

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

На правах рукопису

ЗАПОРОЖЦЕВ СЕРГІЙ ЮРІЙОВИЧ

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО  
ПРОЕКТУВАННЯ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ

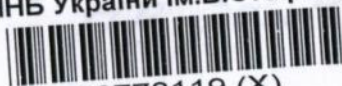
05.13.05 - системи автоматизації проектування

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук



Харків - 1995



00778119 (X)

Дисертацією в рукописі

Робота виконана на кафедрі 11 Харківського державного технічного університету будівництва і архітектури

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент  
НЕФЬОДОВ ЛЕОНІД ІВАНОВИЧ

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук, професор  
ЯКОВЛІВ СЕРГІЙ ВСЕВОЛОДОВИЧ  
кандидат технічних наук, професор  
ЄВСЄЄВ ВІКТОР ВОЛОДИМИРОВИЧ

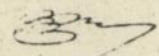
Провідна організація - Харківська державна академія міського господарства

Захист відбудеться " 22 " 06 1995 р. о 15 годині  
на засіданні спеціалізованої вченої ради К 02.25.03  
Харківського державного технічного університету  
радіоелектроніки за адресою: 310726, Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського державного технічного університету радіоелектроніки за адресою: 310726, Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розіслано " 20 " 05 1995 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
канд. техн. наук

 В.В. Безкоровайний

Актуальність. Соціально-економічний розвиток України вимагає подальшого удосконалення засобів проектування нової житлової забудови (ЖЗ) і тієї, що реконструюється. Рішення цієї проблеми надто ускладнено в силу специфічних особливостей проектування ЖЗ в сучасних умовах. Перехід від типових проектів до проектування індивідуальних об'єктів значно ускладнив це завдання за рахунок комплексного обліку індивідуальних запитів населення до якості ЖЗ на всіх етапах її існування, а також до середовища функціонування (СФ). Це вимагає розгляду об'єкта проектування в його СФ з урахуванням їх життєвих циклів (ЖЦ). Крім того, висока невизначеність і недостатність інформації, особливо на ранніх стадіях синтезу ЖЗ, творчий характер процесів проектування і різноманітність вимог до якості житла і соціально-екологічних умов його експлуатації, призводять до слабкої структурованості завдань цього класу і істотно ускладнюють їх формальний опис з метою реалізації на ЕОМ. Підвищення вимог до комфорту проживання населення, прагнення до оптимальності рішень, що приймаються, за рахунок їх соціально-екологічного обґрунтування і скорочення термінів проектування викликали необхідність утворення гнучких засобів швидкого і ефективного проектування ЖЗ для широкого класу проектних ситуацій.

Найбільш доцільний підхід до рішення проблеми - опрацювання інтегрованої технології автоматизованого проектування (ТАП), яка об'єднує множини класів приватних моделей аналізу і синтезу, що відбивають оригінал з тим чи іншим ступенем адекватності, і надає користувачеві можливість активної діяльності по генерації цих моделей і їх реалізації на ЕОМ на різних етапах проектування ЖЗ.

Науковою основою досліджень є фундаментальні роботи

Д.С.Попкова, Л.Н.Авдотьїна, Е.Я.Бубеса, Е.Г.Петрова, В.Д.Гітберга та ін. у галузі аналізу і синтезу міських систем; В.М.Глушкова, В.С.Міхалевича, В.І.Скурїхіна, І.В.Сергієнко, Д.Г.Стояна, С.В.Яковлева та ін., які сформували методології і інструментарій проектування і оптимізації складних систем. Роботи цих і багатьох інших авторів створили методологічні і теоретичні передумови подальшого розвитку теорії аналізу і синтезу ЖЗ в умовах багатокритеріальності з урахуванням соціально-екологічного СФ на базі побудови адаптивної інформаційної ТАП.

Метов роботи є розробка математичного забезпечення технології автоматизованого проектування житлової забудови.

Відповідно до поставленої мети в дисертації сформульовані і вирішені наступні основні завдання і нові наукові положення, що виносяться на захист:

1. Розроблені методологічні основи побудови адаптивної інтегрованої ТАП ЖЗ з врахуванням СФ.
2. Створено комплекс математичних моделей функціонального структурно-топологічного (ФСТ) синтезу ЖЗ: а) функціонально-параметричного синтезу (ФПС) приміщень; б) функціонально-топологічного синтезу (ФТС) квартир; в) ФПС структури ЖЗ; г) ФТС житлових будинків.
3. Запропоновані нові і удосконалені існуючі алгоритми реалізації моделей, що дозволяє отримати ефективні рішення на різних етапах проектування ЖЗ.

Наукова новизна дисертаційної роботи укладається в утворенні математичних моделей і алгоритмів, які складають в сукупності основу проблемно-орієнтованої методології побудови інтегрованої ТАП ЖЗ з урахуванням СФ і Іх ЩС. Новизна виявляється в глибокому обліку чинників СФ проєктованих об'єк-

тів і їх ЖЦ, що дає можливість сформувати в умовах багатокритеріальності системні потреби і забезпечити здобуток якості об'єкту в його СФ, тобто на етапі експлуатації. Для цього розроблені графоаналітичні засоби оцінки екологічного СФ на прикладі природного освітлення, що дозволяє визначити не тільки кількісну і графічну оцінку цього чинника шляхом побудови зон комфорту і дискомфорту, але і області допустимих проектних рішень і критерії їх оцінки й оптимізації. Створено комплекс базових математичних моделей і алгоритмів ТАП для достатньо широкого класу завдань ССТ синтезу ЖЗ. Всі основні результати отримані автором особисто.

