

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

АЧКАСОВ Дмитро Олегович

ГЕОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ
В АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОМУ ПРОЄКТУВАННІ

05.01.01 - Прикладна геометрія і інженерна графіка

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертація на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1993



00376039 (S)

Роботу виконано в Київському національному університеті будівництва і архітектури.

Науковий керівник

- Заслужений діяч науки України, доктор технічних наук, професор МИХАЙЛЕНКО В.Є.

Офіційні опоненти

- доктор технічних наук, професор МИХАЙЛЕНКО В.М.
кандидат технічних наук ЯШЕНКО О.А.

Провідна установа

- Український науково-дослідний інститут агропроекування (УКРИДАГРОПРОЕКТ)

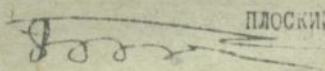
Захист відбудеться 20 жовтня 1998 року о 18 години на засіданні спеціалізованої ради Д 068.05.03 в Київському державному технічному університеті будівництва і архітектури за адресою: 252037, Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31, аудиторія 319.

В дисертації можна ознайомитись в бібліотеці Київського державного технічного університету будівництва і архітектури.

Автореферат розіслано

вересня 1998 року.

Вчений секретар спеціалізованої ради кандидат технічних наук, доцент

 ПЛОСКИЙ В.О.

Актуальність теми. Проектування отьових систем, які мають сферю свого прикладення багаточисленні аспекти функціонування народногосподарчого комплексу; розвиток магістралей залізничного та автомобільного транспорту та метрополітену, іригаційних систем водопостачання, систем трубопровідного транспорту для рідких та газових носіїв, районних, міських та міжобласних кабельних проводів, електричних та телефонних сітей, тощо. є багатокритеріальним, багатопараметричним завданням, рішення якого неможливе без отворення апарату, що оперує методами математичного моделювання. Сучасний рівень осмислення різних аспектів функціонування багатоконпонентних містобудівничих систем також характеризується застоюванням системних методів проектування, які існують в сумісному графічному та графоаналітичному описі міських структур у процесі пошуку раціонального напрямку розвитку міста. Це, у свою чергу, створює методологічну основу для геометричного моделювання функціонально-планувальної системи міста в вигляді формалізуючих геометричних сіток, що відображають раціональні відношення між її елементами та зв'язками. Одним із таких співвідношень є компактність поліцентричної структури міста як головне обмеження моделі, яке виражається у прагненні мінімізувати об'єми та довжину функціонально-планувальних зв'язків при одночасному наблизенні параметрів нормованих елементів до декотрого оптимуму, заданому містобудівними нормами розвитку конкретних міст.

Математична модель, яка припускає присутність топології та ряду метричних характеристик (довжина сітки, її окремих ділянок, форма перерізу з його параметрами і т.д.) є необхідною ланкою у процесі проектування різних зв'язків функціональним змістом сервісних сіток будинків в споруд, вентиляції, холодного та гарячого водозабезпечення, систем кондиціонування, телефонної та електричної мережі. Являючи собою трасовану у тілі будинку розгалужену структуру графа у процесі конструювання, вони можуть бути розглянуті у вигляді задачі Штейнера без перешкод або з ними. До того ж, визначення оптимального розташування та топології кожної системи служб являє собою задачу побудови графа мінімальної довжини при задоволенні ряду граничних умов його топології, обумовлених специфікою функціонування архітектурно-будівничих прототипів сітки. Процес же точного вимірювання чи масштабування кожної сервісної

системи є за своєю суттю задачею побудови вищезгаданого дерева в орієнтованому графі (у випадках, коли напрям переносу носія суттєвий) або у неорієнтованому (коли він не визначений) в вагом відповідно до об'єму споживання на кожній ділянці сітки.

