

УДК 05.13.12

к.т.н., доцент Безклубенко І.С.,  
e-mail: i.bezklubenko@gmail.com, ORCID 0000-0002-9149-4178,  
доцент Лесько В.І., e-mail: vitlesu@ukr.net, ORCID 0000-0003-3510-1365,  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ САПР ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

*Розглядаються актуальні проблеми створення сучасної системи автоматизації проектування (САПР) інженерних мереж з метою забезпечення ефективного використання ресурсів цільового продукту. Показано, що САПР інженерних мереж може бути представлена у вигляді сукупності методологічного, інформаційного, програмного, технічного та організаційного забезпечення, а також досліджено схему взаємозв'язку забезпечуючих засобів САПР на етапах проектування та експлуатації інженерної мережі.*

*Ключові слова: інженерна мережа, системи автоматизації проектування, системний підхід, проектні рішення.*

**Вступ.** Основними критеріями якості роботи інженерних мереж будь якого міста є ефективне використання ресурсів цільового продукту (газу, води, тепла), мала вартість і енергоємність мережі, надійність захисту від аварій та відмов, нормальне функціонування мережі в умовах постійно зростаючого попиту цільового продукту.

Створення сучасних систем такого типу потребує спеціальної організації проектних робіт. В зв'язку з цим, особливу актуальність на сучасному етапі набуває створення систем автоматизації проектування (САПР) інженерних мереж.

**Виклад основного матеріалу.** Система автоматизованого проектування представляє собою організаційно-технічний комплекс, який складається з великої кількості взаємопов'язаних і взаємодіючих компонентів. Головна функція САПР інженерних мереж полягає в забезпеченні автоматизованого проектування мережевої системи на основі застосування математичних і інших моделей, автоматизованих проектних процедур і засобів обчислювальної техніки.

Під системою автоматизації проектних, конструкторських і технологічних розробок в галузях промисловості і будівництва прийнято розуміти сукупність наступних компонент [1]:

- теорія і методи автоматизації всіх етапів проектування, конструювання і технологічної підготовки виробництва (від постановки задачі до випробування експериментальних зразків );

- комплекси сучасних технічних і програмних способів прийому, передачі, обробки, зберігання і видачі інформації;
- інформаційна база цих систем ;
- організаційно-технічні засоби, необхідні для розробки, виробництва, впровадження і функціонування цих систем і їх компонент в науково-дослідних, проектно-конструкторських і технологічних організаціях і підприємствах.

Система проектування інженерних мереж може бути представлена у вигляді сукупності методологічного, інформаційного, програмного, технічного та організаційного забезпечення.

Основні компоненти САПР наведені на рис.1.

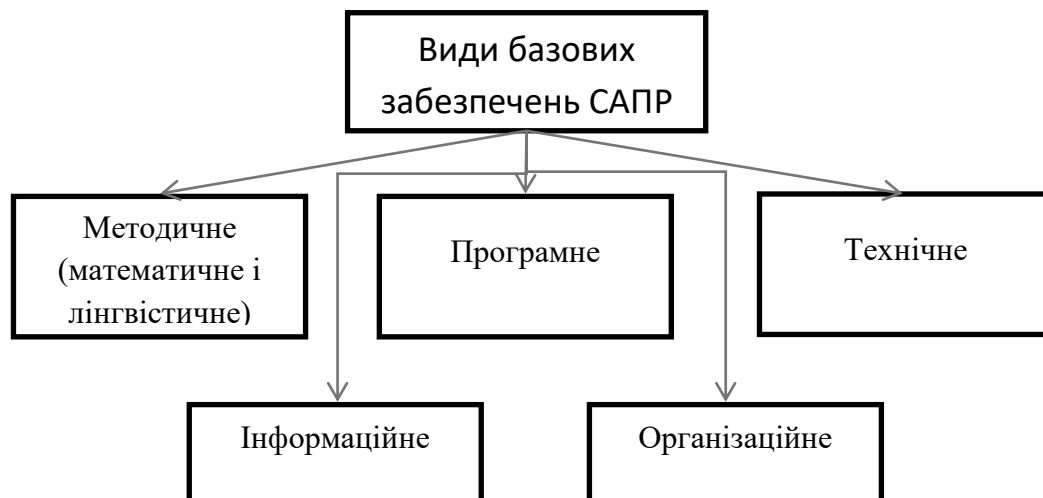


Рис.1. Основні компоненти САПР

Методичне забезпечення включає в себе теорії, методи, засоби, математичні моделі, алгоритми, нормативи, алгоритмічні та спеціальні мови, що забезпечують методологію проектування в САПР.

