

ТЕМА 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВИРОБІВ

- 1.1. Поняття проектування
- 1.2. Структура процесу проектування промислових виробів
- 1.3. Поняття і класифікація САПР
- 1.4. Історія розвитку САПР
- 1.5. Види забезпечення САПР

1.1 Поняття проектування

Проектування нових видів і зразків машин, устаткування, пристроїв, апаратів, приладів та інших виробів представляє складний і тривалий процес, що включає в себе розробку вихідних даних, креслень, технічної документації, необхідних для виготовлення дослідних зразків і подальшого виробництва і експлуатації об'єктів проектування.

Проектування - це комплекс робіт з метою отримання описів нового або модернізованого технічного об'єкта, достатніх для реалізації або виготовлення об'єкта в заданих умовах. В процесі проектування виникає необхідність створення опису, необхідного для побудови ще не існуючого об'єкта. Отримувані при проектуванні описи бувають остаточними або проміжними. Остаточні описи представляють собою комплект конструкторсько-технологічної документації у вигляді креслеників, специфікацій, програм для ЕОМ і автоматизованих комплексів і т.п.

На рис. 1 показано місце проектування в структурі життєвого циклу виробу.

Представлення про складні технічні об'єкти в процесі їх проектування поділяються на аспекти і ієрархічні рівні. Аспекти характеризують ту чи іншу групу споріднених властивостей об'єкта. Типовими аспектами в описах технічних об'єктів є: функціональний, конструкторський і технологічний.

Функціональний аспект відображає фізичні та інформаційні процеси, що протікають в об'єкті при його функціонуванні.

Конструкторський аспект характеризує структуру, розташування в просторі і форму складових частин об'єкта.

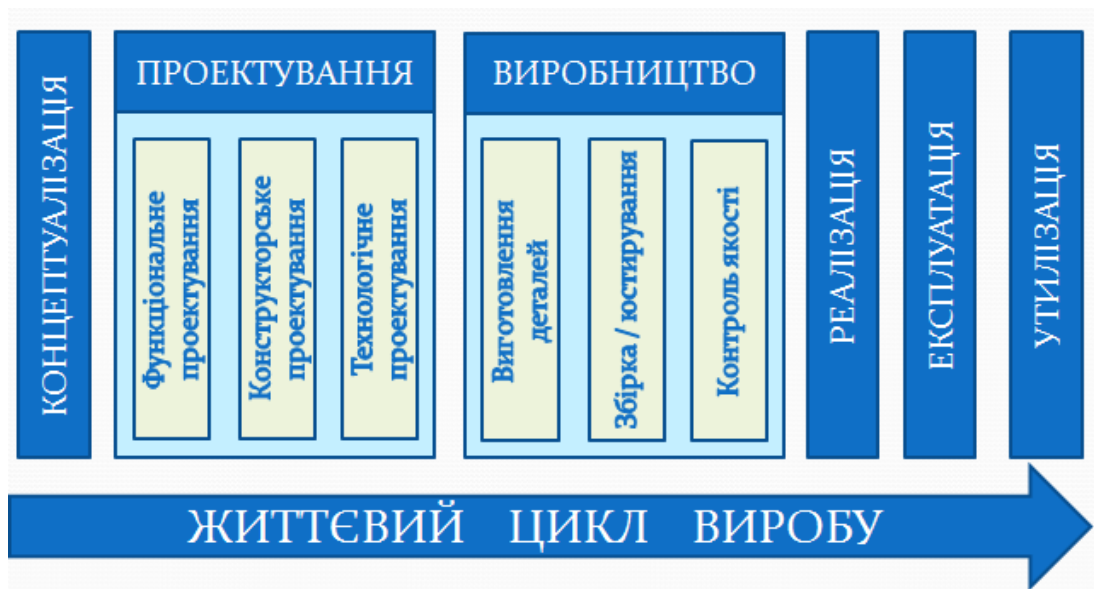


Рис. 1. Структура життєвого циклу виробу

Технологічний аспект визначає технологічність, можливості і способи виготовлення об'єкта в заданих умовах.