Таким чином, для математичного представлення як інженерних систем будівельних об'єктів, так і для систем в більш масштабним містобудівним змістом, їх доцільно моделювати у вигляді графа з мінімальною довжиною зв'язків. Такі графи при відсутності додаткових обмежень на високу ступінь надійності сітки не мають циклів та являють собою дерево з найкоротшою довжиною ребер, відоме у прикладній науці як мінімальне дерево Штейнера (МДШ). Використання такого роду моделей виправдано та може здійснюватися в рамках підходу, при якому початкова оптимізаційна задача представляє як послідовне розв'язання двох проблем: допоміжної організаційної задачі виключно з геометричних позицій та вихідної постановочної задачі з визначенням оптимальних значень параметрів, опосередковано зв'язаних з одержаними на першому етапі геометричними характеристиками об'єкту.

Розробка методики по реалізації моделі, що мінімізує довжину розгалуженої сітки, прийнятна до використання у багатьох галузях народного господарства та вочевидь має практичне значення.

Мета роботи: На основі узагальнення та удосконалення наявних методів будівництва раціональних розгалужених сіток розробити прийнятні для практичної реалізації алгоритми побудови графів найкоротшої довжини з різними обмеженнями, відповідними до специфіки постановки архітектурно-будівельних задач. Для досягнення визначеної мети були поставлені наступні завдання:

- 1) Проаналізувати існуючі алгоритми побудови мінімальних графів та визначити ступінь їх можливого використання в задачах містобудівного, архітектурного та будівельного проектування.
- 2) Дослідити різні за змістом моделі архітектурно-будівельних об'єктів та виявити їх властивості, які дозволяють зменшити розрахункову складність алгоритмів побудови мінімальних дерев в цих моделях.
- 3) Здійснити числовий аналіз оптимальності використання різних базових міні-дерев та їх різноманітних можливих комбінаторних сполучень у постановці задачі цілочисельного програмування

для формування найкоротших графів, упорядкованих на вихідних множинах великих розмірностей.

4) Розробити методику, схеми та алгоритми розв'язання задачі конструювання найкоротших графів на регулярних множинах точок довільної розмірності та квадратної конфігурації граничного контуру.

5) Розглянути постановку задачі виваженого дерева Штейнера, що припускає міцний функціональний зв'язок ваги дуги з об'ємом споживання цільового продукту у вузлі, або залежність ваги ребра графа від різних зовнішніх факторів (географічних, геологічних, технологічних та ін.) обґрунтувати метод розв'язання такого роду задач та привести їх алгоритми до можливості реалізації засобами сучасної обчислювальної техніки.

6) Створити алгоритми побудови мінімальних дерев на регулярних решітках точок прямокутної та складної ортогональної конфігурації зовнішнього контура сітки. Впровадити розроблені алгоритми у практику проектування інженерних та архітектурно-будівельних сіток.

Методика досліджень: Розв'язання поставлених в дисертаційній роботі задач здійснюється на основі використання методів математичного аналізу та оптимізації, аналітичної та диференціальної геометрії, теорії варіаційного числення, теорії графів, теорії множин та методів прикладного програмування.

Наукову новизну роботи складає:

1) Сукупність міні-дерев, придатних для побудови найкоротших графів на квадратних решітках точок.

2) Метод визначення довжини графів за угрупованими показниками для дерев, сконструйованих на базі певного типового елемента структури.

3) Ієрархічна структура оптимальності базових міні-дерев для процесу конструювання графів найкоротшої довжини на квадратних ланцюжках точок.

4) Класифікація переваги комбінаторних сполучень базових міні-дерев як доборних елементів при побудові мінімальних графів.

5) Метод побудовування найкоротших зв'язуючих сіток на квадратних решітках точок довільної розмірності квадратних та прямокутних конфігурації граничного контуру.

6) Алгоритми і програми геометричного моделювання квазімінімальних дерев на регулярних ланцюжках точок довільної ортогональної конфігурації зовнішнього контуру.

Практична цінність виконаного дослідження полягає у розробці методики та алгоритмів побудови мінімальних та близьких до мінімальних дерев на множинах з топологічними обмеженнями, що відповідають специфіці функціонування об'єктів архітектурно-будівельного моделювання.

Виконані дослідження дозволяють внести в процес проектування архітектурно-будівельних та інженерних сіток можливість побудови раціональної геометрії сітки з точки зору мінімізації її будівельних та експлуатаційних витрат. Одержані наслідки надають проектувальникам можливість організації варіантного проектування зазначених сіток та покращення якості проектів за рахунок зростання кількості альтернативних рішень з різною топологією та геометрією сітки. Розроблені у даній роботі алгоритми можуть бути покладені в основу САПР архітектурно-будівельних та інженерних сіток.