Програмне забезпечення включає прикладні програми, загальносистемні програми і експлуатаційні документи призначені для отримання проектних рішень.

Технічне забезпечення включає в себе пристрої обчислювальної і організаційної техніки, засоби передачі даних, вимірювальні і інші пристрої або їх сполучення, що забезпечують функціонування САПР.

Інформаційне забезпечення включає в себе бази даних, системи управління базами даних (СУБД), утворюючи автоматизовані банки даних (АБД).

Організаційне забезпечення включає в себе правила і накази, що регламентують права, обов'язки і функції учасників розробки та експлуатації САПР, проектувальщиків-користувачів САПР, програмістів, операторів ЕОМ і зовнішніх пристроїв, операторів банку даних і адміністратора САПР.

Специфіка створення систем автоматизованого проектування інженерних мереж обумовлює необхідність розробки в першу чергу методичного забезпечення, яке складається з математичного і лінгвістичного забезпечень. Методичне забезпечення включає в себе науковий фундамент, а також математичні та інженерні методи створення САПР інженерних мереж.

Методичне забезпечення, співпрацюючи з підсистемами інформаційного, програмного, технічного та організаційного забезпечення САПР, являється ведучим засобом серед всіх засобів забезпечення. Тому всі вони базуються на використанні методів, побудованих у відповідності до методичного забезпечення.

Найчастіше методичне забезпечення взаємодіє із інформаційним. Методичне забезпечення визначає склад і зміст інформації, яка отримана і використовується в процесі проектування, а також засоби її перетворення. Інформаційне забезпечення має справу з формою подачі інформації, способами її зберігання, пошуку, організацією потоку інформації. І методичне і інформаційне забезпечення однаково (хоча і з різних боків) використовує джерела початкової інформації і форми її подання. Зв'язок методичного і програмного забезпечень САПР інженерних мереж базується на використанні алгоритмів побудови проектних рішень. Визначаючи склад і зміст задач проектування, моделі і методи їх розв'язання, методичне забезпечення дозволяє сформулювати схему алгоритму розв'язку проектних задач таким чином, щоб їх розв'язання було доступно з позицій засобів і методів програмування. Програмне забезпечення САПР інженерних мереж повинно мати універсальні, стандартні програми, які охоплюють типові математичні класи задач проектування будь яких інженерних мереж, а також створювати пакети програм для вирішення окремих унікальних задач і виконання спеціальних розрахунків.

Відносини між методичним і технічним забезпеченням зводяться, в першу чергу, до узгодження постановки задачі проектування інженерних мереж і вимог до інформаційного фонду проектування з кількістю і технічними характеристиками засобів обчислювальної техніки, засобів і каналів зв'язку.

Схема взаємозв'язку забезпечуючих засобів САПР на різних етапах приведена на рис. 2.

Із технічної точки зору САПР являється інструментом розв'язання задач зовнішнього і внутрішнього проектування мережевих систем.

На етапі зовнішнього проектування намічуються варіанти можливих структур інженерної мережі. Процес генерації множини таких структур повинен вестися з урахуванням великого числа факторів, типових для даного району (топографія місцевості, наявність існуючих комунікацій, заборонених зон, ступеня резервування подачі цільового продукту і т.п.).

