну здатність, але звичайно вона складає 96 dpi.

Частота растра, або *лініатура*, характеризує число напівтонових комірок в одному дюймі напівтонового растра, використовуваного при виведенні напівтонових зображень або кольороподільних фотоформ. Лініатура вимірюється в лініях на дюйм (lpi). Якість друкарського відбитку залежить як від графічної роздільної здатності, так і від лініатури растра.

Роздільна здатність друку (виводу графічних зображень на друкуючому пристрої), тобто роздільна здатність на виході системи характеризується кількістю точок на дюйм, що може відтворити пристрій виводу. Лазерні принтери звичайно мають роздільну здатність від 300 до 600 dpi. Фотоавтомати високого класу виконують друк із роздільною здатністю до 2400 dpi і вище.

Зв'язок між описами графічних зображень. Існує взаємно одноз-

начний зв'язок між внутрішнім машинним описом зображення в послідовності елементів пам'яті фіксованої довжини й матрицею пікселів на екрані. Тобто ці множини однозначно відображені (mapped) один відносно другого. Звідси і відбувся термін bit-maped, що використовується як еквівалент терміна повний растровий формат опису зображення. Зображення, що зберігається й опрацьовується в такому форматі, є апаратно залежним. Такі програми для підготування ілюстрацій як, наприклад, Microsoft Windows Paintbrush, PhotoShop та інші за допомогою різноманітних сканерів створюють файли растрових зображень, або bitmap-файли. Тут не зайве зауважити, що екран комп'ютера являє собою растрову сітку, тому як бітові, так і векторні зображення відтворюються на ньому за допомогою пікселів. Тобто для відображення на екрані векторні програми представляють усі об'єкти у вигляді наборів пікселів.

Вище відзначена так звана бітова роздільна здатність, що характеризує обсяг колірної інформації зображення. Згідно цієї характеристики растра розподіляються наступні зображення:

- *бінарні*, що містять 1 біт на піксель й до яких належать чорно-білі зображення;

- *напівтонові* зображення то є градації сірого або іншого, але одного кольору. Наприклад, 256 градацій при 1 байті на піксель (тобто, кількість градацій складає: $2^8 = 256$);

- *кольорові зображення* містять від 2 біт і більше на піксель. Наприклад, при глибині кольору 16 біт на піксель маємо $2^{16} = 65\,536$ кольорів, а при 24 біт на піксель відповідно — 16 777 216 кольорів. Відомо, що око людини здатне розрізнати 350 000 кольорів.

Оцінка роздільної здатності растра. Нормальний зір людини надає можливість розгледіти зображення з кутовим розміром біля однієї хвилини. Якщо відстань до зображення дорівнює R (рис. 5.1), то можна оцінити розмір L , як довжину хорди: $L = 2R \times \sin 0,5b$, при $b = 1$ кутова хвилина. Доцільно стверджувати, що людина розпізнає дискретність растру (тобто крок) відповідно до цього мінімального розміру. Навпаки, у разі меншої відстані між окремими точками (пікселями) зображення, ці точки зливаються, тобто не сприймаються нормальним оком людини як окремі точки. Тоді, можна оцінити мінімальну роздільну здатність растрового зображення, що людиною не буде сприйматися, як растрове зображення, а саме: $N_{dpi} = 1 \text{ дюйм}/L$, або $N_{dpi} = 25.4$

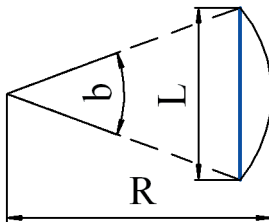


Рис. 5.1.

мм/L (див. таблицю 5.1).

Порівняння: документ 300 dpi на відстані 300 мм — непомітні знаки розміром 0,085 мм. Дисплей на відстані 0,5м потребує 200 dpi, а сучасні монітори мають роздільну здатність 100–120 dpi, що недостатньо для комфортної роботи.

Таблиця 1. Оцінка роздільної здатності растра

Відстань R, мм	Розмір хорди L, мм	Роздільна здатність, N _{dpi} , dpi
500	0,14	181
300	0,09	282

5.1.3. Співвідношення роздільної здатності, розміру та обсягу файлу графічного зображення

Розмір зображення — це фізичний розмір графічного документа. Оскільки число пікселів у документі залишається постійним, якщо не задіяно процес інтерполяції. При відсутності останнього збільшення розміру зображення веде до зниження його графічної роздільної здатності, а зменшення розміру відповідно навпаки. Наприклад, збільшення графічної роздільної здатності вдвічі (із 72 до 144 ppi) зменшує розмір зображення вчетверо в порівнянні з початковим. Дворазове зменшення дозволу (із 300 до 150 ppi) призводить до тому, що висота й ширина зображення зростають удвічі в порівнянні з вихідними. Якщо, збільшивши роздільну здатність, зберегти вихідний розмір зображення, то програмі прийдеться створювати для цього додаткові пікселі, в результаті зображення може стати нечітким. З цієї причини збільшення вихідної роздільної здатності часто призводить до втрати якості зображення. Зменшення графічної здатності при зберіганні вихідних розмірів, навпроти, викликає видалення пікселів із зображення. За умови достатності інформації, що описує пікселі, зменшення здатності не призводить до втрати якості зображення. При скануванні або створенні графічних документів рекомендується задавати достатньо високу здатність, щоб згодом не довелося змінювати її або розмір зображень, але тільки у разі наявності відповідного обладнання друку. У разі використання побутових принтерів — достатньо 300 dpi.

Обсяг файлу і роздільна здатність. Обсяг файлу растрового зображення пропорційний його графічній роздільній здатності. Більш тісне розташування пікселів, тобто більш висока роздільна здатність дозволяє відтворювати більш дрібні деталі зображень; у той же час, це веде до збільшення обсягу файлу. Наприклад, обсяг файлу для зоб-

раження розміром 4 x 5 дюймів із роздільною здатністю 200 ррі буде в чотири рази більше, ніж для зображення того ж розміру зі здатністю 100 ррі. Як відомо, обсяг файлу має важливе значення при виділенні дискового простору для його обробки, а також, у відомій мірі, визначає швидкість редагування й друку файлу. Тому при виборі графічної роздільної здатності необхідно досягати компромісу між бажанням зберегти якнайбільше корисної інформації й необхідністю мінімізувати обсяг файлу. Після внесення змін у роздільну здатність зображення може виникнути проблема з його різкістю. Щоб покращити зображення, можна скористатися умонтованим фільтром «Контурна різкість» у програмі Adobe PhotoShop.

Настроювання графічної роздільної здатності. Як правило, збільшення роздільної здатності не призводить до підвищення якості зображення, оскільки при цьому програма самостійно створює додаткові пікселі, базуючись на існуючій колірній інформації. Нові пікселі можуть негативно вплинути на різкість (чіткість) зображення, особливо в тому випадку, коли вони з'являються на межах кольорних переходів. Якщо файл містить більше інформації, чим необхідно для друку зображення, то слід зменшити роздільну здатність, щоб скоротити обсяг файлу. Програма растрового редактора у цьому випадку видаляє частину колірної інформації з файлу. Зменшення графічної роздільної здатності, а потім повернення до вихідної роздільної здатності призводить до різкої втрати якості зображення. Це відбувається тому, що при зменшенні роздільної здатності із зображення віддаляються пікселі, а відповідна їм колірна інформація безповоротно втрачається. У процесі ж зворотного перетворення (тобто при збільшенні роздільної здатності) програма растрового редактора намагається відновити вихідний файл на основі колірної інформації, що залишилася. В результаті нове зображення буде лише приблизно відповідати оригіналові і, зрозуміло, стане менш чітким.

Сканування зображень. Процес сканування зображень можна здійснити безпосередньо в різноманітних програмах обробки (як суто растрових, так і гібридних) зображень, але краще це виконувати у програмах із більш ширшими можливостями щодо редагування растрових зображень, наприклад у програмі PhotoShop. При використанні певних моделей сканерів програма Adobe PhotoShop дозволяє цілком контролювати процес перетворення фотографії або слайда в цифроване зображення. Програма може працювати з будь-яким сканером за умови, що для нього буде встановлений сумісний додатковий модуль. Щоб установити такий модуль, необхідно скопіювати в підкаталог PLUGINS програми PhotoShop відповідний файл фірми виробника сканера. Усі модулі для сканерів, встановлені в підкаталозі

PLUGINS, відображаються в субменю «Файл» > «Одержати». Adobe PhotoShop підтримує стандартний інтерфейс TWAIN, що дозволяє використовувати для сканування будь-які пристрої, також, підтримуючі цей інтерфейс. У процесі сканування зображень можливо управляти декількома параметрами, що впливають на якість підсумкового файлу.