Методи дослідження. В роботі використані методи теорії системного аналізу, графів, оптимізації, геометричного моделювання.

Вірогідність наукових положень і результатів підтверджена їх порівнянням з результатами, одержаними іншими методами, і експериментальними даними, а також досвідом практичного впровадження при проектуванні реальних об'єктів.

Практична цінність. Одержані в дисертації результати дозволяють підвищити ефективність методів проектування нової ЖЗ і тієї, що реконструюється, враховуючи соціально-екологічне СФ на базі раціональних витрат ресурсів, зкорочення часу проектування і впровадження нових комп'ютерних технологій.

Дисертація узагальнює результати досліджень, що проводяться при безпосередній участі автора в Харківському державному технічному університеті будівництва і архітектури із 1990 р. по 1995 р. по ряду цільових програм і планів АН СРСР і Міністерства освіти України. Зокрема, дослідження велися: в 1990-1993 рр. відповідно до Завдання 0.80.03.15а Загальносоюзної наукової програми "Обчислювальна техніка", секція

"Системотехніка будівництва" АН СРСР (N ДР 0890056772); з 1994 р. відповідно з Планом бюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти України (NN ДР 78004280, 0194 U 038225).

Реалізація і впровадження наукових результатів. Дисертаційна робота виконана в рамках найважливіших НДР. Наукові результати впроваджені при проектуванні мікрорайонів і кварталів м. Харкова. Зокрема, результати впроваджені в АП "Харківпроект", фірмі "Харківбудпроект".

Результати дисертації використовуються при читанні лекцій, виконанні лабораторних робіт, у курсовому і дипломному проектуванні по дисциплінам "Автоматизація світлотехнічних розрахунків", "Комп'ютерні технології архітектурного проектування", "Методологія автоматизації архітектурного проектування" в Харківському державному технічному університеті будівництва і архітектури.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися, обговорювалися і були схвалені на наступних конференціях і семінарах: Науково-практичному семінарі "Комп'ютерна графічна підготовка спеціалістів" (Вітебськ, 1992); Науково-методичній конференції СНД "Проблеми графічної підготовки інженерів" (Мінськ, 1992); Міжнародної школи "Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами" (Туапсе, 1992); Міжнародної науково-практичної конференції "Геоэкологические и медикоэкологические проблемы промышленно-городских агломераций" (Симферополь, 1994); Міжнародної конференції "Математическое моделирование и вычислительный эксперимент" (Ташкент, 1994); Третій Українській науково-методичній конференції "Застосування персональних ЕОМ в учбовому процесі ВУЗу" (Львів, 1994); Міжвузівській науково-методичній конференції "Компьютерные

обучаючі системи і тренажери в нових технологіях підготовки спеціалістів" (Краматорськ, 1994); Республіканських семінарах Наукової Ради АН України по проблемі "Кібернетика" (Харків, 1991-1994); 47-50-й науково-технічних конференціях Харківського державного університету будівництва і архітектури.

Публікації. Основні наукові положення дисертації, опубліковані у 15 друкованих роботах.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури з 135 найменувань. Обсяг дисертації - 123 сторінки основного тексту, 16 таблиць, 29 рисунків.

В розділі 1 на основі системного аналізу проблем проектування житлової забудови сформульовані завдання дослідження.

В розділі 2 розроблені методологічні основи побудови математичного забезпечення ТАП ЖЗ з урахуванням СФ.

В розділі 3 запропоновані математичні моделі функціонально-параметричного синтезу приміщень, квартирної структури і структури житлової забудови, а також функціонально-топологічного синтезу квартир, блок-секцій і будинків.

В розділі 4 наведені результати реалізації і впровадження математичного і програмного забезпечення ТАП.

#### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета і основні завдання дослідження, охарактеризована новизна і практична цінність одержаних результатів, вказаний їх зв'язок з планами наукових досліджень і цільовими програмами, наведені дані про апробацію і публікацію основних наукових положень, що виносяться на захист.

У першому розділі проведено системний аналіз проблеми утворення ЖЗ як однієї з штучних екологічних систем.

У підрозд. 1.1 розглянуті проблеми побудови таких екологічних систем як житлова забудова. В будь-якій з них можна виділити три підсистеми (середовища): просторову, екологічну і соціальну. Користь (комфортність) життєдіяльності людей визначається якістю організації просторового середовища, що враховує екологічні особливості і соціальні потреби. Причому безпосередній вплив у ЖЗ виявляється на просторове середовище, а через нього непрямо – на екологічне і соціальне середовище, тобто просторове середовище керується безпосередньо, а екологічне і соціальне середовище – опосередковано, змінює просторове середовище. Тоді соціальне і екологічне середовище виступають у вигляді СФ для просторового середовища.

