

DOI: 10.32347/2412-9933.2023.56.85-91

УДК 519.6

**Безклубенко Ірина Сергіївна**

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, <https://0000-0002-9149-4178>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Гетун Галина В'ячеславівна**

Кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри архітектурних конструкцій,

<https://orcid.org/0000-0002-3317-3456>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Баліна Олена Іванівна**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, <https://orcid.org/0000-0001-6925-0794>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Буценко Юрій Павлович**

Кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри математичного аналізу та теорії ймовірності,

<https://orcid.org/0000-0003-4806-9587>

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ

**Машенко Анастасія Олександрівна**

Студентка другого курсу факультету «Економіка»

Варшавський університет, Варшава

**ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ПРИЙНЯТТЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ НА ЕТАПІ ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖІ КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА**

***Анотація.** Ефективність функціонування економіки будь-якого об'єкта багато в чому залежить від уміння керівників різного рівня ретельно готувати й обґрунтовувати прийняті рішення. Умови ринкової (конкурентної) економіки висувають серйозні вимоги до якості, своєчасності, повноти, вірогідності економічної інформації, глибини аналізу економічних показників. Взаємодія будівництва нових мереж комунального господарства та економіки дуже важлива для виконання завдань економічної стратегії, які належать до капітального будівництва. У вирішенні проблеми підвищення економічної ефективності будівництва інженерних мереж особливе місце належить проектуванню, у сфері якого реалізуються науково-технічні досягнення, що визначають техніко-економічний рівень будівництва. У статті розглянуто теоретико-методологічні засади проектування інженерних мереж, які спрямовані на удосконалення процедурного й інструментального підґрунтя прийняття проектних рішень та обґрунтування заходів щодо оптимізації управління інженерною мережею в умовах динамічного змінення будівельних проєктів. Розглянуто актуальні проблеми створення сучасної системи автоматизації проектування (САПР) інженерних мереж з метою забезпечення ефективного використання ресурсів цільового продукту, яка ще на стадії проектування дає змогу врахувати можливість розширення або реконструкції системи у випадку приєднання нових споживачів цільового продукту мережі. Запропоновано новий підхід до проектування сучасних систем автоматизованого проектування, який уможливорює застосовувати САПР до розв'язання задач зовнішнього і внутрішнього проектування мережевих систем. Сформульовано і конкретизовано задачі, які розв'язуються на етапах зовнішнього та внутрішнього проектування. Показано, що САПР інженерних мереж може бути представлена у вигляді сукупності методологічного, інформаційного, програмного, технічного та організаційного забезпечення, а також розроблено та досліджено загальну схему взаємозв'язку забезпечуючих засобів САПР на етапах проектування й експлуатації інженерної мережі.*

**Ключові слова:** інженерна мережа; ефективність; економіка; аналіз; синтез мережі; системи автоматизованого проектування; проектні рішення

### Актуальність теми

Характерною рисою сучасного науково-технічного прогресу є автоматизація всіх галузей народного господарства. Застосування математичних методів при проектуванні народно-господарських об'єктів дає змогу покращувати їх технічний рівень та якість, скорочувати терміни їх розроблення та впровадження в промисловості. Автоматизація проектування особливо ефективна, якщо від автоматизації виконання окремих інженерних розрахунків переходять до комплексної автоматизації, для чого створюють системи автоматизованого проектування (САПР). Розвиток та широке застосування САПР на базі засобів сучасної обчислювальної техніки, пакетів прикладних програм і банків даних – головний напрям для подолання протиріччя між задачами і можливостями їх розв'язання в прийнятні терміни.