Поділ описів проєктованих об'єктів на ієрархічні рівні за ступенем подробиць відображення властивостей об'єктів становить сутність блочно-ієрархічного підходу до проектування.

Типовими ієрархічними рівнями функціонального проектування є:

- функціонально-логічний (функціональні і логічні схеми);
- схемотехнічний (електричні схеми вузлів і окремих блоків);
- компонентний (проектування елементів і їх розміщення).

Будь-який сучасний складний технічний пристрій є результатом комплексного знання. Проектувальник повинен знати маркетинг, економіку країни і світу, фізику явищ, численні технічні дисципліни (обчислювальну техніку, математику, машинобудування, метрологію, організацію і технологію виробництва та ін.), умови експлуатації виробу, керівні технічні документи і стандарти. Крім того, слід враховувати особливості та вимоги реального життя, колективу, чужий досвід, вміння отримувати та оцінювати інформацію.

Чи не останньою вимогою до проектувальника є комплексність мислення, вміння працювати з великою кількістю організацій. Особливо це вміння необхідно розробнику виробу, що входить в більш складний комплекс (наприклад, радіостанції для судна, літака) або пов'язаного з іншими системами (з видачі

даних, харчуванню, управління та ін.).

Найчастіше повний цикл проектування називають науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (в англійській мові передається як Research & Development, R&D) - комплекс заходів, що включає в себе як наукові (дизайнерські, концептуальні та ін.) дослідження, так і виробництво дослідних і дрібносерійних зразків продукції, що передують запуску нового продукту або системи в промислове виробництво.

1.2 Структура процесу проектування промислових виробів

Проектне рішення – опис об'єкта або його частини, достатній для прийняття висновку про закінчення проектування або шляхах його продовження.

Проектна процедура – частина проектування, що закінчується отриманням проектного рішення.

Маршрутом проектування називається послідовність проектних процедур, що веде до отримання необхідних проектних рішень.

Проектні процедури діляться на процедури синтезу та аналізу. Процедура синтезу полягає в створенні описів проєктованого об'єкта. В описах відображаються структура і параметри об'єкта (тобто здійснюється структурний і параметричний синтез).

Процедура аналізу – дослідження об'єкта. Власне завдання аналізу формулюється як задача встановлення відповідності двох різних описів одного і того ж об'єкта. Один з описів вважається первинним, і його коректність передбачається встановленою. Другий опис відноситься до більш докладного рівню ієрархії, і його правильність потрібно встановити зіставленням з первинним описом. Таке зіставлення називають верифікацією.

Частина процесу проектування, що включає в себе формування всіх необхідних описів об'єкта називається етапом проектування.

Етапи проектування промислового виробу:

- 1) технічне завдання;
- 2) технічна пропозиція;
- 3) ескізне проектування;

- 4) технічне проектування;
- 5) робоче проектування;
- 6) виготовлення дослідного зразка.

Проектування як окремих об'єктів, так і систем починається з вироблення **технічного завдання** на проектування. У технічному завданні містяться основні відомості про об'єкт проектування, умови його експлуатації, а також вимоги, що пред'являються замовником до проектованого виробу. Найважливіша вимога до технічного завдання - це його повнота. Виконання цієї вимоги визначає терміни і якість проектування. Наступний етап - попереднє проектування - пов'язаний з пошуком принципових можливостей побудови системи, дослідженням нових принципів, структур, обґрунтуванням найбільш загальних рішень. Результатом цього етапу є **технічна пропозиція**.

На етапі **ескізного проектування** проводиться детальне опрацювання можливості побудови системи, його результатом є ескізний проект.

На етапі **технічного проектування** виконується укрупнене уявлення всіх конструкторських і технологічних рішень; результатом цього етапу є технічний проект.