У підрозд. 1.2 дана постановка загального завдання синтезу ЖЗ. Метою створення чи удосконалення ЖЗ є задоволення потреб соціального середовища в конкретних видах життєдіяльності і забезпечення їх стійкості, для чого слід вирішити два взаємопов'язані завдання: 1) аналіз і оцінка СФ (екологічного і соціального); 2) синтез ЖЗ з урахуванням СФ і їх ЖЦ. При проектуванні реконструкції ЖЗ, крім того, слід провести аналіз і оцінку існуючого просторового середовища.

Загальне завдання синтезу ЖЗ полягає в наступному. На підставі аналізу і оцінки СФ відома множина принципів (урбо-екологічних, соціальних, функціонально-планувальних, будівельно-конструктивних, технологічних, естетичних) синтезу  $\Pi = \{\Pi_{a'}\}$  ( $a=1, a'$ , де  $a'$  – число принципів), що забезпечують стійкість життєдіяльності  $Y \in Y^D$ . Кожному конкретному набору принципів  $\kappa \in \Pi$  відповідає множина функцій  $\bar{F}(\kappa)$ , що може виконувати ЖЗ. Реалізація будь-якого набору цих функцій  $\phi \in \bar{F}(\kappa)$  досягається за рахунок вибору набору  $q$  конкретних фізичних і геометричних параметрів структури, типології, топо-

логії і розміщення ЕЗ і ПІ елементів з множини допустимих значень  $\mathbb{P}$  з урахуванням ресурсів.

Необхідно обрати такий набір принципів  $\kappa^* \in \Pi$ , відповідний йому набір функцій  $\varphi^* \in \bar{F}(\kappa)$ , відбитий у параметри  $q^* \in \mathbb{P}$  синтезуємої ЕЗ, при яких на всіх етапах ПІ життєвого циклу забезпечується стійкість життєдіяльності і досягаються задовільні значення наступних критеріїв: максимальне число сімей, для яких забезпечена стійкість життєдіяльності

$$N(\kappa_1^*, \varphi_1^*, q_1^*) = \max N(\kappa, \varphi, q); \quad (1)$$

максимальний рівень якості функцій, що виконуються,

$$K(\kappa_2^*, \varphi_2^*, q_2^*) = \max K(\kappa, \varphi, q); \quad (2)$$

мінімальні витрати ресурсів

$$Z(\kappa_3^*, \varphi_3^*, q_3^*) = \min Z(\kappa, \varphi, q); \quad (3)$$

при обмеженнях:  $\kappa \in \Pi$   $\varphi \in \bar{F}(\kappa)$   $q \in \mathbb{P}$   $\forall \kappa \in \mathbb{Y}^A$ . (4)

Зважаючи на велику складність і розмірність загального завдання синтезу (1)–(4), воно містить два часткових завдання: вибору функцій і параметрів для заданих принципів; вибору параметрів для заданих принципів і функцій. На практиці друге часткове завдання декомпонується на два по функціональному зонуванню: синтез житлової зони і синтез зон обслуговування. Синтез житлової зони полягає в ФСТ синтезі ПІ об'єктів і розміщенні будинків на території забудови. В роботі досліджується перше з наведених завдань.

У підрозд. 1.3 розглянуті основні етапи і завдання функціонального структурно-топологічного синтезу ЕЗ (рис. 1).

У підрозд. 1.4 проаналізовані існуючі підходи і методи рішення поставлених завдань.

У підрозд. 1.5 зроблені основні висновки проведеного аналізу проблем і сформульовані завдання дослідження по утворенню інтегрованої ТАП ЕЗ.



Рис. 1. Етапи і завдання ФСТ синтезу об'єктів житлової забудови

У другому розділі розглянуті принципи і засоби структуризації і інтеграції слабоструктурованих об'єктів і процесів проектування ЖЗ, багатокритеріальної оцінки і оптимізації рішень, а також аналіза і оцінки СФ на прикладі природного освітлення.

У підрозд.2.1 обґрунтовані принципи структуризації і інтеграції об'єктів і процесів проектування. Категоріями інтеграції обрані: об'єкти проектування; процеси проектування; автоматизовані вирішальні (проектні) процедури (АВП, АПП); інформаційні технології автоматизованого аналізу і проектування (ТАА, ТАП). Розглянемо їх на прикладі проектування ЖЗ.

Об'єкт проектування, описаний сукупністю моделей, слід довізначити моделями його СФ і їх життєвих циклів.

Процес проектування ЖЗ представлено у вигляді двохрівневої ієрархічної структури, в якій на першому (проблемному) рівні можна виділити два класи завдань, які мають функціональну однорідність: а) визначення структури елементів і їх параметрів залежно від функціонального призначення (типології) об'єкту - функціонально-параметричний синтез (ФПС); б) визначення взаємного розташування (топології) обраних решіток елементів залежно від функціонального призначення об'єкту та технологічних зв'язків його елементів - функціонально-топологічний синтез (ФТС). На другому (процедурному) рівні за допомогою проектних процедур обираються конкретні рішення при синтезі відповідних об'єктів ЖЗ.