Планований розвиток великих міст призводить не тільки до ускладнення мереж комунального господарства, а й потребує ще на стадії проектування колосальної людської праці і великих капітальних вкладень. Перед спеціалістами, які проектують та експлуатують такі мережеві системи, стоїть завдання проектування мереж з урахуванням запасу пропускну здатності та можливості оперативного змінення структури і параметрів магістральних та розподільних мереж в умовах зростаючого попиту цільового продукту. У зв'язку з цим виникає необхідність в обмежені терміни ефективно розв'язувати задачі щодо знаходження ресурсів для інтенсифікації роботи інженерних мереж, вже на стадії проектування визначати оптимальні характеристики і параметри ліній зв'язку, джерел цільового продукту, регуляторів, визначати можливість ліквідації аварійних ситуацій, визначати функціональні алгоритми роботи мереж в умовах автоматичного керування [3; 6]. Отже, розв'язок проблеми автоматизації проектування інженерних мереж в умовах їх прогнозованого розвитку має важливе значення.

На рівень якості розроблюваних проєктів безпосередній вплив справляють методи обґрунтування прийнятих проєктних рішень, як загальних, так і локальних, пов'язаних з раціональними об'ємно-планувальними або конструктивними рішеннями. У процесі проектування визначаються оптимальні характеристики і параметри ліній зв'язку, джерел цільового продукту, регуляторів, визначаються можливості ліквідації аварійних ситуацій, визначаються функціональні алгоритми роботи мереж в умовах автоматичного керування. Проєкт являє собою прообраз майбутньої мережі, тому економічність і високий технічний рівень проєкту –

основа підвищення ефективності капітальних вкладень. Побудова САПР інженерних мереж є доволі складною проблемою, оскільки мережі комунального господарства складаються з великої кількості взаємозалежних елементів. Від рівня проєктних рішень значною мірою залежить економічна ефективність інженерної мережі, характер її життєвого циклу і тривалість функціонування, умови експлуатації і праці. З урахуванням сучасних вимог до забезпечення високого рівня техніко-економічних показників особливо актуальними є проблеми скорочення часу і зменшення витрат на отримання проєктів (проектування і конструювання).

Проєктні рішення, крім того, що мають задовольняти функціональним, технологічним та іншим вимогам, мають бути в деякому сенсі оптимальними, тобто реалізувати можливість ощадно використовувати майже завжди обмежені матеріально-технічні ресурси [11; 12].

Як свідчить аналіз наявних методів проектування [4; 12] – це не завжди можливо. Тому ефективним, якщо не єдиним методом розв'язання наявних задач, є розробка систем автоматизації проектування на основі широкого використання математичних методів і обчислювальної техніки, що в результаті дає змогу [5; 14]:

- розв'язувати багатокритеріальні задачі аналізу та синтезу інженерних мереж з мінімальними затратами ручної праці;

- збільшити ефективність роботи проєктувальників за рахунок різкого скорочення термінів виконання проєктних робіт;

- збільшити в рази точність розрахунків, покращити надійність роботи мереж, що особливо важливо в умовах зростаючого дефіциту цільового продукту (газ, вода, тепло).

### Мета роботи

Метою статті є розроблення таких теоретико-методичних положень і прикладних засад проектування інженерних мереж, які уможливають підвищити ефективність прийняття проєктного рішення. Завдання статті відповідно до поставленої мети полягає в розробленні структури системи проектування інженерних мереж. Для досягнення поставленої мети передбачається виконання таких завдань:

- проаналізувати і дослідити перелік завдань, які розв'язуються на етапах зовнішнього та внутрішнього проектування інженерної мережі, а також обґрунтувати їх змістовне наповнення;

- сформулювати положення щодо основних компонент САПР інженерної мережі та функціонального наповнення їх на стадіях проектування й експлуатації мережевих систем.

## Виклад основного матеріалу

Система автоматизованого проектування являє 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 та інших моделей, автоматизованих проектних процедур і засобів обчислювальної техніки.

Як систему автоматизації проектних, конструкторських і технологічних розробок в галузях промисловості і будівництва прийнято розуміти сукупність таких компонент [2]:

- 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, опрацювання, зберігання і видачі інформації;
- інформаційна база цих систем;
- організаційно-технічні засоби, необхідні для розроблення, 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 наведено на рис. 1.



Рисунок 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 та загальносистемні програми й експлуатаційні документи, призначенні для отримання проектних рішень.