На етапі **робочого проектування** проводиться детальне опрацювання всіх блоків, вузлів і деталей проектованої системи, а також технологічних процесів виробництва деталей і їх складання у вузли і блоки.

Заключний етап - **виготовлення дослідного зразка**, за результатами випробувань якого вносять необхідні зміни в проектну документацію.

При неавтоматизованому проектуванні найбільш трудомісткими є етапи технічного і робочого проектування. Впровадження автоматизації на цих етапах призводить до найбільш ефективних результатів.

1.3 Поняття і класифікація систем автоматизовано проектування

Процес проектування, здійснюваний повністю людиною, називають неавтоматизованим. В даний час найбільшого поширення при проектуванні складних об'єктів отримало проектування, при якому відбувається взаємодія людини і ЕОМ.

Таке проектування називають автоматизованим.

Система автоматизованого проектування – це організаційно-технічна система, що складається з комплексу засобів автоматизації проектування, взаємодіє з підрозділами проектної організації і виконує автоматизоване проектування.

Інженерна діяльність може бути підрозділена на кілька послідовних етапів: проектування, конструювання, підготовка і організація виробництва. Відповідно, і кошти автоматизації інженерної діяльності мають стала вже традиційною класифікацію, поділяє їх **за цільовим призначенням**:

- засоби проектування CAD (Computer Aided Design);
- засоби інженерного аналізу CAE (Computer Aided Engineering);
- засоби підготовки автоматизованого виробництва CAM (Computer Aided Manufacturing);
- засоби планування технологічних процесів CAPP (Computer Aided Process Planning);
- засоби управління життєвим циклом виробу PLM (product lifecycle management);
- засоби управління документообігом PDM (Product Document Management).

У свою чергу, всередині всієї безлічі CAD-рішень прийнято виділяти за галузевим призначенням:

- машинобудівні CAD - MCAD (Mechanical Computer Aided Design);
- САПР електронних пристроїв, EDA (Electronic Design Automation);
- архітектурно-будівельні САПР, АЕС (Architecture Engineering and Construction).

Продукти CAE поділяються на системи:

- на міцність (в основному засобами MCE - методу скінченних елементів);
- теплових розрахунків;
- обчислювальної гідроаеродинаміки, CFD (Computational Fluid Dynamics);
- кінематичного аналізу;
- механічної симуляції MES, (Mechanical Event Simulation);
- симуляції процесів лиття та обробки тиском;
- електромагнітних і електродинамічних розрахунків;

- оптимізуючі.

САПР також класифікують за різновидом та складністю об'єктів проектування:

- легкі (AutoCAD);
- середні (Solid Works, Solid Edge);
- важкі (CATIA, Pro / ENGINEER, NX).

Легкі САПР застосовують, в основному, замість кульмана. Можна сказати, що 2D креслення на комп'ютері легше, ніж за кульманом, адже програми налаштовані спеціальним чином так, щоб креслити було максимально легко і комфортно. Тут не потрібно стежити за якістю графіки, все малює комп'ютер. Можна без проблем виконувати кресленики будь-якої складності і розмірів (що важливо, коли виконуєш збірки формату A1 і A0).

Середні використовуються для 3D моделювання і побудови креслеників по 3D моделям. Природно, побачивши 3D модель двигуна ви зрозумієте набагато більше, ніж за кресленням також як і те, що деталь виконана верстатом з ЧПУ по 3D моделі буде точніше, ніж робочим по 2D кресленню.

Важкі САПР - навіть не програми, а цілі комплекси програм для великого підприємства. В одній ви виконуєте 3D модель деталі (CAD-програма), у другій - розраховуєте її на міцність (CAE-програма), в третій - проектуєте інструмент для її виготовлення, в четвертій - розробляєте керуючу програму для верстатів з ЧПУ (CAM-програма). Ну і вартість у них відповідна кількості функцій. Тому для багатьох компаній по співвідношенню ціна / якість найбільш оптимальною виглядає категорія середніх САПР, куди входить і програма SolidWorks.