Автоматизація процесу проектування полягає в опрацюванні окремих АПП і заміні ними традиційних процедур.

Композиція АПП складає ТАП. Для її побудови слід розробити функціональну структурно-топологічну модель, алгоритм роботи і взаємодії окремих АПП, вирішальних процедур і опе-

рації. З цієї метою в роботі запропоновано використати апарат мереж Петрі (МП), що дозволяє адекватно відбити ієрархічність модельованих об'єктів і процесів.

У підрозд.2.2 обрані і обгрунтовані засоби багатокритеріальної оцінки і оптимізації проектних рішень з урахуванням СФ при різній мірі визначеності критеріїв, їх взаємної важливості, вхідної інформації і т.п. Зокрема, при відомій вагомості критеріїв запропоновано метод, заснований на синтезі узагальненого аддитивного критерія. Коли важливість критеріїв задана якісно у вигляді їх лексикографічної переваги, то обрано засіб рішення по критеріям, що застосовуються по-слідовно (засіб відступлень у разі їх одноекстремальності). При неозначеній важливості приватних критеріїв запропонована мінімаксна або максимінна форма узагальненого критерія. Запропонована технологія оцінки і оптимізації по багатьом критеріям у вигляді МП.

У підрозд.2.3 приведена постановка завдання оцінки коефіцієнту природного освітлення (КПО) приміщення через вікно, яка полягає в наступному. Необхідно при заданих параметрах приміщення (ширина і глибина) і вікон (кількість, розміри і місцезнаходження) визначити КПО в розрахункових точках, збудувати зони комфорту і дискомфорту і знайти їх характеристики. Запропонована модель, яка дозволяє обчислити зазначені показники і збудувати зони для реальних умов.

В третьому розділі розроблені моделі функціонального структурно-топологічного синтезу ЖЗ.

У підрозд.3.1 розроблена модель функціонально-параметричного синтезу (ФПС) приміщень, що формулюється так.

Відома множина типів приміщень, що мають вікна і без них. Існує каталог вікон різного типу  $O = (a^e, h^e)$ ,  $e=1, e'$ ,

де  $a^e, h^e$  - ширина і висота вікна  $e$ -го типу,  $e'$  - їх число. Задані обмеження на геометричні параметри і вихідні характеристики функціонування кожного типу приміщення. Якість проектних рішень оцінюється функціонально-планувальними і техніко-економічними критеріями. Потрібно визначити такі геометричні параметри приміщення  $T^e$  (ширину  $A_e$  і глибину  $B_e$ ) і його вікон  $O^e$  (розміри  $a^e, h^e$ , позначку відносно підлоги споду вікна на  $p_e$  і координати центру  $\hat{x}_1^e, \hat{x}_2^e$ ), при яких забезпечуються задовільні значення обраних критеріїв з урахуванням важливості.

У вигляді часткових критеріїв можуть бути використані:

- 1) максимум КПО заданої розрахункової точки приміщення

$$F_1^{\text{ПОМ}}(T^e, O^e) = \max \text{КПО}(T^e, O^e), \quad e=1, e' \quad (6)$$

- 2) максимальний коефіцієнт комфорту по КПО

$$F_2^{\text{ПОМ}}(T^e, O^e) = \max S^{\text{КПО}}(T^e, O^e) / (A_e B_e), \quad e=1, e' \quad (7)$$

де  $S^{\text{КПО}}(T^e, O^e)$  - площа зони комфорту приміщення по КПО;

- 3) мінімум відхилення площі приміщення від заданої  $S^{\text{ТР}}$

$$F_3^{\text{ПОМ}}(T^e, O^e) = \min |A_e B_e - S^{\text{ТР}}|, \quad e=1, e' \quad (8)$$

- 4) максимальна загальна довжина глухих стін

$$F_4^{\text{ПОМ}}(T^e, O^e) = \max (A_e + 2 B_e), \quad e=1, e' \quad (9)$$

- 5) мінімальна площа вікна

$$F_5^{\text{ПОМ}}(T^e, O^e) = \min(a_e h_e), \quad e=1, e' \quad (10)$$

- 6) мінімальна довжина огорожуючих конструкцій

$$F_6^{\text{ПОМ}}(T^e, O^e) = \min\{A_e \vee (A_e + B_e)\}, \quad e=1, e' \quad (11)$$

де  $A_e + B_e$  береться для торцевих приміщень.

Область допустимих рішень  $\Omega^{\text{ПОМ}}$  задається основними обмеженнями на граничні значення геометричних параметрів і вихідні характеристики функціонування приміщень (ширини, глибини, пропорцій, площі, КПО заданої розрахункової точки і коефіцієнту комфорту по КПО), а також на дискретність значень розмірів вікон і приміщень.

Розроблена модель належить до багатокритеріальних завдань нелінійного дискретного програмування. Описана модель дозволяє генерувати допустимі і квазіоптимальні планувальні рішення приміщень, з яких після цього формуються каталоги приміщень різного типу.

У підрозд.3.2 розроблена модель функціонально-топологічного синтезу (ФТС) квартир і блок-секцій, яку розглянемо на прикладі завдання ФТС квартири.