Технічне забезпечення включає в себе пристрої обчислювальної і організаційної техніки, засоби передавання даних, вимірювальні та 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 розроблення та експлуатації САПР, проєктувальників-користувачів САПР, програмістів, операторів ЕОМ і зовнішніх пристроїв, операторів банку даних і адміністратора САПР.

Специфіка створення систем автоматизованого проектування інженерних мереж обумовлює необхідність розроблення, першочергово 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, є провідним засобом серед всіх засобів забезпечення. Тому всі вони базуються на використанні методів, побудованих відповідно до методичного забезпечення.

Найчастіше методичне забезпечення взаємодіє з 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) використовують 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 дає змогу 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 розв'язання окремих унікальних задач і виконання спеціальних розрахунків.

Відносини між методичним і технічним забезпеченням зводяться, першочергово, 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 наведена на рис. 2.

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

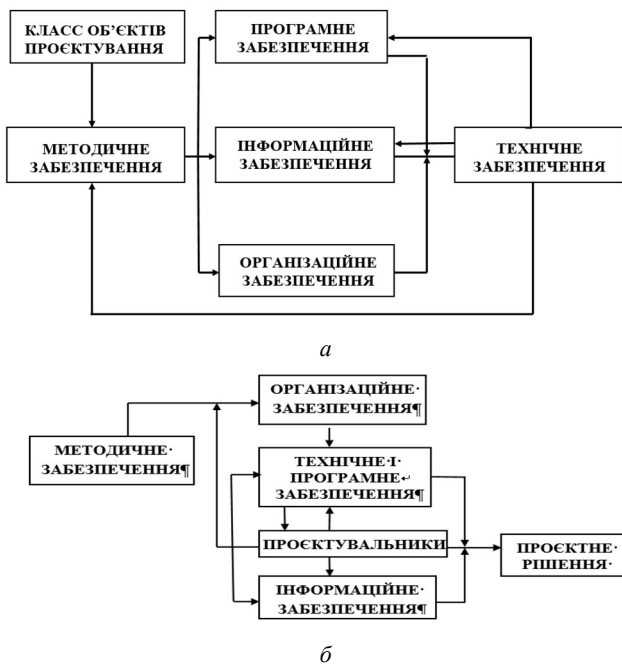


Рисунок 2 – Схема взаємозв'язку забезпечуючих елементів САПР на етапі:  
а – проектування; б – експлуатації

На етапі зовнішнього проектування намічаються варіанти можливих структур інженерної мережі. Процес генерації множини таких структур має вестися з урахуванням багатьох факторів, типових для конкретного району (топографія місцевості, наявність використовуваних комунікацій, заборонених зон, ступеня резервування подачі цільового продукту і т. п.).

На цьому етапі розв'язуються такі задачі:

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

- розроблення техніко-економічного обґрунтування проекту, яке полягає в оцінці можливостей реалізації проекту при наявному науково-технічному рівні розвитку галузі, з урахуванням прогнозу результатів провідних науково-дослідних розробок і оцінки вартості експлуатації спроектованої системи;

- розроблення раціональної, науково-обґрунтованої шкали типів інженерних мереж, що проектуються, та їх фрагментів при проектуванні серії однотипних мікрорайонів.

Отже, задачею зовнішнього проектування є з'ясування принципової можливості створення мережі, що проектується за бажаними властивостями, які задовольняють накладним обмеженням.

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

Аналіз мережі, що проектується, полягає у використанні відповідних пакетів програм для визначення точних значень параметрів і властивостей мережі, що синтезується (затрати, втрати напору, діаметри трубопроводів, швидкості потоків і т. п.). Вибір найкращого варіанта базується на порівнянні характеристик синтезованих конкуруючих варіантів проекту (тобто на результатах аналізу) і полягає у виборі найкращої (оптимальної) технічної ідеї або принципу дії мережі, що проектується, 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 такі задачі:

- автоматизований синтез мережі (фрагмента мережі), виконання техніко-економічного або оптимізаційного розрахунку за різними критеріями, побудова математичної моделі і повного інформаційного опису мережі, що синтезується;

- відображення просторового опису мережі комунального господарства на площину і автоматична побудова креслень;

- визначення місця розташування окремих компонентів мережі, її структури, поточкорозподілу в мережі;

- аналіз мережі, що синтезується за критеріями надійності, "живучості", нарощуваності з

урахуванням стохастичного процесу споживання цільового продукту;

– техніко-економічна оцінка і вибір із множини допустимих проектних рішень оптимального варіанта за критерієм вартості;

– розроблення проектно-кошторисної документації.