Реалізація результатів досліджень. Результати дисертаційних досліджень впроваджені в проектних організаціях "Київагропроект" та "Укрдіпродор" у вигляді пакету програм геометричного моделювання інженерних сіток. Сумарний економічний ефект від впровадження склав біля 800 тисяч карбованців.

На захист виносяться окупність властивостей, методів, алгоритмів і програм, що забезпечують процес геометричного моделювання мінімальних дерев Штейнера на квадратних ланцюжках точок;

- що здійснюють побудову мінімальних та квазімінімальних дерев Штейнера на прямокутних решітках точок довільної розмірності та співвідношення сторін вихідних точкових масивів;

- що здійснюють введення та супровід структур даних, які описують квазімінімальні дерева Штейнера на складних ортогональних конфігураціях регулярних точкових вихідних множин;

- що забезпечують побудову мінімальних виважених дерев Штейнера для різноманітних модифікацій постановки виваженої задачі;

- що складають програмно-математичне забезпечення побудови мінімальних інженерних сіток з раціональною топологією;

- що забезпечують сервісний супровід задачі проектування сітки найкоротшої довжини з різними обмеженнями, відповідними до специфіки постановки архітектурно-будівельних задач.

Апробація. Основні положення роботи повідомлені та обговорені на 51-54-й науково-практичних конференціях Київського інженерно-будівельного інституту (1990-1998 рр.), а також у вигляді доповіді "Теорія і практика геометро-графічних дисциплін" на науково-технічній конференції в м. Севастополі в 1993 р. За темою дисертації опубліковано 4 роботи.

Об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, трьох глав, зновок та переліку використаної літератури (128 найменувань). Робота містить 155 сторінок машинописного тексту та 81 рисунок.

В М І С Т Р О Б О Т И

Задача Штейнера зв'язана з іменем математика XIX ст. Я. Штейнера і привичена побудові найкоротшої сітки з відрізків прямих, що з'єднують ряд довільно заданих точок. Найкоротшою структурою такого ряду є дерево, при побудові якого з'являються додаткові вершини, відмінні від заданих - точки Штейнера. У випадку розв'язання задачі на площині в Євклідовому метрику точки Штейнера завжди інцидентні трьом ребрам, які перетинаються під кутом 120° . Мінімізація довжини дерева здійснюється за руханок побудови таких точок, саме ж дерево має при цьому назву мінімального дерева Штейнера (МДШ).



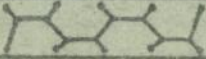
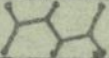
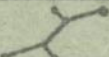

Виключна складність процедури перебору усіх можливих топологій дерев Штейнера з метою виявлення мінімального з них та екопозитивний час їх обчислення навіть при найбільш швидкодіючих комп'ютерах, обумовили повну практичну непридатність найкращих з відомих на сьогоднішній день алгоритмів в о при потужності вихідної множини точок $N > 17$. Однак, у багатьох задачах реального проектування електронних, інженерних, архітектурних та містобудівних сіток, вступає у силу певні обмеження на метрику конструйованих дерев або топологію вихідних множин, що відповідають специфіці функціонування об'єктів, що моделюються та дозволяють у значній мірі знизити розрахункову складність геометричних алгоритмів, що реалізуються.

Одним з таких модифікацій традиційної трактовки проблеми Штейнера, яка має безліч застосувань в задачах проектування об'єктів інженерної та архітектурно-будівельної практики, докладне описання їх наводиться у першій главі роботи, в постановка задачі.

специфіка якої полягає в умові регулярності розташування вихідної точкової множини. При цьому дані умови виявляються в належності системи заданих точок, що підлягають зв'язанню найкоротшим зв'язаним графом, на правильній решітці квадратів, подібно до точок у вузлах чарунок шахової дошки.