Визначення роздільної здатності сканування. Вибір роздільної здатності при скануванні зображення визначається можливостями вивідного пристрою. Наприклад, якщо зображення буде відображатися тільки на екрані, то для нього цілком достатньо задати роздільну здатність, рівну спроможності екрана дисплея. Як правило, для IBM PC-сумісні монітори вона складає 96 ppi, або для моніторів Macintosh 72 120 ppi. Якщо скановане зображення буде мати занадто низьку роздільну здатність, то при його друкуванні інтерпретатор PostScript може використовувати колірні значення окремих пікселів для створення відразу декількох растрових точок. Це неминуче призведе до втрати якості зображення. Якщо графічний дозвіл зображення виявиться занадто великий, то файл буде містити надлишкову інформацію, яка не зможе бути використана при друкуванні.

Потрібно розрахувати роздільну здатність, узявши за основу розміри вихідного й остаточного зображення, а також лініатуру друкарського раstra. Формула визначення роздільної здатності сканування матиме наступний вигляд:

$$R_s = \frac{h_{max} \times R \times L}{H_{max}},$$

де: R_s , R – роздільна здатність сканування та друкованого зображення, відповідно, dpi; H_{max} , h_{max} – максимальні розміри сканованого та друкованого зображень, відповідно, inch; L – лініатура (звичайно $L = 2$), lpi. Вказане співвідношення роздільної здатності сканування та друку слід обов'язково визначати на стадії підготовки планшетів презентацій чи креслень технічного проекту.

5.2. Векторизація растрових зображень

Технічне проектування, як правило, супроводжується використанням базових (допоміжних) креслень або інших графічних матеріалів із каталогів чи довідників на паперових носіях. Для використання чи редагування цих матеріалів після їх сканування виникає потреба у векторизації отриманих зображень. У разі векторизації тільки тої частки графічного зображення, яка підлягає редагуванню (що доцільно), проєктант отримує гібридне зображення, яке складається із чорно-бі-

лого (бінарного) растрового зображення й векторних об'єктів, що лежать поверх растра. Одночасно може бути завантажено кілька растрових зображень, при цьому їх число обмежується тільки обсягом доступної оперативної пам'яті.

Для автоматичного й напівавтоматичного перетворення растрових зображень у векторні використовуються спеціальні програми, з яких найбільш відомі *Vectority*, *Spotlight* і *Spotlight Pro 9.0* виробництва фірми *Consistent Software*. *Spotlight Pro* — розширення стандартної версії за рахунок додаткових можливостей: робота з кольоровими зображеннями, розпізнавання тексту (OCR) і автоматична векторизація растрового зображення. Програма дозволяє обробляти креслення, відскановані зі здатністю до 1200 dpi та підтримує більшість растрових форматів, у тому числі TIFF, PCX, RLC, CALS і BMP.

Перед початком векторизації виконується настроювання параметрів автоматичної конверсії (перетворення растра у вектор) та операції трасування. Остання операція є напівавтоматичною векторизацією. *Трасування* — це інтерактивна процедура, що створює векторні відрізки, дуги, окружності, полілінії й штрихування, що апроксимують растрові об'єкти. Трасування растра проводиться шляхом вказівки характерних точок на растрових лініях. Програма аналізує растрові дані під обраними точками й перетворює їх у векторні об'єкти. Залежно від заданого режиму трасування або видаляє вихідний растр, або залишає його на зображенні. Таким чином, можливо або створити векторну копію растрової лінії, або перетворити растрову лінію у векторний об'єкт.

5.2.1. Векторизація в середовищі Spotlight

Процес векторизації, тобто конверсії растрового зображення у векторне, передбачає виконання наступних процедур:

1. В середовищі *Spotlight* відкрити одне з растрових зображень раніше сканованих креслень. У меню «Перетворення» командою «Параметри конверсії» відкрити вікно відповідного діалогу (рис. 5.1).

2. У вікні діалогу «Параметри конверсії» на вкладці «Розпізнавання» вказати об'єкти розпізнавання: «Відрізки», «Дуги та окружності», «Полілінії», у кожному з яких активувати «Типи ліній»; «Стрілки», а також додатково «Текстову область». Далі перейти на вкладку «Параметри» і встановити відповідні значення (див. нижче). Встановити галочку «Ортогоналізація».

3. Встановлення значень параметрів конверсії. Із меню «Засоби» вибрати команду «Вимір». Задавши команду «Виміряти дистанцію», визначити граничні значення нижче наступних параметрів конверсії

(тобто векторизації):

- «Макс. Товщина» — необхідно вказати максимальну товщину растрового об'єкта, який підлягає розпізнаванню як відрізок, дуга або полілінія. Установите значення цього параметра ледве більше (на 5%... 10%), ніж максимальна товщина растрової лінії, яку ви прагнете векторизувати за допомогою алгоритмів «Відрізки», «Дуги» або «Полілінії».

- «Мін. Довжина» — вказати мінімальну довжину растрового фрагмента, який підлягає розпізнаванню як відрізок або дуга в процесі векторизації. Встановити значення цього параметра рівним довжині самого короткого растрового відрізка або діаметра самого маленької

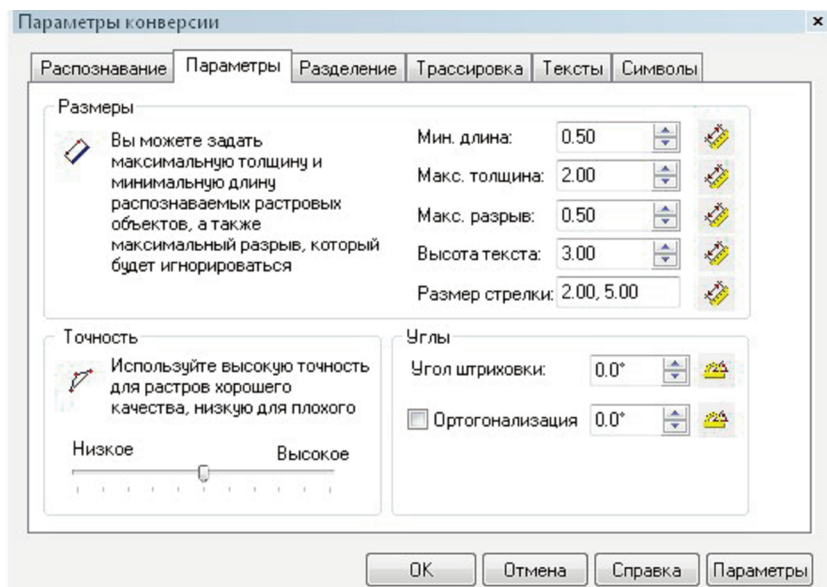


Рис. 5.2. Вікно діалогу «Параметри конверсії» в середовищі Spotlight

растрової окружності (дуги). При вимірі за допомогою команди «Вимір» з меню «Засоби» на зображенні потрібно провести лінію уздовж самого маленького растрового відрізка, дуги або окружності.

- «Макс. Розрив» — вказати максимально припустиму довжину ігнорованого розриву растрових ліній. Якщо відрізок (дуга) на зображенні розбитий на дві частини, а ви прагнете векторизувати цей відрізок (дугу) як єдиний векторний об'єкт, встановіть значення параметра більше, ніж величина розриву. Після векторизації розрив буде усунутий, а частини векторного відрізка (дуги) будуть з'єднані.

Потрібно також встановити значення такого параметра як «Апрокс-

симація», що визначає точність відповідності вихідного растрового об'єкта векторним об'єктам. Якщо вихідне зображення перекручене, наприклад, коло має форму еліпса, то значення параметра «Апроксимація» слід зменшити. При цьому, однак, можуть виникнути неточності розпізнавання, наприклад, програма може прийняти коротку дугу за відрізок. Перед трасуванням якість растрового зображення можна поліпшити шляхом застосування фільтра, що згладжує. При гарній якості растрового зображення значення параметра «Апроксимація» можна збільшити. Комбінацію параметрів конверсії потрібно зберігати у якості шаблону відповідно до типу креслень: електричні, кінематичні або інші схеми, креслення механізмів машин, плани, мапи тощо, щоб використовувати ці шаблони у майбутньому.

4. Підготовка растрового зображення до автоматичної конверсії. У меню «Фільтри» послідовно використовуючи відповідні команди виконати фільтрацію (очищення) зображення. При необхідності з меню «Растр» усунути перекіс зображення відповідною командою, у тому ж меню підвищити роздільну здатність зображення за допомогою команди «Змінити DPI», але не більш 300 dpi.

5.2.2. Автоматична конверсія графічного зображення

Процедура перетворення растрового зображення креслень у векторне застосовується проєктувальниками для можливостей редагування та подальшої розробки нових проєктів на основі попередніх аналогів. Зокрема в середовищі Spotlight вказана процедура здійснюється наступним чином:

1. У меню «Редагувати» командою «Вибрати об'єкт» виділити рамкою (простягнувши курсором) тільки схему або креслення.

2. У меню «Фільтри» вибрати команду «Залити розриви ліній». Установити значення «Макс. Товщина» і «Макс. Розрив» такі ж, як були встановлені раніш (див. вище п.5.2.1).

3. У меню «Перетворення» задати команду «Растр у вектори».

4. Після автоматичної конверсії в меню «Вид» задати команду «Сховати растр».

