

*Кординал С.А., Асаулова Т.В., студенти магістратури
Вінницького державного
педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського
Цвілик С.Д., кандидат педагогічних наук, доцент
Вінницького державного педагогічного
університету імені Михайла Коцюбинського
м. Вінниця
e-mail: ktoebgd@gmail.com*

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ У ВИГОТОВЛЕННІ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА І В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

***Анотація.** В статті аналізуються риси сучасних систем автоматизованого проектування, які застосовуються у процесі виготовлення проектно-конструкторської документації та під час навчання графічних дисциплін у середній, професійній школі та в закладах вищої освіти. Встановлено, що створюються принципово нові методики викладу графічних знань на базі сучасних комп'ютерних технологій. Особливістю цих методик є вивчення цих систем в процесі освоєння конкретної галузі знань: основ виробництва, технічного креслення, природничо-математичних дисциплін.*

***Ключові слова:** системи, комп'ютерна графіка, САПР, виробництво, освіта.*

***Abstract.** The article analyzes the features of modern automated design systems that are used in the process of manufacturing design documentation and during training graphic disciplines in secondary, vocational and higher education institutions. It is established that fundamentally new methods of presentation of graphic knowledge on the basis of modern computer technologies are created. The peculiarity of these techniques is the study of these systems in the process of mastering a specific field of knowledge: bases of production, technical drawing, natural and mathematical disciplines.*

***Keywords:** systems, computer graphics, CAD, production, education.*

Постановка наукової проблеми. Системи автоматизованого проектування (САПР) починались як конкуренти кульмана і олівця, нині перейшли «креслярські» межі, «вийшли у третій вимір» з можливостями моделювання, серйозно допомагають розрахункам і конструюванню. Швидка розробка нових виробів практично неможлива без застосування цих комп'ютерних систем. З кожним роком область застосування САПР все більше розширюється.

Аналізуючи стан упровадження в Україні САПР в сфері матеріального виробництва і в освітньому процесі, ми дійшли до висновку: обидва ці напрями характеризуються відносно, в порівнянні з високорозвиненими країнами, низькими темпами впровадження, хоча в сфері матеріального виробництва спостерігається випередження темпів впровадження порівняно з освітою. Це випередження, на думку багатьох авторів, пояснюється більшими фінансовими

можливостями підприємств і бажанням створювати нові види своєї продукції в короткі терміни, з мінімальними витратами на її розробку і максимальній якості для завоювання ринку її збуту. Цих цілей неможливо досягти без застосування сучасних інформаційних комп'ютерних технологій, у тому числі й САПР.

Короткий аналіз досліджень проблеми. Не зважаючи на те, що перші електронно-обчислювальні машини (ЕОМ) з'явилися ще наприкінці 40-х років ХХ століття, досить довго вони використовувалися виключно для наукових розрахунків і у військових цілях. Поява перших програмних систем стала можливою лише після широкого ЕОМ одночасним зниженням їхньої ціни. Конфігурація комп'ютерів, що застосовувалися в ті роки для САД/САМ, мало нагадувала сучасні обчислювальні засоби. Можливо це безглуздо, але перші комп'ютерні системи, що застосовувалися як платформа для електротехнічних САПР, навіть не завжди мали власний дисплей. Введення даних здійснювалося за допомогою перфокарт, а результат на плотері.

Мета і завдання статті. Проаналізувати становлення й розвиток різних видів систем автоматизованого проектування (САПР) та їхнє можливе використання в окремих галузях виробництва та в освітньому процесі.

Виклад основного матеріалу. Однією з важливих дат розвитку САПР прийнято вважати 1960-й рік, коли компанією MIT Lincoln Lab був випущений пакет для креслення SKETCHPAD. Рік потому фірмою ІТЕК був розроблений продукт, який мав назву Електронна Креслярська Машина (The Electronic Drafting Machine) і працював на платформі PDP-1 виробництва DEC. У 1965 р. підрозділ Control Data Corp. (CDC) компанії ІГЕК випускає Digigraphics CAD systems. У 1969 р. компанія Computervision закінчує розробку САПР Applicon.