У главі I досліджена та систематизована типологія базових структур при конструюванні МДШ на квадратних решітках точок стосовно до X, T, L, L', D та E міні-дерев. Кожна з перелічених компонент відображена у таблиці I з наведеними відповідними значеннями їх довжини за умови прийняття ортогональної відстані між точками решітки за одиницю.

Таблиця I

Вид МДШ	Прийняте визначення	Довжина МДШ
	X	$ X = 2,782$
	T	$ T = 1,982$
	L	$ L = 8,845$
	L'	$ L' = 4,625$
	D	$ D = 2,909$
	E	$ E = 1$

У подальшому зроблено числовий аналіз оптимальності використання вищезгаданих базових компонент при формуванні найкоротших графів для вихідних множин довільних розмірностей у постановці задачі цілочисельного програмування. Так, з цієї мети сформульована така цільова функція, що підлягає мінімізації:

$$(Xl_x + Tl_T + El_E + Ll_L + L'l_{L'} + Dl_D) \rightarrow \min \quad (1)$$

Вона являє собою довжину дерева загального виду, що дорівнює кількості кожного з використаних при побудові дерева типологічних, помноженого на його довжину;

де X, T, E, L, L', D - кількості відповідних елементів;

$l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$ - їх довжина.

Для випису обмеження цільової функції використовується виразність деревовидних структур виду

$$Z = V - 1 \quad (2)$$

де Z - кількість ребер графа;

V - кількість його вершин.

Враховуючи, що при підрахунку вершин T -елемент має одну точку бітвейнера, X, D -елементи - по дві; L' -елемент - чотири, L -елемент - 8, точоч, одержимо

$$V = m + T + 2X + 2D + 4L' + 8L$$

З іншого боку, кількість ребер графа може бути представлена як сума ребер кожного типоеlementу, помноженого на число відповідних елементів:

$$Z = E + 3T + 5X + 5D + 9L' + 11L \quad (8)$$

Прирівнюючи (2) та (8), та виконавши перетворення, матимемо вираз:

$$m - 2T - 3X - E - 9L - 5L' - 3D - 1 = 0 \quad (4)$$

який надає можливість виразити будь-яку зі змінних та розв'язати цільову функцію (1) по відношенню до кожної з них.

Числова оцінка одержаних таким чином залежностей дозволила сформулювати ієрархічну структуру оптимальності базових конструктивних елементів МДН у вигляді нерівності:

$$X < L' < L < T < D < E$$

При розв'язанні цільової функції відносно виразу для X -компоненти, одержаної з (4), матимо формулу, яка описує довжину МДН та характеризує дерева, синтезовані на основі X -компонент:

$$|G_{\text{МДН}}| = \frac{1}{3}(m - 4)l_1 + 0,41T + 0,09E - 0,07L' + 0,49L + 0,19D \quad (5)$$

де m, n - розміри початкового ланцюжка вздовж осі напрямків X і Y відповідно;

$l_1 = 2,782$ - довжина X -компоненті;

T, E, L', L, D - позначення, відповідні до формули (1).

В формули (5) впливає, що оскільки множники при кожному з її додатків позитивні, збільшення числа будь-якої з перелічених компонент в структурі графа веде до зростання його загальної довжини. Крім цього в формули (5) впливає нижня границя довжини оптимального дерева, відповідна до випадку, коли воно складається виключно з X -компонент, без застосування інших типів базових структур як доборних елементів.

Далі в роботі проведені дослідження для випадків, коли у вигляді мінімальних графів виступатимуть дерева, складені виключно з X -міні-дерев. Як вдалося показати, такого роду дерева мають місце лише на квадратних ланцюжках точок, розмірність сторони яких може бути визначена як $n = 2^t$, де $t \in \mathbb{R}$. Довжина МДШ на решітках точок такої розмірності може бути визначена за формулою:

$$|G_{2^t}| = \frac{t}{3} (\sqrt{3} + 1) (4^t - 1)$$

Предметом подальшого розгляду стали конфігурації МДШ, що мінімізують квадратні решітки точок довільних розмірностей, складені на базі X -міні-дерев в мінімальній, наперед визначеній, кількості та виді добірних елементів, а також супро: оджуючий ці дослідження аналітичний апарат по обчисленню загальної довжини графа для кожного з можливих випадків. Для цього все різноманіття можливих розмірностей початкових решіток \mathbb{Z}^2 диференційовано за належністю до однієї з можливих градацій $[6k; (6k+5)]$. Обґрунтування такого структурування розмірностей також наведено в роботі. Результати побудови МДШ на квадратних ланцюжках точок та дослідження довжин кожного з можливих видів таких дерев систематизовані і наведені в таблиці 2.