5. На інструментальній панелі «Вибір» включити «Векторний вибір».

6. З меню «Засоби» відкрити панель «Інспектор». Виділити всі вектори креслення. Потім у вікні «Інспектор» на вкладці «Ширина» задати нульову товщину всіх об'єктів, указавши значення 0.00 і натиснути «Enter».

7. З меню «Редагувати» вибрати команду «Відмінити весь вибір».

8. Використовуючи стандартну панель інструментів шляхом огляду ділянок зображення виконати його аналіз, визначивши наявність де-

фектів (викривлень) графічних об'єктів у результаті автоматичної конверсії. Для порівняння векторного й вихідного растрового зображення рекомендується використовувати піктограми «Показати/сховати растр» і «Показати/сховати вектори», що розташовані на стандартній панелі інструментів.

9. У разі незадовільного результату конверсії (тобто наявності до 20-30% перекручених об'єктів) закрити не зберігаючи векторне зображення, і зробити уточнене настроювання параметрів конверсії і повторити вище вказані процедури п. 5.2.1.

10. У випадку щодо невеликого числа викривлених графічних об'єктів перейти до їхнього редагування за допомогою процесу трасування окремих растрових об'єктів. Іноді доцільно з точки зору економії часу не виконувати редагування зіпсованих об'єктів в середовищі Spotlight, а виконати цю процедуру вже в іншому векторному редакторі, що належить до програм САПР.

Для редагування гібридного (растрово-векторного) зображення креслення необхідно виконати наступне:

- для виправлення дефектів конверсії вилучити перекручені вектори. Потім знову показати (але не розкриваючи повторно файл) растрове зображення, для чого потрібно скористатися командою «Показати/сховати растр».

- з меню «Трасування» або з панелі інструментів «Растр у вектори», впливаючи на відповідні піктограми, виконати ручне трасування растрових об'єктів, відповідаючи на запити рядка стану (унизу робочого поля), тобто послідовно вказуючи курсором об'єкти, що підлягають трасуванню: відрізок, дугу, коло й т.п. графічні примітиви.

- з меню «Засоби» у діалоговому вікні «Інспектор» задати виправленим об'єктам необхідні параметри стилю: товщину, тип лінії й т.п.

- виконати редагування тексту або значень розмірів, послідовно виділяючи перекручені текстові фрагменти й указуючи у вікні діалогу «Інспектор» необхідні значення.

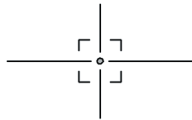
У випадку відсутності можливості здійснити напівавтоматичне трасування об'єктів виконати зазначену операцію вручну за допомогою панелі «Малювання», тобто використовуючи відповідні піктограми, накреслити відрізок, полілінію, дугу й т.п. графічні об'єкти, включаючи створення текстових фрагментів з панелі «Редагування тексту» на місці растрового зображення. При цьому доцільно використовувати режими об'єктних прив'язок, що встановлені в рядку стану.

По завершенні конверсії завантажити тільки векторний файл у будь-який векторний редактор (AutoCAD, Компас 3D та їм подібний) для подальшого опрацювання проекту. Ні в якому разі не слід виконувати доповнення чи редагування отриманого векторного зображення

в середовищі Spotlight, що призначений для конверсії растрових зображень у векторні. Для забезпечення максимальної продуктивності праці подальший розвиток проекту необхідно виконувати у середовищі вище вказаних векторних креслярських редакторах або інших, що належать до систем автоматизованого проектування.

Контрольні запитання

1. Зазначте принципи відмінності головних типів комп'ютерних зображень.
2. Назвіть види роздільної здатності.
3. Що таке бітова роздільна здатність і в чому полягає її вплив на якість зображення?
4. Назвіть одиниці вимірів графічної роздільної здатності й лінійатури.
5. Викладіть наслідки зміни розмірів та роздільної здатності на якість растрового зображення.
6. Надайте послідовність операцій конверсії растрового зображення у векторне в середовищі Spotlight
7. В чому полягає сутність процесу трасування графічних примітивів?



Розділ. 6. Мультимедійні проекти

В сучасному автоматизованому проектуванню все більшої ваги набирають мультимедійні проекти. Цей різновид проектів не тільки підвищує їх ефективність в частині представлення, але й завдяки застосування анімації сприяє кращому розумінню фізичних чи технологічних процесів, що реалізуються об'єктами проектування. Майже в усіх сучасних проектно-конструкторських програмах, наприклад таких як AutoCAD, SolidWorks, Компас-3D і ін., присутні додатки по створенню анімації функціональних пристроїв, агрегатів, технологічних процесів тощо. Мультимедіа є когнітивним (від лат. *cognitio* – пізнання) засобом представлення інформації, в тому числі, і технічної документації, створеної із застосуванням технологій САПР і CAD-систем.

6.1. Визначення та призначення мультимедіа

Мультимедіа (лат. *Multum + Medium*) – комбінування різних форм представлення інформації на одному носії, наприклад текстової, звукової і графічної, або, останнім часом все частіше – анімації і відео. Характерна особливість мультимедійних об'єктів та продуктів – наявність гіперпосилання. Поняття мультимедіа означає сполучення звукових, відео, графічних, текстових і цифрових сигналів, а також нерухомих і рухомих образів і конструкцій. Так, мультимедійна база даних буде вміщувати текстову і образну інформацію, відеокліпи і таблиці. Мультимедійна послуга дозволяє користувачеві посилати, одержувати і використовувати будь-яку форму інформації [9].

Історична довідка. В 1965 році термін Мультимедіа був використаний для опису Exploding Plastic Inevitable – шоу, що сполучило в собі живу рок-музику, кіно, експериментальні світлові ефекти і нетрадиційне мистецтво. Протягом сорока років даний термін отримував різні значення. Наприкінці 1970-х років цей термін позначав презентації, складені із зображень, одержуваних від декількох проекторів, синхронізованих зі звуковою доріжкою. В 1990-х цей термін набув сучасного значення.

Мультимедіа може бути класифікована як лінійна й нелінійна. Аналогом лінійного способу подання може бути кіно. Людина, що переглядає даний документ жодним чином не може вплинути на його зміст. Нелінійний спосіб подання інформації дозволяє людині брати участь у поданні інформації, взаємодіючи певним чином із засобом відображення мультимедійних даних. Участь людини в даному процесі

також називається «інтерактивністю». Такий спосіб взаємодії людини й комп'ютера найбільш повно представлений у категоріях комп'ютерних ігор чи в книжках з доповненою реальністю. Іноді нелінійний спосіб подання і об'єднання даних називається «гіпермедіа».

Галузі застосування мультимедійних проектів можуть бути різноманітні. Наприклад, мультимедійні презентації можуть бути проведені людиною на сцені, показані через проектор, або ж на іншому локальному пристрої відтворення. Широкомовна трансляція або запис можуть бути засновані на аналогових або ж електронних технологіях зберігання й передачі інформації. Варто відзначити, що мультимедіа може бути або завантажена з Інтернету на комп'ютер користувача й відтворена будь-яким чином, або відтворена за допомогою технологій потокової передачі даних.

Різні формати мультимедіа даних можливо використати для спрощення сприйняття інформації споживачем. Наприклад, надати інформацію не тільки в текстовому виді, але й проілюструвати її звуком або відеокліпом. Форми надання інформації уможливають інтерактивну взаємодію споживача з інформацією. Он-лайн Мультимедіа все більшою мірою стає об'єктно-орієнтованою, дозволяючи споживачеві працювати над інформацією, не маючи специфічних знань. Наприклад, для того, щоб викласти відео на YouTube, від користувача не вимагаються знання техніки редагування відео, кодування і стиснення інформації, чи знань про будову web-серверів. Користувач просто вибирає локальний файл і тисячі інших користувачів відео сервісу мають можливість переглянути новий відеоролик. *Мультимедійні видання* – це електронне видання, яке містить систематизований змістовний матеріал, поєднує традиційну статичну (текст, графіку) і динамічну інформацію різних типів (мову, музику, відео фрагменти, анімацію тощо), впливає одночасно на декілька органів чуття реципієнта (органи зору і слуху), має власну нелінійну структуру.