У 70-х рр. ХХ САПР активно розробляються. Найбільші автомобільні (Ford, GM, Renault, BMW) й авіабудівні компанії (Lockheed, Boeing) розпочали розробляти власні САД-системи. Ці САПР працювали лише з двовимірною графікою. Створений концерном Lockheed пакет CADAM (Computer-Augmented Drafting and Manufacturing) через деякий час компанією Avions Marcel Dassault був перетворений у повноцінну інтерактивну систему для тривимірного моделювання. Згодом цей проект був названий CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application), а перша версія системи вийшла у 1982 р.

У 1981 році починає свій переможний хід персональний комп'ютер (ПК), а в 1983 р. компанія AutoDesk випускає перший САПР-пакет для ПК AutoCAD. О перші такі САД/САМ-системи були досить обмежені в можливостях унаслідок слабкої обчислювальної потужності ПК, тому на виробництві для автоматизованого проектування застосовували могутні станції. Один з перших таких пристроїв випустила компанія Sun Microsystems, згодом подібні системи були випущені HP, IBM і іншими виробниками. Нез те, що потужність ПК стрімко зростає, й дотепер багато САПР (наприклад, CATIA) працюють лише на робочих станціях.

Спочатку системи автоматизованого проектування застосовувалися лише в машинобудуванні й електротехнічній промисловості, з часом САПР стали використовувати також і в архітектурі. Останнім часом галузь застосування цих систем продовжує розширюватися (конструювання меблів, планування інтер'єрів, пошиття одягу). З приходом Internet-буму з'явилися пакети для роботи в online-режимі, а також для спільного проектування за допомогою

Internet-технологій. Більшість систем стали «обростати» модулями для створення технічної документації, технологічної підготовки виробництва, утилітами для виконання розрахунків тощо.

Легкі системи призначені для створення простих двовимірних (2D) креслень і можуть мати невеликий набір функцій для 3D-моделювання. Як правило, це «урізані» версії систем вищого рівня, що використовуються для навчання учнів середньої, професійної школи, студентів вищої школи і молодих фахівців-конструкторів.

Системи середнього рівня, одержали нині найбільше, є повнофункціональними пакетами з можливістю складного параметричного моделювання, підключення різних модулів і наявністю великих спеціалізованих бібліотек. Практично всі вони працюють на платформі Windows, мають модульну структуру, що забезпечує вигідне співвідношення ціна/функціональність.

Пакети важкого рівня (клас high-end) володіють найбільшими можливостями, дозволяють працювати зі складальними кресленнями, що понад мільйон деталей і вузлів. Як правило, high-end пакети, окрім власне систем автоматизованого проектування, характеризуються наявністю безлічі інтегрованих модулів CAE, CAM, PDM. Системи класу high-end можна полічити на пальцях однієї руки, до найбільш відомих систем відносяться САПА, Pro/Engineer, Unigraphics. Процес розробки таких систем складний і трудомісткий, тому нові версії виходять з періодичністю в 5-7 років. Використання цих систем вимагає високої кваліфікації, тому навчання роботі з ними триває 1-2 роки. До недавнього часу такі системи працювали на робочих станціях виробництва Sun Microsystems, SGI, DEC, Hewlett-Packard, IBM. САПР даного класу використовуються у авіа, судно- і автомобілебудівних компаніях.

Розглянемо найбільш поширені в Україні САПР середнього рівня, а також найбільш яскравих представників high-end класу [5].

Desktop Power Pack R6 «Mechanical Desktop» дозволяє виконувати складні тривимірні моделі, але при цьому надзвичайно вимогливий до обчислювальних ресурсів. Історично склалося так, що Mechanical Desktop є одним з найбільш поширених у світі пакетів середнього рівня. На початку 90-х рр. XX ст. це був революційний, спеціально зорієнтований на машинобудування продукт, об'єднуючий усі можливості AutoCAD, що перевершує його в засобах проектування твердотільних деталей, поверхонь і складок. Нині Mechanical Desktop все ще популярний - досить часто підприємства Китаю, Ірану й інших східних країн використовують документацію, створену в цій системі. У систему продукту входить Power Pack, що дає можливість використовувати більше мільйона двовимірних і тривимірних зображень стандартних деталей і конструктивних елементів (зокрема, стандартних). Крім того, до його складу входить модуль для виконання певної кількості інженерних розрахунків.