Існують каталоги приміщень різного типу  $\Pi = (\pi_{\rho}(\Gamma^{\rho}, \Theta^{\rho}))$ , ( $\rho = 1, \rho' \leftarrow 1, \omega_{\rho}$ , де  $\rho'$  - число типів приміщень, а  $\omega_{\rho}$  - число приміщень  $\rho$ -го типу в каталозі), а також дверей і прорізів  $\mathcal{D} = (\mathcal{D}^d(\bar{a}^d, \bar{h}^d)), d = 1, d'$ ;  $\mathcal{F} = (\mathcal{F}^b(\tilde{a}^b, \tilde{h}^b)), b = 1, b'$ , де  $\bar{a}^d, \bar{h}^d, d', \tilde{a}^b, \tilde{h}^b, b'$  - ширина, висота і число типів дверей і прорізів.

Задані: 1) функціональна структура квартири, що визначається множиною типів приміщень з вікнами і без них і матрицею вагомостей їх безпосередніх функціонально-технологічних зв'язків  $C = [C_{\rho\eta}]$ ,  $\sum_{\eta=\rho+1}^{\rho'} C_{\rho\eta} = 1$ ,  $\rho = 1, \rho' - 1$ ;  $\eta = \rho + 1, \rho'$ , де  $0 < C_{\rho\eta} \leq 1$ , якщо між  $\rho$ -м і  $\eta$ -м приміщеннями повинен бути безпосередній зв'язок,  $C_{\rho\eta} = 0$  - у супротивному разі; 2) обмеження на геометричні параметри і вихідні характеристики функціонування квартири. Якість компоновання оцінюється функціональними і техніко-економічними критеріями.

Потрібно обрати такі геометричні параметри необхідних типів приміщень, дверей і прорізів, а також координат їх розміщення в квартирі, при яких виконуються всі обмеження і досягаються задовільні значення прийнятих критеріїв, у вигляді яких можуть бути використані:

- 1) мінімум довжини зв'язків між приміщеннями

$$F_1^{KB}(\Pi^{KB}, \mathcal{D}^{KB}, \mathcal{F}^{KB}) = \min \sum_{\rho=1}^{\rho'-1} \sum_{\eta=\rho+1}^{\rho'} C_{\rho\eta} \bar{P}_{\rho\eta}(\Pi^{KB}, \mathcal{D}^{KB}, \mathcal{F}^{KB}), \quad (12)$$

де  $\bar{P}_{\rho\eta}(\Pi^{KB}, \mathcal{D}^{KB}, \mathcal{F}^{KB})$  - довжина зв'язку між приміщеннями;

2) максимальний усереднений коефіцієнт комфорту по КЮ

$$F_2^{KB}(\Pi^{KB}, \mathcal{D}^{KB}, \mathcal{F}^{KB}) = \max \frac{1}{\rho^s} \sum_{\rho=1}^{\rho^s} F_2^{ПОМ}(T^{\rho}, \theta^{\rho}), \quad \rho^s < \rho'; \quad (13)$$

3) мінімум відхилення площі квартири від необхідної

$$F_3^{KB}(\Pi^{KB}, \mathcal{D}^{KB}, \mathcal{F}^{KB}) = \min \left| S^{KB} - \sum_{\rho=1}^{\rho'} A_{\rho} B_{\rho} \right|; \quad (14)$$

4) максимальна довжина глухих стін

$$F_4^{KB}(\Pi^{KB}, \mathcal{D}^{KB}, \mathcal{F}^{KB}) = \max \sum_{\rho=1}^{\rho'} \bar{P}_4^{ПОМ}(T^{\rho}, \theta^{\rho}), \quad (15)$$

де  $\bar{P}_4^{ПОМ}(T^{\rho}, \theta^{\rho})$  - загальна довжина глухих стін  $\rho$ -го приміщень з урахуванням дверей і прорізів;

5) мінімальна загальна площа вікон

$$F_5^{KB}(\Pi^{KB}, \mathcal{D}^{KB}, \mathcal{F}^{KB}) = \min \sum_{\rho=1}^{\rho^s} F_5^{ПОМ}(T^{\rho}, \theta^{\rho}), \quad \rho^s < \rho'; \quad (16)$$

6) мінімальна загальна довжина огорожувачих конструкцій

$$F_6^{KB}(\Pi^{KB}, \mathcal{D}^{KB}, \mathcal{F}^{KB}) = \min \sum_{\rho=1}^{\rho'} F_6^{ПОМ}(T^{\rho}, \theta^{\rho}), \quad (17)$$

Область допустимих рішень  $\Omega^{KB}$  задається обмеженнями на функціональну структуру квартири, вагомість функціонально-технологічних зв'язків між приміщеннями, граничні значення деяких параметрів і вихідних характеристик функціонування квартири (умови взаємного непересічення всіх приміщень і щільного розміщення приміщень, що мають безпосередній зв'язок, належності заданих стін приміщень до огорожувачих, обмеження конструктивного характеру, по функціональному зо-

нування, загальній площі, на місцезнаходження дверей і прорізів та ін.), а також умови дискретності параметрів приміщень, дверей і прорізів. Розроблена модель належить до багатокритеріальних завдань нелінійного дискретного програмування. Модель ФТС блок-секцій аналогічна наведеній з деякими змінами. На підставі описаних моделей формуються каталоги квартир і блок-секцій різного типу.