Мультимедіа знаходить своє застосування в різних областях, включаючи рекламу, видавництво, поліграфію, мистецтво, освіту, індустрію розваг, техніку, медицину, математику, бізнес, наукові дослідження і просторово-часові програми. В освіті Мультимедіа використовується для створення комп'ютерних навчальних курсів (популярна назва E-learning) і довідників, таких як енциклопедії та збірники. CBT (computer-based training) дозволяє користувачеві пройти через серію презентацій, тематичного тексту і пов'язаних з ним ілюстрацій у різних форматах подання інформації. Edutainment – неофіційний термін, використовуваний, щоб об'єднати освіту і розваги, особливо мультимедійні розваги. Теорія навчання за останнє десятиліття була значно розвинена у зв'язку з появою мультимедіа. Виділи-

лися кілька напрямків досліджень, такі як теорія когнітивного навантаження, мультимедійне навчання та інші. Ідея медіа конвергенції також стає одним з найважливіших факторів у сфері освіти, особливо у сфері вищої освіти. Медіа конвергенція – це стрімко мінливий навчальний курс дисциплін, які викладаються в університетах по всьому світу. Можна створювати відеоролики, завдяки яким можна навчатися за межами учбових закладів будь якого рівня. Під час переглядання контенту застосовується не тільки зорова, а й слухова пам'ять. У відео можна використовувати різні ефекти, графіку, створити яскраві картини з фотографіями. Таким чином можна покращувати навчання та вивчення дисциплін. Зробити їх більш наочними, зрозумілими та цікавими для усіх. Такий підхід до навчання, може зацікавити навколишній світ, бо це новий, нестандартний метод навчання. Разом з тим кожен повинен виважено підходити до коректного використання нового та традиційного у навчанні.

6.2. Засоби перетворення аудіо та відео форматів

Файли, що містять мультимедійні дані, можуть мати різноманітні розширення, такі як: wma, wmv, avi, mpg, mp3, mid, aif, wav, mp4 тощо [10]. Для їх відтворювання створено спеціальні програми – мультимедійні програвачі. Залежно від потреб користувача щодо використання аудіо та відеоданих часто виникає потреба змінити формат файлу, у який записано ці дані. Для таких випадків використовують спеціальні програми – конвертори. Для конвертації аудіо файлів використовують такі програми, як HAMSTER Free Audio Converter, SoundConverter XRECODE II, TAudioConverter, AudioConverter Studio та ін.

До найбільш популярних форматів можна віднести наступні.

Аудіо формати:

- MP3 (Motion Picture Experts Group Layer 3) – використовує стиснення з втратами, підтримує стерео- і потокове передавання.
- WMA (Windows Media Audio) ліцензований формат, розроблений корпорацією Майкрософт як альтернатива MP3.

Відео формати:

- WMV (Windows Media Video) дуже стиснутий формат, який потребує мінімального обсягу дискового простору на жорсткому диску комп'ютера.
- MPEG (Moving Pictures Experts Group) забезпечує високу якість, підтримує додаткові можливості (захист від несанкціонованого копіювання, використання інтерактивних елементів) і потокове передавання відео.

– SWF (Відео Flash) – використовується для передавання відео через Інтернет за допомогою програвача Adobe Flash. Медіа контейнер – формат, у якому можна розміщувати в одному файлі мультимедійні дані різних типів і синхронізувати звук; відео зображення й текстову інформацію. Існують наступні види Медіа контейнерів:

– WAV (Waveform Audio Format) – звук у форматі WAV зберігається без втрати якості, але відсутність стиснення призводить до того, що обсяги wav-файлів дуже великі;

– AVI (Audio and Video Interleaved) дає можливість об'єднувати не стиснені або закодовані різноманітними кодеками аудіо та відеодані;

– MOV (QuickTime Movie) – як і формат AVI, дає змогу поєднувати аудіо та відео потоки, закодовані в різний спосіб, формат розроблений для програвання QuickTime.

Для відтворення (прослуховування чи перегляду) аудіо та відео файлів використовують спеціальні програми – програвачі-плеєри. Наприклад такі як: RealPlayer – програвач відтворює звук та відео більшості відомих форматів, зокрема потокових, дає змогу записувати аудіо файли на компакт-диски в аналоговому вигляді. QuickTime Player – надає змогу створювати й редагувати звук та відео, перекодувати й зберігати їх у різних форматах. Win Amp – універсальний програвач мультимедійних файлів, який відтворює файли майже всіх поширених аудіо та відео форматів. Media Player Classic – безкоштовний програвач із простим і зручним інтерфейсом, відтворює файли майже всіх поширених аудіо та відео форматів. Windows Media Player – відтворює аудіо та відео файли більшості популярних форматів, входить до складу операційної системи Windows.

6.3. Анімація 3D проектів

Анімація (з лат. *anima* — душа і похідного фр. *animation* — оживлення) є достатньо ефективною технологією Мультимедіа для відтворення фізичних процесів. За допомогою засобів САПР в частині 3D-графіки можна створити анімацію функціонування будь якого об'єкту проектування, а потім, шляхом проектування складних анімаційних сцен і конвертації файлу, створити відеоролик анімації.

Створенню анімаційного проекту передую розробка 3D-моделі, що здійснюється в кілька етапів, а саме:

1. Створення *геометрії моделі*, тобто створення тривимірної геометричної моделі, спочатку без обліку фізичних властивостей об'єкту [11, 12]. В якості прийомів використовується, вказані вище операції: видавлювання, обертання та переміщення по кінематичній кривій базових ескізів, а також полігональне моделювання.

2. Вибір *текстури об'єкту*. Рівень реалістичності майбутньої моделі безпосередньо залежить від вибору матеріалів для створення текстур. Професійні програми для роботи з тривимірною графікою практично не обмежені в можливостях для створення реалістичного відображення об'єкту проектування.

3. *Коригування світла* і місця спостереження – це один з найскладніших етапів у створенні 3D-моделі. Від вибору тону світла, рівня яскравості, різкості і глибини тіней залежить реалістичність сприйняття зображення. Крім того, необхідно вибрати місце спостереження за об'єктом, так зване розташування камери зйомки та масштабування простору з досягненням ефекту присутності в ньому – завдяки вибору погляду на об'єкт.

4. *3D-візуалізація* або рендерінг (від англ. rendering – візуалізація) – термін у комп'ютерній графіці, процес, що позначає одержання зображення по моделі за комп'ютерною програмою. Цей завершальний етап 3D-моделювання полягає в деталізації налаштувань відображення 3D-моделі: у додаванні графічних спеціальних ефектів. У випадку відео-візуалізації, визначаються точні параметри 3D-анімації персонажів, деталей, ландшафтів тощо (час кольорних перепадів, світіння та ін). На цьому ж етапі деталізуються налаштування візуалізації: підбирається потрібна кількість кадрів в секунду і розширення підсумкового відео (наприклад, DivX, AVI, Cinepak, Indeo, MPEG-1, MPEG-4, MPEG-2, WMV тощо). Якщо необхідно отримати тільки двовимірне растрове зображення, визначаються формат і розширення зображення, в основному це JPEG, TIFF або RAW. Краще обирати формат TIFF в кольоровому режимі CMYK.

5. *Постпродакшн* – етап обробки відзнятих зображень і відео за допомогою медіа-редакторів, наприклад таких як: Adobe Photoshop, Adobe Premier Pro (або Final Cut Pro/ Sony Vegas), GarageBand, Imovie, Adobe After Effects Pro, Adobe Illustrator, Samplitude, SoundForge, Wavelab та ін. Постпродакшн полягає в доданні медіа-файлів оригінальних візуальних ефектів для ширшої популяризації проекту.

Існує кілька методів 3D-візуалізації (рендерингу): *растеризація* – один з найпростіших методів візуалізації. У його використанні не враховуються додаткові візуальні ефекти (наприклад, колір і тінь об'єкту відносно точки спостереження); *рейкастинг* (Ray casting) – використання методу перетину променів з поверхнею для вирішення різних завдань в комп'ютерній графіці та обчислювальній геометрії. 3D-модель оглядається з певної, заздалегідь заданої точки – з висоти людського зросту, висоти пташиного польоту і т.п. З пункту спостереження спрямовуються промені, які визначають світлотіні об'єкту; *трасування* променів – під час попадання на поверхню, промінь розділяється на

три компоненти: відбитий, тінювий і переломлений. Власне це і формує колір пікселя. Крім цього, від кількості поділів залежить реалістичність зображення; трасування шляху – один з найскладніших методів 3D-візуалізації. Використовуючи даний метод 3D-рендерингу, поширення світлових променів, досягається максимальне наближення до фізичних законів світла. В наслідок чого, забезпечується висока реалістичність кінцевого зображення, але слід зазначити, що даний метод відрізняється й високим ресурсним забезпеченням [12].

6.3.1. Анімація в середовищі Компас 3D

Як уже зазначалось, майже в усіх сучасних проектно-конструкторських програмах, наприклад таких як AutoCAD, SolidWorks, Компас-3D і ін., присутні додатки по створенню анімації. Вони розрізняються ступенем складності, функціональними можливостями та формулюванням команд, але досить близькі за своїми алгоритмами послідовності створення анімаційних проектів. У якості нескладного прикладу, для розуміння сутті анімації проектного рішення, розглянемо послідовність створення анімації в середовищі Компас 3D [13]. Нехай проект являє собою 3D модель такого пристрою, як всім відомий підвіс Кардана, на якому встановлено генератор реактивної пневматичної тяги для протидії гравітаційному навантаженню мобільного робота довільної орієнтації у просторі (більш докладніше див. [14]). На рис. 6.1(а) показано початковий стан Карданового підвісу з трьома ступенями свободи, що встановлений на корпусі 1 робота. Зовнішнє кільце 2 і внутрішнє кільце 3 встановлені на відповідних осях повороту 4 в системі координат ZXY.