### Висновки

Розроблено і досліджено загальну структуру САПР та взаємозв'язок її компонент на етапах проектування й експлуатації інженерної мережі. Сформульовано задачі, які розв'язуються на етапах внутрішнього та зовнішнього проектування мережевих систем.

Отримані результати можуть бути використані при прийнятті проектного рішення, що уможливить збільшити точність розрахунків, покращити надійність роботи мереж та збільшить ефективність

роботи проєктувальників за рахунок різкого скорочення термінів виконання проектних робіт.

Слід зауважити, що вибір проектного рішення, оптимального за деяким критерієм, складна проблема [3; 6]. Це пов'язано з тим, що на початках проектування, як правило, не вистачає інформації, необхідної для вибору оптимального варіанта, 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 [5; 8; 17].

### Список літератури

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 р.: розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р., № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
2. Катренко А. В. Системний аналіз: підручник для вищих навч. закл. / за наук. ред. В. В. Пасічника. Львів: Новий Світ, 2009. 396 с.
3. Getun G., Butsenko Y., Valina O., Bezklubenko I., Solomin A. Дифузійні процеси з накопичувальними характеристиками при експлуатації будівель. *Strength of materials and theory of structures*. 2019. Issue 102, p. 243–251.
4. Михайленко В. М., Анпілогов Ю.В., Кошарна Ю.В. Застосування функціонально-динамічних схем для моделювання інженерної мережі водопостачання міста. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки*. 2007. № 27. С. 8–13.
5. Евдокімов А. Т., Термиев А. Д., Дубровский В. В. Моделювання і оптимізація поточкорозподілу в інженерних мережах. Київ, 1999. 368 с.
6. Безклубенко І. С. До питання вибору оптимального виробництва інженерної мережі. *Математика в сучасному університеті: тези доповіді IV міжнар. наук.-практ. конф.*, м. Київ, грудень 2015. С. 19–21.
7. Безклубенко І. С., Баліна О. І. Завдання вектору напрямку розвитку інженерної мережі. *Математика в сучасному університеті: тези доповіді V міжнар. наук.-практ. конф.*, м. Київ, грудень 2016. С. 25–27.
8. Безклубенко І. С. Завдання вектору переваги критеріїв при виборі варіанта проекту інженерної мережі. *Управління розвитком складних систем*. 2017. № 30. С. 132–135.
9. Рижаківа Г. М. Загально-методична регламентація та аналітико-інформаційне забезпечення процесами адміністрування в сучасній системі будівельного девелопменту. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2019. Вип. 55. С. 154–168.
10. Жильцов О. Б., Кулян В. Р., Юнькова О. О. Математичне програмування (з елементами інформаційних технологій). Київ: МАУП, 2008. 182 с.
11. Getun G., Butsenko Y., Labzhinsky V., Valina O., Bezklubenko I., Solomin A. Situations forecasting and decision-making optimization based on markovs finite chains in areas with industrial pollutios. *Strength of materials and theory of structures*. – 2020. – Issue 104, p. 164-174
12. Безклубенко І. С. Методи ранжування критеріїв в задачі оптимізації поточкорозподілу інженерної мережі. *Управління розвитком складних систем*. 2018. № 34. С. 111–114.
13. Полтораченко Н. І. Задача розміщення регуляторів подачі цільового продукту при проектуванні інженерних мереж. *Управління розвитком складних систем*. 2019. № 40. С. 129–133; dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11969067.
14. Полтораченко Н. І. Моделювання початкового етапу проектування інженерної мережі. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 45. С. 97 – 101, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.45.97-101.
15. Безклубенко І. С. Визначення області керованості потоків в автономних підграфах декомпозируємої інженерної мережі. *Управління розвитком складних систем*. 2019. № 38. С. 33–36.