Mechanical Desktop досить повільно працює, оскільки використовує старе ядро, що дісталось йому від AutoCAD під DOS. Інтерфейс програми захаращений дублюючими командами і дуже важкий для вивчення. В результаті навіть нововведені функції, такі як проектування й розрахунок

різних пружин, спіральних тривимірних масивів і автоматична побудова рознесеного вигляду з різними масштабними коефіцієнтами навряд чи допоможуть Mechanical Desktop в конкурентній боротьбі з іншими системами. У наші дні цей пакет застосовується, як правило, тими, хто вже звик до AutoCAD і не хоче змінювати систему або вимушений у ній працювати на вимогу замовника.

Auto Desk Inventor. Новому дітищу від Auto Desk програмі Inventor кілька років. Продукт побудований на новому ядрі, відмінному від AutoCAD (що робить проблемним читання креслень у формі.dwg), і розробниками як система для роботи з проектами, що містять до 13 тисяч компонентів.

В останньому випуску програми присутні деякі корисні нововведення. Наприклад, майстер імпорту, що дозволяє відкривати двомірні креслення формату AutoCAD в Inventor. Функція потрібна, але викликає подив, чому вона не була зреалізованою ще в першій версії. Але навіть в останньому випуску в імпорті не підтримуються шари, а це дуже важливо роботі з AutoCAD.

Багато можливостей, наявних як стандарт де-факто в інших САПР-пакетах середнього рівня, в Inventor з'явилися лише нещодавно. Наприклад, можливість редагувати сплайни перетягуванням точок, карти текстур з підтримкою прозорості й асоціативність у зміні топології в середовищі створення.

В Inventor добре зреалізовано функції роботи з листовим матеріалом, інструменти конструювання пластикових деталей і прес-форм. Реалізовано можливість гібридного моделювання, підтримується технологія «адаптивних складок». Остання функція є значним удосконаленням в роботі з складками, але поки що має багато обмежень.

Систему **Solid Works 2001 Plus** спеціально спроектовано для роботи з 3D-об'єктами під ОС Windows. Вона забезпечує р продуктивність. Візуалізація в Solid Works 2001 за допомогою рендеринга трасуванням променів дозволяє відобразити реальний вид майбутньої конструкції.

Solid Works має в своєму складі все, що повинен мати пакет середнього рівня: твердотільне й поверхневе 3D-моделювання; функція генерації двомірних креслень на основі тривимірної моделі, параметризація об'єктів. Модуль нанесення розмірів підтримує декілька стандартів. Можливо створення складальних креслень з кількістю елементів до 10 тисяч. Управління процесом створення моделі спрощується за допомогою спеціального дерева побудов, що відображає повну структуру моделі й можливі конфігурації редактора властивостей.

Одночасно з базовим пакетом можна придбати додаткові модулі для проектування прес-форм, прокладки трубопроводів тощо. Відкрита архітектура системи дозволяє їй легко інтегруватися з Design Space і іншими застосуваннями класу САЕ. З їхньою допомогою можна виконувати аналіз міцності конструкції методом кінцевих елементів, розрахунок на втому, електромагнітний розрахунок тощо.

Пакет компанії Аскон **Компас-3D** останнім часом набув широкого поширення. В Компас-3D можливим є швидке виконання деталювання креслення відповідно до вимог Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД). Програмісти працювали в тісній співпраці з конструкторами КБ військового заводу, в результаті інтерфейс продукту вийшов орієнтованим саме

на конструкторів, а не на програмістів. Перехід від кульмана до комп'ютера в системі Компас самий безболісний: через 2 тижні навчання конструктори, що раніше не тримали в руках мишку, вже вміють самостійно виконувати складні креслення. На відміну від інших систем, Компас-3D 5.11 має всі параметри, що відповідають ЄСКД: зображення ліній, текст, основні написи. Об'ємна бібліотека різних елементів, конструкцій є важливою допомогою в роботі.

Стратегічно правильним напрямом фірми Аскон є комплексний підхід до автоматизації на підприємстві: Компас-3D можна придбати як пакет технологічного проектування Компас-Автопроект і систему управління інженерними даними Компас-Менеджер.

Завдяки цим та іншим перевагам система завоювала своє місце на машинобудівних підприємствах, потіснивши багатьох проектувальників САПР. Проте розробники програми не зупиняються на досягнутому - в останній версії присутній поліпшений 3D-модуль з модернізованим ядром власної розробки. Прикро, але якість його поки що низька. Враховуючи темп, з яким Компас-3D розвивається, можна стверджувати, що він наздожене конкурентні САПР-пакети у області тривимірного моделювання.