Класифікація САПР за рівнем автоматизації:

- низько-автоматизовані (до 25% проектних процедур автоматизовано);
- середньо-автоматизовані (25-50%);
- високо-автоматизовані (50-75%);

Класифікація САПР за рівнем комплексності:

- одноетапні (один етап проектування);
- багатоетапні (кілька етапів);
- комплексні (весь процес створення виробу).

Класифікація САПР за характером і кількістю випущених проектом документів:

- САПР низької продуктивності (100-10 000 проектних

документів в перерахунку на формат А4 за рік);

- САПР середньої продуктивності (10 000-100 000);
- САПР високої продуктивності (100 000 і вище).

1.4 Історія розвитку систем автоматизовано проектування

Випадки застосування ЕОМ для проектування були відомі ще до того, як було сформульовано поняття САПР. У якості подібних прикладів можна навести програми для розрахунків методом кінцевих елементів і програми для автоматизованого проектування електронних схем і пристроїв. Як приклади з області технології можна привести системи підготовки програм для верстатів з ЧПУ і для креслярських автоматів. Як важливий внесок в розвиток методів автоматизованого проектування з застосуванням ЕОМ слід розглядати розробку мови Фортран. У 1955-1959 роках в Массачусетському технологічному інституті під керівництвом Росса була розроблена система програмування АРТ, в рамках якої і сформувалося поняття САПР. На противагу сьогоденішньому поняттю САПР тоді малося на увазі просто використання ЕОМ з метою проектування.

Під поняттям САПР розумілося всеосяжне і зростаюче використання ЕОМ. В кінці 50-х років не могло бути й мови про повністю автоматизоване проектуванні, але вже в цей час за основу приймалося ведення діалогу.

Якщо саме поняття автоматизованого проектування утвердилось вже в 50-х роках, то фірми, що займаються створенням САПР, з'явилися в 60-х роках.

У 1963 році фірмою «Дженерал Моторс» була продемонстрована перша промислова розробка САПР, названа ДАС-1. Приблизно в той же час фірма «Ітек» почала проектування оптичних лінз із застосуванням ЕОМ.

У 1966 році в Кембріджському університеті була розроблена перша технічно незалежна графічна система GINO. Там же в 1967-1968 роках. Грау розробив зручний варіант зберігання даних про об'єкт - систему ASP (асоціативна база даних).

У 1969 році в Західно-Берлінському технічному університеті було розпочато роботу по реалізації нової спеціальної програми «Техніка виробництва і автоматизації», в рамках якої була

розроблена тривимірна система графічного моделювання.

Норвезька САПР AUTO КОМ, створена для вирішення завдань суднобудування в 1971 році, була пристосована для зберігання великих обсягів даних по концепції побудови банку даних, розробленої в 1962 році Бахманом.

У США найбільш успішно працювала фірма «Макдоннел Дуглас», яка створила систему САДД. В Японії створена система TI PS-1, GEOMAP. В Англії розробили систему BUILD та ін.

З тих пір кількість впроваджуваних систем безперервно зростає. За оцінкою фахівців, в 1985 році кількість використовуваних систем істотно перевищує 1000.

У 1982 році група програмістів об'єдналася і створила компанію, відому як Autodesk. Рік по тому вони зробили свою флагманську програму AutoCAD доступною всьому світу, вартістю всього 1 тис. дол. Правда, в ті часи персональні комп'ютери були 16-розрядними, і їх потужності вистачало лише для двовимірних побудов - креслеників і створення ескізів. Однак це не завадило новинці мати величезний успіх у користувачів.

Це був найперший відомий програмний пакет для автоматизованого проектування, створений для комп'ютерів IBM, і знову поле змінилося назавжди.