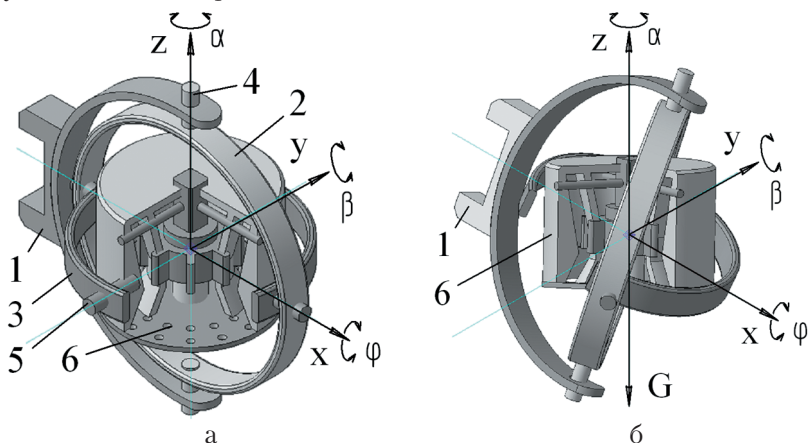


Рис. 6.1. Модель Карданового підвісу

На осі 5 встановлено генератор тяги 6, який незалежно від вказаних кутів повороту мобільного робота, повинен зберігати вертикальне положення, точніше вісь Z генератора тяги повинна бути протилежною силі ваги G (рис. 6.1,б) робота для компенсації його гравітаційного навантаження.

Задача: побудувати анімацію процесу повороту робота 1 та кільце 2 і 3 Карданового підвісу. Для цього відкриваємо вказаний проект і завантажуюмо Бібліотеку анімації в середовищі Компас 3D (рис. 6.2).

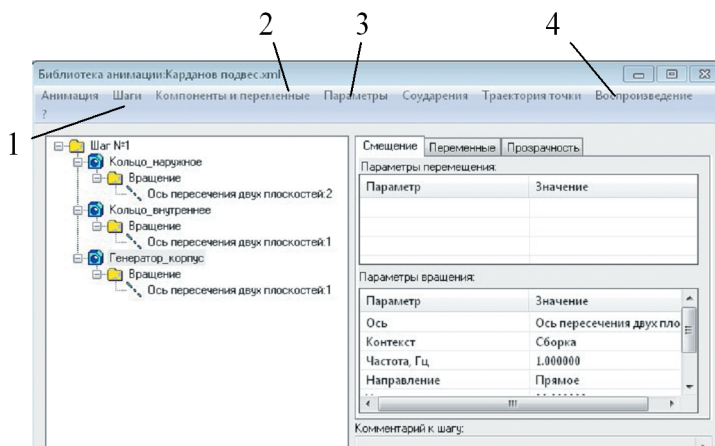


Рис. 6.2. Вікно анімації в середовищі Компас 3D

В меню «Кроки» (1) призначаємо кількість кроків анімації, далі в меню Компоненти (2) обираємо деталі Карданового підвісу: зовнішнє та внутрішнє кільця, а також генератор тяги. Далі в меню «Параметри» (3) обираємо вид переміщення, в даному випадку «Обертання» і вказуємо відповідні вісі ZXY та кути обертання для нашого випадку (рис. 6.1). Після збереження запису анімації в меню «Відтворення» (4) запускаємо процес анімації. Надалі бажано отриманий файл конвертувати в один із відео форматів, наприклад AVI, SWF чи будь який інший залежно від ресурсів відображення.

6.3.2. Мультимедійний пакет Blender

Blender – це платформний додаток, що працює в системах Linux, MacOS і Windows, безкоштовний пакет для створення 3D-зображень із відкритим вихідним кодом. Blender можна використовувати для створення 3D-візуалізацій, таких як нерухливі зображення, 3D-анімація, знімки VFX і редагування відео [15, 16]. Цей мультимедійний

пакет також має відносно невеликі вимоги до пам'яті й об'єму жорсткого диску в порівнянні з іншими наборами для створення 3D моделей. Його інтерфейс використовує OpenGL для забезпечення однаковості роботи на всьому підтримуваному встаткуванні й платформах. Blender має широкий спектр інструментів, що робить його підходящим практично для будь-якого виду медіа продукції. Ключова особливість полягає в наступному: Blender є повністю інтегрованим пакетом для створення 3D-Контенту, що пропонує широкий спектр необхідних інструментів, включаючи моделювання, рендеринг, анімацію й оснащення для редагування відео, VFX, композиції, зміни текстур і багато інших типів моделювання. Це крос платформний пакет, із графічним інтерфейсом OpenGL, який підходить для всіх основних платформ і настроюється за допомогою скриптів Python. Він має високоякісну 3D-архітектуру, що забезпечує швидкий і ефективний процес створення анімаційних проектів.

Історична довідка. В 1988 році Тон Розендал став співзасновником голландської анімаційної студії Neogeo, яка швидко стала найбільшою студією 3D-анімації в Нідерландах і одним із провідних анімаційних проектів у Європі. Студія Neogeo створювала відзначені нагородами продукти (European Corporate Video Awards 1993 і 1995) для великих корпоративних клієнтів, таких як багатонаціональна електронна компанія Philips. В 1995 році була створена нова версія цього продукту як програмного забезпечення для 3D проектів. В 1998 році Тон Розендал заснував нову компанію за назвою Not a Number (NAN) як відгалуження Neogeo для подальшого просування й розвитку Blender. В основі NAN було бажання створити й безкоштовно поширювати компактний крос платформний 3D-додаток. У той час це була революційна концепція 3D-Моделювання й анімації професійного рівня, що доступна для широкої публіки. В 1999 році NAN відвідала свою першу конференцію SIGGRAPH, щоб більш широко просувати Blender. Перша конференція Blender SIGGRAPH мала величезний успіх і викликала величезний інтерес, як з боку преси, так і з боку відвідувачів. Blender став хітом, і його величезний потенціал підтвердився.

Уведення в Blender. Для створення 3D-сцени необхідні як мінімум три ключові компоненти: моделі, матеріали й джерела світла. Моделювання – це технологія створення поверхні, яка або імітує форму реального об'єкта, або виражає абстрактні об'єкти згідно з уявою розроблювача проекту. Залежно від типу об'єкта, який підлягає моделюванню, існують різні типи режимів моделювання, вони розглядаються в різних частинах керівництва Blender. В обмежених рамках даного навчального посібника неможливо викласти повний курс освоєння настільки багатофункціонального мультимедійного пакета як

Blender. Із цією метою слід звернутися до навчального посібника [16]. Тут же обмежимося характеристиками найбільш важливих аспектів створення анімаційних проєктів.

Деякі інструменти Blender можуть бути доступні більш ніж в одному режимі, у той же час як інші можуть бути унікальними для певного режиму. Найбільш важливим для проєктувальника, після створення 3D об'єкта, є режим редагування. Режим редагування – це основний режим, у якому відбувається моделювання. Цей режим використовується для редагування наступних типів об'єктів: сітки, криві, поверхні, текстові об'єкти, полігональні решітки. Причому можна змінювати сітку, тільки тих об'єктів, які редагуються. Щоб змінити інші об'єкти, потрібно вийти з режиму редагування, вибрати інший об'єкт і ввійти в режим редагування або використовувати режим редагування декількох об'єктів.

Основні поняття Рендера й Анімації. Рендер є графічним відображенням 3D сцени або об'єкта. Такі особливості як матеріали, висвітлення та тіні контролюють ефекти і якість рендера. Чим більше цих елементів додається, тим більше реалістичною стає сцена. Матеріали й Текстури: матеріали надають об'єкту проєктування реалістичне представлення за допомогою різних ефектів. Можна контролювати блиск (specularity), характер світлового випромінювання, прозорість, а також повторення зразка матеріалу. Прорахунок шляху променів (Raytracing) дає можливість одержати ефекти відбиття (mirror) і переломлення (refraction). Текстури можуть бути зроблені з будь-якої сканованої світлини або намальованого об'єкта в будь-якому редакторі зображень. Використовуються зображення як правило у форматах jpeg, bitmap, png та ін. Дуже важливо, що Blender має велику кількість вбудованих генераторів текстур, які симулюють різні характеристики поверхонь, наприклад: дерево (wood), мармур (marble), хмари (clouds), хвилі (waves) і нерівності поверхні. Висвітлення за допомогою ламп додає реалізм сцені за допомогою різного типу відбиттів і тіней. Можна контролювати тип, інтенсивність, а також колір висвітлення й настроїти дистанцію ілюмінації. Камери – це точка спостереження сцени, а саме можна управляти довжиною об'єктива, щоб побачити об'єкт великим планом або під широким кутом. Також можна набудовувати область огляду камери й глибину різкості (Depth-of-field) зображення.