T-Flex CAD 3D 7.0. Фундаментом комплексу програмних продуктів T-Flex є система тривимірного твердотілого параметричного моделювання T-Flex CAD 3D, створена на бібліотеці тривимірних математичних функцій Parasolid. Продукт спочатку проектувався як параметричний САПР, здатний поставити навіть популярний Solid Works. T-Flex CAD надає конструктору всі необхідні інструменти для проектування виробу як у вигляді об'ємної параметричної твердотілової моделі, так і за допомогою традиційних двовимірних креслень. T-Flex/ТехноПро дозволяє згенерувати у спроектованих моделях і кресленнях всю необхідну технологічну документацію.

T-Flex/ИСПА дозволяє виявити проблемні місця виробу ще до його виготовлення й одержати оптимальні шляхи їхнього усунення. Для спеціалізованих напрямів проектування успішно використовуються системи T-Flex/Штампи, T-Flex/Розкрій і T-Flex/Пресс-форми. T-Flex ЧПК вирішує завдання підготовки програм для виготовлення спроектованої деталі на верстатах з числовим програмним керуванням. І, нарешті, для чіткої організації всіх робіт призначена програма T-Flex DOCs - система ведення проектів і документообігу.

Проте деякі функції - в T-Flex CAD 3D-7.0 ще вимагають доопрацювання. Так, відсутність окремих видів з різними масштабами і незручна функція вибору розмірів утруднюють застосування цього пакету в конструкторській роботі. До переваг відноситься порівняно легка параметризація об'єктів; асоціативні розміри із зворотним зв'язком (які працюють, навіть якщо креслення непараметризоване), оптимізацію розкладки креслень на в друці, гарячі клавіші практично для всіх команд. Але пакет потребує доведення, щоб наздогнати конкурентні продукти.

Пакети класу high-end. З моменту свого створення девіз САТІА звучав як «Потужність 3D для всіх і завжди». САТІА R5.7 має власне оригінальне геометричне ядро, що дозволяє моделювати будь-які складні поверхні. У програмі зреалізовано універсальну концепцію «м'якої параметризації», що дозволяє працювати як з параметричною, так і непараметричною моделлю.

Нааявною є функція фотореалістичного відображення моделей у реальному часі, бібліотека містить не текстури, але й фізичні характеристики матеріалів.

В кінці 80-х років XX століття пакет Pro/Engineer R2001 став законодавцем моделювання деталей на базі технології твердотілого параметричного моделювання. У сучасному Pro/E базові засоби не змінилися у порівнянні з минулими версіями: витискування й обертання перетину, протяжки його вздовж будь-якої кількості 3D-кривих, а також по набору повздовжніх перетинів.

Система **Unigraphics V18** виділяється вбудованим модулем для складного кінематичного аналізу й симуляції практично будь-якого тривимірного механізму. Здійснюючи перевірку різних варіантів розміщення механізму, можна проаналізувати мінімальні відстані, перетини і трасування деталей, що переміщуються. В імітації руху використовуються такі об'єкти, як шарніри, пружини й втулки. Системам цього класу під силу навіть моделювання морських суден, адже деякі з них містять до 1,5 мільйона деталей. Замовниками подібних програм є такі відомі компанії, як BMW, Daimler Crysler, Ferrari, Honda, MAN, Mitsubishi, Porsche, Boeing, SAAB.

САПР в меблевому виробництві. Успіх CAD/CAM-систем у машинобудуванні привів до їхнього активного застосування в інших галузях промисловості. Однією з таких галузей є виробництво меблів. Серед представлених на ринку пакетів розглянемо дві розробки.

САПР Woody 1.5 від української компанії Intear [5] призначена для конструктивного проектування корпусних меблів з листових матеріалів, таких як ДСП, ДВП, скло тощо. Орієнтована ця САПР на й дрібні меблеві компанії, що займаються виробництвом офісних і домашніх меблів.