У підрозд. 3.3 розроблена модель ФПС структури ЕЗ, постановку якої розглянемо на прикладі блок-секційної ЕЗ.

Існує каталог проектів блок-секцій і елементів-вставок різного типу, кожний з яких характеризується множиною квартир різного типу, геометричними параметрами і вихідними характеристиками функціонування. Задані обмеження по квартирній структурі, щільності житлового фонду та ін. Необхідно визначити такий набір проектів блоків  $\bar{G} = \{G_{\mu}\} X_{\mu}$ , ( $\mu=1, \mu'$ ), де  $X_{\mu}$  - число об'єктів  $\mu$ -го типу, а  $\mu'$  - число типів) в ЕЗ, який забезпечує виконання всіх обмежень і задовільні значення наступних критеріїв з урахуванням їх вагомості:

- 1) максимальна загальна площа

$$F_1^{CS}(X) = \max \sum_{\mu=1}^{\mu'} S_{\mu} X_{\mu} ; \quad (18)$$

- 2) максимальна чисельність населення ЕЗ

$$F_2^{CS}(X) = \max \sum_{\mu=1}^{\mu'} K_{\mu} X_{\mu} ; \quad (19)$$

- 3) мінімальна площа території ЕЗ під фундаменти

$$F_3^{CS}(X) = \min \sum_{\mu=1}^{\mu'} S^{\mu} X_{\mu} ; \quad (20)$$

- 4) максимальне число об'єктів широтної орієнтації

$$F_4^{CS}(X) = \max \sum_{\mu=1}^{\mu'} e^{\mu} X_{\mu} ; \quad (21)$$

5) мінімальні ресурси на будівництво і експлуатацію

$$F_5^{CS}(X) = \min \sum_{\mu=1}^{\mu'} z_{\mu} X_{\mu} \quad (22)$$

де  $S_{\mu}$ ,  $N_{\mu}$ ,  $S_{\mu}^{\mu}$ ,  $\theta^{\mu}$ ,  $z_{\mu}$  - загальна площа, число жителів, площа фундаменту, ознака широтності (1 - для широтних об'єктів, 0 - для інших), витрати ресурсів для  $\mu$ -го об'єкту.

Треба визначити, що параметри деяких критеріїв, наприклад,  $z_{\mu}$  в (22), задані не точно, а у вигляді деяких інтервалів з невідомим чи заданим законом розподілу.

Область допустимих рішень  $\Omega^{CS}$  визначається такими основними обмеженнями: по квартирній структурі; по загальній площі об'єктів; по щільності житлового фонду; по числу об'єктів різного типу; по числу будинків, що можна скомпонувати із блоків; на позитивність і цілочисельність перемінних.

Розроблені приватні критерії і обмеження дозволяють генерувати моделі достатньо різноманітних класів в залежності від обраних принципів синтезу ЕЗ, проектних ситуацій і міри визначеності вхідної інформації.

У підрозд.3.4 розроблене завдання ФТС житлових будинків з блок-секцій, постановка якого наступна.

Існує набір блок-секцій і елементів-вставок  $\bar{G} = \{G_{\mu}\} X_{\mu}$ ,  $\mu=1, \mu'$ . Відома схема можливих з'єднань блоків між собою у вигляді зваженого орієнтованого мультиграфа  $\bar{\Gamma} = (\bar{G}, \bar{C})$ , вершинам якого поставлені у відповідність не тільки типи блоків, але і їх кількість  $X_{\mu} \geq 0$ , а  $\bar{C} = [C_{\mu\gamma}]$  - матриця можливих з'єднань блоків між собою, де  $C_{\mu\gamma} = 1$ , якщо  $\gamma$ -й блок стикується з  $\mu$ -м,  $C_{\mu\gamma} = 0$  - в супротивному випадку,  $\mu, \gamma = 1, \mu'$ . Задані обмеження на геометричні параметри і вихідні характеристики функціонування компонуємих житлових будинків. Якість рішень, що приймаються, оцінюється в основному функціональними кри-

теріями, бо майже всі економічні критерії були враховані при виборі набору проектів  $\bar{G}$ . Слід скомпонувати з блоків житлові будинки з заданими параметрами і вихідними характеристиками функціонування таким чином, щоб обрані часткові критерії оптимізації досягали прийнятних значень з урахуванням їх важливості. Шуканими перемінними поставленого завдання є:

- 1) кількість блоків в кожному будинку  $J = \{J_k\}$ ,  $k=1, k'$ , де  $J_k$  - число блоків у  $k$ -му будинку,  $k'$  - їх кількість; 2) послідовність з'єднань блоків між собою в кожному будинку, що визначається матрицею  $\chi = \{x_{\mu\mu}^k\}$ ,  $\mu=1, J_k$ ,  $\mu=1, \mu'$ ,  $k=1, k'$ , де  $x_{\mu\mu}^k = 1$ , якщо в  $k$ -му будинку  $\mu$ -й блок має  $\mu$ -й порядковий номер,  $x_{\mu\mu}^k = 0$  - в супротивному випадку.