Анімація – це серія зображень, що пройшли процес рендеринга й які формують відеоряд. На якість майбутнього відеоролика впливають усі перераховані вище параметри, включаючи частоту кадрів у секунду (FPS), розмір зображення, тип файлу й стиск. Найбільше розповсюджений метод анімації називається keyframing, коли ключові кадри

створюються в різні моменти анімації, а потім програма робить усі інші перехідні кадри між цими ключами. Основні варіанти анімації включають зміну розміру, обертання й пересування об'єктів.

Фактор часу. Перед тем як зробити анімацію, необхідно встановити довжину анімації в кадрах, а також кількість кадрів у секунду (FPS). Розрахувати довжину анімації можна за наступними значенням. Опції частоти кадрів (FPS), можуть бути різні: NTSC – США і Японія, відео стандарт 30 fps; Film – кіно-стандарт 24 fps; PAL – Європейський відео стандарт 25 fps; Custom – користувацька установка fps; Звичайно використовується частота кадрів 25–30 fps, залежно від швидкодії комп'ютера або коли передбачається збереження анімації на DVD.

Створення ключових кадрів Анімації. Ключові кадри встановлюються на початку й наприкінці бажаного пересування, обертання або зміни розміру об'єкта. Спочатку необхідно визначити з якою швидкістю повинен пересуватися об'єкт у вимірі кадрів у секунду. Так, наприклад, якщо потрібно пересунути об'єкт із пункту «А» в пункт «В» за 2 секунди, а необхідна частота кадрів дорівнює 30 fps, то потрібно встановити 2 ключових кадра на відстані 60 кадрів один від одного.

Проходження по шляху й спостереження за об'єктами. У більшості анімаційних програм, камера під час руху може слідувати за певним шляхом, або стежити за об'єктом або й те й інше. Ця опція суттєво заощаджує час на створення анімації й кількість необхідних ключових кадрів.

Опції виводу. У середовищі Blender відео звичайно зберігають в MPEG форматі для Windows. Цей формат легко програють більшість медіа плеєрів зі збереженням високої якості зображення. Залежно від того, як планується використовувати відео, наприклад, для розміщення в Інтернеті, записі на DVD, програвання в презентації, можна вибрати й інший формат. Наведені приклади мають на увазі використання Apple QuickTime і Windows AVI форматів. Різні формати дозволяють контролювати різні параметри якості. Наприклад, формат AVI дозволяє зробити компресію відео різними компресорами, що називають кодеки (Codecs).

Анімація реального часу – це одне з важливих відмінностей Blender, дозволяє додавати до об'єктів фізичні властивості, а саме створити діючих осіб (actor), змінювати масу (mass), контролювати ковзання (friction), налагоджувати силу й обертання в площинах системи координат XYZ, створювати зв'язок з іншими об'єктами в сцені.

Оскільки 3D моделі проектів успішно створюються й в інших креслярсько-конструкторських програмах САПР, таких як AutoCAD, SolidWorks, Компас 3D і ін., то після імпорту створених у зазначених

програмах файлів у середовище Blender, для конструктора-проектувальника найбільший інтерес представляє власне процес створення анімації, як засобу візуалізації проекту. Тому розглянемо основні операції створення анімації, а саме, такі як синхронізація, рух, обертання й масштабування. Коли вже створено 3D модель і її реалістичний образ, необхідно навчитися переміщати модель у сцені. Інша назва анімації – інтерполяція (IPO). Цей термін у середовищі Blender використовується в багатьох місцях інтерфейсу для вказівки на функції, пов'язані з анімацією. Багато можливостей стануть зрозумілі на практиці й більшість із них зажадають просування далі базового курсу. Тому, автори навчального посібника [16] пропонують спочатку працювати лише з базовими функціями, і насамперед проектувальникові слід освоїти розділ "Rendering and Animation Basics".

Після того, як настроєно сцену й кількість кадрів у секунду (fps), у розділі Render, необхідно розробити сюжет анімації й визначити з якою швидкістю будуть рухатися елементи 3D моделі. Основна проблема початківців аніматорів – неправильна швидкість руху об'єктів в анімації. Слід звернути увагу на співвідношення кадри/секунди й співвідносити їх згодом. Наприклад, якщо задано один цикл переміщення об'єкта протягом 3 секунди, то при анімації швидкістю в 25 fps, усі рухи повинні закінчитися до 75 кадру.

Переміщення, обертання й масштабування. Це три основні модифікатори об'єкта, що використовуються при анімації. Коли створюються ключові кадри із цими модифікаторами, Blender самостійно визначає всі проміжні позиції об'єкта. Інакше кажучи, немає необхідності створювати рух об'єкта кадр за кадром. Досить указати положення об'єкта в початковому й кінцевому кадрові, тоді положення об'єкта в інших кадрах Blender прорахує автоматично. Для додавання ключа об'єкту, необхідно перейти до кадру, на якому ви прагнете встановити ключ, а саме: перемістіть, поверніть і масштабуйте об'єкт і потім натисніть кнопку "I" (Insert Key). Переконайтесь, що при натисканні клавіші "I" курсор миші перебуває у вікні 3D-Виду. Праворуч від курсору з'явиться меню. Тут доступні 3 основні опції: Loc (Location – положення), Rot (Rotation – обертання) і Size (розмір або масштаб) і їх комбінації. Далі необхідно вибрати тип ключа, залежно від того, що зроблено з об'єктом. Тепер треба перейти до наступного кадру, у якому буде завершена анімація (наприклад, в 25-тому кадру, якщо створюється анімація протягом в одну секунду). Знову перемістіть, поверніть і виконайте масштабування об'єкта й натисніть клавішу "I" для додавання другого ключа. Продовжуйте створювати ключові кадри для подальшої анімації. У більшості випадків модифікатори переміщення (Loc) і масштабування (Size) працюють бездо-

гання, однак слід бути уважним при використанні ключа обертання (Rot). Якщо виконується обертання двома ключами на великому проміжку кадрів, обертання може відбуватися зовсім не в ту сторону. Рекомендується використовувати ключі обертання досить часто з невеликими кутами повороту об'єкта. У Blender є прийоми й інструменти для полегшення цього процесу.

Перегляд анімації. Для більш простого способу перегляду анімації, тобто без необхідності піддавати відео ролик операціям рендерингу, потрібно встановити в поле поточний кадр номер кадру, з якого передбачається почати перегляд анімації. Далі, перемістивши курсор у вікно 3D виду, у якому передбачається перегляд анімації, потрібно натиснути разом клавіші «Alt» і «A». Почнеться програвання анімації у вікні, де перебуває курсор миші. Blender програє анімацію відповідно до заданого значення FPS (кількість кадрів у секунду). За замовчуванням Blender намагається зробити перехід між ключовими положеннями об'єкта плавними, тобто між початковим і кінцевим кадром. Ця особливість згладжування переходу від кадру до кадру є досить перспективною в створенні анімаційних проектів.

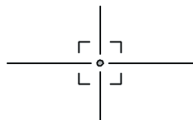
Контрольні запитання

1. Надайте визначення та призначення Мультимедіа.
2. Назвіть засоби перетворення аудіо та відео форматів.
3. Назвіть та розкрийте зміст основних етапів створення Анімаційного проекту.
4. Назвіть операції створення Анімації в середовищі Компас 3D.
5. Надайте загальну характеристику мультимедійному пакету Blender.
6. Назвіть три ключові компоненти для створення 3D-сцени.
7. Розкрийте поняття Рендера й Анімації.
8. В чому полягає суть Анімації? Назвіть основні ознаки Анімації.
9. Розкрийте поняття ключових кадрів Анімації.
10. Що таке Анімація реального часу?
11. Назвіть три основні модифікатори об'єктів.

Список посилань

1. Глинских А. Мировой рынок CAD/CAM/CAE-систем. URL: http://host-40.122.eureca.ru/inform01_02/p_22-23.htm (дата звернення 14.08.2020).
2. Автоматизированное проектирование средств и систем управления [Электронный ресурс]: курс лекций (Авт. кол.: Е. Е. Носкова, Д. В. Капулин, Ю. В. Краснобаев, С. В. Ченцов). Электронный учебно-методический комплекс. Сибирский федеральный университет, 2009. URL: <https://studfile.net/preview/4521671/> (дата звернення 12.08.2020).
3. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. 560с.
4. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование. Информатика в техническом университете. Москва, 2000. 188с.
5. Комплекс методичних вказівок до виконання дипломних проєктів: методичне видання [Авт. кол.: М.М. Поліщук, М.М. Ткач, В.П. Пасько, О.І. Лісовиченко, О.І. Чумаченко, О.А. Степін]. Під загал. ред. проф. Л.С. Ямпольського. Київ: Дорадо-Друк, 2014. 112 с.
6. ЕСКД. Технический проект. ГОСТ 2.120-73. [Введен 1974-01-01, Изм. №10. 2009-10-24]. – (Межгосударственный стандарт).
7. ЕСПД. Стадии разработки. ГОСТ 19.102-77. [Введен 1980-01-01]. (Межгосударственный стандарт).
8. Документація. Звіт у сфері науки та техніки. Структура і правила оформлення. (ISO 5566:1982, IDT): ДСТУ 3008-95. – [Чинний від 1995-02-23]. – (Національний стандарт України).
9. Мультимедія. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Мультимедія> (дата звернення 27.06.2020).
10. Мультимедійне документування. URL: https://beta.wikiversity.org/wiki/Мультимедійне_документування (дата звернення 25.07.2020).
11. Власов А.П. Мультимедиа технологии: учеб. пособие. Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2011. 97с.
12. 3D-модельовання та візуалізація від компанії Koloro. URL: <https://koloro.ua/ua/3d-modelirovanie-i-vizualizaciya.html> (дата звернення 29.08.2020).
13. Компас 3D v17 Руководство пользователя. «АСКОН Системы проектирования». URL: https://kompas.ru/source/info_materials/2018/KOMPAS-3D-v17_Guide.pdf (дата звернення 30.09.2020).