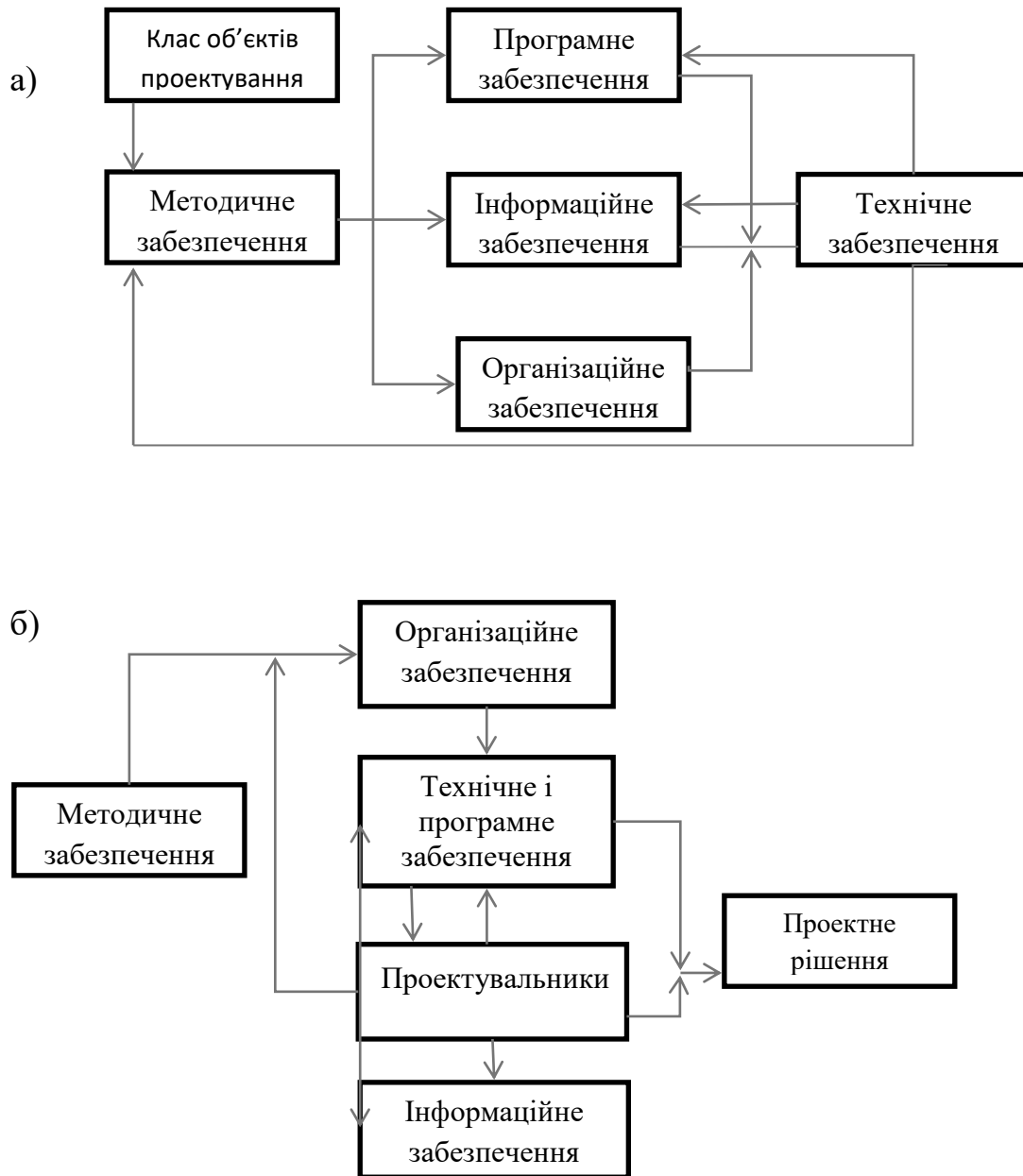


Рис.2. Схема взаємозв'язку забезпечуючих елементів САПР на етапі:  
а) проектування, б) експлуатації

На цьому етапі розв'язуються наступні задачі :

- визначення параметрів, властивостей, характеристик мережі, що проектується для забезпечення поставлених перед об'єктом цілей (для мереж комунального господарства - число і місцезрештування користувачів і джерел, трасування мережі із урахуванням процесів споживання цільового продукту );

- розробка техніко-економічного обґрунтування проекту, яке полягає в оцінці можливостей реалізації проекту при існуючому науково-технічному рівні розвитку галузі, з урахуванням прогнозу результатів ведучих науково-дослідних розробок і оцінки вартості експлуатації спроектованої системи.

- розробка раціональної, науково-обґрунтованої шкали типів проектуємих інженерних мереж та їх фрагментів, при проектуванні серії однотипних мікрорайонів.

Таким чином, задачею зовнішнього проектування являється з'ясування принципової можливості створення проектуємої мережі за бажаними властивостями, що задовольняють накладеним обмеженням.

Внутрішнє проектування включає в себе синтез і аналіз мережі, яка проектується. Синтез проекту означає створення в пам'яті ЕОМ математичної моделі мережевої системи. Ця модель повинна бути достатньо повною в розумінні забезпечення всією необхідною інформацією процедур визначення характеристик і властивостей проектуємої мережі, процедур випуску проектно-кошторисної документації. Крім того, засоби моделювання САПР повинні імітувати визначену множину альтернативних проектно-конструкторських рішень.

Аналіз проектуємої мережі полягає у використанні відповідних пакетів програм для визначення точних значень параметрів і властивостей синтезуємої мережі (затрати, втрати напору, діаметри трубопроводів, швидкості потоків і т.п.). Вибір найкращого варіанту базується на порівнянні характеристик синтезованих конкуруючих варіантів проекту (тобто на результатах аналізу) і полягає у виборі найкращої керівної технічної ідеї або принципу дії проектуємої мережі, в пошуках найкращої структури або схеми в межах вибраного принципу або ідеї, у визначенні найліпших значень параметрів для вибраної структури мережевої системи. На цьому етапі розв'язуються задачі структурної та параметричної оптимізації.