У вигляді критеріїв можуть бути обрані:

- 1) максимальне число будинків широтної орієнтації

$$F_1^{кл} (J, \chi) = \max \sum_{k=1}^{k'} \prod_{\mu=1, \mu \in \Gamma}^{\mu'} \bar{\theta}_{\mu} x_{\mu\mu}^k ; \quad (23)$$

- 2) мінімальне відхилення довжин  $k^*$  ( $k^* \leq k'$ ) компонованих будинків від заданих значень  $D^k$  ( $k=1, k'$ )

$$F_2^{кл} (J, \chi) = \min \sum_{k=1}^{k^*} \left| D^k - \sum_{\mu=1}^{J_k} \sum_{\mu=1}^{\mu'} \bar{D}_{\mu} x_{\mu\mu}^k \right|, \quad k^* \leq k', \quad (24)$$

де  $\bar{D}_{\mu}$  - довжина  $\mu$ -й блок-секції.

Область допустимих рішень  $\Omega^{кл}$  задається обмеженнями по числу будинків широтної орієнтації, по довжині компонованих будинків, по кількості блок-секцій і елементів-вставок у компонованих будинках, по кількості блоків різного типу, кожний компонований будинок повинен починатися і закінчуватися торцевим лівим і правим блоком, до і після будь-якого рядового блоку в компонованому будинку повинен знаходитися тільки один блок; на цілочисельність і дискретність значень перемінних.

Наведена модель належить до багатокритеріальних завдань нелінійного дискретного програмування з бульовими і цілочисельними значеннями перемінних.

У четвертому розділі описані засоби забезпечення системи, алгоритми запропонованих моделей і результати їх практичного застосування і впровадження.

У підрозд.4.1 розроблені структура системи і основні засоби забезпечення. Інформаційне забезпечення включає бази даних (БД) і систему управління БД (СУБД). Взаємодія компонентів інформаційного забезпечення між собою і зовнішнім середовищем здійснюється шляхом модулів внутрішньосистемного обміну інформацією (МВСОІ) і проведення, формування і модифікації (МФМ) відповідних БД.

У підрозд.4.2 розглянуто алгоритм кількісної і графічної оцінки екологічного СФ на прикладі природного освітлення і результати його практичного застосування.

У підрозд.4.3 приведено алгоритм, який ґрунтується на методі спрямованого перебору, і результати рішення завдання ФПС приміщень з визначенням допустимих рішень, оцінок їх по узагальненому критерію і формуванням каталога.

У підрозд.4.4 наведені алгоритм ФПС квартир і блок-секцій і результати компоновання квартир і індивідуального дома з приміщень та блок-секцій з квартир. Алгоритм використовує специфіку завдання і ґрунтується на засобах послідовно-одиночного розміщення об'єктів.

У підрозд.4.5. запропоновані алгоритми багатокритеріальної цілочисельної оптимізації для рішення завдання ФПС структури ЖЗ. Вони засновані на знаходженні нецілочисельного оптимального рішення, визначенні його безупинного оточення, виділенні в ньому дискретної підобласті, в якій залежно від

її вимірності засобами оточень, що звуковуються, і спрямованого або випадкового перебору вибирається оптимальне чи раціональне цілочисельне рішення. Крім того, наведені результати рішення завдання ФПС структури ЖЗ по визначенні оптимального набору об'єктів і дослідження його на стійкість.

У підрозд.4.6 для рішення завдання ФПС будинків розроблено евристичний алгоритм, що дозволяє залежно від важливості часткових критеріїв і вимірності завдання одержати засобами спрямованого або випадкового перебору оптимальне чи раціональне рішення. Наведені результати застосування алгоритму.

#### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

Основні результати дисертації полягають у наступному.

1. На основі системного аналізу проблеми проектування житлової забудови (ЖЗ) обгрунтована необхідність утворення інтегрованої технології автоматизованого проектування (ТАП), адаптивної до різних проектних ситуацій.

2. Обрані і обгрунтовані принципи структуризації і інтеграції слабоструктурованих об'єктів і процесів проектування ЖЗ в умовах багатокритеріальності з врахуванням її середовища функціонування (СФ) і життєвих циклів, які в сукупності складають основи проблемно-орієнтованої методології побудови математичного забезпечення ТАП.

3. Запропоновані графоаналітичні методи аналізу екологічного СФ, що дозволяють кількісно і графічно оцінити цей чинник і визначити області допустимих проектних рішень і критерії їх оптимізації.

4. Розроблено комплекс математичних моделей функціонального структурно-топологічного синтезу ЖЗ, який містить моделі функціонально-параметричного синтезу приміщень, квартирної структури і структури ЖЗ, а також моделі функціональ-

но-топологічного синтезу квартир, блок-секцій і житлових будинків. Ці моделі дозволяють проєктувати ЖЗ залежно від проєктних ситуацій і становлять математичне забезпечення ТАП.

5. Описані структура, інформаційне, алгоритмічне і програмне забезпечення ТАП, а також результати їх реалізації в проєктних організаціях м. Харкова, зокрема в АП "Харківпроєкт" і фірмі "Харківбудпроєкт", що підтверджує ефективність застосування і впровадження розроблених в дисертації моделей.