16. Безклубенко І. С., Баліна О. І. Дві моделі управління інженерною мережею в аварійній ситуації. *Техніка будівництва. Академія будівництва України*, Київ, 2017. № 38. С. 79–81.

17. Безклубенко І. С., Гетун Г. В., Баліна О. І., Буценко Ю. П. Властивості множини значень критеріїв у задачі оптимізації поточкорозподілу інженерної мережі, що розвивається. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 45. С. 182 – 186, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.45.182-186.

18. ДБН В.1.2-2:2006. Технічні норми, правила і стандарти. Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ: Мінбуд України, 2007. 60 с.

Стаття надійшла до редколегії 02.11.2023

#### **Bezklubenko Iryna**

Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Department of Information technologies of Design and applied mathematics department,  
<https://orcid.org/0000-0002-9149-4178>

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

#### **Getun Galyna**

Ph.D., Professor Department of architectural constructions,  
<https://orcid.org/0000-0002-3317-3456>

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

#### **Balina Olena**

Ph.D.(Eng.), Associate Professor, Department of Information technologies of Design and applied mathematics department,  
<https://orcid.org/0000-0001-6925-0794>

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

#### **Butsenko Yurii**

Ph.D.(Physics-Mathematics), Associate Professor, Department of mathematical analysis and probability theory,  
<https://orcid.org/0000-0003-4806-9587>,

*Igor Sikorsky Kyiv Politechnic Institute, Kyiv*

#### **Mashchenko Anastasia**

Student of the Faculty of Economics

*Warsaw University, Warsaw*

### **ECONOMIC ASPECTS OF PROJECT DECISION-MAKING AT THE STAGE OF DESIGNING THE UTILITY NETWORK**

**Abstract.** *The efficiency of the economic functioning of any facility largely depends on the ability of managers of various levels to carefully prepare and justify the decisions made. The conditions of the market (competitive) economy put forward serious. In solving the problem of increasing the economic efficiency of the construction of engineering networks, a special place belongs to design, in the field of which scientific and technical achievements are implemented, which determine the technical and economic level of construction. The article examines the theoretical and methodological principles of designing engineering networks, which are aimed at improving the procedural and instrumental basis for making project decisions and justifying measures to optimize the management of engineering networks in the conditions of dynamic changes in construction projects requirements for the quality, timeliness, completeness, reliability of economic information, depth of analysis of economic indicators. The interaction of the construction of new utility networks and the economy is very important for the fulfillment of the tasks of the economic strategy, which are related to capital construction. Current problems of creating a modern design automation system (CAD) of engineering networks are considered in order to ensure the effective use of the resources of the target product, which, even at the design stage, allows to take into account the possibility of expanding or reconstructing the system in case of the addition of new consumers of the target product. network The paper proposes a new approach to the design of modern systems of automated design, which allows the use of CAD to solve the problems of external and internal design of network systems. The tasks that are solved at the stages of external and internal design are formulated and specified. The key task of external design is to find out the fundamental possibility of creating a network according to the desired properties that satisfy the imposed restrictions. Internal design includes the synthesis and analysis of the network being designed. It is shown that the CAD of engineering networks can be represented as a set of methodological, informational, software, technical and organizational support, and a general diagram of the interconnection of CAD tools at the stages of engineering network design and operation has been developed and researched.*

**Keywords:** *engineering network; efficiency, economy, analysis, network synthesis; automated design systems; project solutions*