Параметрична оптимізація мережі полягає у виборі із заданого асортименту таких параметрів ліній зв'язку (діаметрів і типів трубопроводів), які забезпечують необхідні напори і витрати цільового продукту споживачами при мінімальних капітальних і експлуатаційних затратах. Тут же можуть бути визначені робочі параметри компресорних і насосних станцій (активних джерел) для режимів максимального і мінімального споживання цільового продукту.

На етапі внутрішнього проектування мережевих систем розв'язуються наступні задачі :

- автоматизований синтез мережі (фрагменту мережі), виконання техніко-економічного або оптимізаційного розрахунку за різними критеріями, побудова математичної моделі і повного інформаційного опису синтезуємої мережі;
- відображення просторового опису мережі комунального господарства на площину і автоматична побудова креслень ;

- визначення місцерозташування окремих компонентів мережі, її структури, поточкорозподілу в мережі;
- аналіз синтезуємої мережі за критеріями надійності, "живучості", нарощуваності із урахуванням стохастичного процесу споживання цільового продукту;
- техніко-економічна оцінка і вибір із множини допустимих проектних рішень оптимального варіанту за критерієм вартості;
- розробка проектно-кошторисної документації.

### **Висновки.**

В загальному випадку, задача проектування інженерної мережі зводиться до вибору із множини можливих варіантів проектуємої мережі варіанту, оптимального за деяким критерієм. І математичне формулювання, а тим більше розв'язання такої задачі - складна проблема. Це пов'язано з тим, що на початку проектування, як правило, не вистачає інформації, необхідної для вибору оптимального варіанту, тому що відсутні дані не тільки про можливу конфігурацію мережі, але навіть про розташування деяких її підсистем, невідомі характеристики багатьох підсистем і особливості роботи мережі для спеціальних режимів, відсутні аналітичні залежності між параметрами системи і величинами, що характеризують надійність її роботи. Вибір оптимального розв'язку при проектуванні такої складної системи, як інженерна мережа, можливо істотно спростити, якщо в процесі проектування застосувати системний підхід [4,5].

### **Література**

1. Семенов О.И. Введение в САПР. – К.: Вища школа, 1979. – 200 с.
2. Михайленко В.М., Безклубенко И.С. Об одном компромиссном решении задачи оптимального потокораспределения в тепловой сети // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – Харьков, 1985. – Вып. 76. С.42-45.
3. Михайленко В.М. Застосування функціонально-динамічних схем для моделювання інженерної мережі і водопостачання міста // В.М. Михайленко, А.П. Анпілогов, Ю.В. Кошарна // Проблеми водопостачання та гідравліки. – 2007. - №27. С. 8-13.
4. Принципи системного підходу – як основа розробки САПР інженерних мереж // Безклубенко І.С., Лесько В.І. Містобудування та територіальне планування. – Вип. 62, ч.1, 2016. С.56-58.
5. Деякі аспекти системного підходу до оптимізації інженерних мереж // Безклубенко І.С., Рябчун Ю.В. Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Буд-майстер-клас-2016» . К.: КНУБА, 2016.

к.т.н., доцент, Безклубенко И.С., доцент, Лесько В.И.,  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

## **ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ САПР ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ**

Рассматриваются актуальные проблемы создания систем автоматизированного проектирования (САПР) инженерных сетей с целью эффективного использования ресурсов целевого продукта. Показано, что САПР инженерных сетей может быть представлена в виде совокупности методологического, информационного, программного, технического и организационного обеспечения, а также исследована схема взаимосвязи обеспечивающих средств САПР инженерных сетей на этапах проектирования и эксплуатации.

Ключевые слова: инженерная сеть, системы автоматизированного проектирования, системный подход, проектные решения.

Ph.d., Associate Professor, Bezklubenko I.S.,  
Associate Professor, Lesko V.I.,  
Kyiv National University of construction and architecture

## **THE MAIN ELEMENTS OF CAD ENGINEERING NETWORKS**

In the article actual problems of creation of systems of automated designing (CAD) of engineering networks with the purpose of efficient use of resources of a target product are considered. It is shown that CAD systems of engineering networks can be represented in the form of a set of methodological, informational, software, technical and organizational support, and also a scheme for the interrelation of the CAD software for engineering networks at the stages of design and operation.

Keywords: engineering network, computer-aided design systems, systems approach, design solutions.