6. Проведені дослідження дозволили намітити ряд перспективних наукових напрямків в галузі створення експертних систем для рішення слабоструктурованих завдань на всіх стадіях і етапах містобудівного проєктування з врахуванням СФ, а також інтерактивно-графічних засобів організації процесів обробки інформації на ЕОМ.

#### ПРАЦІ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю. Использование графической системы AutoCAD для создания баз данных по реконструкции жилой застройки // Тез. докл. науч.-практич. семинара "Компьютерная графическая подготовка специалистов". - Вытебск: 1992. - С. 34-35.

2. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю., Кропачева М.Г. Применение графической системы АвтоКАД при автоматизированном проектировании. / Материалы науч.-практич. конф. СНГ "Проблемы графической подготовки инженера". - Минск: 1992. - С. 102.

3. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю. Имитационное моделирование технологии реконструкции жилой застройки // Тр. Международной шк. "Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами". - Харьков-Туапсе, 1992. - С. 58.

4. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю. Разработка гибкой ав-

томатизированной технологии проектирования реконструкции жилой застройки на базе сетей Петри // Тез. докл. 47-й научно-технической конференции "Повышение эффективности строительства." - Харьков: ХИСИ. 1992. - С. 118-120.

5. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю. Интервальное прогнозирование демографической структуры населения при проектировании жилой застройки // Тез. докл. 48-й науч.-техн. конф. "Повышение эффективности строительства". - Харьков: ХИСИ, 1993. - С. 165.

6. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю. Блочное проектирование жилой среды с использованием средств машинной графики. (Там же). - С. 163.

7. Тимошенко В.В., Запорожцев С.Ю. Проблемы визуализации объектов в автоматизированном архитектурном проектировании. (Там же) - С. 161.

8. Нефедов Л.И., Ольховой Л.Г., Запорожцев С.Ю. Методы экологической оценки архитектурных объектов // Тр. междуна-родн. науч.-практ. конф. "Геовологические и медико-экологические проблемы промышленно-городских агломераций. - Симферополь: КИПКС, 1994. - С. 142-144.

9. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю., Сегалова О.В. Диалоговая система архитектурного проектирования // Тез. допов. Третьої Української науково-методичної конференції "Застосування персональних ЕОМ в учбовому процесі вищого навчального закладу". - Львів, 1994. - С. 10-12.

10. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю., Сегалова Е.В. Опыт компьютерной подготовки студентов-архитекторов // Тез. докл. межвуз. науч.-метод. конф. "Компьютерные обучающие системы и тренажеры в новых технологиях подготовки специалистов". - Краматорск: ДГМА, 1994. - С. 30.

11. Джумабаев Х.Р., Нефедов Л.И., Гафарова Л.Б., Запорожцев С.Ю. Средства машинной графики при разработке объемно-планировочных решений объектов строительства // Тез.докл. Международной конференции "Математическое моделирование и вычислительный эксперимент". - Ташкент: НПО "Кибернетика" АН РУ, 1994. - С. 85.

12. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю., Гафарова Л.Б. Графическая система проектирования генеральных планов жилой застройки. (Там же) - С. 229.

13. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю., Сегалова Е.В. Автоматизация блочного проектирования объектов обслуживания. (Там же). - С. 231.

14. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю., Сегалова Е.В., Абдельхадид Б.М. Многокритериальная оценка экологической среды функционирования архитектурных объектов. (Там же). - С. 232.

15. Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю. Моделирование информационной технологии автоматизированного проектирования жилой застройки на базе сетей Петри. (Там же). - С. 233.

Zaporozhtsev S.Y. Mathematical support of technology automatical design of residential areas.

The present thesis is a manuscript to complete for earning a candidate of technical sciences, the speciality: 05.13.05 - the automatical systems of design, Kharkov State Technical University of Radioelectronic, Kharkov, 1995.

15 scientific works, which contain a theoretical research in field for creation technology of automatical design of residential areas. There are mathematical supports, containing complex of mathematical models of functional structural-topological synthesis of residential areas and algorithmes for realization, which utilities in design production.

Запорожцев С.Д. Математическое обеспечение технологии автоматизированного проектирования жилой застройки.

Диссертация является рукописью на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.13.05 – системы автоматизации проектирования, Харьковский государственный технический университет радиовлектроники, Харьков, 1995. Защищается 15 научных работ, которые содержат теоретические исследования в области создания технологии автоматизированного проектирования жилой застройки с учетом среды функционирования. Разработано математическое обеспечение, включающее комплекс математических моделей функционального структурно-топологического синтеза жилой застройки и алгоритмов их реализации, внедренных в проектное производство.

Ключові слова:

математичне забезпечення, технологія автоматизованого проектування, житлова забудова.

Відповідальний за випуск

В.В.Безкороваий

---

Підписано до друку 27.04.95.Формат60x84 1/16.Папір для мн.ап.  
Друк. офс. Ум. арк. . Облік.-вид. арк. 1,0. Зам. N 606  
Тираж 100 прим.

---

Ротапринт Харківського облстатуправління  
310002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 28