Випуск AutoCAD став важливою подією в розвитку програмного забезпечення для автоматизованого проектування. У програмістів в Autodesk була мета створити продукт, який би робив майже все, що могли робити інші пакети САПР в той час, при цьому стягуючи невелику частину витрат.

При цьому Autodesk одноосібно змінила траєкторію програмування САПР, а також комерційної та доступних протягом десятиліть. Проте, майже всі такі програми застрягли в двох вимірах.

Програма, яка змінила ландшафт ще раз - і буквально дала світу дизайну інший вимір - була названа Pro / ENGINEER, створеної Parametric Technology Corporation.

Це було рішення для автоматизованого проектування, засноване на тривимірній геометрії і багатофункціональних, заснованих на значеннях операціях для визначення аспектів і вузлів інженерних або конструкторських проектів. Програма насправді все ще використовується на ПК Microsoft, хоча зараз вона називається Creo.

Pro/ENGINEER (Creo) також працював на комп'ютерних терміналах UNIX, оскільки персональні комп'ютери не мали достатньої обчислювальної потужності і швидкості, щоб надійно використовувати таке програмне забезпечення, але це все ще було важливим поворотним моментом. Зрештою, були випущені дві інші програми-однодумці, ACIS і Parasolid, кожна з яких заклала основу для інших програмних пакетів для автоматизованого проектування і графічних рішень.

Найбільш бурхливий розвиток САПР відбувалося в 90-х роках, коли Intel випустила процесор Pentium Pro, а Microsoft - систему Windows NT. Тоді на поле вийшли нові гравці «середньої вагової категорії», які заповнили нішу між дорогими продуктами, що володіють великою кількістю функцій, і програмами типу AutoCAD. В результаті склалося існує й нині поділ САПР на три класи: важкий, середній і легкий. Така класифікація виникла історично, і хоча вже давно йдуть розмови про те, що межі між класами поступово стираються, вони продовжують існувати, так як системи як і раніше розрізняються і за ціною, і за функціональними можливостями. Слід додати, що крім універсальних САПР також випускаються і різні спеціалізовані продукти, наприклад, для інженерного аналізу, розрахунку трубопроводів, аналізу лиття металів,

Сьогодні світ програмного забезпечення для 3D-дизайну є віртуальною індустрією програм і графічних пакетів, які роблять практично всі, що може собі уявити дизайнер або інженер. Вищезгаданий Autodesk є лідером в області програм САПР, але є і багато інших, деякі з яких призначені для вузьких, більш нішевих областей або інтересів.

Ось кілька основних прикладів сучасних рішень для 3D CAD проектування: 3ds Max, Blender, Cinema 4D, Rhino3D, SketchUp, Fusion 360 і SolidWorks. Хочете вірте, хочете ні, але насправді це все популярні рішення в цій галузі, в залежності від конкретних потреб дизайнера або інженера. В даний час на ринку залишилося лише три САПР верхнього цінового класу -Unigraphics NX компанії EDS, CATIA французької фірми Dassault Systemes (яка просуває її разом з IBM) і Pro/Engineer від PTC (Parametric Technology Corp.). Раніше потужних системи було більше, але після низки злиттів і поглинань компаній, число пакетів скоротилося.

Згадані компанії - лідери в області САПР, а їх продукти займають лівову частку ринку в грошовому вираженні. Головна особливість «важких» САПР – великі функціональні можливості, висока продуктивність і стабільність роботи - все це результат тривалого розвитку. Однак, ці системи немолоді - CATIA з'явилася в 1981 році, Pro/Engineer - в 1988 році, а Unigraphics NX, хоча і вийшла у 2002 році, є результатом злиття двох вельми поважних за віком систем – Unigraphics і I-Deas, отриманих фірмою EDS в результаті придбання компаній Unigraphics і SDRC.

Незважаючи на те, що важкі системи коштують значно дорожче своїх більш «легких» побратимів (десятки тисяч доларів за одне робоче місце), витрати на їх придбання окупаються, особливо коли мова йде про складне виробництво, наприклад машинобудування, двигунобудування, авіаційну та аерокосмічну промисловість.