14. Антигравітаційний мобільний робот Поліщука: пат. 120410 Україна: № a201805661. МПК B62D57/024; заяв. 22.05.2018; опубл. 25.11.2019, Бюл. № 22 К.: Укрпатент, 2018. 4 с.
15. Мультимедійний пакет Blender. URL: https://docs.blender.org/manual/en/latest/getting_started/about/introduction.html (дата звернення 25.07.2020).
16. James Chronister. Blender Basics: учебное пособие. Пер. с англ.: Юлия Корбут, Юрий Азовцев. URL: http://b3d.mezon.ru/index.php/Blender_Basics_3-rd_edition (дата звернення 20.06.2020).
17. ЕСПД. Р-схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические и правила выполнения. ГОСТ 19.005-85. – [Введен 1986-07-01]. (Межгосударственный стандарт).
18. ЄСКД. Основні надписи. (ГОСТ 2.104-2006): ДСТУ ГОСТ 2.104-2006. [Чинний від 2007-07-01]. – (Міждержавний стандарт).



ДОДАТОК А

Оформлення графічного матеріалу до програмного забезпечення

Схеми алгоритмів і програм повинні бути виконані у суворій відповідності до стандартів ГОСТ 19.005-85 і ГОСТ 19.701-90. Згідно вказаних стандартів для позначення операторів використовуються наступні символи:

- 1) процес – виконання операції чи групи операцій, у результаті яких змінюється значення, форма подання чи розташування даних (рис. А1, а);
- 2) рішення – вибір напрямку виконання алгоритму в залежності від деяких змінних умов (рис. А1, в);
- 3) визначений процес – використання раніше створених або окремо описаних алгоритмів та програм (рис. А1, е);
- 4) ввід/вивід (рис. А1, б);
- 5) початок/кінець, переривання обробки даних (рис. А1, к);
- 6) цикл – циклічне повторення одного або кількох блоків та операторів (рис. А1, г, д). Для кращого читання схем можна використовувати також символи: з'єднувач (рис. Р1, м); коментар (рис. А1, л); документ чи кілька їх (рис. А1, з, і).

При виконанні схем алгоритмів основний розмір повинен бути обраний з ряду 10, 15 або 20 мм. Допускається збільшити це значення на число, кратне 5. Розмір b складає $1.5a$ (при ручному виконанні схем допускається $b = 2a$).

Символи нумеруються порядковими номерами або координатами зон (по горизонталі – арабські цифри, по вертикалі – великі літери латинського алфавіту). При ручному виконанні схеми в її межах допускається застосовувати не більше двох суміжних типорозмірів символів. Лінії потоків повинні бути паралельні лініям зовнішньої рамки схеми (рис. А2, а). Напрямок лінії потоку згори донизу і зліва направо стрілкою можна не позначати. В інших випадках стрілки обов'язкові. Відстань між окремими символами схеми повинна бути не менше 10 мм.

Для пояснення процесів всередині символів розміщують короткі записи. Для зручності читання схем використовують коментарі до символів та ліній потоку.

За наявності у схемі або алгоритмі циклічних ділянок (циклів) слід використовувати символи початку та кінця циклу (рис. А1, г, д). В середині символів початку та кінця циклу обов'язково вказується ідентифікатор циклу. Для циклів з передумовою умова виходу з циклу вказується в символі початку циклу, для циклів з післяумовою – в

символі кінця циклу. Приклад оформлення циклу з передумовою наведено на рис. А2, б. Для складних алгоритмів рекомендується використовувати схеми різного ступеня деталізації. При цьому в збільшеному вигляді частина алгоритму може позначатися одним

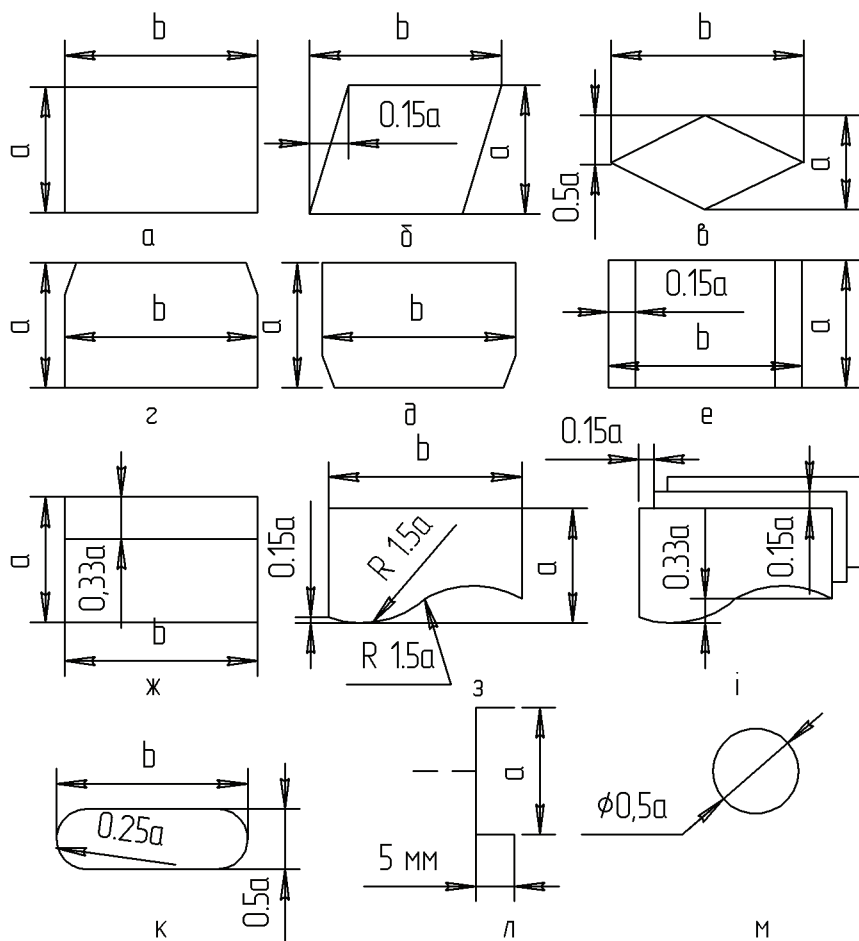


Рис. А1. Основні символи

символом, усередині якого проводиться додаткова горизонтальна лінія, над якою міститься ідентифікатор програми, що буде далі деталізована (ХВ4), а праворуч – номер листа (015) і координати зони (В3), де розміщується символ “Початок або кінець”. Усередині символу “Початок або кінець”, що позначає початок програми, що деталі-

зується, вказується її ідентифікатор (рис. А3).

У межах одного аркуша лінії потоку можна розривати із застосуванням з'єднувачів, у середині яких міститься їхній унікальний ідентифікатор (рис. А4, а). Якщо ж лініями потоку з'єднують символи на різних аркушах, так само як і в попередньому випадку використовуються з'єднувачі, у середині якого міститься унікальний ідентифікатор. Якщо ж до одного символу підходить кілька ліній потоку, усі вони перелічуються в коментарі (рис. А4, б).

Можливі варіанти відображення ходу рішення при кількості можливих виходів два, три і більше показані на рис. А5. Для заповнення аркуша рекомендується розміщувати приблизно 30-35 символів. Формат аркуша обводиться тонкою лінією. Рамка робочого поля обводиться основною лінією і розташовується на відстані зверху, знизу та праворуч і ліворуч. Схеми алгоритмів і програм згідно [17] повинні мати основний напис і додаткові граfi.