В другій главі розглядається алгоритм побудови МДШ на квадратних решітках точок з прямокутною конфігурацією зовнішнього контура, а також квазімінімальних дерев для точкових масивів на квадратних сітках з довільною ортогональною конфігурацією граничного контуру.

Побудова найкоротших графів в останньому випадку базуються на використанні схем формування мінімальних зв'язаних структур, отриманих при аналізі прямокутних полів точкових множин з $1 < n < 10$ та $m \in \mathbb{N}$. При цьому враховуються чисельність комбінаційних розбиттів початкової області на прямокутні підобласті, а також результати чисельного аналізу переважності сполучень базових

Таблиця 2

n	$ G_n $	Структури МДШ
$6K$	$(12K^2 - 2)X + L'$	
$6K+1$	$(12K^2 + 4K - 1)X + 3E$	
$6K+2$	$(12K^2 + 8K - 2)X + L$	
$6K+3$	$(12K^2 + 12K + 2)X + 2E$	
$6K+4$	$(12K^2 + 16K + 2)X + L$	
$6K+5$	$(12K^2 + 20K + 7)X + 3E$	

компонент, що з'єднують мінімальні підграфи на виділених прямокутних областях в єдиний зв'язаний граф.

В результаті проведених в другій главі досліджень розроблено алгоритм та створена програма побудови МДШ на квадратних та прямокутних конфігураціях розмірності $(m \times n)$. При роботі алгоритма обчислюється довжина МДШ і здійснюється повне зображення дерева. Алгоритм реалізовано на персональному комп'ютері IBM-PC, на мові *Microsoft C. X60* та функціонує під керівництвом операційної системи *MS-DOS V.5.0*. Навчною демонстрацією роботи алгоритма і програми по генерації метафайлу графічної інформації є всі представлені в дисертаційній роботі виконані графопобудувачем системи *Hewlett Packard* ілюстрації МДШ для квадратних прямокутних та складаних ортогональних конфігурацій регулярних решіток точок.

В третій главі розглянується також задача Штейнера щодо випадків наявності важливих характеристики об'єкта, що тягнуть за собою використання визначеної моделі найкоротшого дерева. При цьому розглянуті дві постановки проблеми, залежно від характеру процедури вираження ребер графа.

Так, обґрунтовано метод розв'язання визначеної задачі з такою моделлю, що передбачає міцну функціональну залежність ваги дуги від обсягів споживання цільового продукту у вузлі і може бути описана у вигляді:

$$c(\ell_i) = f_i (V_i P_i)_{i=1, n} \quad (6)$$

- ℓ_i - вхідна дуга, інцидентна вузлу i ;
 $c(\ell_i)$ - її вага;
 f_i - функція визначення ваги вхідної до вузла дуги;
 V_i - обсяг споживання продукту в i -тому вузлі сітки;
 P_i - напір в i -тому вузлі.

Показано, що в цьому разі можливо розв'язувати задачу оптимального зв'язаного дерева, знаючи лише вагу термінальних вузлів, не маючи інформації щодо довжин ребер, а також зважаючи на різноманітні проблеми, що супроводжують розв'язання задачі, зв'язані з необхідністю проведення певного перебору топологій для початкової множини точок. Як вирішення цих проблем запропоновано і обгрунтовано застосування модифікованого алгоритму Меркеса по визначенню геометричного положення точок Штейнера, що досягають мінімум суми зв'язаних відстаней ребер дерева.