Проектування проводиться за допомогою створення деталей на ортогональній просторовій осьовій сітці, остаточне доведення виробу можна виконувати в аксонометричній проекції. Процес можна полегшити за допомогою спеціальних майстрів. З програмою поставляється база даних у форматі MS Access для обліку матеріалів, фурнітури й інших деталей зі складу. Спеціальна утиліта дозволяє визначити собівартість об'єкту. Після завершення проектування можливою є автоматична перевірка коректності конструкції виробу. Тривалість же самого процесу залежить від складності виробу й професійних навичок самого дизайнера. З програмою поставляються готові шаблони, які можна застосовувати для швидкої розробки нових виробів.

Система конструювання меблів **3D-Constructor 2.0**, розроблена одеським НПП «Електрон» [2; 8], використовується як застосування під AutoCAD 2000/2002. Пакет дозволяє готувати параметричну модель меблів із використанням як листового матеріалу, так і нестандартних деталей складної форми (наприклад, миття, труби, диванні подушки). На основі спроектованої моделі можна автоматично одержати необхідні відомості й специфікації. Пакет 3D-Constructor тісно інтегрований з утилітою оптимального розкрою листів 2D-Place і програмою 3D-Flat, що дозволяє швидко відтворити приміщення клієнта і розставити в ньому зразки моделі.

Архітектурні САПР. Одне з перших місць серед програм з комп'ютерного проектування в архітектурі займає пакет **ArchiCAD**, спеціально розроблений для архітекторів і дизайнерів. Проте конкуренти не стоять на місці - компанія

AutoDesk, один з основних виробників у області CAD/CAM ПЗ для ПК, створила на базі AutoCAD - додаток Architectural Desktop.

Треба відмітити, що AutoCAD, який має сьогодні універсальне призначення, досить часто застосовується як платформа для самих різних САПР. Наприклад, київські розробники створили на його основі популярну програму **Маестро**, зорієнтовану на архітекторів і будівельників.

Компанія "Про-Про" на основі свого пакету **bCAD** створила САПР, призначені як для інженерів, так і для архітекторів і дизайнерів. Їх відмінною рисою є могутні засоби 3D-моделювання й візуалізація з низькою ціною продукту.

Сучасна проектна документація містить не лише паперові комплекти креслень, але й їхні електронні версії, інформаційну модель проєктованого об'єкту. Конкуренція на ринку мотивує проєктні організації вдосконалювати технічне оснащення й програмне забезпечення, що автоматизує процеси проєктування. Замовники звертають увагу не лише на вартість проєкту, але й на технічне оснащення організації, її здатність в короткі терміни випустити якісний продукт. З іншого боку, переваги комплексної автоматизації не потребують особливих доказів. Вона враховує потреби різних галузей і спеціальностей, дозволяє сформувати єдиний інформаційний простір, необхідний для повноцінної взаємодії фахівців різних підрозділів і служб. Результатом такої діяльності є підвищення якості проєктної конструкторської документації й, безперечно, конкурентоспроможності підприємства.

Окремі заклади в освітньому процесі використовують комп'ютерну систему "GEOM", яка включає модулі для моделювання об'єктів, інструментальні способи контролю й навчальний блок програм з креслення. Учні мають можливість працювати з системою на заняттях з викладачем і самостійно, використовуючи її як комп'ютерний підручник.

Система GEOM включає комплекс програм, що дозволяють: використовувати прикладні математичні методи на базі дискретно інтерполяційних процесів, моделювати тривимірні об'єкти, процеси, середовища, моделювати на площині основні геометричні операції; проводити комп'ютерне навчання й проводити тестовий контроль з основних розділів; проводити практичні роботи з геометричного моделювання і комп'ютерної графіки. Також у систему входить блок службових програм, що дозволяють виконувати всі основні епюрні графічні операції - графічні редактори.

Розроблені програми дозволяють автоматизувати виконання деяких розрахунково-графічних завдань, розробляти схеми алгоритмів або модифікувати їх.

Наприклад, під час навчання будівельного креслення використовується оригінальне програмне забезпечення, що дозволяє моделювати типові конструкції будівель і споруд, а також значний комплекс програм для розробки проєктно-конструкторських робіт, анімаційних проєктів, елементів комп'ютерного дизайну. При цьому використовуються демонстраційно-навчальні програми з метою попереднього ознайомлення і навчання.

Навчання роботі в таких системах як AutoCAD, Solid Works, CorelDraw, 3Dmax, Компас тощо є можливим в процесі вивчення спеціальних та графічних

дисциплін професійно-практичної підготовки кваліфікованих робітників в професійній школі, в гуртковій та позакласній роботі в середній школі.