Зараз ринок розвивається еволюційно: розширюються функціональні можливості продуктів, підвищується продуктивність, спрощується використання. Але, можливо, незабаром нас чекає чергова революція. Аналітики з компанії Cambashi вважають, що це станеться, коли постачальники САПР почнуть використовувати для зберігання інженерних даних (креслеників, тривимірних моделей, списків матеріалів і т. д.) не файлові структури, а стандартні бази даних SQL-типу. В результаті інженерна інформація стане структурованою, і керувати нею буде набагато простіше, ніж тепер.

1.5 Види забезпечення САПР

Забезпечення систем автоматизованого проектування включає в себе:

- теорію процесів, що відбуваються в схемах і конструкціях;
- методи аналізу і синтезу конструкцій, систем і їх складових частин, їх математичні моделі;
- математичні методи і алгоритми чисельного рішення систем рівнянь, що описують конструкції.

Зазначені компоненти складають ядро САПР. В забезпечення САПР входять також алгоритмічні спеціальні мови програмування, термінологія, нормативи, стандарти та інші дані.

Розробка комплексу забезпечення САПР вимагає спеціальних знань в областях застосування САПР. Отже, розробка забезпечення САПР - прерогатива фахівців в предметній області. Зазвичай в якості відокремлених блоків в забезпеченні САПР виділяються наступні.

Математичне забезпечення (МЗ) - сукупність математичних методів, моделей і алгоритмів проектування, представлених в заданій формі.

МЗ при автоматизованому проектуванні в явному вигляді не використовується, а застосовується похідний від нього компонент - програмне забезпечення. Разом з тим розробка математичного забезпечення є найскладнішим етапом створення САПР, від якого при використанні умовно однакових технічних засобів в найбільшій мірою залежать продуктивність і ефективність функціонування САПР в цілому.

Математичне забезпечення будь-яких САПР за призначенням і способам реалізації ділиться на дві частини. Першу складають математичні методи і побудовані на їх основі математичні моделі, які описують об'єкти проектування або їх частини або обчислюють необхідні властивості і параметри об'єктів.

Другу частину складає формалізоване опис технології автоматизованого проектування.

У складі будь-якої САПР ці частини математичного забезпечення повинні органічно взаємодіяти. Способи та засоби реалізації першої частини математичного забезпечення найбільш специфічні в різних САПР і залежать від особливостей процесу проектування. Розвиток і вдосконалення методів в даній частині - процес постійний. Створення САПР стимулює ці роботи, і перш за все в частині розробки оптимізаційних методів проектування.

Друга частина математичного забезпечення - формалізація процесів автоматизованого проектування в комплексі - є більш складним завданням, ніж алгоритмізація та програмування окремих проектних завдань, так як необхідно формалізувати всю логіку технології проектування, в тому числі логіку взаємодії проектувальників один з одним з використанням засобів автоматизації. Зазначені проблеми вирішувалися і вирішуються в даний час емпіричним шляхом, головним чином методом проб і помилок. Отже, математичне забезпечення САПР має описувати

у взаємозв'язку об'єкт, процес і засоби автоматизації проектування.

Технічне забезпечення - сукупність пов'язаних і взаємодіючих технічних засобів, що забезпечують роботу САПР. Технічне забезпечення САПР включає пристрої обчислень і організаційної техніки, засоби передачі даних, вимірювальну техніку, пристрої підготовки даних і організації архівів. В даний час більшість практично діючих САПР будуються на базі локальних обчислювальних мереж.

Програмне забезпечення - сукупність машинних програм, необхідних для здійснення процесу проектування, що включає системне і прикладне програмне забезпечення. У програмному забезпеченні САПР виділяють:

- загальносистемне програмне забезпечення (базова операційна система та моніторні системи САПР);
- пакети прикладних програм (комплекси програмних засобів, орієнтованих на вирішення завдань у певній галузі);
- системи програмування (сукупність засобів написання текстів, трансляції і налагодження програм користувача).