Куты S_a і S_b , що характеризують розташування точок Штейнера відносно трьох вершин - джерел А, В, С (рис. 1) з вагами P_a, P_b, P_c , відповідно, визначаються за формулами:

$$\cos(\widehat{S_a}) = \cos(180^\circ - \alpha) = \frac{P_a^2 - P_b^2 - P_c^2}{2P_b P_c} \quad (7)$$

$$\cos(\widehat{S_b}) = \cos(180^\circ - \beta) = \frac{P_b^2 - P_a^2 - P_c^2}{2P_a P_c} \quad (8)$$

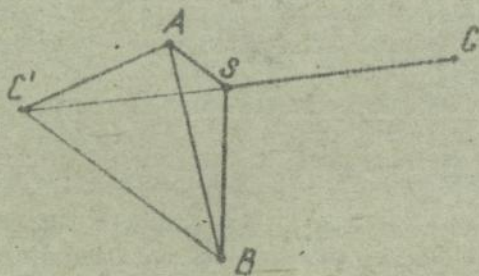


Рис. 1

Таким чином, обгрунтована теоретична можливість побудови дерева мінімальної ваги з виконанням умов (6)-(8).

Адже в реальному житті, з'являються також ситуації, коли

неможливо співставити вартість дуги графа з вагою вершини. Інакше кажучи, функція вартості ребра визначається якимось зовнішніми факторами, і перша модель з'являється непридатною для формалізованого опису задачі. Доведено, що в цьому разі вартість дуги визначається як:

$$c(x, y) = \int S(V_i, P_i, TG(x, y)) dx$$

де V_i, P_i, P_i - відповідають позначенням (6);

$TG(x, y)$ - вартість, наприклад, земляних робіт в точці з координатами (x, y) .

Далі дається оцінка складності такої задачі та розглянуті проблеми, що виникають під час розв'язання задачі у цьому випадку, пов'язані з неминучою зміною топології дерева в процесі поетапного трасування ребер оптимального графа. На підставі наведених міркувань зроблено висновок, що не можна провести послідовне розв'язання виваженої задачі з апріорним припущенням про постійну вартість при геометричній побудові дерева на евклідовій площині та наступним впровадженням коректування окремих ребер дерева.

В третій главі запропоновані шляхи спрощення виваженої задачі при переході до постановки на квадратних решітках з використанням строго обмеженого набору повних компонент (X, T, L, L', D) міні-дерев). Так, оскільки явно відомо, що оптимальне дерево складатиметься переважно з X -елементів, що належать лише до однієї чарунки, то і вся вартість трасування має бути постійною в межах чарунки. До речі, вартість трасування усередині чарунки, через яку проходить гранична лінія, виражається як

$$c = \frac{1}{S} \sum S_i c_i$$

де S - площа чарунки;

S_i - площа ділянки чарунки з вартістю c_i .

Це припущення несуттєво впливає на оптимальність розв'язання, оскільки очікується, що в середньому, вага компонент, розташованих в подібних чарунках буде примувати до середньої вартості трасування в середині чарунки. Це, в свою чергу, зумовлює стабільність конфігурації елементів E, T, X , що належать лише одній чарунці. А оскільки кількість L і L' елементів, що займають більше ніж одну чарунку, не перевищує одного, то можна ігнорувати їх трансформації при проходженні крізь декілька областей з різною вартістю.

За такими умовами складність всіх розміщень X -компонент на регулярній решітці можна оцінити як складність всіх розміщень X -компонент на даній решітці:

$$O_{(m,n)} = C_{(m-1)(n-1)}^x = \frac{[(m-1)(n-1)]!}{[(m-1)(n-1)-x]! \cdot x!} \approx \frac{[(m-1)(n-1)]!}{[(m-1)(n-1) - \frac{mn-1}{3}]! \cdot (\frac{mn-1}{3})!}$$

В И С Н О В К

Основні результати, одержані в дисертаційній роботі:

1. На основі аналізу процесу проектування містоутворюючих, комунікаційних та інженерних сіток запропонована геометрична модель сітки з обмеженнями на розташування початкових множин точок відповідно до специфіки функціонування архітектурно-будівельних об'єктів, що мінімізує загальну довжину зв'язків системи.

2. Запропоновано властивості, що дозволяють виконувати побудови найкоротчих графів на регулярних сітках з квадратною прямокутною та складною ортогональною конфігурацією зовнішнього контуру. Використання такої моделі дозволяє розширити коло задач, що розв'язуються.