Одним з важливих напрямів освітньої діяльності є розробка комп'ютерної технології навчання учнів креслення із застосуванням систем AutoCAD, Компас, 3Dmax для автоматизації техніко-графічних робіт. Такий підхід до навчання дозволяє розвивати в учнів інженерний підхід до освоєння сучасних комп'ютерних технологій виконання різних графічних побудов.

Друге джерело інформації - це підручники й навчальні посібники, за якими учні можуть освоювати графічні дисципліни. Серед авторів цих підручників або навчальних посібників В.Є.Михайленко, А.М.Підкоритов, В.В.Ванін, В.К.Сидоренко. У підручниках і навчальних посібниках з графічних дисциплін, виданих з початку 2000 р., крім теоретичного матеріалу є короткі описи різних САПР (AutoCAD, T-Flex, Компас тощо), можливості їхнього застосування у виконанні графічних побудов. Але в більшості цих підручників або навчальних посібників відсутній методологічний, педагогічно виправданий зв'язок між теоретичним матеріалом і способами виконання конкретних практичних завдань в САПР. Подібний виклад застосування САПР в процесі засвоєння графічних дисциплін розраховано, перш за все, на учнів-ентузіастів, що займаються факультативно, а не на середньостатистичного учня, який має обов'язково (за навчальною програмою) виконувати побудови із застосуванням обраної конкретним навчальним закладом базової САПР.

Висновки. Сучасні САПР дозволяють автоматизувати ручну працю. Якщо системи першого покоління фактично були просто інструментом для креслення за допомогою комп'ютера, то сучасні пакети дозволяють повністю автоматизувати роботу конструктора на деяких стадіях розробки. В цілому це не лише зменшує час проектування – комп'ютеризація процесів конструювання й виробництва дозволила масово створити вироби надзвичайно складної форми, що раніше виготовлялися поштучно. Ймовірно, що в майбутньому конструктор буде лише чітко ставити завдання, після чого апаратно-програмний комплекс САПР прорахує оптимальні параметри виробу, технологічний процес виготовлення і складання та представить користувачу декілька готових варіантів рішення.

Список використаних джерел:

1. Кирсанов Д. Понятный Интернет: практ. пособие по настройке и навигации с Netscape Navigator / Д. Кирсанов. - [1-е изд.]. -СПб.: Символ-плюс, 1996. - 252 с.
2. Клименко С., Уразметов В. Internet - среда обитания информационного общества / С.Клименко, В. Уразметов. - Протвино: РЦФТИ, 1995. - 273 с.
3. Компьютерные коммуникации – школе: пособие для учителя / под ред. Е.С.Полат.- М.: РАО, ИСО, 1995.- 168 с.
4. Левин Джон Р., Бароди Кэрол. Секреты INTERNET/ Джон Р. Левин, Кэрол Бароди. - К.: Диалектика, 1996. -544 с.
5. Михайленко В.С., Найдиш В.М., Підкоритов А.М., Скидан І.А. Інженерна та комп'ютерна графіка: підручник для ВНЗ / [В.С.Михайленко, В.М.Найдиш, А.М.Підкоритов, І.А.Скидан]. - К.: Вища школа, 2001. - 346 с.
6. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / [Е.С. Полат, М.Ю.Бухаршина, М.В.Моисеева, А.Е.Петров]; под

ред. Е.С.Полат. - М.: Просвещение, 2000.- 272 с.

7. Соловов А.В. Проектирование компьютерных систем учебного назначения: учебное пособие / А.В. Соловов. - Самара: СГАУ, 1995. - 138 с.

8. Сьюзел Д., Ротерей Д. Основные направления применения ЭВМ / Перспективы // Вопросы образования. -1988. - № 3. - С.60-69.

9. Федосеев А.А. О моделях и методах использования информационных технологий в обучении // Системы и средства информатики. - Вып. 8. - М.: Наука, Физматлит, 1996. - С. 54-68.

10. Цвілик С.Д., Романюк Н.І. Комплексне методичне забезпечення як фактор реалізації наступності у проведенні самостійної роботи / С.Д. Цвілик, Н.І. Романюк // Актуальні проблеми трудової і професійної підготовки молоді\\ Збірник наукових праць. – Вінниця, 2003. – Вип. 9. – С. 121.123.