Інформаційне забезпечення - сукупність відомостей, необхідних для виконання проектування. Включає СУБД (Систему управління базами даних), саму базу даних і базу знань. До інформаційного забезпечення висуваються такі вимоги:

- адекватність інформації стану предметної області;
- масовість використання (колективний доступ);
- швидкодія (час реакції на запит);
- продуктивність (кількість запитів, які виконуються в одиницю часу);
- можливість розширення;
- надійність і захист інформації.

Інформаційне забезпечення САПР складається з опису стандартних проектних процедур, типових проектних рішень, типових елементів, комплектуючих виробів і їх моделей, матеріалів, числових значень параметрів і інших даних. Ці дані в закодованій формі записуються на машинних носіях. Крім того, в інформаційне забезпечення САПР входять правила і норми проектування, що містяться у відповідній нормативно-технічній документації, а також інформація про правила документування результатів проектування. Структура і зміст ІЗ САПР, а також

характер його використання залежать від ступеня розвитку банку даних (БД).

В БД можна виділити суттєві частини, які відіграють різну роль в процесі проектування:

- довідник містить довідкові дані про ГОСТах, нормаль, уніфікованих елементах, раніше виконаних типових проектах. Ця частина змінюється найменш часто, характеризується одноразовим записом і багаторазовим зчитуванням і називається постійною частиною БД.

- проект містить відомості про виріб, що знаходиться безпосередньо в процесі проектування. У проект входять результати вирішення проектних завдань, отримані до теперішнього моменту (різного типу геометричні моделі, схеми, специфікації і т. П.). Проект поповнюється або змінюється в міру завершення чергових ітерацій на етапах проектування і конструювання.

Часто довідник і проект об'єднують під загальною назвою архів.

Лінгвістичне забезпечення - сукупність мов проектування, включаючи терміни, визначення, правила формалізації природної мови, методи стиснення і розгортання текстів.

В свою чергу, лінгвістичне забезпечення САПР підрозділяється на мови програмування, проектування і управління.

Мови програмування служать для розробки і редагування системного і прикладного програмного забезпечення САПР. Вони базуються на алгоритмічних мовах - наборі символів і правил освіти конструкцій з цих символів для завдання алгоритмів розв'язання задач. Сукупність мови програмування і відповідного йому мовного процесора називають системою програмування.

Мови проектування - це проблемно-орієнтовані мови, що служать для обміну інформацією про об'єкти та процесі проектування між користувачем і комп'ютером.

Мови управління служать для формування команд управління технологічним обладнанням, пристроями документування, периферійними пристроями.

Існують різні рівні мов програмування: високі, більш зручні для користувача, і низькі, близькі до машинних мов.

Методичне забезпечення - сукупність документів, що встановлюють склад, правила відбору і експлуатації засобів забезпечення системи.

Організаційне забезпечення - сукупність документів, що визначають склад проектної організації, зв'язок між підрозділами, а також форму представлення результатів проектування та порядок розгляду проектних документів.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняттю «проектування». Охарактеризуйте аспекти проектування.
2. Перелічіть етапи життєвого циклу промислових виробів.
3. Назвіть види робіт, які виконуються на етапі ескізного проектування промислового виробу.
4. Назвіть види робіт, які виконуються на етапі робочого проектування промислового виробу.
5. Дайте визначення поняттю «система автоматизованого проектування».
6. Яка з компаній першою в світі розробила програмний продукт для автоматизованого проектування?
7. Наведіть класифікацію систем автоматизованого проектування.
8. Які компоненти складають ядро автоматизованої системи проектування?
9. Охарактеризуйте види забезпечення систем автоматизованого проектування.
10. Поясніть різницю між проектною операцією та проектною процедурою.