3. У зв'язку з тим, що проектування інженерних сіток часто враховує численні аспекти прикладного характеру (геологічні, економічні, географічні, тощо) запропоновані: виважена модель найкоротшого дерева в найбільш загальному підході до проблеми виваженої ребер; метод розв'язування виваженої задачі Штейнера, що припускає наявність сильного функціонального зв'язку ваги дуги від об'єктів споживання цільового продукту у вузлі.

4. Розроблено метод побудови мінімального виваженого дерева Штейнера на квадратних решітках точок в впровадженні спрощень, що знижують складність традиційної постановки виваженої задачі. Визначена складність такого варіанту задачі і накреслено шляхи досліджень властивостей виважених дерев Штейнера, встановлення яких дозволить використовувати їх щодо подальшої декомпозиції!

проблеми чи створення міцких алгоритмів відлічення, що являє один з наступних напрямків розвитку даної роботи.

5. 8 метод розв'язання задач моделювання інженерних сіток за припустимий для проектувальників час створені евристичні швидкі алгоритми, що дозволяють побудову квазімінімальних графів з довжиною зв'язків, близькою до мінімальної.

Основні положення дисертації опубліковано в таких роботах:

1. Ачкасов Д.О. Моделирование покрытий, представленных кар-касом плоских кривых, топологически эквивалентных геодезическим // Прикладная геометрия и инж. графика. - Киев, 1991. - Вып. 51, -с.77-79.

2. Ачкасов Д.О. Рациональні геометричні моделі як засіб розв'язання задач на початкових стадіях містобудівного проектування // Прикладна геометрія та інж. графіка. - Київ, 1993, - Вып. 54.

3. Ачкасов Д.О. Деревя Штейнера на квадратних решітках точок // Прикладна геометрія та інж. графіка. - Київ, 1993. - Вып. 55.

4. Михайленко В.Е., Ачкасов Д.О. Проблема Штейнера и ее приложения для инженерного и архитектурного моделирования // Теория и практика геометро-графических дисциплин: Тез. докл. научно-техн. конф. - Севастополь, 1993.

Работа "Геометрические методы
в архитектурно-строитель

геометрическим моделированием процесса построения градоформирующих и инженерных сетей минимальной длины, имеющих широкую сферу практических применений. Построение минимальных сетей при этом основывается на решении задачи Штейнера с учетом определенных ограничений на метрику конструируемых деревьев либо топологию подлежащих минимизации точек, соответствующих специфике функционирования моделируемых объектов и позволяющих значительно снизить вычислительную сложность задачи.

В I главе рассмотрено решение задачи Штейнера, особенность постановки которой заключается в условии принадлежности исходного точечного множества узлам регулярной квадратной сети. Исследована и систематизирована типология базовых компонент для конструирования минимальных деревьев Штейнера /МДШ/ с таким ограничением, решена задача целочисленного программирования по определению оптимальной из них.

Вторая глава посвящена построению МДШ на регулярных решетках точек с прямоугольной конфигурацией внешнего контура, а также квазiminимальных деревьев для точечных множеств на квадратных сетях с произвольной ортогональной конфигурацией граничного контура.

Представленный в третьей главе материал по решению взвешенной задачи Штейнера позволяет учитывать такие многочисленные аспекты прикладного характера проектирования инженерных сетей как геологические, географические, экономические и др. В связи с этим предложена взвешенная модель кратчайшего дерева в наиболее общем подходе к проблеме взвешивания ребер, а также отмечен более частный, но весьма распространенный в проектировании сетей водоснабжения случай с наличием сильной функциональной зависимости веса дуги от объемов потребления целевого продукта в узле. Приведены существенные упрощения по решению взвешенной проблемы для точечных множеств с расположением на регулярных сетках.

В целях решения задач моделирования архитектурных и инженерных сетей в приемное для проектирования время созданы эвристические алгоритмы по построению минимальных и близких к минимальным связных графов. Иллюстрацией работы алгоритмов служат приведенные в работе машинные чертежи МДШ.