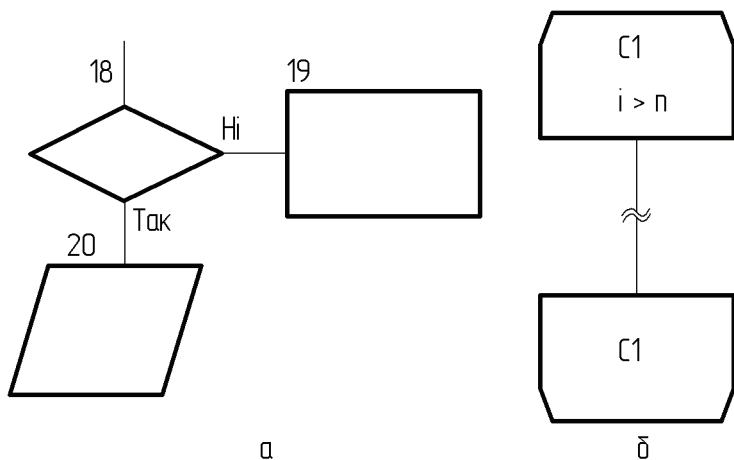


Рис. А2. Типові ділянки схем

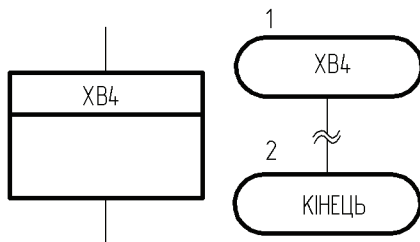


Рис. А3. Використання ступенів деталізації

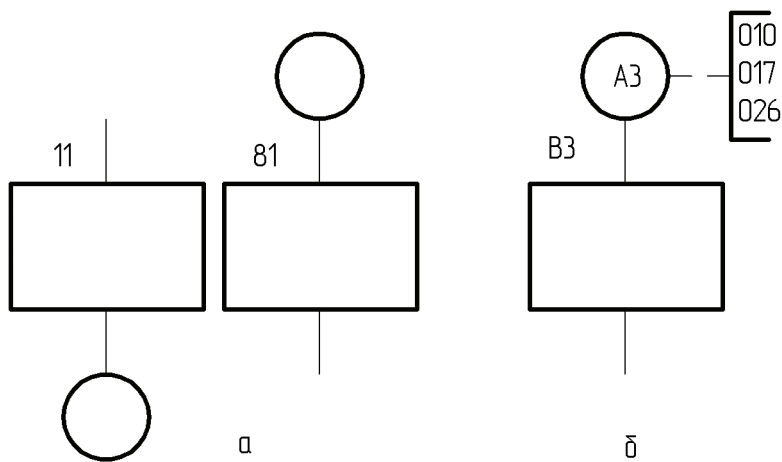


Рис. А4. Використання з'єднувачів

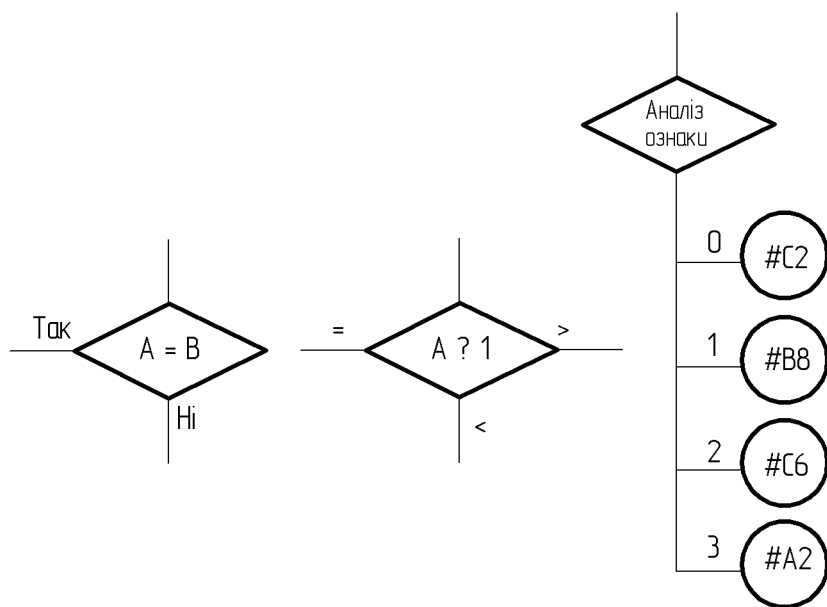


Рис. А5. Використання символу «рішення»

ДОДАТОК Б

Автоматизоване створення специфікацій проєктів

При наявності в технічному проєкті будь-яких складальних креслень, монтажних схем пристроїв чи машин обов'язкова розробка специфікацій елементів, що до них входять. А у разі наявності 3D моделей то й необхідне створення асоціативних видів з 3D в 2D креслення робочого проєкту для подальшої розробки його специфікації.

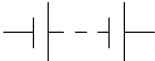



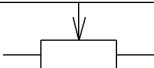
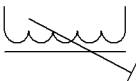
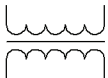
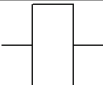
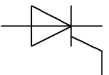
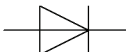

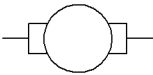

Специфікація — це тип документа ЄСКД (Єдиної системи конструкторської документації) який містить: назву, параметри або номер стандарту елемента складальної одиниці об'єкта виробництва, а також вказівки позиції місця знаходження елемента на кресленні. Специфікації є невід'ємною частиною будь-якого проєкту.

При вставці в креслення або модель стандартних виробів, що входять у складальне креслення, їх позначення (назва, параметри, номер стандарту) формується й вноситься в специфікацію автоматично з конструкторської бібліотеки, що поставляється в складі того чи іншого редактора САПР. Здійснюється асоціативний зв'язок між специфікацією й відповідними їй документами. Завдяки наявності цього зв'язку зміни в 2D складальному кресленні або 3D моделі автоматично відбиваються в специфікації і, навпаки, передаватися в складальне креслення або модель.

Розташувавши поруч вікна специфікації й пов'язаного з нею документа — креслення, можна швидко знайти на кресленні зображення будь-якого внесеного в специфікацію об'єкта. Для кожного об'єкта специфікації можна вказати входні до його складу геометричні об'єкти, лінію винесення, назву, позначення, кількість, примітку і т.д. При підключенні підготовленого в такий спосіб аркуша складального креслення до специфікації відбувається автоматичне перенесення існуючих у ньому об'єктів у специфікацію (з перерахунком номерів позицій, зон і т.д.). Оформлення типів, що поставляються в складі системи специфікацій і правила їх заповнення (склад бланка, нумерація позицій і сортування рядків, назви розділів і т.д.) відповідають певному стандарту. Конкретні номери ГОСТ зазначені в назвах стилів специфікацій. Перед розробкою специфікацій бажано виконати налагодження стилів цього документу, а саме вибрати необхідні розділи згідно стандартної форми, параметри зв'язку об'єктів креслення зі специфікацією, метод сортування об'єктів.

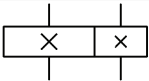
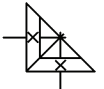
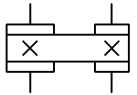
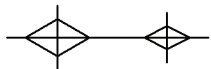


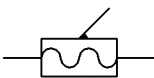
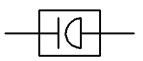




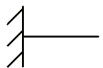
ДОДАТОК В

Позначення елементів електричних схем

Позначення	Назва елементу
	Джерело живлення
	Конденсатор постійний
	Конденсатор змінний
	Резистор постійний
	Резистор змінний
	Котушка індуктивності
	Трансформатор
	Реле
	Тиристор
	Діод
	Транзистор N-P-N
	Електродвигун постійного струму
	Заземлення загального призначення

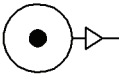
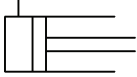

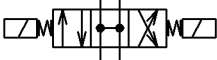





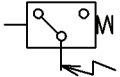
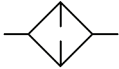
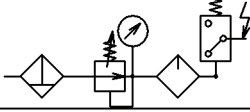

ДОДАТОК Г

Позначення елементів кінематичних схем

Позначення	Назва елементу
	Передача зубчаста циліндрична
	Передача зубчаста конічна
	Передача ремінна
	Передача ланцюгова
	Кінематична пара обертальна
	Кінематична пара поступальна
	Гвинтова пара
	Муфта компенсуюча
	Підшипник кочення радіальний
	Підшипник ковзання радіальний
	Пружина розтягання
	Гальмо
	Нерухлива ланка

ДОДАТОК Д

Позначення елементів пневматичних і гідравлічних схем

Позначення	Назва елементу
	Джерело живлення, насос
	Пнеumo- або гідроциліндр
	Електромагнітний пневморозподільвач
	Електромагнітний гідророзподільвач
	Клапан редукційний
	Клапан запобіжний
	Дросель регульований
	Вентиль
	Манометр
	Реле тиску
	Фільтр
	Блок підготовки стисненого повітря
	Гідробак закритий

М.М. Поліщук, М.М. Ткач

CAD-системи та мультимедія

Навчальний посібник

Технічний редактор Поліщук М.М.
Комп'ютерна верстка Савельєва Т.О.
Поліграфічний макет Поліщук М.М.
Коректор Савельєва Т.О.

Підписано до видання 02.03.2021 р. Формат 60х90 1/16.

Гарнітура UkrainianPeterburg.

Електронне видання

Видавець і виготовлювач: Кафедра технічної кібернетики
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського

(044) 204-94-70
(044) 229-95-40
borchiv@ukr.net