## References

1. Energy strategy of Ukraine for the period up to 2035. (2017). Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 18, 2017, No 605-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
2. Katrenko, A. V. (2009). System analysis: a textbook for higher education. closing / for sciences ed. V. V. Pasichnika. Lviv: Novy Svit, 396.
3. Getun, G., Butsenko, Y., Balina, O., Bezklubenko, I., Solomin, A. (2019). DifuziynI protsesi z nakopichuvalnimi karakteristikami pri ekspluatatsiyi budivel. *Strength of materials and theory of structures*, 102, 243–251.
4. Mikhailenko, V. M., Ampilogolov, A. P., Kosharna, Yu. V. (2007). Application of Functional-Dynamic Circuits for Modeling the Urban Water Supply Network Engineering. *Problems of water supply, drainage and hydraulics*, 27, 8–13.
5. Evdokimov, A. T., Termiev, A. D., Dubrovsky, V. V. (1998). Modeling and optimization of flow distribution in engineering systems, 368.
6. Bezklubenko, I. S. (2015). On the question of choosing the optimal production engineering network. *Mathematics in modern university: theses of 4 th international n.-t. Conference*, 19–21.
7. Bezklubenko, I. S., Balina, O. I. (2016). Problems of the vector of the direction of development of the engineering network. *Mathematics at a modern university: abstracts of the report on the V scientific-practical konf.*, 25–27.
8. Bezklubenko, I. S. (2017). The task of the vector of advantage of the criteria when choosing a variant of the project engineering network. *Management of the Development of Complex systems*, 30, 132–135.
9. Ryzhakova, G. M. (2019). General-methodical regulation and analytical and information support of administration processes in the modern system of building development. *Modern problems of architecture and urban planning*, 55, 154–168.
10. Zhiltsov, O. B., Kulyan, V. R., Yunkova, O. O. (2008). Mathematical programming (with elements of information technologies). Kyiv: MAUP, 182.
11. Getun, G., Butsenko, Y., Labzhinsky, V., Balina, O., Bezklubenko, I., Solomin, A. (2020). Situations forecasting and decision-making optimization based on markovs finite chains in areas with industrial pollutants. *Strength of materials and theory of structures*, 104, 164–174.
12. Bezklubenko, I. S. (2018). Methods of ranking criteria in the task of optimizing the flow rate of the engineering measure. *Management of the Development of Complex systems*, 34, 111–114.
13. Poltorachenko, N. I. (2019). A task of placing of regulators of the whole product at the design of the engineering network. *Management of development of complex systems*, 40, 129–133; [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.1196906](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1196906).
14. Poltorachenko, N. I. (2021). Simulation of the initial stage of the engineering network design. *Management of Development of Complex Systems*, 45, 97–101, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.45.97-101](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.45.97-101).
15. Bezklubenko, Irina & Balina, Olena. (2019). Determining the domain of controllability of flows in autonomus subgraphs of a decomposable engineering network. *Management of Development of Complex Systems*, 38, 33–36, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788432](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788432).
16. Bezklubenko, I. C., Balina, O. I. (2017). Two models of management of an engineering measure in an emergency situation. *Technique of Building*, 38, 79–81.
17. Bezklubenko, Iryna, Getun, Galyna, Balina, Olena & Butsenko, Yurii. (2021). Properties of the set of values of criteria in the problem of optimization of flow distribution of the developing engineering network. *Management of Development of Complex Systems*, 45, 182–186, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.45.182-186](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.45.182-186).
18. DBN V.1.2-2:2006. Technical regulations, rules and standards. General technical requirements for the living environment and construction products. The system for ensuring the reliability and safety of construction objects. Loads and influences. Design standards. Kyiv: Ministry of Construction of Ukraine, 2007, 60 p.

## Посилання на публікацію

- APA Bezklubenko, I., Getun, G., Balina, O., Butsenko, Yu. & Mashchenko, A. (2023). Economic aspects of project decision-making at the stage of designing the utility network. *Management of Development of Complex Systems*, 56, 85–91, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.85-91](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.85-91).
- ДСТУ Безklubenko I. C., Гетун Г. В., Баліна О. І., Буценко Ю. П., Машченко А. О. Економічні аспекти прийняття проєктних рішень на етапі проєктування мережі комунального господарства. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. № 56. С. 85 – 91, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.85-91](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.85-91).